

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان -
Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –
Faculté de TECHNOLOGIE



THESE

Présentée pour l'obtention du **grade** de **DOCTEUR EN SCIENCES**

En : Architecture

Spécialité : Architecture

Par : Oussadit ep.Selka Hasna Imene

Sujet

Mise en valeur et compréhension du patrimoine architectural à Tlemcen par une interprétation contemporaine : cas de la restitution 3D du bain d'Agadir

Soutenue publiquement, le 08 /07 / 2020, devant le jury composé de :

M. Djedid Abdelkader	Professeur	Univ.Tlemcen	Président
M. Ouissi Mohammed Nabil	Professeur	Univ.Tlemcen	Directeur de thèse
M. Bouet Olivier	MCA	ENSA Paris Val de Seine	Co- Directeur de thèse
M. Hamouine Abdelmajid	Professeur	Univ.Bechar	Examineur 1
M. Negadi Sidi Mohamed	Professeur	Univ.Tlemcen	Examineur 2
M. Hama Walid	MCA	Univ.Tlemcen	Invité

Ce document est le résultat d'un travail multidisciplinaire, c'est pourquoi je tiens à exprimer avant tout toute ma gratitude et mes remerciements à tous ceux qui m'ont aidé à l'élaborer, et à contribuer de près ou de loin à son enrichissement.

Je souhaite exprimer ma profonde reconnaissance à mon directeur de thèse Mr Ouissi Mohammed Nabil, pour ses précieux conseils, sa disponibilité, les connaissances et la motivation qu'il m'a apportées. Ce travail n'aurait pas été possible sans sa collaboration et ses encouragements, je lui suis reconnaissante et le remercie particulièrement pour sa confiance et pour sa collaboration généreuse.

Cette présente thèse est le fruit aussi d'une aide précieuse du laboratoire EVCAU (Espace Virtuel et Conception en Architecture et en Urbanisme) de l'Ecole Nationale Supérieur d'Architecture Paris Val de Seine. Je remercie à cet effet sincèrement, mon codirecteur de thèse et membre du laboratoire, Mr Bouet Olivier, pour m'avoir fait confiance et m'avoir guidé sur les technologies appliquées au patrimoine. Son aide précieuse et constante n'a fait qu'enrichir ce travail.

Je tiens aussi à adresser ma profonde gratitude à l'ancien directeur du laboratoire EVCAU, Mr Del André, qui s'est montré à l'écoute, et présent dès le premier jour. Je le remercie de m'avoir accueilli au sein de son laboratoire, et de m'avoir offert cette opportunité. Merci aussi à tous les membres du laboratoire qui m'ont aidé, et ont toujours été à l'écoute.

Je voudrais aussi remercier les membres du jury Pr Djedid Abdelkader, Pr Hamouine Abdelmadjid, Pr Negadi Sidi Mohammed, et Dr Hamma Walid pour avoir accepté d'examiner ce travail afin de l'enrichir avec leurs observations et remarques pertinentes.

Aussi, je voudrai exprimer ma reconnaissance à Mme Fournier Caroline qui a bien voulu me communiquer certains documents, et dont l'utilité est indéniable. Aux membres de l'OGEBEC dont le directeur Mr Benazza Mohamed, et l'archéologue Mr Kouhili Hakim, qui m'ont ouvert les portes de leur institution et m'ont permis d'accéder à la documentation précieuse concernant le thème de recherche, merci à vous. Aux membres du bureau d'étude ACAT, pour m'avoir fourni des documents anciens sur le bain.

Merci à tous mes amis et collègues de travail, pour leurs soutiens et sympathies, et à tous ceux que je n'ai pas nommé.

Enfin, j'exprime également mes remerciements aux membres de ma famille, et de ma belle-famille, qui m'ont épaulé et encouragé tout au long de cette expérience.

Résumé :

Le patrimoine, cette notion toujours d'actualité ne cesse d'évoluer et de symboliser en même temps l'identité culturelle, la mémoire collective, et l'héritage de chaque société. Avec l'introduction de nouveaux outils et de nouvelles technologies modernes, on parle de nos jours de patrimoine numérique. En effet, les nouvelles techniques d'acquisition numérique des données, les logiciels en notre possession, et les nouvelles technologies de diffusion ou de visualisation ne font qu'accroître cet intérêt de mise en valeur et de protection du patrimoine. Tous les monuments historiques peuvent bénéficier de l'introduction du numérique pour leur mise en valeur, mais aussi pour leur protection, qu'ils soient totalement détruits, partiellement détruits ou encore debout. L'occasion s'est présentée à nous dans ce travail de recherche d'introduire le numérique pour la compréhension et la mise en valeur d'un type de monuments historiques emblématique à Tlemcen « le bain », plus exactement le bain d'Agadir.

L'abondance de l'eau et des sources à Tlemcen a permis depuis toujours la présence de bains assez nombreux. Ces édifices publics ont joué un rôle majeur dans la vie quotidienne des habitants, et n'ont cessé d'évoluer jusqu'à nos jours. Chaque quartier se voyait doté d'un certain nombre de bains traditionnels, témoignages essentiels de l'importance d'une ville autrefois, et élément faisant partie du patrimoine architectural et urbain d'une ville aujourd'hui. A Tlemcen, et au niveau de son ancienne médina existe encore aujourd'hui d'anciens bains traditionnels, dont le bain d'Agadir. La conservation et la mise en valeur numérique de ce monument, qui risque de disparaître, est la manière qui nous permettrait de pérenniser ce constituant de l'identité de la ville, et ainsi sauver une mémoire collective.

Il s'agit donc à partir de ce travail de recherche, suivant une approche méthodique, à introduire l'outil informatique comme aide et assistant dans notre processus de mise en valeur du bain, d'abord en le numérisant, ensuite en proposant des hypothèses de restitution virtuelle. Précédée par une recherche exploratoire sur les différentes restitutions des monuments historiques à travers des exemples concrets et les nouvelles techniques d'acquisition numériques, on a abordé ensuite le thème des bains et de leur évolution typologique à travers le temps. Ceci nous a permis de cerner l'aspect fonctionnel et architectural du bain, et par la suite de pouvoir proposer des restitutions hypothétiques du bain sur la base d'une étude comparative avec d'autres exemples étudiés.

Introduire l'outil informatique dans notre étude, nous a permis dans un premier lieu d'archiver le bain dans son état actuel, en utilisant la photogrammétrie ; ensuite, à partir du modèle 3D généré, on a pu travailler sur des hypothèses de restitution du bain à une époque ultérieure. La restitution 3D des monuments, offre en effet aux acteurs du patrimoine des représentations de réflexion et de recherche, mais aussi des représentations séduisantes pouvant sensibiliser le grand public.

Mots clés :

Bain, hammam, photogrammétrie, restitution 3D, approche, valeur.

Summary:

The heritage, this notion, which is still relevant today, is constantly evolving and at the same time symbolizes the cultural identity, the collective memory and the heritage of each society. With the introduction of new tools and new modern technologies, we nowadays speak of digital heritage. Indeed, the new digital data acquisition techniques, the software in our possession, and the new technologies of dissemination or visualization only increase this interest in the enhancement and protection of heritage. All historic monuments can benefit from the introduction of digital technology for their enhancement, but also for their protection, whether they are totally destroyed, partially destroyed or still standing. The opportunity presented itself to us in this research work to introduce digital technology for the understanding and enhancement of a type of historic monuments emblematic in Tlemcen "the bath", more precisely the bath of Agadir.

The abundance of water and springs in Tlemcen has always allowed the presence of quite numerous baths. These public buildings have played a major role in the daily life of the inhabitants, and have continued to evolve to the present day. Each district was endowed with a number of traditional baths, essential testimonies of the importance of a city in the past, and part of the architectural and urban heritage of a city today. In Tlemcen, and at the level of its old medina, there are still today some old traditional baths, including the bath of Agadir. The conservation and digital enhancement of this monument, which is in danger of disappearing, is the way that would allow us to perpetuate this constituent of the city's identity, and thus save a collective memory.

It is thus a question of starting from this research work, following a methodical approach, to introduce the computer tool as an aid and assistant in our process of enhancement of the bath, first by digitizing it, then by proposing hypotheses of virtual restitution. Preceded by an exploratory research on the different restitutions of historical monuments through concrete examples and new digital acquisition techniques, we then tackled the theme of baths and their typological evolution through time. This allowed us to define the functional and architectural aspect of the bath, and then to be able to propose hypothetical restitutions of the bath on the basis of a comparative study with other examples studied.

Introducing the computer tool in our study, allowed us in a first place to archive the bath in its current state, using photogrammetry; then, from the generated 3D model, we could work on hypotheses of restitution of the bath at a later time. The 3D restitution of the monuments, indeed, offers to the actors of the heritage, representations for reflection and research, but also attractive representations that can raise the awareness of the general public.

Keywords:

Bath, hammam, photogrammetry, 3D restitution, approach, value.

ملخص

يستمر التراث، هذا المفهوم الحالي، في التطور وفي الوقت نفسه يرمز إلى الهوية الثقافية والذاكرة الجماعية وتراث كل مجتمع. مع إدخال أدوات جديدة وتقنيات حديثة جديدة، نتحدث اليوم عن التراث الرقمي. في الواقع، إن التقنيات الجديدة للحصول على البيانات الرقمية، والبرمجيات التي في حوزتنا، والتقنيات الجديدة للنشر أو التصور تزيد فقط من الاهتمام بتنمية وحماية الميراث. يمكن لجميع الآثار التاريخية الاستفادة من إدخال التكنولوجيا الرقمية لتعزيزها، ولكن أيضًا لحمايتها، سواء كانت مدمرة تمامًا أو مدمرة جزئيًا أو لا تزال قائمة. لقد أتاحت لنا الفرصة في هذا العمل البحثي لتقديم التكنولوجيا الرقمية لفهم وتعزيز نوع من المعالم التاريخية الرمزية في "الحمام" بتلمسان، وبشكل أدق حمام أغادير.

سمحت وفرة المياه والينابيع في تلمسان دائمًا بوجود عدد كبير من الحمامات. لعبت هذه المباني العامة دورًا رئيسيًا في الحياة اليومية للسكان، ولم تتوقف عن التطور حتى اليوم. تم تزويد كل منطقة بعدد معين من الحمامات التقليدية، وشهادات أساسية لأهمية المدينة سابقًا، وعصر يشكل جزءًا من التراث المعماري والحضري للمدينة اليوم. في تلمسان، وعلى مستوى المدينة القديمة، لا تزال هناك حمامات تقليدية قديمة اليوم، بما في ذلك حمام أغادير. إن الحفاظ على هذا النصب التذكاري وتحسينه رقميًا، والذي يخاطر بالاختفاء، هو الطريقة التي تسمح لنا بإدامة هذا المكون لهوية المدينة، وبالتالي حفظ الذاكرة الجماعية.

لذلك، من هذا العمل البحثي، باتباع مقاربة منهجية، تقديم أداة الكمبيوتر كمساعد ومساعد في عملية تحسين الحمام، أولاً عن طريق رقمتها، ثم عن طريق اقتراح فرضيات الاسترداد الافتراضي. سبقه البحث الاستكشافي حول الاستعادة المختلفة للآثار التاريخية من خلال أمثلة ملموسة وتقنيات اكتساب رقمية جديدة، ثم تناولنا موضوع الحمامات وتطورها النمطي بمرور الوقت. سمح لنا هذا بتحديد الجانب الوظيفي والمعماري للحمام، وبالتالي القدرة على اقتراح عمليات ترميم افتراضية للحمام على أساس دراسة مقارنة مع أمثلة أخرى مدروسة.

إدخال أداة الكمبيوتر في دراستنا، سمح لنا في المقام الأول بأرشفة الحمام في حالته الحالية، باستخدام القياس التصويري؛ بعد ذلك، من النموذج ثلاثي الأبعاد الذي تم إنشاؤه، تمكنا من العمل على فرضيات استعادة الحمام في وقت لاحق. إن إعادة الآثار ثلاثية الأبعاد، يقدم بالفعل لاعبين تراثيين تمثيلات للتفكير والبحث، ولكن أيضًا عروض جذابة يمكن أن ترفع الوعي بين عامة الناس.

الكلمات المفتاحية:

الحمام، القياس التصويري، العرض ثلاثي الأبعاد، مقارنة، القيمة.

Introduction générale

1	Introduction :.....	1
2	Problématique :	2
3	Hypothèses de travail :.....	4
4	Intérêt et objectifs de la recherche :	5
5	Méthodologie de recherche :.....	6
6	Structure de la thèse :.....	7

Chapitre I : La restitution architecturale au service du patrimoine

1	Introduction :.....	9
2	Généralités sur la notion de patrimoine :	9
	2.1 Le patrimoine architectural :.....	10
	2.2 Le patrimoine archéologique :.....	11
3	La conservation et mise en valeur du patrimoine :	12
4	La restitution architecturale du patrimoine	14
	4.1 La notion de restitution :.....	14
	4.2 La restitution, des origines jusqu'à nos jours :	15
	4.3 Les débuts du numérique dans le domaine de la restitution :.....	21
5	Pourquoi restituer des monuments ?	27
6	Les enjeux de la restitution numérique	28
7	L'intérêt de la restitution numérique :.....	29
	7.1 Comme outil de réflexion et de compréhension du bâti :.....	29
	7.2 La documentation et l'archivage :	30
	7.3 L'immersion :	30
	7.4 La diffusion :	31
8	Les différents modes de raisonnement dans le travail de restitution :	31
	8.1 La déduction :.....	31
	8.2 L'abduction.....	31
	8.3 L'induction	31
	8.4 Le raisonnement hypothético-déductif	32
9	La démarche de la restitution numérique :.....	32
	9.1 L'acquisition des données :	33
	9.1.1 Le relevé manuel :	35

9.1.2	Le relevé topographique :	35
9.1.3	Le relevé photogrammétrique ou par laser :	35
9.2	Le traitement des données :	47
9.3	La modélisation :	48
9.3.1	La reconstruction automatique par maillage ou polygonale :	51
9.3.2	La modélisation par primitives géométrique :	51
9.3.3	La modélisation paramétrique :	52
9.4	La présentation des résultats :	52
9.5	Logiciels utilisés pour le traitement par photogrammétrie ou lasergrammétrie :	53
10	La photo modélisation architecturale :	59
11	Expérimentations :	60
11.1	Le théâtre romain de Byblos au Liban :	60
11.2	L'école Mirza Naïm de la citadelle de Bam en Iran :	62
11.3	L'église Saint Louis en France:	63
11.4	La maison des fresques à Tipaza en Algérie :	65
11.5	La citerne el-Nabih à Alexandrie en Egypte :	66
11.6	Restitution de la basilique sainte Salsa à Tipasa en Algérie :	69
12	Les approches de la restitution numérique d'après la synthèse sur les exemples étudiés:	70
13	Domaines d'application des restitutions 3D :	72
14	Conclusion :	74

Chapitre II : Aperçu historico-typologique des bains publics à travers les temps

1	Introduction :	76
2	Les prémices du bain collectif :	78
2.1	Les bains grecs ou <i>balanêions</i> :	78
2.2	Les thermes romains dans le bassin méditerranéen ou <i>balineae</i> :	80
2.3	Conclusion :	84
3	Les édifices thermaux de l'antiquité tardive :	85
3.1	Quelques exemples de bains au proche orient à l'époque byzantine :	89
3.1.1	Bain du Palais de Trajan à Bosra : (Syrie)	89
3.1.2	Les bains de <i>Sergilla</i> : (Syrie)	91

3.1.3	Les bains de Placcus de <i>Gérasa</i> de la Décapole : (Jordanie).....	93
3.1.4	Les thermes byzantins de Taposiris Magna : (Egypte)	94
3.2	Des exemples de bains byzantins au Maghreb :.....	96
3.2.1	Thermes de la forteresse byzantine de Timgad : (Algérie)	96
3.2.2	Bains byzantins de Cyrénaïque : (Lybie)	98
3.3	Des exemples de bains byzantins en occident :.....	99
3.3.1	Bains byzantins de Thessalonique : (Grèce)	99
3.3.2	Bains byzantins de Santa Chiara : (Italie)	101
3.4	Conclusion :.....	103
4	Les bains à la période islamique :	104
4.1	Les bains omeyyades :.....	105
4.1.1	Bains omeyyades de <i>Qusayr Amra</i> : (Jordanie).....	106
4.1.2	Bains omeyyades de <i>Qasr el-Heir el-Gharbi</i> : (Syrie).....	107
4.1.3	Bains omeyyades <i>Al Sarah</i> : (Jordanie)	109
4.2	Synthèse des bains omeyyades :.....	111
4.3	Les bains au Maghreb :.....	113
4.3.1	Bains de <i>Volubilis</i> : (Maroc)	113
4.3.2	Le Bain de la <i>Kalaa des beni Hamad</i> : (Algérie).....	115
4.3.3	Le bain des Almoravides : (Algérie)	116
4.3.4	Le bain des teinturiers : (Algérie)	118
4.4	Conclusion sur les bains islamiques au Maghreb :.....	120
4.5	Les bains dans la péninsule Ibérique :	121
4.5.1	Le bain d' <i>Oreto-Zuqueca</i> : (Ciudad Real)	122
4.5.2	Le bain <i>Cárcel San Vicente</i> : (Valence)	122
4.5.3	Les bains califaux de Cordoue : (Cordoue).....	123
4.5.4	<i>El banuelo</i> : (Grenade)	124
4.5.5	Le bain <i>de la tropa</i> : (Almeria)	126
4.5.6	Le bain <i>torres torres</i> : (Valence).....	127
4.5.7	Les bains arabes <i>de la Zubia</i> : (Grenade).....	129
4.5.8	Le bain de <i>Churriana de la Vega</i> : (Grenade).....	130
4.5.9	Le bain de <i>Baza</i> : (Grenade).....	130
4.5.10	Le bain de <i>Villardompardo</i> : (Jaén)	132

4.6	Synthèse sur les bains en Espagne :.....	133
5	Les techniques de construction et matériaux utilisés dans les bains :.....	135
6	Conclusion :	135

Chapitre III : Présentation du bain d'Agadir

1	Introduction :.....	139
2	La situation géographique :.....	139
2.1	La situation du site par rapport à l'Algérie :.....	140
2.2	La situation de la commune de Tlemcen :	140
2.3	La situation du quartier d'Agadir :	142
2.4	La situation du bain d'Agadir :.....	143
3	La présentation du site :.....	144
3.1	La wilaya de Tlemcen et son patrimoine :.....	144
3.2	Aperçu historique sur le quartier d'Agadir :	145
4	Les bains publics à Tlemcen :.....	148
4.1	Introduction :	148
4.2	Etat actuel des bains :	151
5	Présentation du cas d'étude, le bain d'Agadir :	154
5.1	Le contexte historique :	154
5.2	Présentation des structures du bain en place :	156
5.3	Historique des travaux de restauration :	160
5.4	Aperçu sur quelques études effectuées sur le bain :.....	163
5.4.1	La restitution du bain d'après S.Moussaoui :.....	163
5.4.2	Proposition d'un réaménagement du bain d'après le BET ACAT :	164
6	Etat des lieux et diagnostic :	164
6.1	Les sources de risques :	165
6.2	Les panneaux de signalisation :	166
6.3	L'accessibilité, l'entrée du bain et sa visibilité :.....	168
6.4	Le comportement des visiteurs :.....	168
7	Intérêt de la restitution numérique du bain :	168
8	Conclusion	169

Chapitre IV : La restitution numérique du bain

1	Introduction :.....	171
---	---------------------	-----

2	La numérisation 3D du bain d'Agadir :	172
2.1	Procédure de collecte de données :	173
2.1.1	Choix du matériel photographique :	175
2.1.2	Réglages de l'appareil photographique :	176
2.1.3	Synthèse sur les paramètres liés à PhotoScan lors de la procédure d'acquisition des données sur terrain :	179
2.1.4	Synthèse et conseils avant le lancement du traitement sur le logiciel :	181
2.2	Traitement des données :	181
2.2.1	La configuration de l'ordinateur :	181
2.2.2	L'alignement des photos :	182
2.2.3	La construction du nuage de points dense :	184
2.2.4	Création de maillage :	186
2.2.5	Construction de la texture :	187
2.2.6	Exportation du modèle :	188
2.3	Discussion des résultats issus de la photogrammétrie	188
3	Essai de restitution architecturale du bain d'Agadir :	193
3.1	Restitution des formes et dimensions des espaces :	194
3.2	Restitution des hauteurs des murs :	199
3.3	Restitution des formes et hauteurs des couvertures :	203
3.4	Restitution des ouvertures et de leurs formes :	209
3.5	Matériaux et techniques de constructions :	212
3.6	Le travail infographique :	213
4	Perception de la représentation numérique du bain d'Agadir par la population :	217
5	Création d'un corpus de connaissance par Wiki :	222
6	Synthèse sur la démarche de restitution du bain d'Agadir :	223
7	Conclusion	226

Conclusion générale

Conclusion générale.....	228
--------------------------	-----

Bibliographie

1. Ouvrages :	233
2. Articles scientifiques :	235
3. Mémoires et thèses :	241

4. Publications dans des Actes de congrès et de colloques :.....	244
5. Sites web :	246
6. Chartes et conventions :	248
7. Comptes rendus :	249
8. Cours en ligne :	249
9. Logiciels utilisés :	250

Liste des figures

Figure 1 : De gauche à droite : La Tour de Babel de Pieter Bruegel en 1563, la tour de Babel par Valkckenborch en 1597.....	16
Figure 2 : Relevé d'un temple à Rome réalisé par Palladio.....	17
Figure 3 : Plan du portique d'Esneh en Egypte	18
Figure 4 : La maison carré à Nîmes.....	19
Figure 5 : Le temple d'Amon-Rê à Karnak, 1989. A gauche, restitution d'ensemble en filaire d'une des quinze grandes périodes d'évolution du site. A droite évolution de la vie tu temple.....	24
Figure 6 : Schéma logique des compétences en restitution.....	27
Figure 7 : Illustration du processus de modélisation	33
Figure 8 : Nuage de points, à gauche résultant d'une lasergrammétrie et à droite d'une photogrammétrie	37
Figure 9 : Un maillage triangulé.....	37
Figure 10 : Principe de la photogrammétrie	39
Figure 11 : Orgue et clôture de la cathédrale de Séville, restitué par photogrammétrie.....	40
Figure 12 : De gauche à droite : la représentation à partir d'une seule image, d'un couple d'image et d'un bloc multi image.	40
Figure 13 : Variantes de numérisation d'un objet en 3D	43
Figure 14 : Relevé laser 3D d'une église à Marseille	43
Figure 15 : A gauche : le principe de mesure par triangulation, à droite : le capteur SOISIC de Mensi.	44
Figure 16 : A gauche : principe de mesure à temps de vol, au centre : le Leica HDS 3000, à droite : le Trimble GX.	44
Figure 17 : A gauche : principe de la mesure de différence de phase, à droite : le Trimble TX5.	45
Figure 18 : Un maillage surfacé.	49
Figure 19 : Un maillage texturé.....	53
Figure 20 : Plan des bains du Pirée.	80
Figure 21 : Plan des thermes sud de Timgad.....	82
Figure 22 : Schéma du système de chauffage par hypocauste, d'après J.-P. Adam.....	83
Figure 23 : Schéma d'organisation des thermes à l'antiquité.....	85
Figure 24 : Plans des bains d'ensembles cathédraux d'Afrique du Nord.....	87
Figure 25 : Plan des bains du palais de Trajan	90
Figure 26 : Plan d'interprétation des bains de Sergilla.	92
Figure 27 : Plan des bains de Gérasa.	94
Figure 28 : Plan d'ensemble simplifié des bains byzantins de Taposiris Magna	96
Figure 29 : Relevé du bain byzantin de Timgad.....	97
Figure 30 : Plan général des thermes romains de Cyrénaïque et de leur réoccupation à l'époque byzantine	99
Figure 31 : Plan du bain de Thessalonique.....	101
Figure 32 : Plan des deux salles du bain de Santa Chiara	102
Figure 33 : De gauche à droite : le circuit linéaire et orthogonal des bains byzantins	104
Figure 34 : Plan du bain au sein du château de Qusayr Amra.....	107
Figure 35 : Plan du bain de Qasr el-Heir el-Gharbi	109
Figure 36 : Plan du bain Al Sarah.....	110
Figure 37 : Bains omeyyades du Levant	112

Figure 38 : Schéma d'organisation orthogonal des bains omeyyades.....	112
Figure 39 : Plan du hammam de Walila	113
Figure 40 : Reconstitution du bain de Walila	114
Figure 41 : Plan du bain de la Kalaa des beni Hamad	116
Figure 42 : Plan du bain des Almoravides	117
Figure 43 : De gauche à droite, plan établis par Marçais en 1903 et état actuel du bain des teinturiers	119
Figure 44 : Schéma d'organisation du bain des Almoravides et des tenturiers	120
Figure 45 : Plan du bain d'Oreto-Zuqueca	122
Figure 46 : Plan du bain de la Cárcel San Vicente	123
Figure 47 : Evolution chronologique des bains califaux de Cordoue	123
Figure 48 : Plan du bain califal.....	124
Figure 49 : Coupe et plan avec la forme hypothétique d'El banuelo	126
Figure 50 : Plan du bain de la tropa.....	127
Figure 51 : Plan et section longitudinal du bain torres torres.....	128
Figure 52 : Plan et section des bains arabes de la Zubia	129
Figure 53 : Plan du bain Churriana de la Vega.....	130
Figure 54 : Plan du bain de Baza.....	131
Figure 55 : Plan du bain de Villardompardo	132
Figure 56 : Modèles des bains d'Al Andalus	134
Figure 57 : Situation de la wilaya de Tlemcen	140
Figure 58 : Situation de la commune de Tlemcen par rapport à la wilaya	141
Figure 59 : Situation du quartier d'Agadir par rapport à l'ancienne médina.....	143
Figure 60 : Situation du bain d'Agadir	144
Figure 61 : Plan d'AGADIR et de TAGRART à l'époque Almoravide.....	147
Figure 62 : Carte de situation des bains à Tlemcen	150
Figure 63 : Situation du bain d'Agadir	150
Figure 64 : Situation du bain de sidi Boumediene.....	151
Figure 65 : Plan de fouilles de la mosquée d'Agadir et du bain	155
Figure 66 : Plan rez de chaussée actuelle du bain d'Agadir sur format DWG.....	157
Figure 67 : Mur en opus incertum	157
Figure 68 : Plan terrasse actuel du bain d'Agadir sur format DWG	158
Figure 69 : Coupe -DD- sur format DWG.....	158
Figure 70 : Coupe -CC-sur format DWG.....	159
Figure 71 : Coupe - BB-sur format DWG	159
Figure 72 : Coupe - AA-sur format DWG.....	159
Figure 73 : De gauche à droite : plan et perspective de l'état du bain d'Agadir d'après Moussaoui..	163
Figure 74 : Restitution hypothétique du bain d'Agadir.....	163
Figure 75 : Hypothèse sur l'emplacement des portes.....	164
Figure 76 : Vue extérieure et intérieure du bain d'Agadir reconverti en un musée	164
Figure 77 : Logotypes Monument historique et Site patrimonial remarquable.....	166
Figure 78 : Interface de PhotoScan	174
Figure 79 : Protocole de prise de vue en rapport avec la taille et la morphologie de l'objet	176
Figure 80 : Ouverture du diaphragme d'un appareil photographique	177
Figure 81 : Exemple de disposition des appareils pour une numérisation linéaire unique.....	178
Figure 82 : Scenarios appropriés pour la prise de vue sur une façade.....	179

Figure 83 : Scenarios appropriés pour la prise de vue à l'intérieur.....	180
Figure 84 : Scenarios appropriés pour la prise de vue sur un objet.....	180
Figure 85 : Principe de création du nuage de points clairsemés.....	182
Figure 86 : Paramètres d'alignement des photos pour le bain d'Agadir.....	183
Figure 87 : Le nuage de points clairsemés du bain d'Agadir acquis de la phase d'alignement des photos.....	184
Figure 88 : Paramètres de création du nuage de points dense du bain d'Agadir.....	185
Figure 89 : Le nuage de points dense du bain d'Agadir.....	186
Figure 90 : Paramètres du maillage.....	186
Figure 91 : Structure filaire du bain d'Agadir obtenue après maillage.....	187
Figure 92 : Paramètres du texturage.....	188
Figure 93 : Restitution planimétrique du bain d'Agadir(hypothèse I).....	197
Figure 94 : Restitution planimétrique du bain d'Agadir (hypothèse II).....	199
Figure 95 : Restitution des hauteurs intérieurs et extérieurs des murs du bain d'Agadir selon l'hypothèse I.....	201
Figure 96 : Restitution des hauteurs intérieurs et extérieurs des murs du bain d'Agadir selon l'hypothèse II.....	202
Figure 97 : Restitution des couvertures du bain d'Agadir selon l'hypothèse I.....	203
Figure 98 : Restitution de la salle tiède.....	208
Figure 99 : Restitution des couvertures du bain d'Agadir selon l'hypothèse II.....	208
Figure 100 : Détail de la porte P3.....	209
Figure 101 : Restitution de la position des portes du bain d'Agadir.....	211
Figure 102 : Restitution des portes du bain d'Agadir.....	212
Figure 103 : Processus de valorisation du bain d'Agadir.....	225

Liste des photos

Photo 1 : La maquette originale de la Rome antique par Paul Bigot.....	20
Photo 2 : Maquette de la Cathédrale Notre Dame de Paris avant les interventions de Viollet Le Duc, en 1843.....	21
Photo 3 : Impression d'écran de la vidéo « Mémoires de pierres ».....	25
Photo 4 : Impression d'écran de la vidéo "Maior Ecclesia".....	26
Photo 5 : Un scanner laser à repérage électromagnétique.....	45
Photo 6 : Le pont d'Avignon reconstitué en 3D.....	50
Photo 7 : Photo-modélisation d'un château à Carcassonne.....	59
Photo 8 : Un casque à réalité virtuelle.....	73
Photo 9 : Une borne Ray-On dans l'Abbaye de Cluny.....	74
Photo 10 : Une des deux rotondes "tholoi" du Bain découvert à Karnak.....	79
Photo 11 : Système de chauffage par tubes de terre cuite des bains de Morgantina.....	79
Photo 12 : Caldarium des thermes de Pompéi.....	82
Photo 13 : A gauche : vue sur la salle 10 en premier plan et la salle chaude 5 au dernier plan ; à droite : vue sur l'hypocauste du bain du palais de Trajan.....	91
Photo 14 : Les bains de Sergilla.....	91
Photo 15 : Vestiges des bains de Gérasa.....	93

Photo 16: Vue du foyer central des thermes de Taposiris.	95
Photo 17: De gauche à droite : la salle de déshabillage, la salle froide, niches dans la salle 4 du bain de Timgad	98
Photo 18: Vue sur le bain de Thessalonique avant et après la restauration	100
Photo 19: De gauche à droite : vue sur la salle tiède et la salle chaude du bain de Thessalonique ...	101
Photo 20: Vue sur le bain de Qusayr Amra	106
Photo 21: De gauche à droite : vues intérieures du bain Al Sarah, et le système d'hypocauste.....	110
Photo 22: Le bain de Walila en 2015 après la reconstruction de la voûte	115
Photo 23: De gauche à droite, vues sur les vestiaires, l'ancienne salle tiède et la salle chaude du bain des Almoravides.....	118
Photo 24: Vue sur la salle tiède du bain des teinturiers	120
Photo 25: La salle froide, tiède et chaude d'El banuelo	125
Photo 26: De gauche à droite, état du bain de la tropa pendant et après les travaux de restauration .	126
Photo 27: De gauche à droite, les salles froide, tiède et chaude du bain torres torres	128
Photo 28: De gauche à droite : vue sur la salle tiède et la salle chaude du bain de la Zubia	129
Photo 29: De gauche à droite : vue sur la toiture, la salle chaude et la salle tiède du bain de Baza. ..	131
Photo 30: De gauche à droite, la salle tiède, la salle froide et la salle chaude du bain de Villardompardo	133
Photo 31: De gauche à droite : Vue sur les cascades d'El Ourit.	142
Photo 32: Base du minaret de la mosquée d'Agadir fait de pierres romaines.....	143
Photo 33: Minaret de la mosquée d'Agadir.....	146
Photo 34: De gauche à droite : Bab ar Rawah et Bab al Aqba aujourd'hui disparus	148
Photo 35: Photo d'un ancien hammam à Tlemcen	149
Photo 36: Le bain d'Agadir en 1973.	160
Photo 37: Etat du bain d'Agadir avant travaux de restauration en 2003	161
Photo 38: Le bain d'Agadir pendant les travaux de restauration.....	162
Photo 39: Etat du bain d'Agadir en 2010	162
Photo 40: Panneau signalétique du château de Vincennes.	167
Photo 41: Panneau signalétique d'un monument à Tunis.....	167
Photo 42: Appareil photo Nikon d3000	175
Photo 43 : Quelques ortho photos du bain d'Agadir obtenues par photogrammétrie avec PhotoScan.	191
Photo 44 : Quelques perspectives du bain d'Agadir obtenues par photogrammétrie avec PhotoScan.	192

Liste des tableaux

Tableau 1: Tableau comparatif entre la photogrammétrie et la lasergrammétrier	47
Tableau 2: Tableau récapitulatif de quelques logiciels utilisés en photogrammétrie, lasergrammétrie et modélisation 3D.....	58
Tableau 3: Liste des acronymes	59
Tableau 4: Approches pour le relevé et la représentation d'édifices en tridimensionnel.....	71
Tableau 5: Récapitulatif des bains à Tlemcen.....	154
Tableau 6 : Tableau récapitulatif des étapes issues de la photogrammétrie du bain d'Agadir.....	189

Tableau 7: Tableau récapitulatif des largeurs des salles de quelques bains	196
Tableau 8 : Tableau récapitulatif des dimensions de la salle tiède de quelques bains	198
Tableau 9 : Tableau récapitulatif des dimensions de la salle tiède et la coupole de quelques bains ..	204
Tableau 10: Tableau récapitulatif des éléments décoratifs de quelques bains	206
Tableau 11: La maquette finale du bain d'Agadir suivant les deux hypothèses	216

Liste des graphiques

Graphique 1 : Avoir connaissance des bains médiévaux à Tlemcen.....	219
Graphique 2 : Avoir connaissance du bain d'Agadir	219
Graphique 3 : Visite du bain d'Agadir	220
Graphique 4 : Introduction du numérique dans les visites des monuments	220
Graphique 5 : Impact de la représentation numérique du bain d'Agadir	221
Graphique 6 : Types de supports de consultation.....	221

Liste des annexes

Annexe 1 : Relevé autour du minaret d'Agadir et du bain	251
Annexe 2 : Questionnaire sur la représentation du bain d'Agadir	252
Annexe 3 : Etapes de la création d'un article Wikipédia sur le bain d'Agadir	254

Liste des acronymes

BITMAP	Format d'images matricielles
E57	Format de stockage de nuages de points, d'images en 3D LIDAR
FBX	Format Filmbox
FLS	Format nuage de points Faro
GeoTIFF	Format d'images géoréférencées
MA	Format de fichier Maya
Objet3D.obj	Format de fichier contenant la description d'une géométrie 3D
ODBC	Open DataBase Connectivity
PLY	Format de fichiers de polygones
PNG	Format d'images numériques
PTC PTX	Format nuage de points Leica
PTS	Utilisé par PRO TOOLS, format contenant des informations audio
RCP	Format de fichier qui rassemble plusieurs fichiers de numérisation RCS
RCS	Format propriétaire de nuages de points RECAP
STL	Format de Stéréolithographie pour prototypage
VRML	The Virtual Reality Modeling Language

Introduction générale

1 Introduction :

La préservation et la documentation du patrimoine, témoins hors pair de l'identité et de l'histoire d'un peuple, restent une des nécessités reconnues par tous : architectes, archéologues, restaurateurs, conservateurs... et autres professionnels des monuments historiques. La notion de patrimoine ne cesse de s'élargir, d'évoluer, et connaît une extension quasi-illimitée ; elle désigne les monuments historiques, les vestiges archéologiques, les ensembles architecturaux urbains ou ruraux, les paysages, mais aussi les témoignages matériels et immatériels de l'histoire et des cultures de nos sociétés.

De nos jours, le concept de patrimoine semble aller de pair avec sa sauvegarde et sa mise en valeur dans une dimension collective, qui relève avant tout de l'intérêt général. Dans cette même vision, le citoyen considéré comme détenteur et défenseur de ce patrimoine, se doit de lui redonner une place au sein du paysage contemporain des villes, en se dotant de compétences nouvelles pour agir sur ce qui lui revient.

Dans une perspective de développement économique et sociale, il est de l'intérêt de tous de considérer le patrimoine comme une ressource à part entière qu'il convient de valoriser et de placer dans des projets de développement variant selon les sociétés et les territoires. Mais pour être perçu et considéré comme un patrimoine, un bien qu'il soit matériel ou immatériel, doit être reconnu avant tout par la population et ainsi refléter son histoire et l'héritage des générations passées.

Chaque pays renferme son propre patrimoine archéologique et culturel, reflet de son évolution historique, mais aussi sociale. L'Algérie, très riche par son histoire dès la plus haute antiquité, a vu le passage de nombreuses civilisations, qui ont forgé chacune à leur tour un patrimoine et des monuments comme vestiges témoignant de cette richesse. Elle fut avant tout le berceau d'une civilisation berbère, s'en suit après une occupation romaine comme en témoignent les sites de Timgad, Djemila, et bien d'autres villes. En 533, c'est la domination byzantine qui a débuté après la chute des Vandales, pour voir plus tard arriver l'armée arabo-musulmane en 670. Le VII^{ème} siècle, marque le début de l'islamisation puis l'arabisation de la population du Maghreb central, et connaît le passage de nombreuses dynasties, tel que les Zirides, les Hammadides, les Fatimides, les Almoravides, les Almohades...qui chacune à son tour marqua son passage.

La période de la conquête arabe, nous a légué de nombreux monuments et bâtiments emblématiques constituant ainsi une mémoire et un patrimoine bâti riche par sa valeur, sa diversité, mais aussi par un savoir-faire architectural unique. Monumental tant par son histoire que par son patrimoine, notre choix s'est porté sur Tlemcen, qui recèle de nombreux monuments, et qui montre à travers son territoire des vestiges correspondant à toutes les dynasties qu'elle a connu au cours de son histoire.

Aujourd'hui, et face aux nombreux problèmes et menaces, qu'ils soient d'ordre naturel ou humain, et qui affectent nos monuments, on risque de perdre à jamais ce legs, témoignage des civilisations et des hommes d'autrefois. C'est pourquoi sa sauvegarde et sa mise en valeur, dont les moyens ne cessent d'évoluer continuellement, représentent de nos jours une préoccupation majeure au sein des villes et de ses communautés.

Nous nous intéresserons dans notre travail de recherche, à cette nouvelle contribution des moyens et techniques numériques au domaine du patrimoine. Depuis l'apparition de l'outil informatique, c'est toutes les spécialités qui se l'approprient ; le secteur du patrimoine ne fait pas exception, architectes et archéologues l'utilisent à des fins diverses, comme pour la représentation tridimensionnelle d'édifices, la constitution de bases de données, ou encore les expérimentations d'aide à la vérification d'hypothèses de reconstruction de monuments.

A Tlemcen, très peu de choses se font sur les monuments historiques, qui se trouvent dans une situation d'abandon accentuant ainsi leurs détériorations et pertes, même après des travaux de restaurations. En effet, les monuments de la ville, qui nous en disent tant sur l'architecture, l'urbanisme et l'art de vivre d'une période précise de l'histoire, sont sujets à des dégradations perpétuelles. Vu l'importance et la valeur de chaque monument, avec en parallèle une évolution constante des nouvelles technologies appliquées au patrimoine, notre travail de recherche veut apporter une approche nouvelle sur la compréhension de notre patrimoine. L'utilisation de l'outil informatique ne serait-il donc pas la meilleure alternative actuelle pour la sauvegarde, la mise en valeur, et l'archivage du patrimoine en Algérie ?

De nombreux travaux et publications sur le thème, ont été faits et débattus à maintes reprises, sur différents monuments, un peu partout dans le monde¹. Dans notre cas il s'agira d'aborder une réflexion méthodologique scientifique de restitution d'un ancien bain partiellement en ruine, dans un but où les enjeux majeurs sont liés aux nouvelles technologies, et à la valorisation des résultats de ce patrimoine.

2 Problématique :

De nos jours, tout le monde parle de patrimoine, cette crainte de tout perdre à cause des civilisations contemporaines envahit l'esprit des gens, on souhaite dorénavant protéger, conserver, restaurer et entretenir ce patrimoine, identité des peuples et témoignage de notre passé. Les processus de culture et d'éducation, ainsi que l'évolution technologique et l'urbanisme croissant, modifient les modes de vie et les nécessités des sociétés, qui à leur tour menacent la préservation des sites historiques. Ces facteurs constituent un plus grand danger pour les petits sites patrimoniaux que les grands monuments.

Compte tenu de l'urgence de la situation, les organisations et les personnes impliquées dans la préservation du patrimoine devraient agir en conséquence. Différentes manières existent pour sauver ce patrimoine en perpétuelle danger ; cela peut aller d'une simple rénovation jusqu'à

¹ Nous en exposerons les résultats dans le chapitre lié à l'infographie.

une réhabilitation totale du bâtiment. Malheureusement le patrimoine architectural réduit à l'état de ruines, ne représente aujourd'hui que rarement un intérêt pour la population ou pour les collectivités locales ; chose qui a poussé les spécialistes du patrimoine à s'intéresser de nos jours aux nouvelles technologies numériques et aux méthodes de représentation pour lui redonner sa vraie valeur et ainsi attirer l'intérêt du public.

En accord avec les innovations technologiques, cette prise de conscience s'étend donc aujourd'hui au patrimoine. La 3D² est en effet utilisée par les archéologues, historiens et architectes pour diffuser leurs recherches ou pour documenter des sites du patrimoine mondial.

Depuis quelques années on étudie aussi les possibilités d'adaptation des techniques modernes d'acquisition et de représentation permises par le développement de l'informatique ; les sciences historiques, le patrimoine et par conséquent l'architecture et l'archéologie ne dérogent pas à ce développement croissant, à la rencontre de plusieurs domaines de compétences. La recherche aujourd'hui, tout comme les productions culturelles ne se conçoivent plus sans un appareillage informatique de plus en plus performant, de plus en plus sophistiqué et de plus en plus changeant.

Aujourd'hui la question patrimoniale doit être abordée selon une perspective nouvelle en se rattachant aux nouvelles technologies de l'informatique pour son enregistrement et sa sauvegarde. En effet, l'architecture ou l'archéologie ont eu depuis longtemps, vocation à la représentation du passé sous forme de plans, de dessins ou d'images. Avec les technologies actuelles de nouvelles possibilités de visualisation et de mise en valeur du patrimoine, dont la conception assistée par ordinateur a permis de réaliser des restitutions numériques, s'offrent non seulement aux professionnelles mais aussi au public, et c'est dans ce même contexte qu'on abordera notre recherche.

Parviendra-t-on, à l'aide de toutes ces méthodes et outils numériques mis en œuvre, à une meilleure conservation et mise en valeur de notre patrimoine architectural ?

Un patrimoine qui ne cesse de se détériorer en Algérie, un pays, où le passé ne communique plus avec le présent, et où une grande défaillance en matière d'outils et de lois est prégnant, engendrant ainsi une dégradation grave de l'héritage urbain et architectural : absence d'entretien, le neuf qui prend le dessus sur l'ancien, les anciennes médinas qui se dégradent... En effet, l'inquiétude et le malaise envahissent le simple citoyen comme le plus fin des observateurs quand il s'agit de dresser un état des lieux sur la situation du patrimoine culturel dans les villes algériennes.

Notre cas d'étude qu'est l'ancien bain d'Agadir à Tlemcen, n'échappe pas non plus aux destructions et aux dégradations que subissent les monuments de Tlemcen. Il s'agit probablement de l'un des plus anciens bains de Tlemcen et d'Algérie, partiellement debout et

² 3D ou trois dimensions ou tridimensionnel, sont des expressions qui définissent l'espace qui nous entoure en termes de largeur, hauteur et profondeur. Il s'agit de la représentation numérique d'un objet dans l'espace, suivant un référentiel isométrique mesurable suivant ses trois axes.

qui mériterait plus d'attention et de recherche : Une étude et une mise en valeur sont indispensables. Le choix du cas d'étude est dicté par un paradoxe : le bain est un bâtiment incontournable de l'histoire de la ville, mais, du fait de sa disparition quasi totale dans le tissu urbain moderne, il est complètement ignoré par la plupart des spécialistes et du public.

Les bains, ont depuis toujours fait partie de la vie quotidienne des habitants, et cela dès l'antiquité, d'abord chez les grecs, ensuite les romains. Occupant une position centrale dans la vie des cités antiques, cette tradition allait se perpétuer chez les byzantins, ainsi que chez les musulmans, avec toutefois quelques changements et évolutions de la pratique. Il est non seulement considéré comme un lieu d'hygiène corporelle, mais aussi un espace de sociabilité, où les habitants de la ville ou du quartier s'y rendaient pour discuter des tracas de la vie quotidienne.

L'état actuel des bains médiévaux qui se trouvent dans la médina de Tlemcen est alarmant ; 10 bains sur les 14 existants, ne fonctionnant plus et étant fermés, se dégradent de jour en jour. Limités, sont aussi les publications ou travaux qui se font sur ces édifices balnéaires, témoignages pourtant d'un patrimoine matériel architectural riche par sa valeur historique, et sociale : à noter qu'aucun bain n'est concerné par le classement. **Le bain d'Agadir pourrait-il faire l'objet d'une mise en valeur à travers une interprétation contemporaine ?**

Malheureusement, les autorités locales, ne sont pas conscientes de l'importance de cet héritage, qui devrait figurer pourtant, parmi leurs priorités, et bénéficier tout comme les monuments de culte d'une sauvegarde et d'une reconsidération.

3 Hypothèses de travail :

De nos jours, l'absence de stratégie et d'action de sauvegarde et de mise en valeur du patrimoine par les autorités locales, semblent ne pas suffire, mais mène plutôt à la dégradation et à la destruction de notre patrimoine.

Les restitutions infographiques de monuments historiques en grand nombre de nos jours, et qui inondent les musées, ou le web, créent des images nouvelles significatives du développement iconique³ du patrimoine, mais aussi des images interactives et numériques très prisées par le public. Les modèles 3D de monuments historiques, répondent cependant à une logique de médiatisation scientifique et patrimoniale profondément contemporaine.

Par la numérisation et la restitution hypothétique du bain d'Agadir, on pourra non seulement archiver des données numériques, mais réconcilier aussi les scientifiques et habitants avec le bain, le tout devant être intégré dans une démarche de conservation et de mise en valeur. La restitution virtuelle de l'édifice est un défi qui doit être relevé.

³ Iconique au sens de représentation visuelle.

4 Intérêt et objectifs de la recherche :

Mon travail de recherche a eu comme point de départ un intérêt personnel pour le patrimoine architectural en Algérie, plus exactement à Tlemcen, ma ville natale ; *comment apporter une touche de modernité à ces monuments qui ne cessent de se détériorer et qu'on risque de perdre à jamais ? Ne dit-on pas qu'une ville dépourvue de son patrimoine et de son histoire est une ville morte ?*

Architecte de formation, diplômée à l'université de Tlemcen en 2007, et titulaire d'un diplôme de magister dans le thème du patrimoine en 2010 ; l'opportunité qui m'a été offerte par l'Office de Gestion et d'Exploitation des Biens Culturels (OGEBC) à Tlemcen dans le cadre de la préparation à la manifestation de "Tlemcen capitale de la culture islamique 2011", n'a fait qu'augmenter mon attachement à ce pan incontournable de notre identité. Ce travail de recherche doctoral a été pour moi une occasion de travail sur un sujet qui m'a toujours passionné.

Travailler en tant qu'architecte au sein de l'OGEBC dans le cadre de cette manifestation, a largement contribué dans ma compréhension des problématiques réelles de ce domaine à travers les différentes interventions sur les monuments à Tlemcen (restauration de certains bâtiments, fouilles archéologiques, travaux d'entretien...). Au cours de ce travail d'immersion dans le domaine du patrimoine, et en continuité avec mon magister, j'ai réalisé qu'un certains nombres de problèmes fondamentaux se posait : Qu'en est-il des monuments non restaurés ou de leurs devenir après leurs restaurations ? Les travaux de réhabilitation et de restauration des monuments de la manifestation de Tlemcen 2011 ont-ils aboutit et avec le résultat attendu ?

Durant ces travaux, la population ne s'intéressait guère aux monuments et à leur devenir, et ceci pour différentes raisons. Comment donc arriver à concilier et sensibiliser les habitants à leur patrimoine ? Un patrimoine qui ne cesse de se dégrader, y compris les sites ayant bénéficié d'opérations de restaurations récentes. Sommes-nous aussi capables, et avons-nous les moyens et la main d'œuvre qualifié et adéquate à des travaux de restauration de telle envergure, des travaux qui ne doivent en aucun cas nuire à la beauté mais aussi à la stabilité de cette architecture faiseuse de notre identité et authenticité, ou devons-nous penser à une autre méthode de valorisation de nos monuments ?

L'occasion s'est donc présentée pour moi, à travers ce travail de recherche, de penser à une nouvelle manière d'aborder notre patrimoine architectural et, pourquoi pas, d'appliquer toutes les méthodes récentes de relevés et de restitutions sur un monument de la ville de Tlemcen.

En partant de l'état de dépérissement que vivent nos monuments, et de l'intérêt de sauvegarder tout un pan de notre histoire, les objectifs de ce travail sont multiples et concernent l'ensemble du processus de restitution du bain dans le but de sa mise en valeur :

- Rassembler toute la documentation existante sur le bain, pour créer une base de données qui nous servira dans le travail de restitution, mais aussi pour d'autres recherches à venir.
- Approfondir et élargir nos connaissances sur le bain et son fonctionnement, en l'étudiant dans toute sa complexité, y compris son évolution historique, typologique et architecturale, pour une meilleure compréhension.
- Définir la démarche la plus appropriée et accessible dans notre cas (outils déployés, logiciels utilisés, problèmes rencontrés...); allant de la phase du relevé par les dispositifs d'acquisition 3D, jusqu'à l'étape de traitement, de formalisation et enfin de présentation des résultats.
- Sensibiliser le public mais aussi les professionnels envers ce patrimoine, par le biais de la restitution, en parvenant à montrer toute l'importance de la préservation et de la mise en valeur du bain.

5 Méthodologie de recherche :

Afin de mener convenablement ce travail de recherche dans le but de cerner une telle problématique et en vue d'une bonne maîtrise du sujet, nous optons pour la démarche méthodologique suivante : à savoir, une approche exploratoire en premier, suivie par une approche analytique et comparative, et enfin la présentation des résultats avec discussion.

L'approche exploratoire, ou phase de recherche théorique, nous aidera à nous familiariser avec le thème et les différents concepts et notions, ayant une relation directe ou indirecte avec notre recherche et notre problématique. Cette phase visera une étude bibliographique sur l'évolution des bains, mais aussi une réflexion sur la valorisation du patrimoine par les nouvelles technologies y compris les restitutions 3D, en analysant des pratiques pour la réalisation de ce type de projets avec des exemples concrets.

L'approche analytique : L'étude des sources littéraires, iconographiques ou archéologiques des bains est capitale, mais elle doit aussi s'accompagner d'une compréhension complète de l'histoire du bain et de ses fonctions. On ne peut bien restituer un bâtiment que si l'on l'appréhende dans sa globalité. Cette phase se fera donc après compréhension de l'outil conceptuel, et visera :

- L'étude historique, architecturale, et la description du bain, ainsi que les interventions subies.
- Une analyse critique de la documentation produite écrite et graphique (publications, archives...).
- Les diagnostics, constats et observations personnels sur l'état actuel du bain.
- Analyse, comparaison et interprétation des données pour proposer une restitution des espaces disparus par une maquette virtuelle du bain.

Il est clair que notre démarche reposera aussi, sur des investigations sur terrain, nécessaires aux compagnes d'acquisition et d'enregistrement des données dont les moyens sont multiples comme l'observation, la photographie, le croquis...

L'étude consiste à la revalorisation du bain par le biais de la restitution, qui représente une manière réversible, sans pour autant intervenir sur le monument.

6 Structure de la thèse :

Pour répondre à l'ensemble des questions et des objectifs de ce travail multidisciplinaire, le manuscrit se composera de deux parties structurées en cinq chapitres : l'organisation des chapitres suit le cheminement de notre réflexion sur le thème. La première partie qui comporte les deux premiers chapitres, incluant aussi le chapitre introductif, sera axée principalement sur la théorie et la multiplicité des terminologies en rapport avec le sujet traité. Ceci nous permettra de dresser un état de l'art, et de nous intéresser à l'étude bibliographique nécessaire à la bonne compréhension et au bon cheminement de notre travail et ainsi d'introduire la phase exposée dans la deuxième partie.

Dans le chapitre introductif et liminaire, on introduira notre réflexion ainsi que la question de départ, en démontrant qu'une mise en valeur d'un monument, ne se fait pas qu'en le restaurant, mais qu'il existe de nos jours d'autres moyens tout aussi important et performant.

Dans le premier chapitre, on s'intéressera à toutes les connaissances relatives à la mise en valeur du patrimoine, les différents emplois pour représenter l'architecture du passé, et on se penchera surtout sur la mise en valeur par les restitutions numériques ainsi que les avantages de ces dernières. L'intérêt est donc donné dans ce chapitre au point de vue historiographique qui nous permet de réaliser un état de l'art, mais de développer également les concepts nécessaires à la compréhension de la deuxième partie, relative à la restitution numérique de notre cas d'étude.

Nous nous intéresserons également dans ce premier chapitre aux moyens mis à contribution dans une démarche de restitution architecturale, et à l'apport des nouvelles technologies et de l'informatique dans le domaine du patrimoine et de sa mise en valeur. Il s'agit donc de présenter un panorama sur tous les concepts clefs liés à notre cadre de recherche.

On se focalisera aussi, plus particulièrement sur les expériences et travaux internationaux, maghrébins et nationaux dans le domaine de la restitution numérique du patrimoine. Expériences aussi bien théoriques que pratiques, en portant une attention particulière à l'approche citée dans chaque exemple ; cette phase nous permettra par la suite de définir une liste d'approches et de méthodes réalisées à partir de cas concrets.

Nous examinerons dans le deuxième chapitre, l'origine, l'histoire, l'organisation et l'évolution des bains de l'Antiquité jusqu'au Moyen-Âge, en exposant des illustrations, et des analyses spatiales de chaque exemple. Ce chapitre nous permettra de mieux scinder les éléments fondamentaux qui se rapportent à l'architecture des bains, et ainsi de mieux appréhender la restitution hypothétique de notre cas d'étude sur la base d'une étude comparative.

Dans la deuxième partie, nous présenterons notre cas d'étude, ainsi que tout le travail de terrain et d'analyse qui s'y rapporte. Cette phase expérimentale nous permettra d'aborder notre terrain d'étude principal à savoir le bain Agadir. Elle se divisera en deux chapitres :

Dans le premier chapitre de cette seconde partie, on présentera d'abord un bref état des lieux sur les bains à Tlemcen, pour passer ensuite à notre cas d'étude qu'on abordera sous tous les aspects (documentation existante, état des lieux, diagnostic...).

Enfin, le second chapitre de la seconde partie traitera de la restitution du cas d'étude en abordant l'approche de restitution choisie. On commencera d'abord notre travail in situ par l'acquisition des données, ensuite en présentant le modèle 3D de l'état actuel du bain. A partir d'analyse des exemples décrits dans la première partie, on présentera l'approche que nous développerons pour notre cas d'étude, cette approche est particulièrement attachée à notre champ d'étude. Elle sera suivie de la présentation des résultats ainsi que de leurs interprétations.

Nous terminerons par une conclusion générale qui présentera un bilan de cette thèse, résumera tous les chapitres, et ouvrira une discussion sur les perspectives de recherche. Sans oublier de souligner l'importance des études historiques et architecturales des monuments, avant toute intervention de sauvegarde ou de mise en valeur. On démontrera aussi l'importance des restitutions numériques, qui présentent de nos jours une forme de valorisation des monuments et vestiges, avec une adaptabilité et une souplesse grâce à l'outil informatique, et qui s'adaptent aux différents raisonnements des spécialistes du domaine.

La bibliographie, une liste des figures et photos, une liste des tableaux ainsi que des annexes seront présentés en fin de thèse.

Chapitre I

La restitution architecturale au service du patrimoine

« ...Restituer, c'est essayer de donner une idée de quelque chose, d'en donner une image. Elle comprend tout ce que l'on connaît mais aussi tout ce que l'on peut proposer, pour aboutir à une image, certes en partie théorique, mais une image d'ensemble... »

Jean Claude Golvin⁴

1 Introduction :

Les sociétés d'aujourd'hui voient apparaître des développements considérables dans plusieurs domaines : qu'ils soient culturels, techniques, ou bien sociales, cette transition du passé vers le moderne se fait parfois sans considération pour le patrimoine. Comment arriver à utiliser ces éléments du passé, ainsi que la richesse de nos patrimoines dans l'évolution de nos villes ?

Dans ce premier chapitre, nous allons cerner l'approche de restitution des monuments historique, depuis son apparition jusqu'à la restitution numérique, dans un objectif de compréhension de ce domaine. Nous débuterons d'abord notre travail, par les définitions des concepts clés, pour aborder après les restitutions numériques de nos jours et les techniques de relevés numériques, tout en analysant des exemples concrets.

Les différentes notions en rapport avec le patrimoine et sa sauvegarde, sont parfois proches, se confondent et portent à confusion. C'est pourquoi la bonne compréhension de tous les concepts, est essentielle et importante pour bien les maîtriser sans aucune ambiguïté.

2 Généralités sur la notion de patrimoine :

Le patrimoine, ce concept très large, s'étale sur plusieurs domaines, et désigne tous les biens qui peuvent être transmis de générations en générations dans un objectif de conservation. Considéré aujourd'hui comme commun à tous et universel depuis son adoption par l'UNESCO en 1972⁵, il fut auparavant conçu comme un héritage familial, ou une simple propriété personnelle. Pour expliquer comment s'est constitué le patrimoine, André Chastel et Jean Pierre Babelon dans leur ouvrage ont distingué différentes approches qu'ils ont appelées "faits" et qui se sont accumulés pour parvenir à notre conception actuelle du patrimoine : fait religieux, fait monarchique, fait familial, fait national, fait administratif, fait scientifique⁶.

⁴ Jean Claude Golvin est un architecte, archéologue et chercheur attaché au CNRS à l'université de Bordeaux III. Ses nombreux travaux portent sur des restitutions de cités et monuments antiques. Il est l'auteur de plus de 1000 dessins de restitution de villes et monuments antiques et médiévaux.

⁵ Il s'agit d'un texte juridique adopté le 16 novembre 1972, par l'UNESCO, ayant pour titre "Convention pour la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel". Disponible sur le site de l'Unesco : www.unesco.org. Consulté le 08/02/2018.

⁶ BABELON, Jean Pierre ; CHASTEL, André. La notion de patrimoine. Editeur Liana Levi. Paris. 2008. p36.

Le mot "patrimoine" vient du latin *pater* signifiant père, et qui sous-entend "bien d'héritage" et qui "descend suivant les lois des pères et des mères aux enfants". Actuellement la notion ne couvre plus que les monuments historiques et ponctuelles, ou les œuvres d'arts, mais touche aussi le patrimoine naturel et les paysages, les éléments du quotidien tels que des fontaines, des lavoirs..., et les ensembles historiques. Il tend à désigner donc, toutes les productions humaines que le passé a laissé en héritage commun à une collectivité ou à un groupe d'individu⁷. Les définitions du patrimoine sont multiples, et au centre de débats entre les différentes disciplines liés à sa conservation et à sa sauvegarde.

Conscient aussi que le passé mérite d'être conservé et apprécié, les spécialistes du domaine, augmentent son emprise non seulement sur les objets matériels mais aussi immatériels, tels que les traditions orales, les coutumes, les chants... Ainsi l'UNESCO, le définit comme « *les pratiques, représentations, expressions, connaissances et savoir-faire -ainsi que les instruments, objets, artefacts et espaces culturels qui leur sont associés -que les communautés, les groupes et, le cas échéant, les individus reconnaissent comme faisant partie de leur patrimoine culturel.*⁸ » faisant donc de la dimension immatérielle une composante essentielle de notre patrimoine.

Devenu de nos jours une notion publique, le patrimoine est à considérer comme un bien commun, ayant des valeurs historiques et culturelles à partager, et à partir desquelles la société pourra reconnaître et affirmer son identité. Par ses différentes valeurs, il est donc un élément essentiel du maintien de la diversité culturelle des sociétés, surtout en cette période de mondialisation accrue que nous vivons.

Sans vouloir nous attarder sur toutes les définitions et concepts liés au thème du patrimoine, nous avons trouvé indispensable de définir le patrimoine architectural et le patrimoine archéologique, tous deux constituant le patrimoine matériel en rapport avec notre sujet de recherche :

2.1 Le patrimoine architectural :

D'après Françoise Choay, il correspond à « *toutes les formes de l'art de bâtir, savantes ou populaires, urbaines et rurales, toutes les catégories d'édifices publics et privés, somptuaires et utilitaires*⁹ ». Il englobe donc, toutes les constructions humaines, qui caractérisent une époque, une civilisation ou un événement, ayant une valeur méritante d'être retransmise aux générations futures. Par patrimoine architectural, on sous-entend donc les monuments

⁷ CHOAY, Françoise. Le Patrimoine en question. Anthologie pour un combat. Editions du seuil. Paris. 2009. p10.

⁸ Il s'agit d'un traité adopté en 2003, ayant pour titre "Convention pour la sauvegarde du patrimoine culturel immatériel", et pour principal objectif le respect du patrimoine immatériel de chaque communauté. www.unesco.org. Consulté le 08/02/2018.

⁹ CHOAY, Françoise. L'allégorie du patrimoine. Editions du seuil. Paris. 1996. p23.

historiques, isolés ou groupés, ainsi que les témoignages architecturaux légués par des civilisations particulières.

La notion de monuments historiques, est une invention issue de l'occident dès le XIX^e siècle, et qui s'est répandu après dans tout l'occident. Elle correspond à tous les biens matériels, et les objets mobiliers ou immobiliers « *dont la conservation présente au point de vue de l'histoire, de l'art, de la science ou de la technique un intérêt public*¹⁰ ». C'est seulement après, que la notion de monument historique a été remplacé par le terme plus général de patrimoine architectural, témoin de savoirs et de connaissances d'une culture particulière, en s'ouvrant à tout type de constructions et en intégrant ainsi :

- Le monument, dépendant du contexte urbain, social mais aussi culturel dans lequel il s'insère. Il est aussi symbole d'une culture et d'une civilisation, et donc un élément d'attractivité touristique matériel et immatériel.
- Les ensembles architecturaux ou historiques, et qui se présentent sous forme de groupements de constructions anciennes urbains ou ruraux.
- Les sites ou secteurs sauvegardés, qui bénéficient d'une mesure de protection sur un secteur urbain ou rural.

2.2 Le patrimoine archéologique :

D'après la définition énoncée par la Charte Internationale pour la Gestion du Patrimoine Archéologique (ICOMOS 1990) dans le 1er article, le patrimoine archéologique est considéré comme étant, « *La partie de notre patrimoine matériel pour laquelle les méthodes de l'archéologie fournissent les connaissances de base. Il englobe toutes les traces de l'existence humaine et concerne les lieux où se sont exercées les activités humaines quelles qu'elles soient, les structures et les vestiges abandonnés de toutes sortes, en surface, en sous-sol ou sous les eaux, ainsi que le matériel qui leur est associé*¹¹ ». Dans la loi algérienne n° 98-04 relative à la protection du patrimoine culturel, les sites archéologiques sont définis comme étant, « *... des espaces bâtis ou non bâti qui n'ont pas de fonction active et qui témoignent des actions conjuguées de l'homme et de la nature, y compris les sous-sols y afférents et qui ont une valeur historique, archéologique, religieuse, artistique, scientifique, ethnologique ou anthropologique.* ».

C'est à partir du patrimoine archéologique, que les archéologues ont la possibilité de reconstituer l'histoire des peuples, de leur relation avec le milieu bâti ou naturel, par le biais de découvertes lors des travaux de fouilles archéologiques. A cet effet, les biens archéologiques toucheraient non seulement des sites monumentaux, mais aussi tout bien ou objet matériel

¹⁰ CHOAY, Françoise. Le Patrimoine en questions. Anthologie pour un combat. Op cite. p23.

¹¹ La "Charte internationale pour la gestion du patrimoine archéologique" fut préparée par le Comité International pour la Gestion du Patrimoine Archéologique (ICAHM) et adoptée par la 9^{ème} Assemblée Générale de l'ICOMOS en 1990. Disponible sur : www.icomos.org. Consulté le 08/02/2018.

significateur d'informations importantes, tels que des pièces de monnaies, des outils de tout genre...

C'est donc par les traces matérielles, que le patrimoine archéologique permet de retracer les pans de toute une civilisation, permettant la compréhension de l'histoire et du contexte culturel, renvoyant à un discours sur le passé.

Partant du principe de sauvegarde et de mise en valeur du patrimoine, dans un objectif de transmission au public mais aussi de compréhension, on ne peut assurer la pérennité du patrimoine architectural ou archéologique que si on le combiné au présent : le travail de restitution numérique prend alors tout son sens.

3 La conservation et mise en valeur du patrimoine :

Les monuments historiques qui nous parviennent, ont bien souvent subis des transformations ou détériorations dans leurs structures, causées par l'homme ou la nature. Vulnérable et souvent fragile, le patrimoine risque donc de disparaître et c'est tout une part de notre identité qui disparaîtra avec. Et donc depuis l'intérêt porté au patrimoine, différentes opérations d'interventions sur les monuments ont vu le jour, touchant à la fois le simple objet patrimonial, jusqu'aux grands ensembles architecturaux.

Conserver notre patrimoine, équivaut donc à le protéger par les différentes méthodes qui existent, et par aussi les différents acteurs : en effet, en le définissant comme un bien collectif, il revient d'abord à chacun de nous de le protéger, mais aussi aux organismes publics d'y participer en instaurant une législation et des programmes de conservation du patrimoine spécifique. Pour protéger un monument historique, il convient donc de le conserver, pour le sauvegarder et le préserver ; la définition et l'objectif de ces trois notions, aboutit à une protection des valeurs culturelles¹² du patrimoine par des opérations d'interventions.

Dans la seconde moitié du XX^e siècle, des chartes internationales sont apparues, pour encadrer toutes les opérations d'interventions sur les monuments historiques, régissant des définitions avec des règlementations sur les différents travaux. En 1964, la charte de Venise, définit la conservation comme « *la discipline qui fait appel à toutes les techniques contribuant à l'étude et à la sauvegarde du patrimoine, en lui imposant une permanence d'entretien*¹³ ». Quelques années après, une définition analogue fut énoncée au niveau de la charte de Burra en 1979 : « *La conservation devrait recourir à toutes les connaissances, à tous les savoir-faires et à*

¹² Par valeurs culturelles, on entend valeurs esthétiques, historiques, sociales, et scientifiques.

¹³ Il s'agit d'un traité qui fournit un cadre international pour la préservation et la restauration des objets et des bâtiments anciens. La "Charte internationale sur la conservation et la restauration des monuments et des sites" ou la "Charte de Venise" fut adopté en 1964. Disponible sur : www.icomos.org. Consulté le 10/02/2018.

*toutes les disciplines qui peuvent contribuer à l'étude et au bon traitement d'un lieu ou d'un bien patrimonial*¹⁴ ».

Pour répondre à cette volonté de conservation et de mise en valeur du patrimoine, plusieurs méthodes ont été appliquées, et définies dans des mesures réglementaires. La restauration, la rénovation, les restitutions sous toutes ses formes, ou encore l'anastylose, sont des opérations qui ont été appliquées un peu partout sur les monuments, participant ainsi à leurs sauvegardes et à leurs compréhensions :

La restauration : Restaurer, du latin impérial *restaurare*, signifie rebâtir, réparer ou encore refaire¹⁵ : Consiste en la sauvegarde des objets du patrimoine, ayant pour objectif la réfection à l'identique de tout ou partie d'un édifice en vertu de sa valeur patrimoniale, en intégrant harmonieusement les éléments destinés à remplacer les parties manquantes en les distinguant des parties originales¹⁶. Il s'agit d'une intervention limitée sur les monuments.

La réhabilitation : Dans un objectif de revalorisation d'un site ou d'un bâtiment, la réhabilitation englobe plusieurs travaux et se présente sous forme d'un processus.

La rénovation : Du latin « *renovatio* », désigne l'action de remettre à neuf, et comprend les travaux d'entretien, de réparations, ou encore de changement d'éléments détériorés¹⁷.

La reconstruction : D'après le dictionnaire Larousse, est l'action « de rétablir dans son état d'origine un vestige ». La reconstruction peut être partielle ou complète, et consiste en la reproduction d'éléments disparus mais qui doivent être facilement identifiables.

La reconstitution : Est l'action de remettre les parties ou fragments d'un monument sous sa forme complète. Reconstituer, dérive du verbe constituer, emprunté au latin classique *constituere*, littéralement "mettre debout". D'après Larousse, c'est « Rétablir dans sa forme, son état originels, ou restituer dans sa vérité quelque chose qui a disparu et dont il n'existe plus que des éléments ou des témoignages ». Elle est donc matérielle. « *Reconstituer, c'est remettre en connexion des morceaux que l'on connaît* »¹⁸.

L'anastylose : Il s'agit d'un terme archéologique, qui renvoie à la reconstruction d'un monument en ruine sur la base d'une étude méthodique pour remettre les fragments dans leurs places. Elle se base sur le plus souvent sur des hypothèses, et donc obéit au principe de réversibilité.

¹⁴ La "charte de Burra" a été adoptée en 1979 par Australia ICOMOS, le comité national australien du conseil international des monuments et des sites, à Burra en Australie du sud. Elle prend appui sur la charte de Venise et sur les résolutions de la 5^{ème} assemblée générale de l'ICOMOS tenue à Moscou en 1978. Disponible sur : www.international.icomos.org. Consulté le 10/02/2018.

¹⁵ DE BIDARAN, Jessica. Des restaurations de papier aux restitutions virtuelles, construction d'une reconnaissance scientifique et d'une mémoire patrimoniale. *De la médiation des savoirs : Science de l'information-documentation et mémoires - Colloque international*. Toulouse. 2016. p2. www.hal.archives-ouvertes.fr/hal-01855674/document. Consulté le 15/02/2018.

¹⁶ OUSSADIT, Imène. Impacts de la réhabilitation et la revalorisation des fondouks sur le devenir des médinas-cas de la médina de Tlemcen-. *Mémoire de magister en architecture*. Université de Tlemcen. 2010. p18.

¹⁷ Ibid. p19.

¹⁸ GOLVIN, Jean Claude ; AZEMA, Marc. La restitution aujourd'hui. *Dossiers d'archéologie*. N°361. Edition Fatou. 2014. p3.

La reconversion : ou réanimation, c'est le fait d'affecter une nouvelle fonction à notre édifice afin d'assurer sa pérennité, sans pour autant l'altérer.

La conservation du patrimoine architectural, sans doute le fondement de toute action patrimoniale, peut s'effectuer par ces différentes actions de mise en valeur, ayant pour but de préserver tous ces biens et lieux patrimoniaux, afin de les faire connaître au public. Ces interventions doivent être soigneusement planifiées, afin de prolonger l'histoire et la matérialité du patrimoine bâti dans une dynamique dirigée vers le futur. Par sa dimension culturelle, économique et politique, le patrimoine doit être préservé dans le but de réactiver la mémoire collective des sociétés.

Il faut distinguer à cet effet, la restitution de la reconstruction ou la reconstitution.

4 La restitution architecturale du patrimoine

4.1 La notion de restitution :

"Restituer", signifie rendre. Au sens étymologique, le terme vient du latin "*restituere*" : qui signifie remettre en son état primitif ou normal. D'après le dictionnaire français Larousse, il s'agit de redonner une représentation fidèle de quelque chose et de le remettre dans son état d'origine. La définition du mot donnée par le Littré elle, consiste à « *rétablir dans son état premier, original, ce qui a subi des altérations* ». Pour Jean Claude Golvin, dans son cours sur "l'image de restitution et la restitution de l'image", cela consiste avant tout à rétablir l'image ou l'état initial de l'objet ou du monument¹⁹. Dans le domaine de l'architecture et plus exactement du patrimoine, cela implique de redonner l'idée de l'apparence d'un édifice ancien à une certaine époque de son existence. Au XIX^e siècle la restitution se spécialise et désigne dorénavant l'opération qui consiste à faire revivre par la pensée ou par le dessin un monument détruit²⁰.

La restitution architecturale est aussi « *la représentation par le dessin ou par une maquette de l'aspect présumé d'un édifice mutilé ou détruit. Elle est la construction souvent hypothétique d'un édifice ou d'une partie d'un édifice disparu, mais aussi le rétablissement d'un parti primitif présumé* »²¹. Donc contrairement à la reconstruction qui représente une action physique, la restitution architecturale des monuments s'effectue par le biais d'images visant une action à recréer des éléments perdus.

Connu pour ses nombreux travaux sur la restitution graphique de sites et monuments, Jean Claude Golvin, en donne la définition suivante : « *Le mot restituer exprime avant tout l'idée de rendre. Il s'agit, en ce qui concerne notre sujet, de redonner l'idée de l'aspect d'un édifice*

¹⁹ GOLVIN, Jean Claude. Cours : L'image de restitution et la restitution de l'image. V.I. 2005. p2. www.unicaen.fr/services/cireve/rome/pdf/COURS1.pdf. Consulté le 16/02/2018

²⁰ DE BIDARAN, Jessica. Des restaurations de papier aux restitutions virtuelles, construction d'une reconnaissance scientifique et d'une mémoire patrimoniale. Op cite. p15.

²¹ PEROUSE DE MONTCLOS, Jean Marie. Architecture. Méthode et vocabulaire. Edition du patrimoine. Paris. 2009. p112.

ancien. La restitution est, fondamentalement, la reconstitution d'une image : celle que l'édifice ou le site étudiés devaient avoir à un moment ou à un autre de leur histoire²² », et souligne l'importance de donner une image, même hypothétique, du monument en ruine. C'est dans ce même sens que le concept fut défini par Joan Santacana i Mestre et Maria Carme Belarte Franco, pour le cas espagnol : « la restitution élaborée à partir d'hypothèses, peut être représentées de manières diverses et sur des supports différents : dessins, maquettes, modèles virtuels - et ne conduisent pas forcément à une restitution matérielle ²³ ».

En synthèse, la restitution contrairement à la reconstitution, ne vise par l'assemblage physique de fragments parfois introuvables, mais repose sur des images en vue d'établir l'apparence d'objets, tout en exigeant un effort de recherche. Toutes forme de données nécessaires au travail de restitution doivent être prises en considération, tels que des données historiques, iconographiques, ou archéologiques. La restitution est donc complément des lacunes architecturales éventuelles ; elle s'établit intellectuellement à partir de la comparaison des "traces" singulières d'un site, avec un "modèle" architectural auquel peut être rapproché le site en question²⁴.

4.2 La restitution, des origines jusqu'à nos jours :

Longtemps et depuis l'antiquité, la restitution des monuments détruits ou abimés par les hommes ou le temps a représenté un intérêt pour les architectes, archéologues ou encore peintres. On essaiera d'en résumer ici les grandes lignes de l'évolution des approches de restitution.

La restitution du Moyen-Âge, avait comme origine les œuvres d'art, travaux et tableaux des différents peintres et artistes ; travaux qui n'étaient pas toujours fidèles au site ou au monument initial et qui donc devraient être mis en question. En effet, les peintres et artistes de l'époque faisaient des tentatives de restitution de villes par exemple, sans se soucier nécessairement de l'aspect scientifique ou de la ressemblance avec l'originale. Le but recherché était de faire ressortir une symbolique sociale ou religieuse en représentant des scènes ou des personnages dans un espace pictural²⁵.

Ce fut le cas avec la représentation de Rome, Jérusalem ou encore la tour de Babel, par Pieter Brengel ; Ce furent à l'époque des restitutions faites à l'image de celle que l'artiste connaissait. Il y a lieu donc de ne pas confondre illustrations et restitutions : La tour de Babel, appuyé par

²² GOLVIN, Jean Claude. L'image de restitution et la restitution de l'image. Op cite. p3.

²³ SANTACANA I MESTRE, Joan ; CARME BELARTE FRANCO, Maria. La restitution archéologique comme modèle : le cas espagnol. *Colloque international de la restitution en archéologie et la présentation au public*. Béziers. 2005. p8. www.editions-du-patrimoine.fr/Librairie/Idees-et-debats/De-la-restitution-en-archeologie . Consulté le 20/02/2018.

²⁴ DE BIDARAN, Jessica. Des restaurations de papier aux restitutions virtuelles, construction d'une reconnaissance scientifique et d'une mémoire patrimoniale. Op cite. p23.

²⁵ SEMLALI, Anis. Moyens Informatiques de restitution en archéologie monumentale : Cas du temple de Karnak. *Thèse de doctorat en aménagement*. Université de Montréal. 2012. p65.

ses mythes et légendes, aura inspiré de nombreux peintres dont les images différaient avec l'imagination de chacun²⁶ (Fig.1).

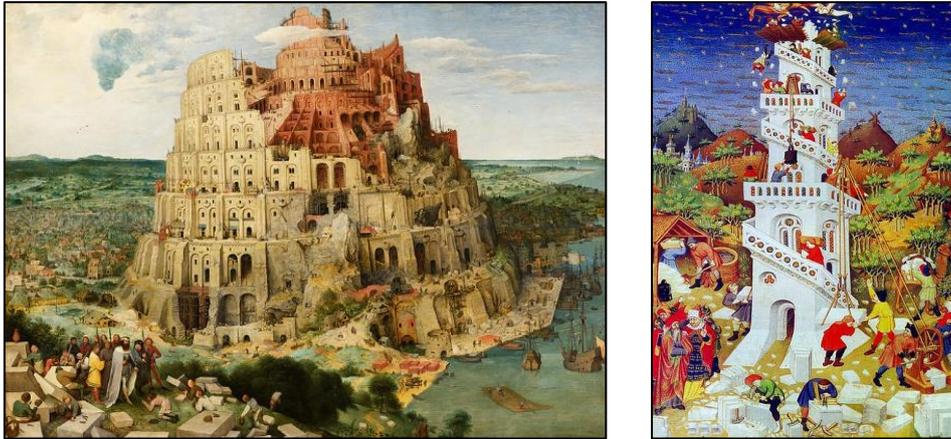


Figure 1 : De gauche à droite : La Tour de Babel de Pieter Bruegel en 1563, la tour de Babel par Valkckenborch en 1597. Source DE BIDARAN ²⁷

Il s'agissait avant tout, de tenter des restitutions qui avaient pour objectif principal une représentation dans un cadre monumental de scènes mythiques, et bibliques, objectif différent de celui des architectes ou archéologues. L'architecture mise en scène, joue dans les œuvres un rôle de décor pittoresque ou romantique, sans le souci d'une recherche historique ou scientifique. C'est seulement à l'époque de la Renaissance et avec les travaux d'Andrea Palladio sur les monuments romains que cet intérêt s'accrut et devient un travail de recherche scientifique²⁸.

Effectivement c'est à l'époque de la Renaissance que l'on commença à songer sérieusement aux restitutions architecturales. L'objectif de l'architecte et de l'ingénieur n'étant pas le même que celui du peintre ou de l'artiste, c'est grâce aux nouvelles démarches scientifique et intellectuelle que la discipline a pu avancer en se basant sur des sources archéologiques et textuelles²⁹. En effet, avec l'apparition de l'architecture classique de la Renaissance et de l'intérêt porté aux ruines antiques, des relevés et travaux ont été entrepris par nombre d'architectes sur les monuments gallo-romains. La multiplication des traités d'architecture et plus particulièrement celui de Vitruve, accentuent ce mouvement de savoir auquel participe activement Andrea Palladio (1508-1580)³⁰.

« Vers les années 1410-1415, on attribua à Filippo Brunelleschi l'invention de la perspective, et donc la représentation des bâtiments en 3 dimensions. Si Brunelleschi fut celui qui a

²⁶ DE BIDARAN, Jessica. Les précurseurs de la restitution. *Dossiers d'archéologie*. N°361. Edition Faton. 2014. p7.

²⁷ Ibid.p7

²⁸ GOLVIN, Jean Claude ; GROS DE BELER, Aude. L'antiquité retrouvée. Editions errance. Paris. 2015. p65.

²⁹ KUNSTBIBLIOTHEK, Berliner ; BIERMANN, Veronica ; BORNGÄSSER, Barbara. Théorie de l'architecture : De la Renaissance à nos jours. Editeur Taschen. Berlin. 2006. p302.

³⁰DE BIDARAN, Jessica. Les précurseurs de la restitution. Op cite. p8.

démontré les principes de la perspective linéaire, la véritable explication scientifique du phénomène sera réalisée par le théoricien et architecte, Léon Battista Alberti (1406-1472) dans son traité « *Della Pictura* » (1435). Il y explique que l'œil constitue le point de vue à partir duquel se construit une pyramide visuelle, l'œil étant le sommet et la surface plane du tableau où se forme l'image en constituant la base ».

L'un des précurseurs du mouvement durant la Renaissance fut sans aucun doute, l'architecte Andrea Palladio³¹, qui durant ses nombreux voyages archéologiques à Rome, approfondie sa connaissance et son savoir sur l'art de bâtir à l'antique. Des campagnes qui lui permettaient de réaliser nombre de relevés, et ainsi de restituer par la même occasion un nombre considérable de monuments romains, dont il s'inspira pour la réalisation de ses propres œuvres architecturales³². En effet, cet intérêt pour l'architecture antique et du passé en général, poussa nombre d'artistes et d'hommes influents à réaliser un travail tant intellectuel que graphique : c'est le début de la restitution architecturale.

En 1570, l'architecte publia son célèbre traité "*Quattro libri dell' architettura*" ou les quatre livres de l'architecture³³, où il illustra plans, coupes et élévations de monuments ou d'éléments architecturaux antiques, en se basant sur une réflexion purement scientifique (Fig.2).

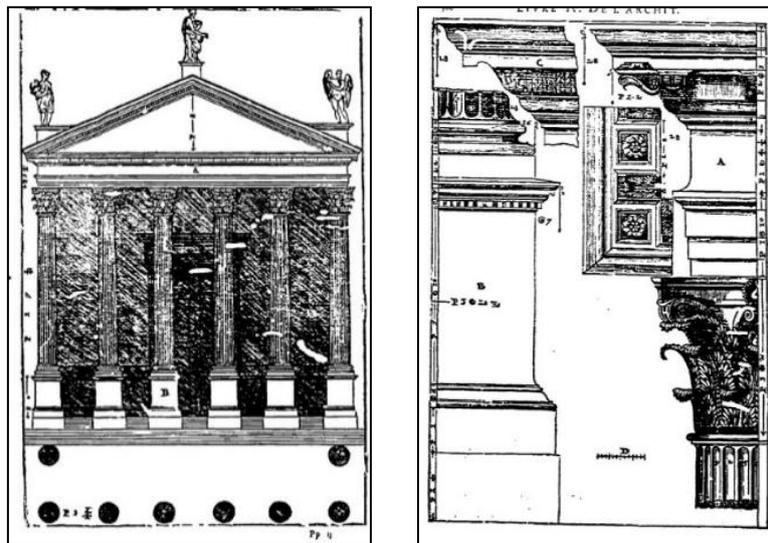


Figure 2 : Relevé d'un temple à Rome réalisé par Palladio. Source GALLICA³⁴

³¹ Andrea Palladio (1508-1580), architecte italien est considéré comme le père de la renaissance italienne. Il fut fortement influencé par les temples de la Grèce et de la Rome antique.

³² www.universalis.fr/encyclopedie/andrea-palladio/. Consulté le 04/03/2018.

³³ Les Quatre Livres de l'architecture (en italien : *I quattro libri dell'architettura*) sont un traité d'architecture dû à l'architecte italien Andrea Palladio. Il a été publié à Venise en 1570, en quatre sections dites "livres". Il est abondamment illustré de plans, coupes, élévations et détails d'éléments d'architecture.

³⁴ www.gallica.bnf.fr. Les quatre livres de l'architecture d'André Palladio. Consulté le 04/03/2018.

Parallèlement à cet essor de travaux et restitutions faites sur les ruines antiques, ce n'est qu'au XVIII^e siècle et avec l'avancée des découvertes et fouilles archéologiques que la restitution architecturale allait vivre son âge d'or.

C'est grâce en premier lieu à la campagne d'Égypte de Napoléon Bonaparte (1798-1801), qu'un vaste inventaire fut effectué par un nombre important d'ingénieurs, d'architectes et d'archéologues sans déviation religieuse ou culturelle. Les expéditions de Bonaparte ne furent pas seulement militaires et stratégiques, mais il emmena avec lui quelques 160 savants, artistes, historiens, géographes, naturalistes et même dessinateurs pour étudier les vestiges de l'ancienne Égypte et récolter le maximum de renseignements et de données sur l'Égypte. La première destination fut Alexandrie, où des ingénieurs de l'école polytechnique et de l'école des ponts et chaussées à Paris réalisent un travail dans des conditions parfois extrêmes. Le tout fut regroupé au sein de l'ouvrage "Description de l'Égypte ou Recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'Armée française" paru entre 1809 et 1828³⁵ (Fig.3).

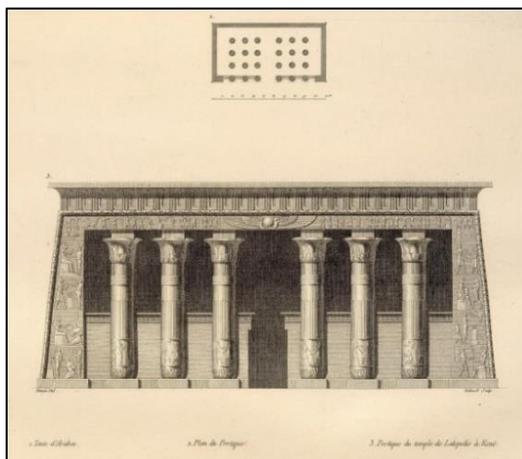


Figure 3: Plan du portique d'Esneh en Égypte. Source JOMARD ³⁶

Ce recueil regroupe des informations précieuses, et un nombre important de relevés, de plans, ou d'élévations effectuées avec soin et précision, afin de décrire et surtout de pouvoir restituer tous ces sites dont les savants et scientifiques furent impressionnés. Ceci donna naissance à une véritable restitution scientifique sans précédent. En France, quelques antiquaires admirateurs de l'héritage et des vestiges « gallo-romain » vont proposer des restitutions de ruines ; c'est le cas du juriste et humaniste Jean Poldo d'Albenas (1512-1563) qui publia à Lyon son "Discours historial de l'antique et illustre cité de Nîmes"³⁷ (Fig.4).

³⁵ SAUDRAY, Nicolas. L'expédition d'Égypte : une folie ou un investissement ? *Bulletin de la Sabix*. N°20. 1999. p45. www.journals.openedition.org/sabix/87. Consulté le 05/03/2018.

³⁶ JOMARD, Edme François. www.alamy.com. Consulté le 05/03/2018.

³⁷ RAUTENBERG-CELIE, Bettina et al. De deux à trois dimensions. La restitution de Nîmes antique. *Dossiers d'archéologie*. N°361. Edition Faton. 2014. p69.

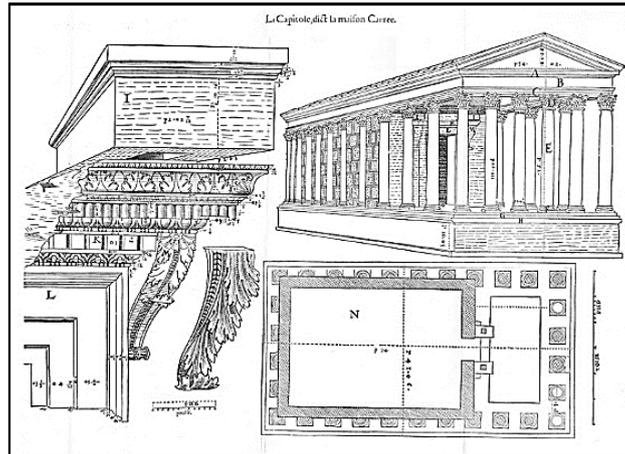


Figure 4: La maison carré à Nîmes. Source D'ALBENAS³⁸

Au cours du XIX^e siècle et avec l'émergence des travaux de restauration, de réhabilitation et d'anastylose qui touchaient les anciens monuments, de nombreux travaux de restitution ont été proposés et réalisés dans le but de reconstruire ou de remplacer les parties endommagées des ruines ou édifices. En France, ce fut le cas des travaux d'Eugène Viollet Le Duc³⁹ (1814-1879) qui intervenait sur un patrimoine à la fois civil, militaire mais aussi religieux. L'architecte dont le nom reste identifié à la restauration monumentale, s'est chargé de plusieurs chantiers dont celui de la cathédrale Notre Dame de Paris (1844), ou encore du site médiéval de la cité de Carcassonne (1853). En effet, c'est grâce à ses nombreuses interventions sur les monuments du Moyen-Âge, qu'il va arriver à concilier et rapprocher les gens avec le patrimoine de cette époque : et donc ce sont les architectes de l'époque qui feront grandement avancer la restitution.

Avec tous les efforts entrepris par les architectes et archéologues dans le travail de restitution, il demeurait parfois toujours un souci de rigueur, dû au manque de fondements scientifiques, mais qualifié malgré tout de ludique et sentimental⁴⁰. C'est seulement après que vont apparaître les reconstructions de monuments à échelle réelle ou réduite, mais aussi de répliques. Dans un objectif de mise en valeur des vestiges, les reconstructions grandeur nature, permettaient aussi d'étudier et d'apprécier toutes les pratiques anciennes, les outils et les techniques de l'artisan dans le processus de la réalisation⁴¹.

Quant à l'utilisation de maquettes qui remonte à l'antiquité aussi, avaient pour but de représenter en 3 dimensions des réalisations architecturales de tous genres, en proportions plus réduites. Malheureusement l'intérêt des maquettes réside le plus souvent dans une simple

³⁸D'ALBENAS, Poldo.

www.nemausensis.com/Nimes/MaisonCarree/450ansIconographie/450ansIconographiesMaisonCarre.html. Consulté le 06/03/2018.

³⁹ Eugène Viollet-le-Duc (1814-1879), est un architecte français connu pour ses nombreux travaux de restaurations sur des bâtiments médiévaux, mais aussi d'avoir posé les bases de l'architecture moderne.

⁴⁰ BELOUAAR, Alaeddine. La restitution numérique de la forteresse byzantine de Thamugadi. *Mémoire de magister en architecture*. Université de Biskra. 2018. p15.

⁴¹ SEMLALI, Anis. Moyens Informatiques de restitution en archéologie monumentale : Cas du temple de Karnak. Op cite. p71.

matérialisation des restitutions, tout en offrant au public une vision globale des monuments ou de sites étendus. Au XX^e siècle, Paul Bigot, a réalisé une maquette de la Rome antique à l'échelle 1/400 en plâtre (photo 1).



Photo 1: La maquette originale de la Rome antique par Paul Bigot. Source UNIVERSITE DE CAEN ⁴²

Ainsi cet intérêt pour le tridimensionnel n'est pas nouveau seule l'application informatique est récente. Léon Battista Alberti écrit en 1486 dans "De re aedificatoria" (L'Art d'édifier) : « *Je ne me laisserai jamais de recommander la coutume, pratiquée par les meilleurs architectes, de réaliser non seulement des dessins et des croquis, mais aussi des maquettes en bois ou autres matériaux. Elles permettent d'étudier l'œuvre comme un tout et, avant d'aller plus loin, de jauger les difficultés possibles et les dépenses à prévoir* »⁴³.

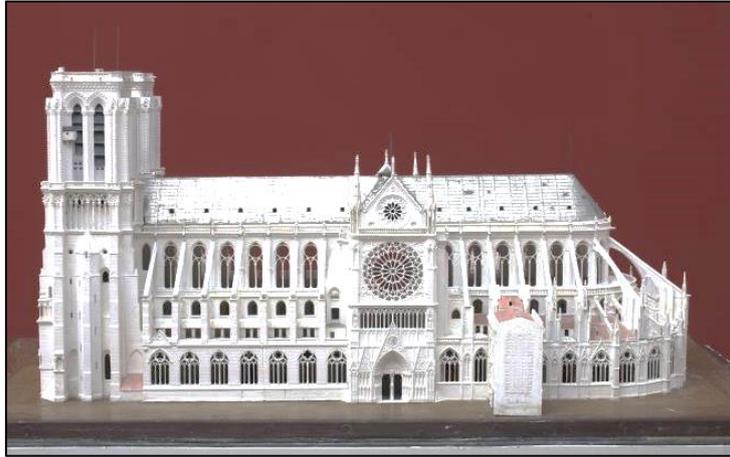
Parfois l'utilité temporaire des maquettes d'architectures, faites pour la plupart en matériaux périssables faisait qu'on les démontait afin de les recycler, ou qu'on les détruisait après qu'elles avaient remplis leurs tâches. N'empêche que les maquettes ont joué un rôle important dès le départ : des collections célébrant des rois ou princes bâtisseurs, ou dans des programmes d'enseignement. Dans certains cas, tout comme les images de restitution, les maquettes été utilisés aussi à des fins décoratives, culturelles, funéraires ou votives⁴⁴.

Aujourd'hui un fonds important de maquettes anciennes nous est parvenu, qui reflète non seulement l'état du bâtiment à une époque de sa vie, mais aussi des informations peut être inexistantes de nos jours sur l'édifice (photo 2).

⁴² www.unicaen.fr/cireve/rome/pdr_maquette.php?fichier=maquettesComplettes. Consulté le 06/03/2018.

⁴³ DE BIDERAN, Jessica. Infographie, images de synthèse et patrimoine monumental. Espace de représentation, espace de médiation. *Thèse de doctorat en histoire de l'art*. Université Bordeaux 3. 2012. p143.

⁴⁴ FROMMEL, Sabine ; TASSIN, Raphael. Les maquettes d'architecture. Fonction et évolution d'un instrument de conception et de réalisation. Editeur Picard. Rome. 2015. p120. www.academia.edu/13912995/Les_maquettes_darchitecture. Consulté le 06/03/2018.



*Photo 2 : Maquette de la Cathédrale Notre Dame de Paris avant les interventions de Viollet Le Duc, en 1843.
Source CITE DE L'ARCHITECTURE ⁴⁵*

Tout de même, l'âge d'or de la restitution architecturale reste l'époque des "envois de Rome" (1778-1968). Un nombre considérable de planches, d'aquarelles, de relevés, et de dessins restituant les dimensions, les proportions ou encore les ornements, a été accomplis sur les sites antiques, d'abord à Rome puis en Grèce et en Turquie ⁴⁶. Les artistes et architectes (pensionnaires) de l'Académie de France à Rome ou villa Médicis, avaient pour examen de passage le rendu d'études et de propositions de restaurations et restitutions des chefs d'œuvre antiques, et de les envoyer à Paris pour jugement. C'est ainsi qu'un travail dense et riche en documents inédits et en publications allait être accomplis et constituer en même temps une collection unique en son genre. Les prestigieuses représentations sont conservées aujourd'hui au sein de l'école nationale supérieure des Beaux-Arts de Paris, et constituaient à l'époque et jusqu'à nos jours l'apogée de la restitution graphique non numérique. Malgré toute l'avancée et l'évolution que connurent les travaux de restitution de l'époque, il manquait souvent aux travaux des fondements scientifiques et pédagogiques.

Après cette période prospère que connurent les restitutions et travaux effectués sur les sites antiques, la pratique allait connaître un déclin jusqu'à l'apparition de la conception et du dessin assisté par ordinateur (DAO et CAO), et des logiciels de modélisation à la fin du XX^e siècle.

4.3 Les débuts du numérique dans le domaine de la restitution :

Aujourd'hui la multiplication des technologies multimédias et des réseaux de communication s'accroît de jour en jour, et nous offre des systèmes nouveaux d'échanges qui ne cessent de progresser, en particulier dans le domaine de l'architecture et du patrimoine : Cette visualisation en 3D de sites disparus est une nouvelle possibilité offerte aux chercheurs pour documenter le

⁴⁵ Maquette réalisée par GALOUZEAU DE VILLEPIN, Louis-Télesphore en 1843. www.citedelarchitecture.fr/fr/article/maquettes-historiques. Consulté le 4/11/2019.

⁴⁶ GOLVIN, Jean Claude. L'image de restitution et la restitution de l'image. Op cite. p23.

patrimoine⁴⁷. Ce boom de l'informatique envahit tous les foyers et son usage est devenu courant, et donc l'histoire des images numériques est indissociable du développement de l'informatique. Le numérique permet ainsi une diffusion large et aisée de contenus auparavant difficilement accessibles, et son articulation avec la transmission de la culture est devenue un enjeu majeur.

Conscient du danger dans lequel se trouvent confronté nos monuments, du manque d'attractivité et d'intérêt des sites historiques, architectes, archéologues, historiens, conservateurs et spécialistes du patrimoine se doivent d'agir afin de sauver ce patrimoine écrivain de notre mémoire collective et d'élargir l'accès à la culture et au patrimoine. A cet effet, on s'intéresse aujourd'hui aux nouvelles méthodes de présentation (restitutions 2D ou 3D⁴⁸, restitutions virtuelles, visites virtuelles, réalités augmentée et mixte...) en intégrant de nouvelles techniques et de nouveaux dispositifs de relevés, de mesures, de traitements, et de rendus. L'introduction et la démocratisation de l'informatique dans le domaine du patrimoine est devenue majeure, elles permettent non seulement de gérer et de constituer des inventaires, mais aussi de réaliser des numérisations pour archivages d'éléments ou de monuments, comme ceux qui risquent de disparaître un jour. C'est ainsi que les projets et réalisations de restitutions numériques de sites archéologiques sont les lieux de rencontre de trois domaines de compétences : l'archéologie, l'architecture et les technologies numériques⁴⁹.

La perception du patrimoine n'est pas la même pour les professionnels et le public, chacun la perçoit à sa manière ; Si pour les premiers ce legs à un intérêt particulier et représente un champ de découvertes, d'investigations et un lieu à protéger, pour les seconds non spécialistes, il reste un lieu à l'abandon, sans intérêt, sans valeur et est perçu comme des traces abandonnées⁵⁰. Il est certainement plus facile pour un simple citoyen de comprendre un site ou un monument en le parcourant virtuellement qu'en lisant un rapport d'étude ou de fouilles. Une enquête a été menée dans ce sens par Pierre Bourdieu, sociologue, qui confirme en effet ce désintérêt et cette indifférence du public vis-à-vis des monuments anciens⁵¹. Cela est dû d'après lui à l'inadaptation du langage de communication : « *le conservateur consciemment ou inconsciemment code les messages qui ne peuvent être décodés que par ceux qui connaissent son système de codage* ». Cela induit le rejet de grandes catégories de public « *Le sentiment d'indignité et d'incompétence qui hante les visiteurs les moins cultivés contribue à les tenir éloignés du musée* ».

⁴⁷ EL-KHOURY, Nada. Proposition et simulation de modèles numériques de compréhension d'un patrimoine : le théâtre romain de Byblos au Liban. *Thèse de doctorat en aménagement*. Université de Montréal. 2008. p55.

⁴⁸ Le terme réducteur de "2D" ou "3D" désigne la 2^{ème} et 3^{ème} dimension.

⁴⁹ IZZA, Fatiha. Les nouveaux modèles de la muséologie active appliqués à la présentation des sites archéologiques. Cas du site archéologique de Tipasa (Algérie). *Mémoire de magister en architecture*. Université de Tizi-Ouzou. 2011. p11.

⁵⁰ Ibid.

⁵¹ BOURDIEU, Pierre ; DARBEL, Alain. L'amour de l'art : les musées et leur public. *L'homme et la société*. N°3. 1966. p221. www.persee.fr/doc/AsPDF/homso_0018-4306_1967_num_3_1_1014.pdf. Consulté le 11/03/2018.

En ce sens, la visualisation en 3D est un excellent moyen pour appréhender et diffuser l'histoire. Toutefois, pour arriver à produire des visualisations 3D évocatrices et historiquement réalistes, un travail de recherche scientifique doit être effectué.

Les chartes ICOMOS sur le patrimoine dont la charte de Venise (1964), soulignent l'importance de la communication vers le public en tant qu'élément essentiel du processus de conservation. Et parmi les sept principes sur lesquels se base la charte figure celui de l'accès et de l'information, ainsi que celui de la participation de tous les acteurs (Principes 1,2 et 6)⁵².

Aujourd'hui les nouvelles technologies permettant de réaliser des relevés en 3D offrant bien d'avantage aux architectes et aux archéologues. Effectivement, par rapport aux anciennes méthodes de relevés et de dessin, elles apportent un gain important en matière de rapidité et de précision, que ce soit dans le cas d'un traitement futur par modélisation ou pour une conservation par archivage. Elles sont aussi des supports d'étude du patrimoine. En effet, elles permettent une vision nouvelle des lieux, globale, accessible sans être sur place et facilement manipulable. Et malgré tous les possibles dus aux nouvelles technologies, architectes et archéologues restent fidèles au dessin et au relevé manuel sur site qui leur permet une meilleure compréhension et imprégnation de ce dernier.

De nos jours l'emploi du numérique et de la 3D dans le domaine du patrimoine devient une consommation courante et notoire, mais reste un travail méticuleux et d'une grande complexité s'il résulte d'un travail scientifique. Les spécialistes du domaine se sont rendu compte de son importance non seulement pour reconstituer des monuments en ruine, mais il représente aussi un support scientifique par les experts qui leur permet un archivage et donc sa sauvegarde. C'est aussi une source d'études, un sujet de réflexion et une multiplication de simulations qui permettent aux chercheurs d'échanger et de travailler sur le modèle numérique à différentes échelles.

L'utilisation de l'infographie dans le domaine du patrimoine remonte aux années 70, où cette pratique s'est développée dans différents secteurs dont la création industrielle ou encore architecturale. L'infographie est un vaste domaine qui englobe toutes les applications orientées graphiques, c'est-à-dire permettant finalement la production d'un fichier-image ou vidéo. Peu de personnes abordait ce domaine en raison des coûts élevés du matériel, des temps de calculs excessifs et des logiciels, mais l'apparition des ordinateurs personnels a démocratisé l'utilisation de la 3D pour l'étude et la production, notamment la production des films tels que Tron (1984), des studios Disney, qui ont révolutionné l'utilisation des effets spéciaux au cinéma⁵³.

Mais c'est en 1987, et grâce à une convention entre la direction des études et recherche d'Electricité de France et le CNRS⁵⁴ que l'infographie dans le domaine architectural et

⁵² Cette Charte vise à établir sept principes cardinaux sur lesquels l'interprétation et la présentation devraient être basés. https://www.icomos.org/charters/interpretation_e.pdf Consulté le 12/03/2018.

⁵³ BELOUAAR, Alaeddine. La restitution numérique de la forteresse byzantine de Thamugadi. Op cite. p23.

⁵⁴ Le Centre National de la Recherche Scientifique en France.

archéologique va se développer en France. Et c'est le temple d'Amon à Karnak en Egypte (Fig.5) qui va bénéficier de l'outil informatique et ainsi d'une reconstitution jugée très concluante par l'équipe archéologique ; *“La conception assistée par ordinateur a accompli un miracle à Karnak : le Grand temple d'Amon, souvent bouleversé au cours des siècles, a pu être reconstitué en image dans l'espace et dans le temps de façon spectaculaire. [...] La “méthode Karnak” de reconstitution par ordinateur s'est révélée si performante qu'elle sera appliquée dans les années à venir aux autres monuments sacrés de l'Egypte ancienne ! »*⁵⁵. René Ginouvès et Anne-Marie Guimier-Sorbets précisent : *« le travail des archéologues français sur le site de Karnak, un site majeur de l'ancienne Egypte : [...] ils utilisent les images de synthèse pour faire, en quelque sorte, circuler le visiteur à l'intérieur du temple ; on a pu vérifier ainsi que la fameuse barque du Soleil pouvait tourner sans trop de difficultés dans les couloirs étroits restitués par les archéologues – la constatation contraire aurait évidemment condamné immédiatement ces restitutions – et l'image vient ainsi, une nouvelle fois, aider les chercheurs à tester leurs hypothèses »*⁵⁶.

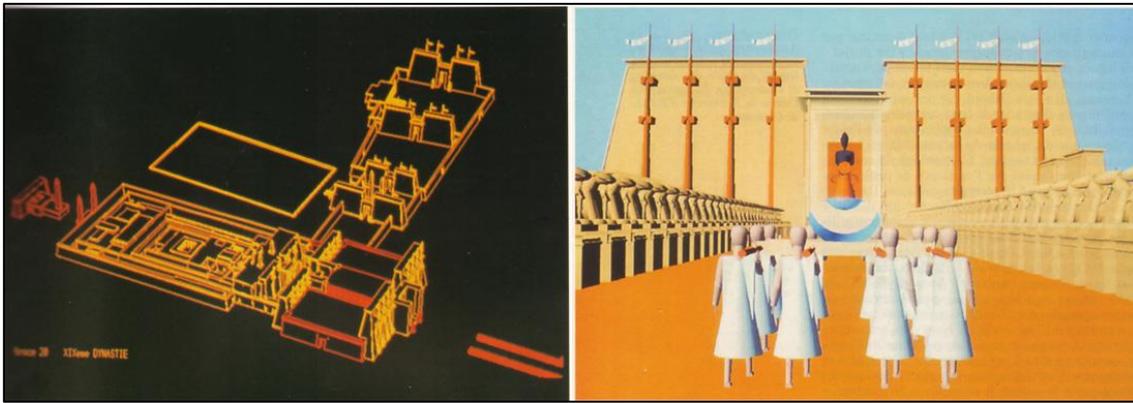


Figure 5: Le temple d'Amon-Rê à Karnak, 1989. A gauche, restitution d'ensemble en filaire d'une des quinze grandes périodes d'évolution du site. A droite évolution de la vie tu temple. Source GINOUVES ⁵⁷

Les travaux sur le temple de Karnak ont été les précurseurs des expériences qui suivront, et ont eu une forte résonance chez les spécialistes du domaine ; c'est le début d'une nouvelle ère que connaîtra le patrimoine souvent dans une logique de vulgarisation afin de susciter l'intérêt du public, mais de permettre aussi la sauvegarde de ces legs du passé⁵⁸.

En 1992, c'est l'abbaye de Cluny qui bénéficiera à son tour de l'utilisation des outils informatiques. Détruite en quasi-totalité après la révolution française Christian Père, jeune

⁵⁵ BOCCON-GIBOD, Henri ; GOLVIN, Jean-Claude. Le grand temple d'Amon-Rê à Karnak reconstruit par l'ordinateur. *Dossiers d'archéologie*. N°153. Edition Faton. 1990. p8.

⁵⁶GINOUVES, René ; GUIMIER-SORBETS, Anne-Marie. L'image dans l'archéologie. *Bulletin du CTHS, L'image et la science*. 1992. p247. <http://web.mae.u-paris10.fr/ginouves/texteimpr/AR17.html>. Consulté le 23/05/2019.

⁵⁷ Ibid.

⁵⁸ DE BIDERAN, Jessica. Premier aperçu de l'histoire des images de synthèse patrimoniales : retour sur quelques expériences de restitution infographique. *La visualisation architecturale et patrimoniale*. Paris. 2012. www.lageduvirtuel.hypotheses.org/384. Consulté le 14/03/2018.

étudiant en informatique, et Jean-Michel Sanchez, co-fondateur de la société On-situ s'intéressent à cet édifice majeur du Moyen-Âge. Le résultat de leur travail fut un premier film "Mémoires de pierre" (photo 3), réalisé sous la société IBM, alors partenaire et soutien technique de l'approche de restitution. Exécutée sur le logiciel de CAO Catia, cette représentation s'inspire largement des schémas, plans et coupes de l'archéologue américain Kenneth John Conant⁵⁹ qui avait redécouvert l'abbaye au début du XX^e siècle. Ce film « *connut une très forte notoriété, à travers sa diffusion sur les chaînes nationales de la télévision et sa présentation sur le circuit de visite auprès des 100.000 visiteurs annuels pendant plusieurs années* »⁶⁰. Aujourd'hui et avec toutes les nombreuses critiques qu'a suscité la restitution de l'abbaye de Cluny, elle reste une référence en matière de modélisation 3D dans le domaine du patrimoine, et a débuté l'utilisation de l'infographie pour les architectes et archéologues.

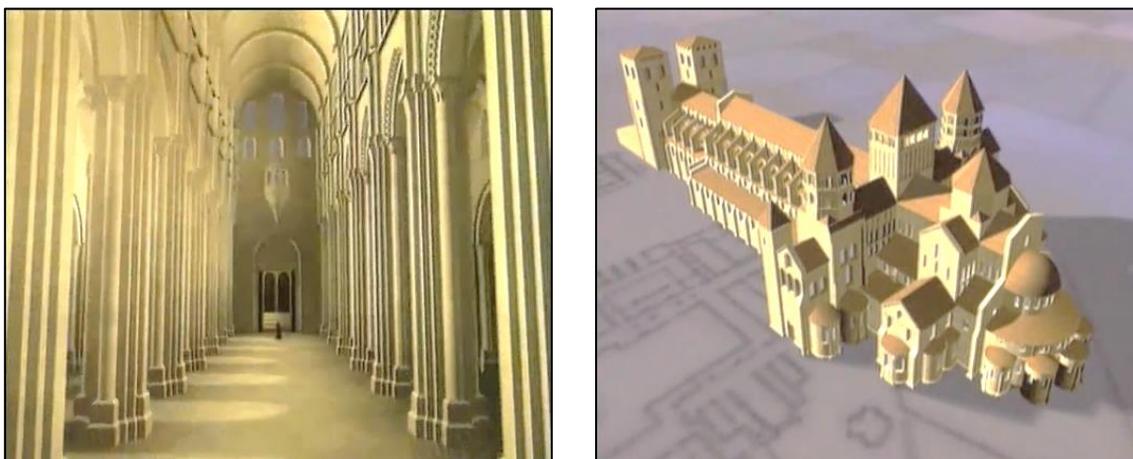


Photo 3 : Impression d'écran de la vidéo « Mémoires de pierres ». Source DAILYMOTION ⁶¹

Aujourd'hui des bornes de restitution visuelle au sein des vestiges de l'abbaye permettent aux visiteurs de découvrir ce qu'ils verraient vraiment si la basilique était toujours debout. « *Une partie des vestiges est toujours en place aujourd'hui, et grâce à la 3D et au virtuel on est capable de proposer cette reconstitution de l'église comme elle était au XIII^e siècle* » se vante d'expliquer Christian Péré au journal télévisé. Le projet "Major Ecclesia 2010" ou l'église virtuelle du projet Gunzo (Arts et Métiers ParisTech de Cluny), est une projection qui propose une restitution récente faite à partir de la maquette numérique de 1990, un projet exceptionnel puisque Cluny accueille 100.000 visiteurs par an⁶² (photo 4).

⁵⁹ Kenneth John Conant (1894-1984), avait en effet redécouvert l'abbaye au début du XX^e siècle et proposa dans les années 1950 une série de restitutions graphiques.

⁶⁰ PERE, Christian. Cluny : de la gestion de données à la réalité augmentée. *Actes du Colloque Virtual Retrospect 2007, Archéovision 3*. Editions Ausonius. Bordeaux. 2008. p393.

⁶¹ www.dailymotion.com/video/x9jnwj. Consulté le 16/03/2018.

⁶² ROLLIER-HANSELMANN, Juliette et al. La reconstitution 3D du chevet de Cluny III : clôture de chœur, stalles, pavement, peintures murales et vitraux. *Bulletin du centre d'études médiévales d'Auxerre, BUCEMA*. N°15. 2011. p13. Doi : 10.4000/cem.11962. Consulté le 31/10/2018.



Photo 4: Impression d'écran de la vidéo « Maior Ecclesia ». Source ROLLIER-HANSELMANN ⁶³

Une restitution 3D d'un édifice disparu (ou élément, objet...etc.), demande une étude et un travail de recherche important, qui permet une meilleure compréhension de l'édifice et de son histoire. Les restitutions 3D y compris les images qu'elles offrent, sont avant tout des supports destinés à la valorisation du patrimoine qui alimentent l'imaginaire collectif par le biais des supports visuels. La restitution 3D et la réalité virtuelle doivent donc être avant tout au service des programmes de recherches, scientifique et non le contraire : donc ayant pour objectif de comprendre les civilisations du passé par l'étude de leurs constructions, et au travers elles sur la façon dont elles les ont fait fonctionner⁶⁴.

« Le dessin, en tant que "formalisation", devient ici un précieux outil de communication non verbale, susceptible à la fois de synthétiser les résultats réels (et forcément limités) de nos recherches et d'extrapoler sur ce que l'on ne peut plus qu'"imaginer". Il permet de multiplier hypothèses et points de vue, et de mettre en scène les vestiges que nous étudions. Il suggère de nouvelles pistes à explorer. Il permet également d'élargir le public auquel nos publications s'adressent généralement, en offrant l'opportunité d'une approche plus ludique et plus concrète de nos travaux. Il ré-exploite sous un nouvel angle l'important travail d'acquisition, d'information et d'analyse réalisé en amont »⁶⁵.

En octobre 2003, le patrimoine numérique est reconnu par une charte de l'Unesco : "Charte sur la conservation du patrimoine numérique", qui définit le patrimoine numérique comme :

« Le patrimoine numérique se compose de ressources uniques dans les domaines de la connaissance et de l'expression humaine, qu'elles soient d'ordre culturel, éducatif, scientifique et administratif ou qu'elles contiennent des informations techniques, juridiques, médicales ou d'autres sortes, créées numériquement ou converties sous forme numérique à partir de

⁶³ Ibid. p14.

⁶⁴ VERGNIEUX, Robert ; TARTESSOS, Premio. L'usage scientifique des modèles 3D en archéologie. De la validation à la simulation. *Virtual Archaeology Review*. N°4. 2011. p41. [Doi : 10.4995/var.2011.4546](https://doi.org/10.4995/var.2011.4546). Consulté le 13/10/2018.

⁶⁵ DROUX, Jean-Philippe. Le travail de restitution. *Archéologie et histoire ancienne : Méditerranée – Europe (ArchHiMèdE)*. Base de données AnArchis. www.archimede.unistra.fr/services. Consulté le 15/11/2018.

risorse analogiche esistenti. Quando le risorse sono « d'origine numerica », c'è che esse esistono unicamente sotto la loro forma numerica iniziale »⁶⁶.

Le travail de restitution sollicite ainsi, une équipe pluridisciplinaire, et à cet effet Davide Borra élabore un schéma des compétences de chaque intervenant (Fig.6) :

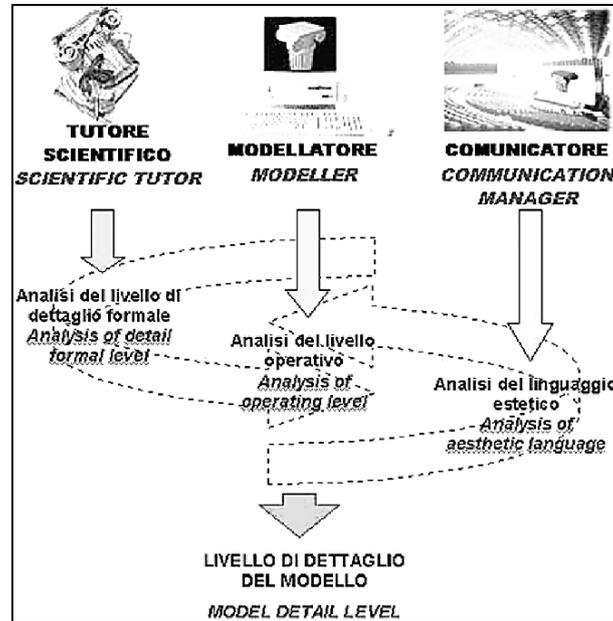


Figure 6: Schéma logique des compétences en restitution. Source BORRA⁶⁷

Il existe six modèles de restitution des monuments dont les définitions ont été données au cours d'un colloque, organisé par le Centre des Monuments nationaux en octobre 2005 :

- La restitution d'un monument sur place.
- La restitution des volumes.
- Le modèle de transfert.
- Le modèle de réplique.
- Le modèle conservacionniste.
- Le modèle virtuel de restitution.

5 Pourquoi restituer des monuments ?

Dans son cours sur "l'image de restitution et la restitution de l'image", Jean Claude Golvin cite trois motivations de restitution de monuments :

- La recherche de l'image pertinente d'un site.

⁶⁶ La "Charte pour la préservation du patrimoine numérique", fut adoptée en 2003 considérant la nécessité d'intervenir dans la préservation des ressources culturelles et éducatives produites sous forme numérique. www.portal.unesco.org/fr/ev.php- Consulté le 18/10/2018.

⁶⁷ BORRA, Davide. La modellazione virtuale per l'architettura antica : un metodo verso l'isomorfismo percettivo. *Archeologia e Calcolatori*. N°11. 2000. p261. www.semanticscholar.org. Consulté le 20/11/2018.

- Le désir.
- L'usage de l'outil informatique.

En effet, tout bâtiment en ruine aujourd'hui a une histoire, une forme et une vie : rien n'a été construit et bâti au hasard. Il avait ce que Golvin appelle son "image pertinente" au contraire de l'image de ses ruines aujourd'hui, image non voulue, dégradée, et subie "une image altérée". Et dans ce sens la seule image qui nous est donnée aujourd'hui est celle d'un monument en ruine, abîmé et qui ne ressemble en rien, ou que partiellement, à l'édifice d'origine. Par la restitution nous pouvons rétablir ce qui manque à l'édifice, même en proposant une partie hypothétique, afin de lui redonner son ancienne image plus signifiante que celle d'aujourd'hui⁶⁸. La restitution dans ce cas n'est pas matérielle, souvent hypothétique et essaye de donner une idée sur le vestige d'origine.

En voyant un site en ruine, une certaine curiosité s'installe, celle de connaître le bâtiment dans son état d'origine. Et donc à partir de données et de méthodes scientifiques, le spécialiste pourra rétablir l'image perdue sur des bases solides. Restituer c'est tout d'abord tenter de comprendre et d'expliquer les sites. Il faut que chaque visiteur puisse disposer d'une information de qualité, concise, efficace, et accessible⁶⁹.

Pour la dernière motivation Golvin parle de la volonté d'utiliser les outils informatiques de notre temps. La possibilité d'émettre des hypothèses et donc une certaine flexibilité et souplesse dans le travail de restitution contrairement aux maquettes solides, est l'un des avantages de l'informatique.

De nos jours la restitution des monuments suscite un intérêt croissant dans le monde, et constitue un enjeu scientifique et technologique, encouragé par le développement croissant des technologies pour la collecte, le traitement, la visualisation et l'archivage de ressources. Ces technologies ouvrent ainsi une nouvelle ère pour l'étude, la sauvegarde et la valorisation du patrimoine culturel et naturel : la création du patrimoine numérique⁷⁰. Quelquefois malheureusement des images non contrôlées scientifiquement sont livrées au public c'est le principal écueil lié à cette nouveauté.

6 Les enjeux de la restitution numérique

Aujourd'hui le passage au numérique afin de valoriser un patrimoine disparu ou numériser un patrimoine existant, est une priorité culturelle, politique mais aussi économique et ceci en garantissant de nouvelles tâches professionnelles :

⁶⁸ GOLVIN, Jean Claude. L'image de restitution et la restitution de l'image. Op cite. p 17.

⁶⁹ Ibid. p.18.

⁷⁰ DESSALES, Hélène ; CREPIN-LEBLOND, Thierry. Représentation et transmission des connaissances. *Atelier interdisciplinaire. Patrimonialisation du numérique et numérisation du patrimoine : regards croisés.* Paris. 2014. p8.
http://www.cnrs.fr/mi/IMG/pdf/synthesepatrimoine_numeriquevf.pdf. Consulté le 29/11/2018.

- nouveaux enjeux de connaissance stimulés par les avancées scientifiques et technologiques, qui ne cessent de croître et qui deviennent accessibles à un large public repoussant à chaque fois les limites des connaissances.
- nouveaux enjeux culturels et naturels : échange, création collective, éducation, diffusion : Représentation et transmission des connaissances.
- nouvelles modalités d'accès : médiation culturelle, production participative. Aujourd'hui l'essor des technologies 3D augmente les possibilités de diffusion des connaissances autour des patrimoines de quelque nature qu'il soit.
- nouveaux patrimoines numériques : réalité culturelle et sociétale des nouvelles générations par la création de nouveaux « objets » immatériels⁷¹.

7 L'intérêt de la restitution numérique :

Aujourd'hui la restitution en 3D des monuments, est de plus en plus utilisée, et il devient pratiquement impossible de s'en passer. Les historiens du monde contemporain se convertissent aujourd'hui, pour certains avec enthousiasme à ces nouvelles technologies.

7.1 Comme outil de réflexion et de compréhension du bâti :

Le monde scientifique et des chercheurs s'intéressent depuis quelques années au patrimoine numérique, et l'envisagent à la fois comme objet de recherche propre et objet-source au service de leurs recherches. Les restitutions 3D produites sont un dialogue continu entre architectes, archéologues, et tout autre scientifique, et constituent donc des supports d'étude du patrimoine, et présentent un potentiel scientifique pour une utilisation expérimentale. En tant que discipline à part entière, la recherche, la constitution des hypothèses et la présentation des résultats de recherche nécessitent les compétences pluridisciplinaire et l'agencement de données et de connaissances empiriques et hypothétiques.

« Les scientifiques pourront ainsi émettre des hypothèses, se poser de nouvelles questions et travailler aisément à différentes échelles, et émettront par la suite une restitution qui sera validée par des spécialistes du domaine. Le travail de restitution demande de nombreuses phases d'expérimentation, et de modifications chose rendu possible avec le numérique. L'avantage du modèle virtuel réside dans sa capacité à le mettre à jour autant de fois que nécessaire tout en conservant ou non les versions antérieures »⁷².

Dans ce cas il ne s'agit plus de produire des images en vue de rétablir l'apparence d'un bâtiment, mais de retrouver le contexte complet dans lequel il a évolué. Dans le cas d'une simple restitution 3D, faite uniquement par une numérisation du monument, cela pour aussi avoir le

⁷¹ Ibid. p 9.

⁷² VERGNIEUX, Robert. Restituer en trois dimensions. De la fouille à son interprétation par les chercheurs. *Dossiers d'archéologie*. N°361. Edition Faton. 2014. p 21.

rôle d'un outil de diagnostic architectural et archéologique. La différence entre une image conçue pour une simple illustration et celle conçue pour un usage scientifique réside dans le niveau de détail, et dans la finalité du travail réalisé : dans la démarche scientifique, il est nécessaire de conserver tous les argumentaires précis des décisions de restitution ainsi que leur niveau de certitude⁷³.

Par sa constitution scientifique, le modèle 3D obtenu a le potentiel de devenir un objet d'étude en lui-même, une source d'histoire qui, à l'instar de toute source historique, peut soutenir le regard critique du scientifique⁷⁴.

7.2 La documentation et l'archivage :

L'objectif consiste à fournir une documentation architecturale et archéologique sur l'état général de conservation du bâtiment à une époque de sa vie, et constituer ainsi une archive numérique évolutive⁷⁵. Elle permet aussi la préservation et la mise en valeur du patrimoine historique, et éviter toute contrainte de place que prends une maquette réelle. Par la photographie on défend la conservation d'un lieu, pas uniquement physique mais aussi une conservation de mémoire du lieu. On cite à titre d'exemples la bibliothèque numérique *Aluka*⁷⁶, *Memo*⁷⁷, ou encore le site de l'INHA⁷⁸.

7.3 L'immersion :

Une des motivations principales de la restitution en 3D, est de faire voyager le visiteur à l'intérieur ou à l'extérieur du monument. Et ainsi lui rappeler que ce bâtiment avait avant tout une histoire, une forme, et été inséré dans un contexte urbain. Cela consiste donc à plonger le visiteur dans un monde virtuel en lui offrant la possibilité d'oublier le monde qui l'entoure. Le visuel représentant le site évoluera dynamiquement, en interaction avec la demande de l'utilisateur. Le public à ce sentiment de s'immerger réellement dans un monde disparu et renforce ainsi son intérêt pour le patrimoine⁷⁹.

⁷³ VERGNIEUX, Robert ; TARTESSOS, Premio. L'usage scientifique des modèles 3D en archéologie. De la validation à la simulation. Op cite. p46.

⁷⁴ ROCHELEAU, Mathieu. La modélisation 3D comme méthode de recherche en sciences historiques. *Actes du 10^e colloque international étudiant du département d'histoire*. Canada. 2010. p 248. https://www.academia.edu/876102/La_mod%C3%A9lisation_3D_comme_m%C3%A9thode_de_recherche_en_sciences_historiques. Consulté le 30/11/2018.

⁷⁵ BRYANT, Simon. Relevé et restitution en 3D. Quel intérêt pour l'archéologie ? *Archéopages*. N°35. 2014. p 85. [Doi :10.4000/archeopages.315](https://doi.org/10.4000/archeopages.315). Consulté le 23/07/ 2019.

⁷⁶ *Aluka* est une bibliothèque numérique collaborative en ligne relative à l'Afrique et qui propose des modèles numériques d'anciens bâtiments.

⁷⁷ *Memo* est une plateforme facilitant la rencontre avec les documents patrimoniaux disponibles et suscitant la curiosité et l'envie de découvrir des visiteurs.

⁷⁸ La bibliothèque numérique de l'Institut national d'histoire et d'art (INHA), renferme des expositions virtuelles et collections numérisées sur le patrimoine universel.

⁷⁹ RIEDINGER, Christophe et al. Restitution 3D de monuments historiques à partir de plans anciens. *Traitement du signal*. N°32 (1). 2015.p 90. [Doi : 10.3166/ts.32.87-108](https://doi.org/10.3166/ts.32.87-108). Consulté le 20/07/2018.

7.4 La diffusion :

A partir du moment où le support numérique est mis en place, le contenu des informations peut être mis à la disposition du public. Public scientifique, experts, amateurs et grand public, monde des médias, industriels, étudiants et enseignants, les publics potentiels du patrimoine numérique sont nombreux et les usages de celui-ci encore largement à explorer, favoriser, stimuler, inventer. Aujourd'hui en numérisant le patrimoine, on garantit sa durabilité mais aussi la possibilité de le partager par des voies numériques que ce soit sur smartphone, ordinateur, tablette...etc. La restitution peut être utile aussi à l'enseignement pédagogique, puisqu'elle permet l'étude des techniques employées à l'époque tout en lui apportant une meilleure appréhension des volumes d'un site.

8 Les différents modes de raisonnement dans le travail de restitution :

Il existe en sciences sociales plusieurs types de raisonnement utilisé pour comprendre la stratégie argumentaire d'une recherche : Le raisonnement inductif, déductif, par analogie, par l'absurde, critique, dialectique, et concessif. Il s'agit de toute la réflexion pour vérifier nos hypothèses de départ, et qui selon Jean Claude Golvin⁸⁰ se résume en quatre types dans le cas de la restitution de monuments :

8.1 La déduction :

D'une idée générale, on déduit des propositions particulières. *« Le seul raisonnement logique possible qui soit sûr et sans faille est la déduction. Souvent pour l'illustrer les manuels citent en exemple la phrase suivante : « Tous les hommes sont mortels, Socrate est un homme donc Socrate est mortel ». Le « donc » dont est assortie la déduction est d'une logique implacable. La déduction est le type de raisonnement le plus solide que l'on puisse employer dans une démonstration ».*

8.2 L'abduction

« Ce type de raisonnement a peu de valeur sur le plan scientifique car il consiste à pronostiquer sans plus ample démonstration que les caractéristiques d'un cas particulier correspondent à toute une catégorie d'objets semblables. J'ai vu un temple corinthien et je pense que beaucoup de temples, voire que tous les temples sont corinthiens ».

8.3 L'induction

A partir d'observations particulières, on aboutit à une conclusion de portée générale. *« Ce type de raisonnement consiste à dire que les caractéristiques communes à une série d'exemples étudiés valent pour toute la catégorie correspondante. J'ai vu un temple corinthien, puis deux, puis trois, puis quatre à Dougga, donc tous les temples de Dougga sont corinthiens. Ceci est*

⁸⁰ GOLVIN, Jean Claude. L'image de restitution et la restitution de l'image. Op cite. p 20.

en réalité une hypothèse qui peut se révéler être fausse. L'induction comporte donc des risques. En effet, il existe au moins un temple toscan à Dougga (le temple dit de la Victoire de Caracalla) ».

8.4 Le raisonnement hypothético-déductif

Le raisonnement par déduction est le raisonnement le plus commode dans un travail de restitution, mais malheureusement on se trouve quelquefois en face de données cachés ou perdues. *« Nous serons donc obligés d'émettre des hypothèses fondées sur un raisonnement par induction malgré tous les risques que cela comporte. Pour restituer les parties manquantes d'un édifice et compléter son image nous devons faire appel à d'autres exemples, comparables au cas que nous étudions mais mieux connus que lui. On appellera « exemples parallèles », les monuments qui, comparés à l'exemple étudié, aideront à en restituer certaines parties. Celui-ci pourra se poursuivre selon la logique implacable de la déduction bien qu'il soit en partie fondé sur des hypothèses. Ce raisonnement est dit du type « hypothético-déductif ».*

9 La démarche de la restitution numérique :

Aujourd'hui quel que soit le domaine de recherche, le travail de restitution doit permettre de retracer l'histoire des sociétés anciennes mais aussi d'ensembles bâtis ou paysagers, de leur réalisation jusqu'à leur ruine. L'étude historique, sociale et matérielle des bâtiments dans toutes leurs dimensions et toute leur complexité est donc nécessaire. Le domaine de restitution s'élargit et concerne non seulement les objets d'art mais aussi les monuments historiques.

Cependant, le choix du contenu à valoriser ou de la technologie à utiliser n'est pas anodin et demande une véritable réflexion basée sur une bonne connaissance des possibilités existantes mais aussi de l'objectif à atteindre.

Jean-Paul Demoule et Jean-Paul Jacob⁸¹, dans leur discours sur la vocation scientifique, ont classé cette démarche qui va de l'objet réel jusqu'à sa représentation sur support multimédia, sous une forme spirale et qui contient six étapes :

- La définition de l'objectif, ce qui clarifie la manière dont on collecte les informations et on procède à leur traitement.
- La collecte et l'acquisition des données, qui se fait une fois qu'on a défini clairement le but de la recherche. Elle se fait sur la base d'une recherche documentaire historique, en ne négligeant aucune information même minime sur le sujet avec une enquête sur le terrain. Nécessite aussi des relevés sur terrain.
- La description des données recueillies, il existe plusieurs manières pour décrire les données.
- Le traitement des données et la constitution de dossiers documentaires.

⁸¹ Jean-Paul Demoule et Jean-Paul Jacob sont tous deux des archéologues français.

- L'interprétation du traitement ou hypothèses.
- La validation de l'interprétation et sa diffusion⁸².

Cependant un principe général de la restitution architecturale peut être résumé en trois phases distinctes : *l'acquisition des données, le traitement des données et enfin la modélisation ou le rendu final* (Fig.7).

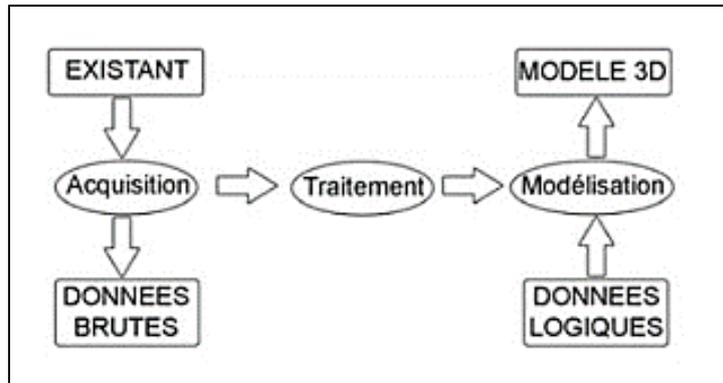


Figure 7: Illustration du processus de modélisation. Source FUCHS⁸³

La restitution numérique du patrimoine peut se faire sur des vestiges disparus, en se basant sur un travail comparatif de modèles similaires et sur un travail de recherche documentaire ; comme elle peut se faire sur des monuments existants et là on parle alors de numérisation de vestiges existants. L'objectif de chaque restitution détermine le choix de la méthode, des procédures et des techniques et outils à utiliser.

9.1 L'acquisition des données :

Elle consiste en premier en une recherche documentaire historique de l'objet, en bibliothèque, aux archives et dans tout autre centre de ressources : Il s'agit de solliciter le sujet ou le thème de recherche dans toutes ses dimensions.

Ensuite, l'acquisition qui se fera sur terrain, consistera à collecter et à stocker toutes les informations et les sources de nature différente d'un site choisi, on peut la nommer aussi phase des relevés ou l'établissement de l'état actuel du bâtiment étudié. Il s'agit de réaliser un relevé morphologique, dimensionnel, typologique, structurel et des aspects de surface de l'édifice étudié. Elle comprend également une couverture photographique qui est un aspect essentiel du

⁸² DEMOULE, Jean-Paul ; JACOB, Jean-Paul. Prologue. La vocation scientifique de l'Inrap. *Archéopages*. Hors-série N°3. 2012. p12. [Doi :10.4000/archeopages.441](https://doi.org/10.4000/archeopages.441). Consulté le 20/11/2018.

⁸³ FUCHS, Alain et al. Confrontation de la lasergrammétrie aux techniques de relevé conventionnelles et développement d'outils numériques pour la restitution architecturale. *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*. N°173/174. Société française de photogrammétrie et de télédétection. 2004. p40.

travail de relevé⁸⁴. « En effet, les photographies offrent un support permettant de « fixer » la mémoire en dressant un constat de l'état d'édifices ou de lieux à un moment donné. La photographie a un rôle de mémoire, mais elle permet aussi de valoriser le patrimoine. Elle est un excellent support pour la diffusion et elle permet de toucher un large public »⁸⁵.

Plusieurs types de relevés sont nécessaires afin de réaliser les exigences d'un relevé d'architecture, d'où l'importance d'une bonne connaissance du fonctionnement de ces outils pour mieux en comprendre leur adaptabilité aux différents cas. Avant tout relevé, il est indispensable de bien spécifier les besoins qui motivent le relevé. Il ne sert à rien de faire un relevé détaillé et très fin sans avoir une idée de son utilisation future. Pour être fidèle à l'existant, la restitution en 3D doit être scindée en phases dépendantes les unes des autres, et l'acquisition et la collecte des données (relevés, photos...) est la phase préliminaire au processus.

Les relevés de terrain consistent en une analyse détaillée du bâti, et visent à présenter un état des lieux précis et complet des vestiges en place. Les données récoltées sur site constituent aussi un fond documentaire qui sert de support aux études de restauration et de restitution.

Il existe à cet effet différentes techniques d'acquisition des données, des plus exhaustives aux plus simples : cela dépend des contextes géographiques et socio-économiques contemporains dans lesquels nous évoluons (lieux, moyens disponibles, accès à l'électricité...), mais aussi des goûts et des choix de ceux qui les réalisent. Certains, qui malgré la multiplication des nouvelles technologies numériques, préfèrent encore les techniques traditionnelles du relevé avec l'utilisation de la triangulation, du ruban mètre, ou encore du fil à plomb.

Il est primordial de bien définir les objectifs et les besoins avant tout relevé. La qualité d'un relevé qu'il soit simple ou complexe dépend de l'habileté, de la pratique mais aussi de la capacité d'interprétation et de représentation du résultat.

Ce terme "relevé" reste un terme ambigu utilisé différemment par les utilisateurs et les producteurs ; pour l'architecte il désigne à la fois le relevé proprement "dit" et son interprétation, tandis que pour le photogrammètre il ne désigne que la description géométrique du site. Le relevé n'est pas une fin en soi, il sert d'archives dans des processus de conservation, mais aussi de support à l'analyse et à l'interprétation⁸⁶.

On distingue trois méthodes de relevés graphiques : le relevé manuel, le relevé instrumental ou topographique et le relevé numérique par photogrammétrie ou par lasergrammétrie.

⁸⁴ SAID, Abderrahman. La question du relevé et de l'état des lieux de la ville de Gabès : essai de topoétique architecturale. *Thèse de doctorat en arts appliqués*. Université Toulouse. 2012. p58.

⁸⁵ JAQUET, Amelie. Valorisation du patrimoine sur Internet : des visites virtuelles pour l'Inventaire ? *Diplôme national de master en sciences de l'information et des bibliothèques*. Université de Lyon. 2011. p30.

⁸⁶ HENO, Raphaëlle. Archéologie et photogrammétrie : les nouveaux potentiels. *Géomètre*. N°2075. 2010. p35. http://www.ensg.eu/IMG/pdf/REVUE-GEOMETRE_colloque_09-10_sfpt-cipa.pdf. Consulté le 26/12/2018.

9.1.1 Le relevé manuel :

Il consiste à prendre des mesures directes à la main en utilisant les instruments de mesure classique : décamètre, niveau à eau, jalons d'alignement, fils à plomb, boussole, etc. Aujourd'hui pas mal de logiciels, nous permettent de récupérer et retranscrire les mesures prises à la main sur ordinateur comme : ArchiMap, Orthograph Architect 3D⁸⁷...

Avant tout relevé il est important de définir la finalité à laquelle il est destiné : à cet effet, conserver un contact avec l'institution ou le client qui a fait la commande du relevé graphique est primordial, afin de définir de manière très claire l'intention de celle-ci et de connaître l'emploi qui sera fait des données que l'on va fournir.

Une restitution ne peut se faire sans un important travail d'information graphique sur l'existant, qui se manifeste sous des représentations à différentes échelles et en grande précision : en plans, en coupes et en élévations pour les projections orthogonales, ou axonométriques et isométriques pour les projections en perspectives.

9.1.2 Le relevé topographique :

Complément du relevé graphique, il consiste à utiliser les instruments de mesure optique et de topométrie : théodolite, tachéomètre, goniomètre, etc. C'est un relevé de précision surtout, dans le cas d'intégration de la construction dans le réseau urbain.

« Le relevé topographique permet l'acquisition rapide de données planimétriques, et se révèle également indispensables pour les relevés architecturaux de détail et la mise en concordance de toutes les échelles d'analyse et les dimensions (plans, coupes, façades, modèles numériques des terrains et des bâtiments) »⁸⁸.

9.1.3 Le relevé photogrammétrique ou par laser :

Deux technologies se partagent aujourd'hui la numérisation du patrimoine : la photogrammétrie et la lasergrammétrie.

Ce type de relevé consiste à utiliser la photographie ou la télémétrie laser et l'informatique dans l'élaboration des relevés, et les développer à travers un logiciel informatique spécifique pour obtenir le redressement de la perspective et restituer la "photo-élévation" à deux dimensions. La procédure permet d'effectuer des relevés de détail en plan mais aussi en élévation, dont le but est de permettre un archivage documentaire et des procédures d'analyse à long terme. Dans sa thèse sur "le relevé et multi-représentations du patrimoine architectural" Livio De Luca, parle de deux dispositifs d'acquisition numérique avec différents niveaux de détails :

- Le premier avec des dispositifs d'acquisition directe et qui est le scanner laser 3D.

⁸⁷ Application fonctionnant sur iPad.

⁸⁸ DROUX, Jean-Philippe. Le travail de restitution. Op cite.

- Le deuxième indirect : la photogrammétrie et la photo-modélisation, se base sur l'exploitation du support photographique pour extraire les coordonnées spatiales⁸⁹.

Cette phase de relevé devra être aussi précise que possible, et devra être accompagné d'un descriptif écrit, d'un catalogue photographique et pétrographique⁹⁰ afin de mettre en évidence tous les aspects architecturaux et constructifs du bâtiment.

En conséquence il existe trois méthodes de modélisation architecturale qui diffèrent dans leur méthode d'acquisition des données :

- La modélisation de vestiges disparus. Elle se fait sur la base de témoignages d'époques, de recherches documentaires et photographiques, ou encore d'études comparatives avec des cas similaires. Elle est utilisée principalement pour formuler des hypothèses.
- La modélisation de vestiges existants par photogrammétrie.
- La modélisation des vestiges existants par lasergrammetrie.

Le relevé de l'état actuel des lieux est primordial pour une bonne compréhension du site, et est indispensable pour toute restauration ou étude historique du bâtiment. En plus du relevé détaillé, un descriptif écrit doit être joint : Le résultat final sera une étude graphique complète, précise et détaillée.

Le relevé photogrammétrique ou par laser alimentera l'ordinateur d'un nuage de points directement rétabli dans un espace tridimensionnel avec des coordonnées cartésiennes, où déjà une première idée du site nous apparaît. Quelques fois plusieurs relevés sont souvent nécessaires et supplémentaires afin de restituer toutes les parties avec précision.

Avant de parler des deux méthodes de relevés numériques, il est essentiel de donner des définitions préalables :

- Nuage de points : ou « points cloud » en anglais, est l'ensemble des points 3D représentant l'objet scanné par un appareil photo ou un laser dans le domaine de la numérisation. Il nous fournit une représentation discrète de l'objet scanné ou photographié, et ne représente pas complètement la surface d'un objet. C'est un format de données exploitable résultant de la numérisation d'un espace représenté dans un système de coordonnées tridimensionnel : le terme anglais "pointcloud" est souvent employé. La plupart des logiciels de CAO permettent la lecture de ces fichiers à condition d'y ajouter un module adapté⁹¹. On parle de nuage de points isolés, en effectuant plusieurs relevés à des lieux différents d'un bâtiment. Rassembler ces nuages

⁸⁹ DE LUCA, Livio. Relevé et multi-représentations du patrimoine architectural : définition d'une approche hybride de reconstruction 3D d'édifices. *Thèse de doctorat en conception*. Université Aix en Provence. 2006. p43.

⁹⁰ L'analyse pétrographique est l'analyse des caractéristiques d'une pierre ou roche précise.

⁹¹ POUX, Florent. Vers de nouvelles perspectives lasergrammétiques : optimisation et automatisation de la chaîne de production de modèles 3D. *Diplôme d'ingénieur en géomètre et topographe*. Ecole supérieure des géomètres et topographes du Mans. 2013.p12.

de points isolés on obtient un nuage de points unifié, ceci dans le cas d'un relevé par lasergrammétrie. Dans le cas de la photogrammétrie, on obtient directement un nuage de points représentant l'intégralité de la scène capturée. Quelquefois certaines mesures peuvent être associées au nuage de points, tels que : l'intensité, la couleur...(Fig.8)

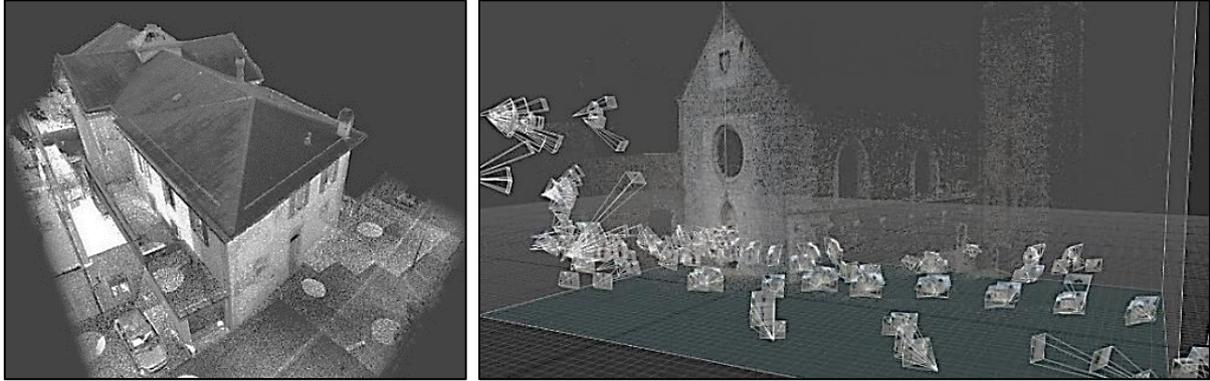


Figure 8: Nuage de points, à gauche résultant d'une lasergrammétrie et à droite d'une photogrammétrie. Source POUX ⁹²

- **Maillage** : Le terme anglais "mesh" est couramment employé en photogrammétrie afin de désigner le processus de maillage. Il s'agit en fait d'un modèle dont les points constituent les sommets de triangles. Afin d'obtenir un modèle triangulé ou maillé de notre objet, il est nécessaire de transformer le nuage de points en une représentation continue, et donc lier les points les uns aux autres. Cette représentation est nécessaire en particulier pour produire des ortho-images. Un modèle triangulé (maillé) produit aussi un meilleur rendu, permettant notamment d'appliquer des éclairages artificiels (ombrages) ou des texturations photo réalistes (Fig.9).

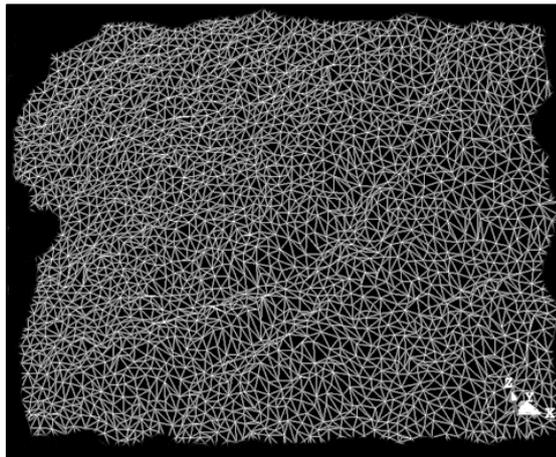


Figure 9: Un maillage triangulé. Source MAUMONT ⁹³

⁹² Ibid.p15.

⁹³ MAUMONT, Michel. L'espace 3D : de la photogrammétrie à la lasergrammétrie. *In Situ*. N°13. 2010. Doi : <https://doi.org/10.4000/insitu.6413>. Consulté le 01/12/2018.

9.1.3.1 Le relevé par photogrammétrie :

« *La photogrammétrie est la science ou la technique permettant d'obtenir des informations fiables sur l'espace naturel ou sur des objets physiques par l'enregistrement, la mesure et l'interprétation d'images photographiques ...* »⁹⁴. Utilisé depuis longtemps la photogrammétrie a toujours été utile dans l'acquisition des informations métriques d'un bâtiment. Grâce aux nombreux avantages qu'elle présente, il n'est pas difficile aujourd'hui de convaincre les professionnels de son utilisation avantageuse. En archéologie, la photogrammétrie réunis avec la modélisation 3D est utilisée principalement pour l'enregistrement et la représentation afin de valoriser le patrimoine historique d'un lieu, d'une construction ou d'un objet.

La photogrammétrie résulte directement de l'invention de la perspective : Depuis la découverte des principes de la perspective et de la photographie, différentes approches pour pouvoir faire des mesures sur des photographies ont été développées. Les fondements théoriques de la photogrammétrie, soit les principes de la perspective et de la géométrie descriptive, étaient déjà étudiés par Leonardo Da Vinci en 1480⁹⁵. A la Renaissance italienne on établissait déjà des façades et des plans d'un édifice d'après la perspective. Différents peintres avaient étudié la perspective en utilisant des dispositifs optiques simples : par exemple, Brunelleschi, Albert Dürer, etc. L'idée était déjà de fixer sur le papier une image aussi neutre, objective et conforme à la réalité que possible.

C'est au XIX^e siècle, d'abord en 1804 avec Aimé Laussedat, que l'on considère comme le père de la photogrammétrie, que cette dernière a fait son apparition. En 1849, Aimé Laussedat appliqua les principes de la photogrammétrie sur la façade de l'hôtel des Invalides à Paris : il a eu l'idée d'utiliser des photographies de paysages non seulement pour observer le terrain mais aussi pour le mesurer⁹⁶. Après la guerre de 1870 et sous l'impulsion de l'architecte allemand Meydenbauer⁹⁷, auquel on doit le terme de photogrammétrie, "la photogrammétrie architecturale"⁹⁸ a vu le jour, et où le fait d'extraire des mesures et coordonnées spatiales sur photographies est devenu possible. De même pour la photographie aérienne qui allait connaître un essor avec le développement de l'aviation.

⁹⁴ LANZI, Lorenzo. La photogrammétrie numérique combinée avec la modélisation 3D: applications aux sciences forensiques. *Thèse de doctorat en sciences forensiques*. Université de Lausanne. 2009.p3.

⁹⁵ Ibid.p14.

⁹⁶ MARTIN, Raymond. Martin. Notions de photogrammétrie. Edition Eyrolles. Paris. 1968. p125.

⁹⁷ Albrecht Meydenbauer (1834-1921) est un architecte allemand, qui eut l'idée de remplacer les mesures directes par des mesures en utilisant les photographies dans ses travaux de restauration. Il publia un article en 1867 où le terme de « photogrammétrie » est utilisé pour la première fois.

⁹⁸ La photogrammétrie architecturale est l'application de la technique de la photogrammétrie aux relevés architecturaux de monuments ou de simples bâtiments.

C'est du principe de la triangulation⁹⁹ que découle la photogrammétrie : Afin de connaître la position d'un point sur deux photographies, il suffit d'avoir la position et l'orientation des caméras (Fig.10).

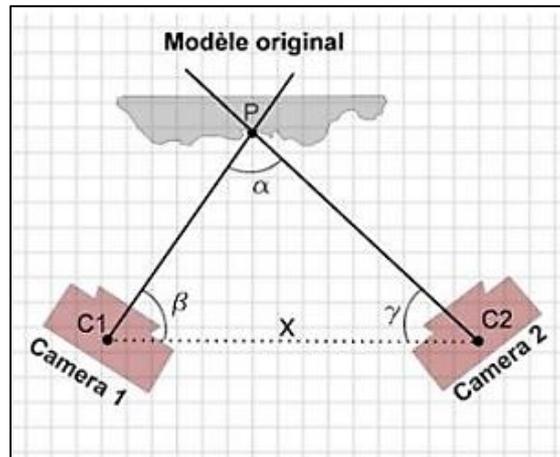


Figure 10: Principe de la photogrammétrie. Source ESCOYEZ¹⁰⁰

Quant aux systèmes de photogrammétrie numérique, c'est dans les années 80 qu'ils se sont répandus. Kraus et Waldhäusl définissent la photogrammétrie numérique comme toute technique de photogrammétrie analytique dans laquelle les images sont acquises par un appareil numérique ou numérisées avec le scanner¹⁰¹.

La photogrammétrie nous permet ainsi la mesure d'un objet par l'étude de sa reproduction en perspective, généralement à l'aide de photographies ou d'images numériques : donc se base sur l'analyse de photographies. Même si la technique s'avère ancienne par rapport à la lasergrammétrie, elle demeure opérante dans certaines de ses applications, notamment dans la réalisation d'orthophotographies¹⁰² numériques (Fig.11).

⁹⁹ La triangulation s'obtient en mesurant les angles entre un point, dont on connaît la position, avec d'autres points. Au lieu de mesurer la distance entre ces points.

¹⁰⁰ ESCOYEZ, Martin. La restitution du patrimoine architectural par la représentation virtuelle tridimensionnelle. *Mémoire de fin d'études en architecture*. Université de Louvain. 2016. p55.

¹⁰¹ KRAUS, Karl ; WALDHAUSL, Peter. Manuel de photogrammétrie : principes et procédés fondamentaux. Editeur Hermes. Paris. 1998.

¹⁰² Technique qui permet de redresser une image photographique.

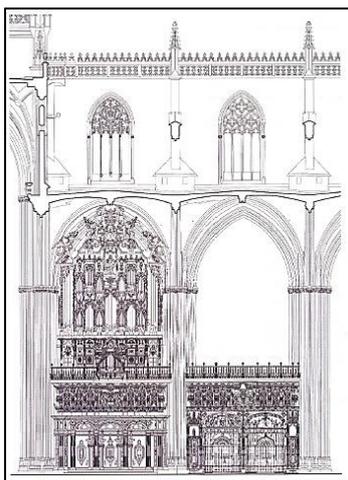


Figure 11: Orgue et clôture de la cathédrale de Séville, restitué par photogrammétrie. Source ALMAGRO ¹⁰³

La restitution photogrammétrique permet d'extraire des images un ensemble de coordonnées exprimées dans l'espace-objet (coordonnées spatiales). Ces méthodes diffèrent en fonction de la configuration de l'acquisition : mono, stéréo ou couples d'images, et multi images (Fig.12).

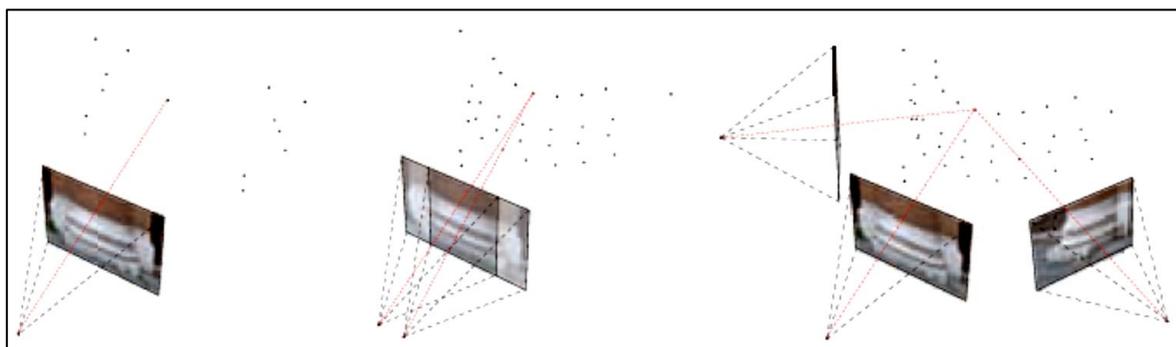


Figure 12: De gauche à droite : la représentation à partir d'une seule image, d'un couple d'image et d'un bloc multi image. Source DE LUCA ¹⁰⁴

La photogrammétrie a joué un rôle important dans le relevé de sites prestigieux. Aujourd'hui avec l'avènement et le développement de la photographie numérique, et du laser 3D de nouvelles possibilités s'offrent à nous dans le domaine du relevé archéologique et architectural. Aujourd'hui n'importe quel ordinateur de bonne capacité avec des logiciels appropriés est capable de mesurer selon des algorithmes mathématiques la position de points à partir de photos.

La photographie va nous permettre de relever la morphologie, les dimensions, mais aussi la texture du bâtiment qu'on pourra réutiliser dans la phase de modélisation. Le nombre de photos nécessaires pour déterminer la position d'un point dépend de la complexité de l'objet, mais plus

¹⁰³ ALMAGRO, Antonio. Photogrammétrie pour la recherche architecturale : vingt ans d'expérience à l'École d'Etudes Arabes. *Revue française de photogrammétrie et de télédétection*. N°196. Société française de photogrammétrie et de télédétection. 2014. p12.

¹⁰⁴ DE LUCA, Livio. Relevé et multi-représentations du patrimoine architectural : définition d'une approche hybride de reconstruction 3D d'édifices. Op cite. p16.

il y aura de photographies plus le rendu sera précis et complet en déterminant au préalable la position des appareils photographiques autour de l'objet.

Le domaine d'application de la photogrammétrie est très large et on peut distinguer à cet effet deux types :

- La photogrammétrie aérienne : qui consiste en la représentation d'un territoire étendu à l'aide de photographies aériennes, pour des distances de prises de vue supérieures à 300m.
- La photogrammétrie terrestre ou rapprochée qui s'applique à différents types de relevés : aux travaux d'architecture et aux monuments, à la métrologie industrielle...
- La photogrammétrie subaquatique : qui se déroule en milieu sous-marin ou subaquatique.

Aujourd'hui la photogrammétrie ne cesse de se développer avec l'évolution de la photographie numérique et des logiciels de photo-modélisation, accessible désormais à la plupart des bureaux d'études impliqués dans le relevé et la modélisation. On constate aussi que les logiciels de photogrammétrie architecturale d'aujourd'hui, nous permettent non seulement les restitutions de façades mais aussi les restitutions en 3D avec des modèles texturés.

A cet effet, on cite les travaux de David G. Lowe¹⁰⁵ sur la photogrammétrie numérique ; c'est au scientifique qu'on doit l'invention de l'algorithme *scale-invariant feature transform* (SIFT), pour l'assemblage d'images, la détection d'objet et la détection de copies utilisé dans la majorité des logiciels. L'article qui le rendit célèbre est paru en janvier 2004 dans la revue « *International Journal of Computer Vision* » avec pour titre “ *Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints*”¹⁰⁶.

Les exemples d'application de la photogrammétrie aux relevés architecturaux et archéologiques sont multiples dans la littérature : Falkingham 2011¹⁰⁷, Bitelli et al. 2006¹⁰⁸, Assali 2011¹⁰⁹, Jauregui 2000¹¹⁰...etc.

¹⁰⁵ David G. Lowe, est un informaticien canadien, professeur à l'Université de la Colombie-Britannique et chercheur en vision par ordinateur.

¹⁰⁶ LOWE, David.G. *Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints*. *International Journal of Computer Vision*. N°60(2). 2004. 91-110 p. [Doi : 10.1023/B:VISI.0000029664.99615.94](https://doi.org/10.1023/B:VISI.0000029664.99615.94). Consulté le 05/12/2018.

¹⁰⁷ FALKINGHAM, Peter-L. *Acquisition of high-resolution three-dimensional models using free, open source, photogrammetric software*. *Palaeontologia Electronica*. N°15(1). 2012. 2-15 p. [Doi: 10.26879/264](https://doi.org/10.26879/264). Consulté le 05/12/2018.

¹⁰⁸ BITELLI, Gabriele et al. *Surface modelling of complex archaeological structures by digital close-range photogrammetry*. *British Archaeological Reports International Series*.N°1568. 2006.1-7 p. https://www.academia.edu/10159776/Surface_modelling_of_complex_archaeological_structures_by_digital_close-range_photogrammetry. Consulté le 05/12/2018.

¹⁰⁹ ASSALI, Pierre. *Mise en valeur numérique et reconstruction 3d du théâtre gallo-romain de Mandeure*. XYZ. N°126. Editorial Info-Topo. 2011.15-19 p.

¹¹⁰ JAUREGUI, Luis-M.; JAUREGUI, Manuel. *Terrestrial photogrammetry applied to architectural restoration and archaeological surveys*. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*.

Pour l'application de la photogrammétrie dans le cadre de la restitution des monuments anciens, les deux auteurs JAUREGUI, Luis-M. et JAUREGUI, Manuel, ont publié dans un article¹¹¹ 4 types de restitutions par photogrammétrie :

- La restitution photogrammétrique linéaire : Dans ce cas, les plans linéaires sont élaborés au moyen de la projection orthogonale de la structure photographiée sur un plan de référence préalablement défini.
- La restitution photogrammétrique numérique : Grâce à la restitution numérique, les coordonnées X, Y, Z de chaque point représentant le bâtiment sont déterminées. Les coordonnées de sortie numériques sont envoyées à l'ordinateur où ils sont traités par un logiciel de CAO et représentées en 3D.
- La restitution linéaire superposée à des images numériques rectifiées : Pour obtenir ce type d'images géométriquement correctes, deux classes de données doivent être jointes : La carte linéaire obtenue à partir de la restitution des photographies, et la carte numérique. Pour obtenir une image numérique, il existe deux moyens : directement, à l'aide d'un appareil photo numérique, ou par l'utilisation d'un scanner.
- Utilisation de la photographie aérienne de petit format : exemple de l'utilisation de drones. La restitution des modèles a été superposées sur les photos scannées rectifiées et mis à l'échelle.

9.1.3.2 Le relevé par scanner laser 3D :

Le terme laser est l'acronyme de l'anglais *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* qui signifie amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement. Son utilisation s'élargit aujourd'hui à de larges domaines : la médecine, l'industrie, les télécommunications mais aussi la mesure. Le principe de la mesure de distance avec un laser consiste à envoyer une brève impulsion lumineuse vers un objet. L'objet diffuse une partie de la lumière et une partie de cette dernière revient vers le point d'émission. Ainsi la distance séparant le laser de l'objet peut être déterminée¹¹².

Cette technique est basée sur le principe de la lasergrammétrie, et donc la combinaison entre le laser et le scanner 3D. L'appareil permet de mesurer différents points d'un objet de manière automatique et à une cadence importante. La lasergrammétrie ou le relevé par capteur laser est la technique d'acquisition – a priori – appropriée pour confectionner un modèle numérique de terrain dans les différents domaines de relevés terrestres. Un des avantages immédiats du mode de relevé est surtout la rapidité d'acquisition (pratiquement dans tous les cas de figure) et une précision homogène quoique relative. La technique fait appel à des capteurs numériques

N° XXXIII. 2000.401-405 p. https://www.isprs.org/proceedings/XXXIII/congress/part5/401_XXXIII-part5.pdf. Consulté le 05/12/2018.

¹¹¹ Ibid.

¹¹² CALLEGARO, Cyril. Relevé lasergrammetrique et traitement des nuages de points de moulages de la gypsothèque. *Mémoire de Master Design Global*. Université de Strasbourg. 2007.p21.

motorisés, ou scanners, qui vont permettre de relever des points en coordonnées en enregistrant certaines informations radiométriques.

D'une manière générale, le procédé de balayage devrait être réalisé avec le dispositif le plus précis disponible pour la taille de l'objet à numériser et en fonction de la distance d'acquisition. Trois techniques peuvent exister dans la manière de faire le relevé (Fig.13) :

- Soit l'objet à numériser est fixe et plusieurs capteurs sont disposés autour.
- Soit l'objet est fixe et un seul capteur est mobile et tourne autour de l'objet.
- Soit l'objet est mobile et le capteur est fixe.

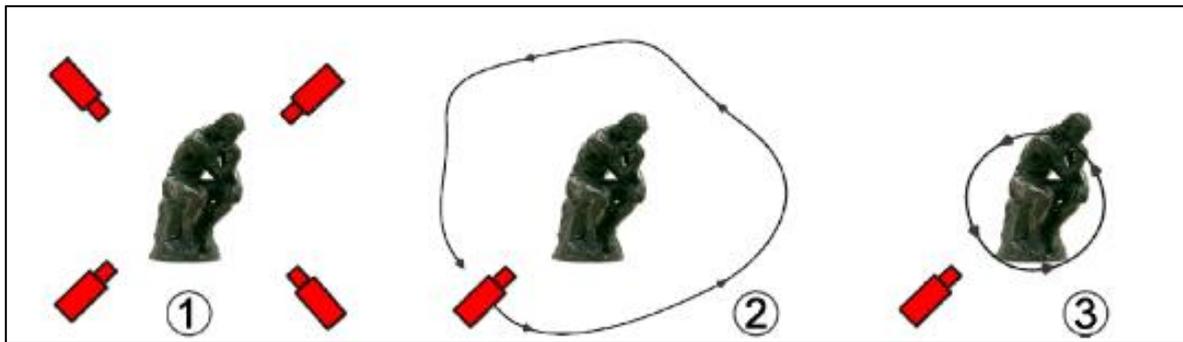


Figure 13: Variantes de numérisation d'un objet en 3D. Source SPECHT ¹¹³

Le balayage laser terrestre est « l'utilisation d'un dispositif basé au sol, qui utilise un laser pour mesurer les coordonnées tridimensionnelles d'une région donnée de la surface d'un objet de façon automatique, dans un ordre systématique et à un taux élevé de vitesse, près du temps réel »¹¹⁴ (Fig.14).

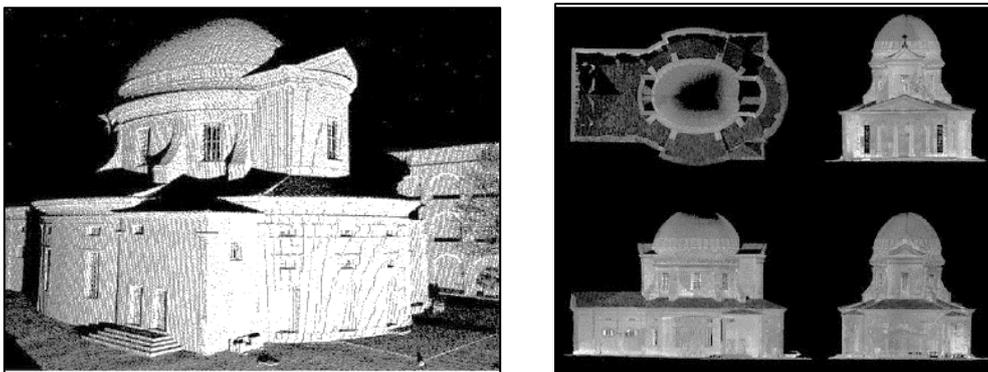


Figure 14: Relevé laser 3D d'une église à Marseille. Source DE LUCA ¹¹⁵

¹¹³ SPECHT, Juan Andres Restrepo. Modélisation d'objets 3D par construction incrémentale d'un maillage triangulaire, dans un contexte robotique. *Thèse de doctorat en système informatique*. Université Toulouse. 2005. p9.

¹¹⁴ HEINZ, Guido; MÜLLER, Hartmut. Surveying of Pharaohs in the 21st Century. *Proceedings of the FIG Working Week 2005, i3mainz*. Le Caire. 2005. http://www.i3mainz.fh-mainz.de/publicat/mueller05/fig05_heinz_mueller.pdf. Consulté le 05/12/2018.

¹¹⁵ DE LUCA, Livio. Imagerie 3D en architecture et archéologie. *Colloque I M A G E R I E – CNRS*. Paris.2014. p4. https://www.cnrs.fr/mi/IMG/pdf/deluca_imagerie_mi_cnrs.pdf. Consulté le 10/12/2018.

Il existe aujourd'hui différentes méthodes de mesures par lasergrammétrie : à mesure par triangulation, à mesure de temps de vol, à mesure de différence de phase, les scanner à repérage de position, et à lumière structurée ou moirée. Une recherche approfondie sur les types de scanner avec une comparaison entre eux a été faite par Fuchs Alain dans le cadre de sa thèse de doctorat¹¹⁶.

Ici quelques exemples de laser scanner présents sur le marché :

- Les scanners à mesure par triangulation : Il se compose d'un laser, un miroir oscillant et un capteur CDD¹¹⁷ et repose sur un calcul trigonométrique. Le laser fait appel à un faisceau laser de faible puissance réfléchis par un miroir mobile (Fig.15).

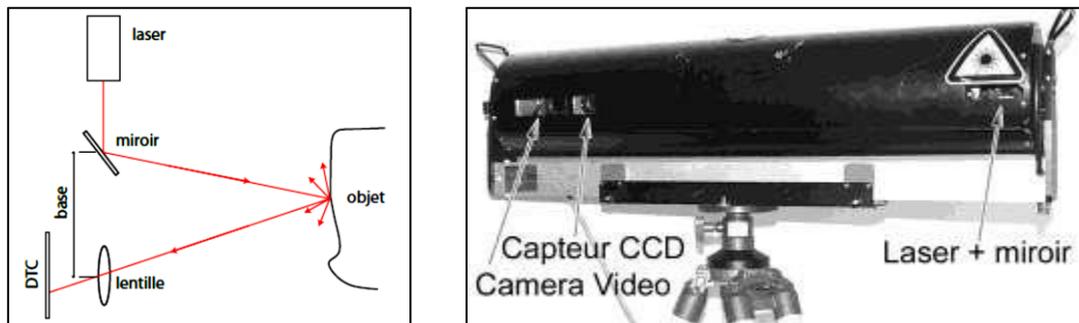


Figure 15: A gauche : le principe de mesure par triangulation, à droite : le capteur SOISIC de Mensi. Source CALLEGARO¹¹⁸

- Les lasers scanners à impulsion ou « à temps de vol » : Il s'agit d'une mesure télémétrique qui détermine la distance scanner-objet par mesure du temps entre l'impulsion émise et l'impulsion reçue (Fig.16).

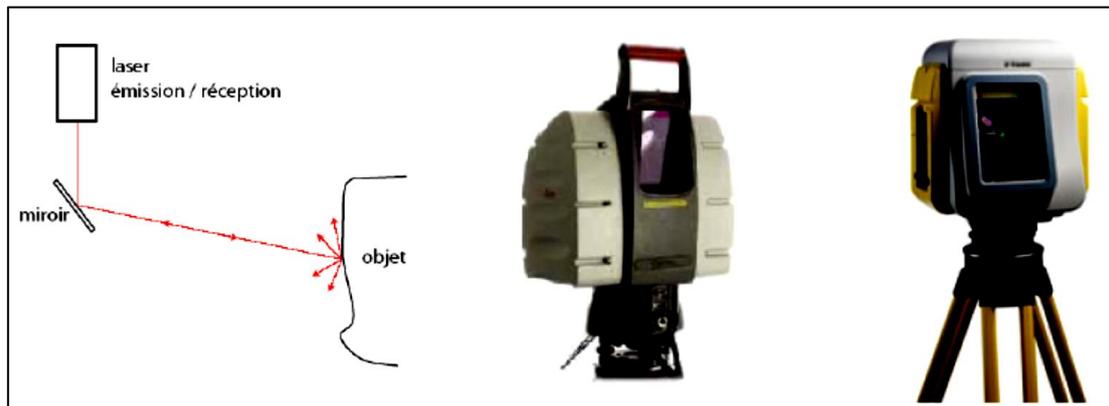


Figure 16: A gauche : principe de mesure à temps de vol, au centre : le Leica HDS 3000, à droite : le Trimble GX. Source CALLEGARO¹¹⁹

¹¹⁶ FUCHS, Alain. Outils numériques pour le relevé architectural et la restitution archéologique. *Thèse de doctorat en architecture*. Université de Nancy. 2006. p32.

¹¹⁷ Coupled Charged Device : ou en français « dispositif à transfert de charges », est un capteur photographique.

¹¹⁸ CALLEGARO, Cyril. Relevé lasergrammetrique et traitement des nuages de points de moulages de la gypsothèque. Op cite. p21.

¹¹⁹ Ibid. p22.

- Les lasers scanners à différence de phase : Actuellement le plus utilisé car très rapide, la distance scanner-objet est déterminée en comparant les phases des ondes émises par le scanner vers l'objet, et les phases des ondes retour à l'aide d'un phasemètre numérique (Fig.17).

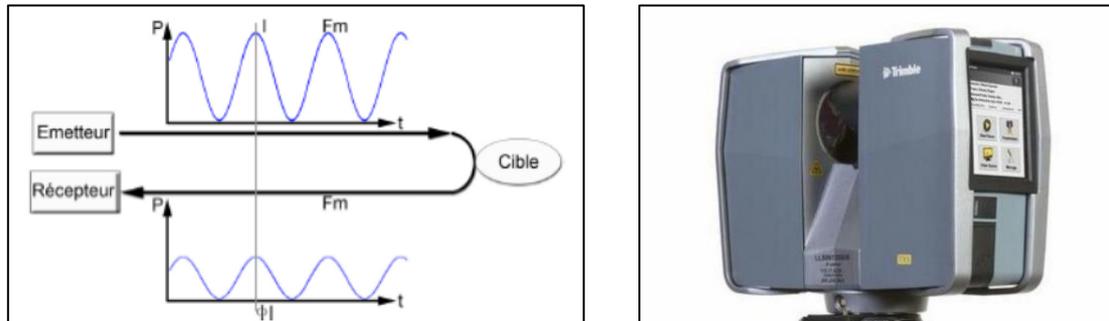


Figure 17: A gauche : principe de la mesure de différence de phase, à droite : le Trimble TX5. Source FUCHS¹²⁰

- Les scanners à repérage de position : Le principe se rapproche de celui du scanner à triangulation, mais il s'agit de scanner mobile avec l'intégration de deux caméras pour le calcul de la mesure du retour (Photo 5).



Photo 5: Un scanner laser à repérage électromagnétique. Source FUCHS¹²¹

- Les scanners à lumière structurée : Il s'agit d'un scanner qui ne comporte pas de laser, mais propulse un motif lumineux sur le sujet et en observe la déformation. Pour obtenir

¹²⁰ FUCHS, Alain. Outils numériques pour le relevé architectural et la restitution archéologique. Op cite. p30.

¹²¹ Ibid. p31.

plus d'informations sur cette technique d'acquisition, nous pouvons nous reporter aux travaux de Guhring¹²², ou de Salvi¹²³ et al.

Ils sont dans leur très grande majorité maintenant équipés de capteurs photographiques permettant la colorisation du nuage de points, on parle alors d'une information de couleurs RVB (Rouge, Vert et Bleu).

9.1.3.3 Analyse comparative entre la photogrammétrie et la lasergrammétrie :

L'emploi d'une méthode par rapport à une autre se justifie par les objectifs de résultats, et les motifs pratiques et économiques. De nombreux comparatifs et plusieurs articles se sont concentrés sur la comparaison entre les méthodes d'acquisition photogrammétrique et le balayage laser (Fassi 2007¹²⁴ ; Gonzo et al. 2007¹²⁵ ; Maumont 2010¹²⁶ ; Remondino 2005¹²⁷). Un point commun entre les deux techniques est la représentation complète de l'objet à l'exception des zones d'ombre, et la quantité d'informations importante enregistrée. Dans le tableau qui suit une synthèse qui résume la différence entre la photogrammétrie et la lasergrammétrie a été élaborée sur la base de publications, et de thèses du même thème. (Tab.1).

Photogrammétrie	Lasergrammétrie
Nécessite la mesure des points sur plusieurs clichés et de calculs quelquefois importants.	Une solution d'acquisition directe → des données directement exprimées en 3D.
Équipement léger sur le terrain : Appareil photographique (+ pied photographique éventuellement).	Matériel lourd et encombrant : Scanner laser, cibles, trépied lourd, batteries ou alimentation externe.
Permet un déplacement plus aisé et rapide autour de l'objet.	Calibrer le scanner laser tel qu'un appareil topographique et donc le déplacer pour changer de points de vue est long, ou sinon existe des scanners portatifs pour les petits objets.

¹²² GUHRING, Jens. Dense 3-D surface acquisition by structured light using off-the-shelf components. *Photonics West, Videometrics VII*. N°4309. 2001. 220-231 p. <http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/2001/Videometrics01-Guehring-4309-24.pdf>. Consulté le 10/12/2018.

¹²³ SALVI, Joaquim et al. Pattern codification strategies in structured light systems. *Pattern Recognition*. N°37 (4). 2003. 827-849 p. <http://eia.udg.es/~jpages/ReportCodedLight03.pdf>. Consulté le 10/12/2018.

¹²⁴ FASSI, Francesco. 3D modeling of complex architecture integrating different techniques - a critical overview. *Colloque 3D Modeling of complex objects*. Suisse. 2007. https://www.academia.edu/2214518/3D_Modeling_Of_Complex_Architecture_Integrating_Different_Techniques_A_Critical_Overview. Consulté le 12/12/2018.

¹²⁵ GONZO, Lorenzo et al. Multiple techniques approach to the 3d virtual reconstruction of cultural heritage. *Eurographics Italian Chapter Conference*. Trento. 2007. 213-216 p. [Doi : 10.2312/LocalChapterEvents/ItalChap/ItalianChapConf2007/213-216](https://doi.org/10.2312/LocalChapterEvents/ItalChap/ItalianChapConf2007/213-216). Consulté le 12/12/2018

¹²⁶ MAUMONT, Michel. L'espace 3D : de la photogrammétrie à la lasergrammétrie. Op cite.

¹²⁷ REMONDINO, Fabio et al. 3D modeling of close-range objects: photogrammetry or laser scanning? *Conference of The International Society for Optical Engineering*. USA. 2005.216-225 p. [Doi: 10.1117/12.586294](https://doi.org/10.1117/12.586294). Consulté le 13/12/2018

La quantité d'informations contenues dans une seule photographie est importante (jusqu'à 12 millions de pixels).	50 000 points à la seconde environ pour un scanner temps de vol. Plusieurs centaines de milliers de points à la seconde pour un scanner à différence de phase
Le traitement des photos se fait d'abord sur des logiciels.	Permet d'obtenir rapidement une représentation exhaustive et précise de la forme de l'objet.
Elle reste peu intéressante dans des milieux mal éclairés, ou non uniforme ou encore sur des surfaces brillantes. Nécessite des objets, des bâtiments texturés	Idéale aussi pour les endroits sombres telles que les grottes, intérieurs de bâtiments. Les objets, bâtiments n'ont pas la nécessité d'être texturés.
Mise à l'échelle du nuage de points par post traitement.	Mise à l'échelle du nuage de points : directement lors de l'acquisition
Son faible coût.	Un scanner laser 3D reste inaccessible dans certaines zones dû à son prix élevé.
Modèle numérique de surface en 3D, Orthophotographies, Photographies redressées.	Uniquement modèle numérique de surface en 3D. On peut faire des ortho-images
Permet de relever la texture du bâtiment et donc de l'appliquer sur le modèle.	Le scanner laser ne permet pas de relever la texture de l'objet.
Difficulté dans la reproduction de formes très détaillées, comme par manque de contraste quelques fois.	Une grande précision du détail : permet de relever des détails complexes d'objets de petite taille.
Ne nécessite pas des personnes qualifiées en photogrammétrie, mais reste à la portée de toute personne.	Nécessite des personnes qualifiées pour utiliser le scanner et les logiciels de traitement.

Tableau 1: Tableau comparatif entre la photogrammétrie et la lasergrammétrie. Source auteur

Ainsi chaque technique présente avantages et limitations, mais restent complémentaires l'une de l'autre. Notre choix portera donc sur les moyens dont on dispose, et les conditions présentes, mais surtout le but recherché.

Un relevé qu'il soit traditionnel ou pas, est non seulement une méthode de représentation mais aussi d'analyse et de connaissance du lieu. Mais ces nouvelles techniques d'acquisition des données sur terrain peuvent-elles remplacer le relevé manuel où la personne qui effectuait le relevé s'imprégnait parfaitement du lieu ? Sans doute faut-il concilier nouvelles technologies et relevé traditionnel.

9.2 Le traitement des données :

Il s'agit donc de retranscrire et d'interpréter les données brutes saisis précédemment. Le nuage de points obtenu est généralement insuffisant comme résultat final et ne servira que comme archive en prévision d'exploitations futures. Dans le cas où nous sommes en possession d'un

nuage de points, cette étape se fera automatiquement par un logiciel. Pour un relevé manuel, le dessinateur ou architecte devra reporter les données lui-même sur ordinateur.

Dans le cas de la lasergrammétrie où plusieurs relevés sont nécessaires issues de différentes stations, on procède ainsi par une phase dite « **de consolidation** » automatisée par un logiciel. Elle consiste à rassembler tous les nuages de points issus des différents relevés afin d'obtenir un seul modèle dans un espace tridimensionnel. Après contrôle du recalage, les nuages de points peuvent être fusionnés en un seul grand ensemble¹²⁸.

« En cas de lasergrammétrie le recalage 3D de nuages de points constitue la première étape d'un processus de traitement des données qui précède toute opération de modélisation architecturale afin de parfaire la géométrie de l'objet scanné »¹²⁹.

Puisque différentes acquisitions sont nécessaires pour avoir un relevé détaillé et complet, il est donc nécessaire d'assembler les nuages de points assemblés séparément dans un système de coordonnées unique. On procèdera après à un nettoyage du nuage, afin de supprimer les points faux et aberrants et limiter l'influence du bruit.

Suivra donc après la phase « de segmentation », qui consiste à isoler manuellement des parties de la zone à visualiser ; Par exemple, rassembler tous les points qui constituent la façade principale en un même groupe ; Puis dans ce groupe, rassembler tous les points qui constituent les corniches dans un sous-groupe...etc. Donc consiste à créer des sous-ensembles du nuage de points global. Elle ne représente pas une phase nécessaire mais dépendra du modèle à numériser et de l'objectif final. C'est donc cette étape qui permet de dégager les différents éléments constitutifs d'un nuage de point pour être traité, analysé, visualisé de manière indépendante. Il existe différentes techniques de segmentation automatique ou semi-automatique¹³⁰.

9.3 La modélisation :

C'est l'étape de construction de la forme géométrique et de modèles surfaciques à partir des nuages de points issus du relevé.

Dans notre cas la modélisation est celle de la construction de la maquette numérique, et qui aboutit à des créations géométriques virtuelles en 3D ; elle réunit les techniques et les processus qui consistent à créer, modifier et présenter des données numériques dans un espace numérique en trois dimensions. Les modèles numérisés peuvent être modifiés au cours du processus de conception pour un coût minimal et devenir interactifs. De plus, ces modèles permettent en quelque sorte de pénétrer dans la maquette et de l'observer de l'intérieur.

¹²⁸ MAUMONT, Michel. L'espace 3D : de la photogrammétrie à la lasergrammétrie. Op cite.

¹²⁹ POUX, Florent. Vers de nouvelles perspectives lasergrammétiques : optimisation et automatisation de la chaîne de production de modèles 3D. Op cite. p23.

¹³⁰ Ibid. p25.

Pour une représentation visuelle du modèle finale, et une future utilisation virtuelle la plupart des logiciels proposent aujourd'hui une représentation surfacique à partir d'un modèle maillé.

Plusieurs techniques permettent une reconstruction automatique, semi-automatique ou manuelle des surfaces à partir des nuages de points.

Il existe trois principaux types de modèles :

- Le modèle filaire : D'après Granddictionnaire@, le modèle filaire ou modèle 3D « fil de fer » est un « modèle 3D qui est décrit par tous les points et toutes les lignes qui le composent ». Les modèles filaires 3D sont constitués de points, de lignes, d'arcs, de cercles et autres courbes qui définissent les arêtes ou les traits d'axe d'objets.
- Le modèle surfacique : D'après Granddictionnaire@, le modèle surfacique ou modèle à facettes est un « modèle 3D qui est décrit par un ensemble de surfaces, dans lequel l'objet ouvert ou fermé est vide et à partir duquel il est possible de générer une représentation ligne cachée ou avec traitement des surfaces ». (Fig.18)

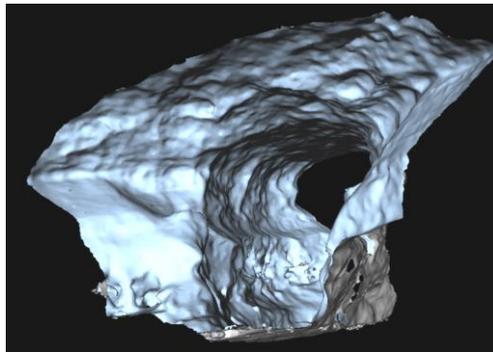


Figure 18: Un maillage surfacé. Source MAUMONT¹³¹

- Le modèle volumétrique : Ce type de modèle a pour objectif de combler les lacunes des modèles filaires et surfaciques. Il est donc complet et ne présente pas d'ambiguïtés. Les objets en 3D sont représentés par des volumes¹³².

L'évolution des logiciels a permis ce passage du modèle « fil de fer », vers une modélisation surfacique, volumétrique, et parfois texturée. La modélisation d'un objet ou d'un bâtiment dans le cas d'une restitution diffère d'un cas à un autre. Le CRAI¹³³ cite 3 possibilités qui s'offrent aux architectes et archéologues pour cette phase :

- Modéliser l'édifice tel qu'il est.
- Modéliser l'édifice dans sa construction originelle.
- Réaliser la reconstitution ou restitution de l'édifice.

¹³¹ MAUMONT, Michel. L'espace 3D : de la photogrammétrie à la lasergrammétrie. Op cite. p4. Consulté le 01/12/2018.

¹³² CALLEGARO, Cyril. Relevé lasergrammetrique et traitement des nuages de points de moulages de la gypsothèque. Op cite. p30.

¹³³ Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie, école nationale d'architecture de Nancy.

Le premier principe reste le plus simple, et représente l'objet dans son état actuel, tel que saisi. On n'aura besoin dans ce cas que des données récoltées des informations relevées précédemment, et nous obtiendrons ainsi un modèle 3D dont la qualité dépend de la précision et de la qualité du relevé effectué. Il s'agit de la représentation la plus fidèle de l'objet.

Le deuxième principe consiste à retrouver la forme originale de l'élément tel que construit à la base sans aucune extrapolation. Dans ce cas on est en possession du modèle original, sur lequel on se basera pour produire des images de synthèse de notre objet épuré des dégâts qui lui ont été causés avec le temps. En archéologie, cette modélisation est utilisée pour masquer l'effet de l'érosion de la pierre et les défauts mineurs dus au temps¹³⁴.

La phase de la reconstitution ou restitution, elle, se base sur des hypothèses établies par des spécialistes avec une partie du modèle numérique existant et en fragments. En plus de la phase de relevé, le modèle élaboré est complété et validé par l'expertise et les connaissances des spécialistes du domaine. Les hypothèses émises nous permettent d'aboutir à la complétude du modèle. Cette phase comporte en conséquence trois composantes :

1. la partie connue du monument (les vestiges restés en place) ;
2. la partie reconstituée (intégrant les éléments épars remis à leur place) ;
3. la partie complétée (de façon hypothétique).

Nombreux sont les exemples de restitution 3D de vestiges existants, comme le pont d'Avignon : Après des années d'avancées scientifiques, architectes, archéologues, historiens, mais aussi infographistes ont croisé leurs regards et le résultat de leurs recherches pour proposer une reconstitution 3D du pont avec films et images. Il est désormais possible d'admirer le résultat grâce à de nouveaux dispositifs muséographiques et de médiation multimédia dans des musées ou sur le net¹³⁵(photo 6).



Photo 6: Le pont d'Avignon reconstitué en 3D. Source MAP CNRS¹³⁶

¹³⁴ POUX, Florent. Vers de nouvelles perspectives lasergrammétriques : optimisation et automatisation de la chaîne de production de modèles 3D. Op cite. p36.

¹³⁵ TRINQUIER, Jean-Paul. Le pont d'Avignon reconstitué... en 3D ! <https://www.musee21.com/le-pont-davignon-reconstitue-en-3d-2/> Consulté le 25/12/2018.

¹³⁶ <http://www.map.cnrs.fr/?p=37842> Consulté le 25/12/2018.

Dans ce cas, on obtient un état hypothétique d'un édifice, qui est une représentation normalement élaborée par un chercheur et scientifique s'appuyant sur des témoignages, des marques et d'autres sources documentaires. Le résultat hypothétique se base sur un rayonnement construit sur des méthodes et des approches scientifiques. La fiabilité d'une représentation hypothétique est contrainte à la dimension subjective de l'auteur de la source ; par ailleurs différentes sources iconographiques hypothétiques (parfois contradictoires) sont formulées par différents chercheurs à différents périodes¹³⁷.

C'est la phase la plus importante dans la modélisation, puisque c'est d'elle que dépend la rigueur scientifique afin de retranscrire le monument dans sa forme la plus fidèle à la réalité. Le travail de recherche constitué, la phase suivante est consacrée au travail infographique, lui-même divisé en trois parties : la modélisation, l'application des textures et l'éclairage. On mesure à cet effet toute l'importance que prend le travail entre le dossier scientifique et les infographistes. N'empêche que l'infographiste doit s'imprégner du lieu s'il a pour tâche de lui redonner vie.

Cette phase de modélisation peut durer des semaines, tout dépend de la complexité du projet ; la dimension de l'espace elle n'a aucun lien avec la difficulté de la modélisation : restituer une colonne ou un détail peut être plus délicat que de restituer tout un amphithéâtre.

9.3.1 La reconstruction automatique par maillage ou polygonale :

Maillage, polygonisation ou facettisation, est un procédé de modélisation qui consiste à relier les différents points d'un nuage par des calculs de triangulation. Il suffit de le comparer à une peau qui recouvre le squelette. Ce procédé s'applique aux éléments fortement détaillés afin d'obtenir un modèle polygonale cohérent.

Pour De Luca : « *Le maillage polygonal est habituellement la méthode la plus adaptée et la plus fidèle pour représenter correctement les résultats des mesures, fournissant une description cohérente avec les données d'entrée. Une fois la surface polygonale déterminée, diverses techniques de post-traitement peuvent être employées pour l'optimisation du résultat : lissage, remplissage de trous...etc.* »¹³⁸. Un modèle maillé reste tout de même plus lourd et plus compliqué à traiter qu'un modèle géométrique.

9.3.2 La modélisation par primitives géométrique :

Elle a pour principe la mise en correspondance de formes géométriques à un objet ou une scène pour le modéliser parfaitement. Toutes les autres techniques utilisent le principe de la modélisation géométrique : En se basant sur le nuage de points et dont le résultat diffèrera selon

¹³⁷ BUSAYARAT, Chawee. La maquette numérique comme support pour la recherche visuelle d'informations patrimoniales. Définition d'une approche pour la sémantisation de sources iconographiques par référencement spatial. *Thèse de doctorat*. Institut des sciences et technologies de Paris. 2010. p18.

¹³⁸ DE LUCA, Livio. Relevé et multi-représentations du patrimoine architectural : définition d'une approche hybride de reconstruction 3D d'édifices. Op cite. p22.

le résultat final souhaitée. Chaque procédure de modélisation est unique : elle dépend de logiciels utilisés, et des caractéristiques du modèle. Les fonctionnalités communes aux logiciels de CAO intègrent aujourd'hui des fonctionnalités de modélisation géométrique pour générer des surfaces s'appuyant sur un ensemble de points d'entrée issu de la numérisation 3D.

9.3.3 La modélisation paramétrique :

Ainsi, plutôt que de traiter des milliers de lignes, contenant des points ou des triangles liant ces points pour obtenir un modèle surfacique, une (ou plusieurs) équation permettra cette représentation. La modélisation paramétrique permet au concepteur d'explorer différentes possibilités, puis de les enrichir et les affiner, jusqu'à aboutir au résultat le plus satisfaisant¹³⁹.

9.4 La présentation des résultats :

Le modèle 3D généré, on peut passer à la phase de texturation¹⁴⁰, où on s'intéresse à ce niveau à l'enrichissement de la géométrie issue de la phase de modélisation et donc à le rendre photo-réaliste. Elle peut être aussi compliquée que la phase de modélisation il s'agit à ce niveau de créer une ressemblance indispensable pour donner de la valeur au travail, celle de l'apparence. Mais aussi à diminuer le nombre de polygones issus de la phase de maillage, et donc la taille de notre fichier.

En informatique, c'est l'opération qui consiste à plaquer une image plane sur une surface en 3 dimensions : *le Mapping*¹⁴¹ qui consiste à transformer une image source 2D en mémoire d'image appelée *texture*. Appliquer une texture à un objet ou un bâtiment c'est donc lui attribuer des couleurs, des textures mais aussi de la brillance et de la transparence. Dans le cas de la photogrammétrie, cela s'opère par l'association de la texture réelle et d'origine acquise au moment du relevé au modèle 3D directement. Toutefois il ne faut pas que l'infographiste tombe dans le piège de la perfection et du souci esthétique, et ne jamais laisser ces derniers céder le pas sur la dimension scientifique. A cet effet il existe de nombreuses techniques pour simuler l'apparence visuel du modèle géométrique :

- Plaquage de texture à partir de photographies : Il s'agit d'isoler à partir d'une photo les parties correspondant aux entités présentes dans la scène 3D.
- Colorisation du nuage de points : Dans le cas de l'utilisation de la lasergrammétrie, la chrominance peut être restituée pour chaque point 3D acquis : elle nous crée ainsi des tonalités de l'objet mais en niveaux de gris.
- Texturage manuel : Ces techniques sont à prendre en considération principalement dans le cadre de restitution d'objets (ou de parties d'objets) hypothétiques.

¹³⁹ BEN ABDALLAH, Yasmine. Conception architecturale et modélisation paramétrique. *Mémoire de master en Architecture, aménagement de l'espace*. École nationale supérieure d'architecture de Toulouse. 2017. p35.

¹⁴⁰ La texturation est l'état de surface d'un objet.

¹⁴¹ *Le mapping*, en informatique consiste à appliquer sur une image en 3D des effets de texture au moyen de dégradées de couleurs, d'épaisseurs de traits et de remplissage.



Figure 19: Un maillage texturé. Source MAUMONT ¹⁴²

L'éclairage, étape aussi importante que les autres, permet en effet de créer une ambiance réaliste, qui différente de la situation réelle n'est pas évidente à trouver. Le placement d'un éclairage réaliste permet de proposer de véritables simulations solaires, notamment dans les édifices de spectacle protégés par des systèmes mécaniques de voiles (velum) comme les amphithéâtres romains. Dans la majorité des cas les infographistes procèdent par tâtonnement pour créer des scènes bien éclairées, dans un processus long et assez complexe.

9.5 Logiciels utilisés pour le traitement par photogrammétrie ou lasergrammétrie :

Aujourd'hui de plus en plus de logiciels accessibles et parfois professionnels, permettent aux amateurs comme aux spécialistes de modéliser des sites du patrimoine de façon assez simple : il est inconcevable de nos jours de ne pas travailler avec un logiciel de modélisation 3D. Et permettent ainsi leurs emplois non seulement dans le domaine de la cartographie et de l'industrie, mais également dans l'architecture, l'archéologie, le génie civil et la criminalistique.

Les logiciels de manipulation de « nuages de points » comportent généralement un outil de maillage (ou polygonisation). Des algorithmes construisent des faces entre les différents points du nuage par triangulation et par des calculs d'approximation des moindres carrés. Les logiciels qui permettent de créer des modèles en 3D sont nombreux, parfois gratuits, ce qui rend le choix de l'outil adapté pour un projet compliqué. Dans le tableau ci-dessous une synthèse de quelques logiciels professionnels, les plus répandus, les plus utilisés et ceux consacrés au bâtiment, est présentée. Ces types de logiciels ont été divisés en 3 familles : ceux consacrés à la photogrammétrie, ceux consacrés à la lasergrammétrie, et ceux consacrés au travail de l'infographiste uniquement (Tab.2) :

¹⁴² MAUMONT, Michel. L'espace 3D : de la photogrammétrie à la lasergrammétrie. Op cite. p5. Consulté le 01/12/2018.

	Nom du logiciel	Utilisation	Coût	Format d'importation	Format d'exportation	Caractéristiques
Photogrammétrie	Agisoft Photoscan (aujourd'hui Metashape)	Traitement de nuage de points dense+ maillage+ texturage.	payant	photos	Images (JPEG, geoTIFF...), objet3D.obj, 3DS, PLY, STL, DXF, PDF...	Permet le contrôle des résultats, utilisation basique, permet la modélisation de cas complexes, permet de transférer les données générées dans des SIG ou logiciels de CAO/DAO, fonctionne également avec des drones.
	Autodesk 123D Catch	Traitement de nuage de points + maillage + texturage. (123D Catch n'est plus distribué depuis au moins 1 an).	gratuit	photos	objet 3D.obj, DWX, FBX, Mesh.obj...	Le produit final ne peut être modifié par l'utilisateur, destiné au grand public, facilité d'installation et d'utilisation, permet de créer des visites virtuelles.
	3D reshaper	Traitement de nuages de points + maillage+ texturage	payant	photos	DXF DWG, objet 3D.obj, STL, VRML...	Permet des sections planaires, plusieurs modes de représentation.
	Autodesk Recap	Traitement de nuages de points + segmentation +maillage+ texturage.	payant	photos	E57, PTS, RCS, FBX, objet 3D.obj, geoTIFF, STL...	Permet l'extraction d'une géométrie 2D à partir d'un nuage de points coupé, de modifier la densité d'un nuage de points, de délimiter les nuages de points.
	Geomagic	Traitement de nuages de points +maillage +texturage.	payant	photos	STL...	compatibles avec les logiciels CAO, fonctionne sur des objets avec des détails importants.

	Meshlab	Traitement de maillage 3D.	gratuit	photos	3DS, objet3D.obj, PLY, DXF, VRML...	Nettoyage du nuage, colorisation, limité en maillage, pas de texturage.
	Photomodeler	Traitement nuage de points dense.	payant	photos	Image (JPEG, geoTIFF, BMP...), Photoshop, 3DS, FBX, objet 3D.obj...	Permet le contrôle des résultats par l'utilisateur, la modélisation de cas complexes, le calcul à partir d'un grand nombre de photos.
	Pix4D	Traitement de nuages de points + maillage+ texturage.	payant	photos	DXF DWG, objet 3D.obj, FBX, geoTIFF, HTML, 3D PDF, PLY...	Travaille depuis l'import de fichiers de données terrestres ou aériens (ou les deux), ortho rectification.
	CloudCompare	Visualisation de nuages de points + segmentation +visualisation de maillage	gratuit	PLY, E57, PTX, objet3D.obj, STL, DXF, FBX...	geoTIFF, MA, E57, 3D Mesh, DXF, Image, PLY, XYZ...	Permet d'effectuer des comparaisons entre deux nuages de points denses, ou entre un nuage et un maillage, traite de très gros nuage de points.
	3DF Zephyr	Traitement de nuages de points +maillage+ texturage.	gratuit/ payant selon les éditions	photos	Mesh, geoTIFF...	La version gratuite ne permet pas l'utilisation de plus de 50 photos.
	MicMac	Traitement de nuages de points + modèle surfacique	gratuit	photos		Permet la création de modèle 3D et d'ortho-images,

Lasergrammétrie	As-Built Autodesk Revit	Traitement de nuage de points +maillage+texturage.	payant	RCP, RCS, DWG, DXF, Sketchup,	DWG, DXF, ODBC, Images (JPEG, geoTIFF...), HTML, 3DS Max...	N'insère que des fichiers de projet de nuages de points indexé, permet d'insérer des éléments dans le nuage de points, l'extraction et l'alignement de murs architecturaux, la création de types de familles tels que des portes, des fenêtres, la détection des plans et la production d'ortho-images à l'échelle
	3D reshaper	Traitement de nuages de points +maillage +texturage.	payant	Scanner Leica,	DXF DWG, objet 3D.obj, STL, VRML...	Permet des sections planaires, plusieurs modes de représentation,
	Autodesk Recap	Traitement de nuages de points +segmentation +maillage + texturage.	payant	XYZ, E57, PTS, PTX, RCS, JPEG, scanner Faro, DXF, DWG...	E57, PTS, RCS, FBX, objet 3D.obj, geoTIFF, DWG, DXF...	Permet l'extraction d'une géométrie 2D à partir d'un nuage de points coupé, de modifier la densité d'un nuage de points, de délimiter les nuages de points.
	CloudCompare	Visualisation de nuages de points + segmentation +visualisation de maillage	gratuit	PLY, E57, PTX, objet3D.obj, STL, DXF, FBX...	geoTIFF, MA, E57, 3D Mesh, DXF, Image, PLY, XYZ...	Permet d'effectuer des comparaisons entre deux nuages de points denses, ou entre un nuage et un maillage, traite de très gros nuage de points.
	Faro Scene	Traitement de nuages de points+ maillage+texturage.	payant	scanner Faro, XYZ,	DXF, PTS, PTX, VRML, objet3D.obj, RCS, E57, STL...	Utilisation pour les scanners terrestres et les scanners à main, permet une exportation vers les logiciels de

					CAD/DAO, un traitement flexible des données.
Geomagic	Traitement de nuages de points +maillage +texturage.	payant	objet3D.obj, XYZ, scanner Faro et Leica, DXF,	STL, 3DS, DXF, PLY, objet3D.obj...	compatibles avec les logiciels CAO, fonctionne sur des objets avec des détails importants.
Leica cyclone	manipuler les nuages de points	payant	scanner Leica, Faro, Riegl et autres	DXF DWG, PTX, PTS...	
Meshlab	Traitement de maillage 3D	gratuit	PLY, 3DS, PTS, PTX, XYZ, VRML...	PLY, STL, 3DS, VRML...	Nettoyage du nuage, colorisation, limité en maillage, pas de texturage.
PointCab	traitement de nuages de points +maillage +texturage.	payant	scanner Faro, Leica et Trimble, XYZ, E57, PTS	DWG, DXF, Sketchup, Archicad, Revit...	présente une simplicité d'utilisation, permet la création de vues et de plans de bâtiments, compatible avec les systèmes CAO...
Trimble Real Works	traitement de nuages de points+ maillage+ texturage.	payant	Scanner Trimble TX8 ou TX6, XYZ, E57, Scanner Faro, PTS, PTX,	DXF, DWG, E57, PTS, FBX, PTX, objet 3D.obj...	Utilisation très simple, rendu ajustable des couleurs réelles.
VisionLidar	traitement de nuages de points	payant	Scanner Faro, PTS,	E57, PTS, DXF, AVI, HTML, JPEG, PNG, geoTIFF...	fonctionne sur un nuage de points balayés par air, terre et/ou mobile, permet une exportation aux fichiers CAO/DAO, permet la segmentation,

	3DF Zephyr	traitement de nuages de points+ maillage+ modélisation.	gratuit/ payant selon les éditions	PTX, E57...	Mesh, geoTIFF,	la version gratuite ne permet pas l'utilisation de plus de 50 photos.
Modélisation	Sketchup	modélisation 3D+animation+cartographie+rendu3D.	gratuit/ payant selon les éditions	Autocad (DWG DXF), 3D Mesh...	fichiers Image, 3D Mesh, windows Bitmap...	problème de gestion de nuages de points volumineux, se caractérise par des outils simples (rotation, extrusion, déplacement, etc.), permet l'impression 3D.
	Blender 3d	Modélisation +animation+ production d'images de synthèse+rendu3D.	gratuit	3D Mesh, Objets 3D...	blend, Objet 3D.obj, 3D Mesh...	multiplier les angles de vue, intégration de textures réalistes, le montage vidéo, la sculpture 3D.
	Cinema 4D	Modélisation +texturage +animation+ rendu d'objets 3D.	payant	Adobe Illustrator en fichiers vectoriels, photos, Autocad (DWG DXF), Blender, Sketchup, Photoshop...	Cinema 4D, Photoshop, fichiers images et vidéos...	facilité d'utilisation, rapidité d'exécution.
	Autodesk 3ds max	Modélisation +animation+ rendu 3d.	payant	Autocad (DWG DXF), Sketchup,3D Mesh,Objet 3D...	3ds Max, objet 3D.obj, fichiers images...	permet de modéliser et d'animer des modules et formes plus ou moins complexes, permet le texturage.

Tableau 2: Tableau récapitulatif de quelques logiciels utilisés en photogrammétrie, lasergrammétrie et modélisation 3D. Source auteur

BITMAP	format d'images matricielles
E57	format de stockage de nuages de points, d'images en 3D LIDAR
FBX	format Filmbox
FLS	format nuage de points Faro
GeoTIFF	format d'images géoréférencées
MA	format de fichier Maya
Objet3D.obj	format de fichier contenant la description d'une géométrie 3D
ODBC	Open DataBase Connectivity
PLY	format de fichiers de polygones
PNG	format d'images numériques
PTC PTX	format nuage de points Leica
PTS	utilisé par PRO TOOLS, format contenant des informations audio
RCP	format de fichier qui rassemble plusieurs fichiers de numérisation RCS
RCS	format propriétaire de nuages de points RECAP
STL	format de Stéréolithographie pour prototypage
VRML	The Virtual Reality Modeling Language

Tableau 3: Liste des acronymes. Source auteur

10 La photo modélisation architecturale :

C'est la technique permettant de modéliser un site ou un monument grâce aux photographies, dans un but d'archivage, de valorisation, et de diffusion au grand public. La technique consiste donc à extraire les données nécessaires obtenues de la phase d'acquisition des données, pour une restitution en trois dimensions d'objets patrimoniaux : On entre en fait dans le domaine de la photogrammétrie.



Photo 7: Photo-modélisation d'un château à Carcassonne. Source DE LUCA¹⁴³

¹⁴³ DE LUCA, Livio. Imagerie 3D en architecture et archéologie. Op cite.

Dans son ouvrage sur la photo modélisation De Luca, expose toute la théorie et la méthodologie de la technique, avec des exemples concrets¹⁴⁴.

11 Expérimentations :

Quelques exemples de cas d'études vont être présentés dans le volet qui suit, utilisant des méthodes d'acquisition de données différentes mais aussi avec des objectifs différents. Nous soulignons également que seulement les modèles numériques de bâtiments et non de sites ou fouilles archéologiques ont été abordés.

A l'échelle internationale plusieurs sites sont numérisés, modélisés de nos jours, et représentés à l'aide d'images de synthèse dans des lieux d'exposition. Parmi les nombreux projets de numérisation et de restitution, il y en a ceux qui sont initiés par des projets de recherche et des laboratoires afin de faciliter les démarches de recherche et de proposition d'hypothèses. Et quelques projets dont l'objectif final est avant tout la valorisation et la vulgarisation auprès du grand public.

Dans notre cas et en relation avec notre cas d'étude on s'est penché sur les projets de modélisation à caractère scientifique et pédagogique un peu partout dans le monde et en relation avec les techniques exposées auparavant. Ils sont présentés en synthèse en sous forme de fiches techniques comme suit :

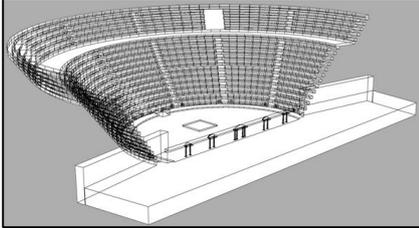
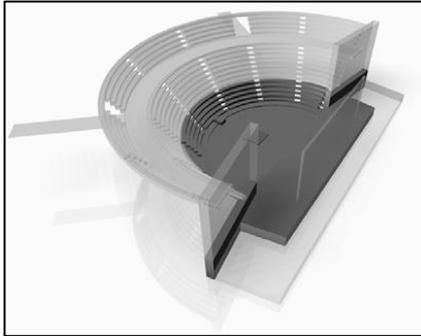
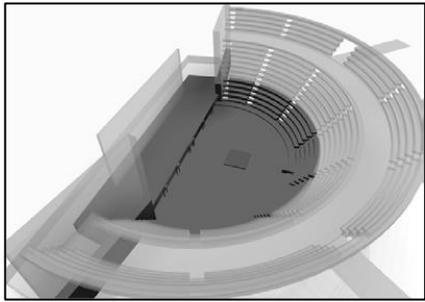
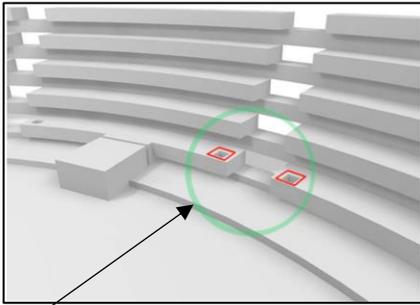
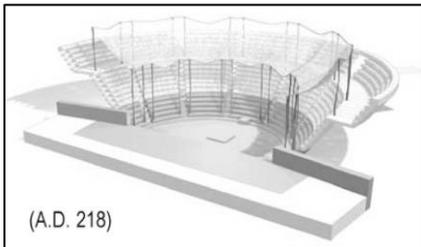
11.1 Le théâtre romain de Byblos au Liban¹⁴⁵ :

Le théâtre jouit d'un caractère de site culturel dynamique puisqu'il se caractérise par la superposition de différentes couches historiques.

<p>Théâtre romain de Byblos au Liban</p>		
<p><u>Etat initial du bâtiment</u></p>	<p>Seules les 5 premiers gradins et la scène existent encore.</p>	
<p><u>Objectif de la restitution</u></p>	<p>Proposer une simulation dynamique afin de pousser la réflexion du scientifique et de l'observateur et ainsi mieux comprendre l'évolution de cet espace patrimoniale dans un contexte plus large.</p>	

¹⁴⁴ DE LUCA, Livio. La photo modélisation architecturale. Edition Eyrolles. Paris. 2009.264p.

¹⁴⁵ EL-KHOURY, Nada. Proposition et simulation de modèles numériques de compréhension d'un patrimoine : le théâtre romain de Byblos au Liban. Op cite.

<p><u>Acquisition des données</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Des ressources documentaires : photos, relevés manuels, écrits datant de 1973, données archéologiques...
<p><u>Méthodologie adoptée</u></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Réaliser un premier modèle à partir des relevés et données existantes en utilisant le logiciel de modélisation FormZ. <div data-bbox="742 488 1161 716" style="text-align: center;">  </div> 2. Suit après une confrontation du modèle aux commentaires et aux avis de scientifiques et d'experts avec des images incluant le modèle dans l'état actuel et l'état passé. <div data-bbox="475 857 896 1193" style="display: inline-block; margin-right: 20px;">  </div> <div data-bbox="957 891 1382 1193" style="display: inline-block;">  </div> 3. Un modèle final qui montre le théâtre avec ses différentes modifications et couches historiques afin d'interpréter son évolution dans le passé et observer son état présent. <div data-bbox="689 1312 1109 1617" style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;"><i>Détail de la simulation numérique qui montre les trous supportant les poteaux de la structure des toiles qui couvraient le théâtre.</i></p> <div data-bbox="683 1706 1104 1953" style="text-align: center;">  <p>(A.D. 218)</p> </div> <p style="text-align: center;"><i>Le théâtre romain tel qu'il aurait pu être en 218 de notre ère.</i></p>

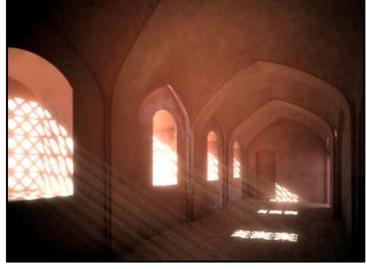
<u>Dispositif de visualisation et de présentation</u>	Maquette avec imprimante 3D, une animation 3D, un site Web du projet, une maquette 3D en réalité augmentée utilisant les techniques QTVR (Quick Time Virtual Reality).
<u>Résultats</u>	L'expérience a permis de comprendre la typologie d'un type d'édifice mais aussi son rapport avec le mode de vie de l'époque.

11.2 L'école Mirza Naïm de la citadelle de Bam en Iran¹⁴⁶ :

Bam est l'un des exemples les plus représentatifs d'une ville fortifiée faite d'adobe. Selon différentes hypothèses l'origine de la citadelle remonte aux périodes Achéménides et Parthes (550 avant J.C. - 226 après J.C.). Située au sud-est de la citadelle, l'école Mirza Naïm est un bâtiment d'un étage de 34 x 37m formé d'une trentaine de pièces réparties sur quatre ailes, autour d'une cour rectangulaire de 18x23m avec en son centre un bassin. Un tremblement de terre en 2003 causa d'énormes destructions.

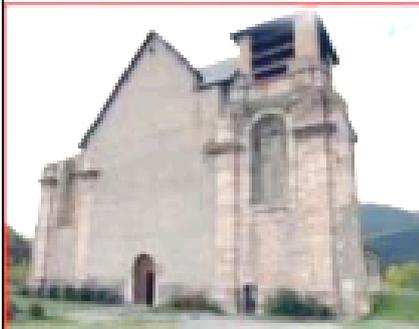
L'école Mirza Naïm Iran		
	<i>L'école avant 2003</i>	<i>L'école en 2007</i>
<u>Etat initial du bâtiment</u>	La démarche de restitution n'a débuté qu'après le tremblement de terre. L'entrée nord, et la partie ouest ainsi que toute la façade ont disparus.	
<u>Objectif de la restitution</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Comme référence à une nouvelle reconstruction physique. - Créer une base de données, une base muséographique et pédagogique. 	
<u>Acquisition des données</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Les données documentaires (photographies, relevés, coupes et plans, dessins...) avant et après tremblement de terre. - Relevé topométrique. - Une photogrammétrie aérienne filaire 3D réalisée à partir de photographies aériennes. 	

¹⁴⁶ GHADERI, Sahar et al. Utilisation et adaptation de références architecturales en présence de données incomplètes et hétérogènes. Modélisation d'un édifice en terre partiellement effondré. *Actes d colloque Virtual Retrospect*. Pessac. 2009. 99-106 p. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01864335/document>. Consulté le 12/01/2019.

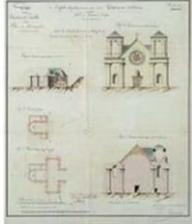
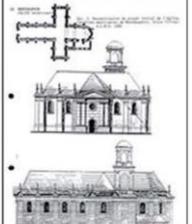
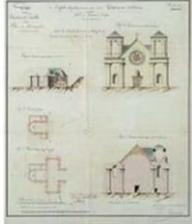
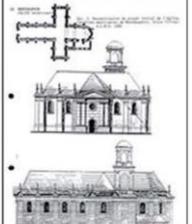
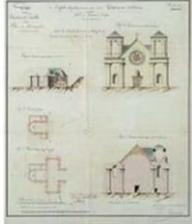
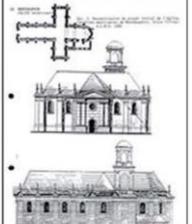
<p><u>Méthodologie adoptée</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - L'assemblage des données, - L'analyse des données, - L'élaboration d'une simulation tridimensionnelle en utilisant l'analyse des données, - L'enrichissement de la maquette numérique par l'ajout d'informations complémentaires (lumière, matériau, interactivité, etc.). - La connaissance des méthodes constructives, de la typologie de l'architecture persane, et l'avis des experts ont permis de valider certaines hypothèses. - La modélisation s'est faite à l'aide du logiciel 3DS Max. <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
<p><u>Dispositif de visualisation et de présentation</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Une visite interactive avec le logiciel Virtools. - Des images 2D, 3D et des vidéos. - Des publications nationales et internationales.
<p><u>Résultats</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - La réalisation d'une modélisation sémantique qui regroupe la nomenclature de chaque élément restitué.

11.3 L'église Saint Louis en France¹⁴⁷:

Construite en 1700, l'église Saint Louis à Mont Dauphin a la particularité de n'avoir jamais été achevée ; Il n'existe que le chœur et le transept. Classée monument historique, l'église est longue de 18m et haute de 15m.

<p>L'église Saint Louis France</p>	
---	--

¹⁴⁷RENAUDIN, Noémie. Exemple de valorisation du patrimoine : l'église Saint-Louis (Mont-Dauphin) Monuments d'hier, outils d'aujourd'hui. *Actes du colloque Virtual Retrospect*. Pessac. 2007. 207-213p. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01773888/document>. Consulté le 25/01/2019.

<p><u>Etat initial du bâtiment</u></p>	<p>Seulement une partie de l'église existe : le chœur et le transept.</p>						
<p><u>Objectif de la restitution</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - L'intention d'obtenir un produit multimédia répondant à des exigences scientifiques et informationnelles. - Pouvoir proposer plusieurs modèles de restitution 3D (émettre plusieurs hypothèses) sur la base de la documentation présente ou d'églises similaires. 						
<p><u>Acquisition des données</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - La lasergrammétrie avec scanner à temps de vol (7 stations). - La photogrammétrie (pour des orthophotographies, photos de détails architecturaux et texturage). 						
<p><u>Méthodologie adoptée</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Un travail de préparation, de récupération de données et d'observation. - Traitement du nuage de points et de photographies. - La modélisation de la maquette 3D avec plaquage des textures dans Maya. <div data-bbox="549 875 1331 1494" style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d3d3d3;"> <th style="padding: 5px;">Projet de 1853</th> <th style="padding: 5px;">Etude d'A. Tillier (ACMH)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 10px;">  </td> <td style="text-align: center; padding: 10px;">  </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 10px;">  </td> <td style="text-align: center; padding: 10px;">  </td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;"><i>Etude des hypothèses</i></p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p style="margin-top: 10px;"><i>Maquette texturée</i></p> </div> </div>	Projet de 1853	Etude d'A. Tillier (ACMH)				
Projet de 1853	Etude d'A. Tillier (ACMH)						
							
							

<u>Dispositif de visualisation et de présentation</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Des images 2D et 3D. - Mettre en place une interface pour la diffusion et l'accès aux informations de l'église : un site internet interactif¹⁴⁸ avec une chronologie interactive, Des QuickTime Vr-objet¹⁴⁹, et des images 3D.
<u>Résultats</u>	<p>Le modèle 3D a permis :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de comprendre l'histoire de l'évolution du monument par des recherches documentaires. - D'émettre des hypothèses de restitutions basées sur des projets similaires. - La mise en place d'un portail documentaire de l'état actuel du bâtiment.

11.4 La maison des fresques à Tipaza en Algérie¹⁵⁰ :

Il s'agit d'une vaste demeure romaine construite au milieu du IIème siècle, dont il ne subsiste aujourd'hui que quelques pans de murs. La maison présente un schéma d'organisation et une technique de construction identique aux maisons romano-africaines.

La maison des fresques Algérie	
<u>Etat initial du bâtiment</u>	Ne subsiste que quelques pans de murs, avec des colonnes.
<u>Objectif de la restitution</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Modéliser les structures restantes et les compléter virtuellement afin de répondre à certaines interrogations. - Proposer un modèle 3D expérimental et hypothétique qui servira de supports à des réflexions scientifiques.
<u>Acquisition des données</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Des relevés de fouilles. - Des données documentaires (relevés, plans, photographies...).

¹⁴⁸ http://www.gamsau.map.cnrs.fr/3D-monuments/sous_site/montdauphin/Topographie_3D.php. Consulté le 25/01/2019.

¹⁴⁹ Un objet VR est composé d'images enregistrées dans des fichiers JPEG. Le format de fichier de l'objet VR est html, pour permettre sa lecture dans un navigateur Web.

¹⁵⁰ CHAYANI, Mehdi. Essai de restitution virtuelle de la Maison des Fresques à Tipasa. *Actes du colloque Virtual Retrospect*. Pessac. 2009. 47-51p. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01864109/document>. Consulté le 30/01/2019.

<p><u>Méthodologie adoptée</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - D’abord la modélisation du péristyle¹⁵¹. - Ensuite la modélisation des toitures en pente. - Proposer des hypothèses de restitution sur la base d’une comparaison avec des sites similaires dans le bassin méditerranéen (Carthage, Herculanium, Pompéi...). <p>Le tout en utilisant le logiciel 3Ds Max.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
<p><u>Dispositif de visualisation et de présentation</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Des images 2D et 3D. - Des vidéos.
<p><u>Résultats</u></p>	<p>L’utilisation de la modélisation 3D est un procédé efficace pour regrouper l’ensemble des données archéologiques et permettre ainsi la modification du modèle suivant différentes hypothèses qui seront approuvées par la communauté scientifique.</p>

11.5 La citerne el-Nabih à Alexandrie en Egypte¹⁵² :

La citerne est un grand réservoir public, alimentant en eau l’antique Alexandrie.

<p>La citerne el-Nabih Egypte</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
--	---

¹⁵¹ Les quatorze bases d’ordre ionique constituant la colonnade du péristyle ont toutes été retrouvées en place avec leurs dimensions.

¹⁵² BOREL, Laurent et al. D’X,Y à X,Y,Z, de nouveaux outils pour l’étude architecturale et archéologique. Restitution 3D, lasergrammétrie et photogrammétrie : le cas de la citerne el-Nabih à Alexandrie. *Actes du colloque Virtual Retrospect*. Pessac. 2009. 215-228p. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/hal-01373420>. Consulté le 05/02/2019.

<p><u>Etat initial du bâtiment</u></p>	<p>Il s'agit d'un édifice complètement enterré, dans la contenance est d'environ 1000m³, mais demeure toujours en bon état et stable malgré les séismes ayant secoués la zone.</p>
<p><u>Objectif de la restitution</u></p>	<p>Placé dans un objectif de conservation et de mise en valeur : et s'attache au "maintien des formes et matériaux existants et de l'intégrité du site".</p>
<p><u>Acquisition des données</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fouilles archéologiques. - Relevés traditionnels (tachéomètre...).
<p><u>Méthodologie adoptée</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Un premier modèle tridimensionnel a été réalisé sur la base de la documentation graphique issue de relevés traditionnels. <div data-bbox="727 815 1150 1144" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="719 1144 1158 1178" style="text-align: center;"><i>Modèle tridimensionnel de la citerne</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ensuite utilisation de la lasergrammétrie et de la photogrammétrie : outre l'attrait pour ces nouveaux outils, il sera possible de comparer les plans issus du relevé traditionnel avec les nouveaux résultats. <div data-bbox="727 1391 1150 1765" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="507 1765 1374 1798" style="text-align: center;"><i>Coupe avec habillage des surfaces obtenues par redressement de photos.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Les calculs topographiques approchés ont été réalisés avec le logiciel Cap, ceux de la compensation micro-géodésique avec le logiciel Comp3D, la consolidation des nuages de points a été opérée avec le logiciel Cumulus et les orthophotographies ont été obtenues avec le logiciel Redresseur.

	 <p><i>Nuage de points de la couverture et de la travée centrale de la citerne issus de la modélisation 3D.</i></p>  <p><i>Modélisation par photogrammétrie d'un point d'appui.</i></p>
<p><u>Dispositif de visualisation et de présentation</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Des images 2D et 3D publiées. - Des vidéos. - Un site WEB¹⁵³.
<p><u>Résultats</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - La réflexion sur le monument a pu être enrichie avec l'introduction du modèle 3D : lasergrammétrie pour la précision du fac-similé tridimensionnel et photogrammétrie pour l'exactitude de la colorisation des surfaces générées par les orthophotographies. - Des travaux de restauration : mise hors d'eau de l'édifice, consolidation des éléments de maçonnerie... - Permettre aux visiteurs d'accéder au site : des éléments signalétiques à l'extérieur... - Un service pédagogique pour jeunes écoliers : des activités, des films documentaires...

¹⁵³ Consultable sur le site des centres d'études Alexandrines, http://www.cealex.org/sitecealex/navigation/FENETR_NAVpatr_F.htm. Consulté le 05/02/2019.

11.6 Restitution de la basilique sainte Salsa à Tipasa en Algérie¹⁵⁴ :

La basilique a fait l'objet de nombreux réaménagements au cours des siècles. Aujourd'hui, elle est un édifice à une nef terminée par une abside et plaquée de deux bas-côtés sur lesquels se superposent deux tribunes ; on y accédait par des escaliers situés de part et d'autre de l'entrée.

<p>La basilique Sainte Salsa Algérie</p>	
<p><u>Etat initial du bâtiment</u></p>	<p>L'actuelle basilique offre un plan clair avec ses trois vaisseaux ; celui du milieu est terminé par une abside débordante.</p>
<p><u>Objectif de la restitution</u></p>	<p>Former des chercheurs du CNRA¹⁵⁵ à la technique d'acquisition numérique par photogrammétrie et cela à travers la numérisation de la basilique sainte Salsa et d'autre part proposer une première hypothèse de restitution de l'édifice.</p>
<p><u>Acquisition des données</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Photogrammétrie (près de 1300 photos) en deux phases : <ul style="list-style-type: none"> • Relevé architectural de l'ensemble du bâtiment. • Relevé des éléments architecturaux. - Sources documentaires (archéologiques, littéraires, iconographiques...).
<p><u>Méthodologie adoptée</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - D'abord un nuage de point 3D de grande densité des vestiges de la basilique fut généré (13 millions de points). - Ensuite la modélisation s'est faite avec le logiciel Revit.  <p><i>Juxtaposition du nuage de points avec la modélisation 3D.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Trois hypothèses de restitution ont été réalisées selon trois états d'existence de la basilique.

¹⁵⁴ CHAYANI, Mehdi et al. Du relevé photogrammétrique à l'usage du BIM. Étude et restitution de la basilique sainte Salsa (Tipasa/Algérie). *Actes du colloque Virtual Retrospect*. Pessac. 2013. 25-33p. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01918962/document>. Consulté le 05/02/2019.

¹⁵⁵ Le Centre National de Recherche Archéologique Algérien.

	 <p><i>Hypothèse de restitution, vue de la nef centrale de la basilique Sainte Salsa</i></p>  <p><i>Hypothèse de restitution, vue des tribunes de la basilique Sainte Salsa</i></p>
<p><u>Dispositif de visualisation et de présentation</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Des ortho-images. - Des plans 2D et 3D.
<p><u>Résultats</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Un premier modèle théorique cohérent de la basilique sainte Salsa fut créé, qui ne cessera d'évoluer et d'être exploiter en fonction de nouvelles recherches.

12 Les approches de la restitution numérique d'après la synthèse sur les exemples étudiés :

Les différents travaux de numérisation du patrimoine, et l'ensemble des travaux effectués par des laboratoires de recherche ont permis de dégager un ensemble d'approches méthodologiques dans le cadre de la restitution numérique des monuments. Ces approches diffèrent d'un cas à un autre, suivant la précision recherchée, le degré de détail, la taille et la géométrie de l'objet, ou encore le moyen d'acquisition et de collecte des données disponible (lasergrammétrie ou photogrammétrie). Certaines approches ne font appel qu'à une seule méthode simple, d'autres combinent plusieurs techniques ou plusieurs procédés.

Le rôle essentiel de toute approche est l'identification de l'objectif à atteindre, et l'objectif de représentation, ce qui véhicule les modalités de collectes de données ainsi que leur traitement.

De Luca formule au niveau de sa thèse 4 approches principales, regroupées à partir d'expériences dans le domaine de la représentation d'édifices en 3D. Nous les avons résumés dans le tableau qui suit :

Approche visant à l'exactitude du modèle géométrique	Approche visant les exigences de description (spécifiques à un type d'analyse)	Approche visant la restitution de l'apparence visuelle	Approches de restitution de plusieurs aspects à la fois
Utilisation du laser 3D (autour de 8 stations, le nombre de stations dépend de l'étendue et de la complexité de l'objet architectural).	Utilisation de la photogrammétrie.	Utilisation du laser 3D+ la photogrammétrie+ camera HD.	Utilisation du Laser3D +photogrammétrie +données SIG+ images panoramiques. Pour des édifices complexes.
<p>A partir d'un balayage laser 3D :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Consolidation du nuage de points. - Maillage automatique. - Rapidité d'acquisition. - Bonne précision. 	<p>A partir d'appareils photographiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La stéréophotogrammétrie. - La stéréographie. 	<p>Le niveau géométrique peut être :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un simple nuage de points. - Un réseau de polygones. - Un maillage. <p>La scène tridimensionnelle sans modèle géométrique peut manquer de certaines informations métriques.</p>	<p>L'acquisition dépend du niveau de complexité géométrique recherchée. La saisie d'informations métriques et photométriques.</p>
Un modèle polyédrique détaillé décrivant la géométrie de l'objet.	<p>En cohérence avec un objectif d'analyse et de représentation, ne restituer que les informations nécessaires (dimensions, extraction des profils, analyse des altérations, analyse de la forme architecturale...).</p> <p>Construire un modèle 3D pour la compréhension de l'édifice, pour une future restauration et dans le but de conduire des analyses sur l'état de conservation du bâtiment.</p>	<p>Cela permet de superposer l'image sur le nuage de points. Cette procédure consiste à associer les attributs RVB extraits de l'image à chaque coordonnée du nuage de points.</p> <p>Un des autres objectifs est l'exploitation de panoramas cylindriques par l'association d'images panoramiques dans un nuage de points.</p>	<p>Différents procédés techniques sont utilisés pour la représentation exhaustive de l'objet. Chaque type de relevé pour un détail spécifique.</p>

Tableau 4: Approches pour le relevé et la représentation d'édifices en tridimensionnel. Source DE LUCA¹⁵⁶ traité par l'auteur

¹⁵⁶ DE LUCA, Livio. Relevé et multi-représentations du patrimoine architectural : définition d'une approche hybride de reconstruction 3D d'édifices. Op cite. p39.

13 Domaines d'application des restitutions 3D :

Les différentes données issues et traitées des phases précédentes à savoir : relevés, consolidation, segmentation et texturage, nous amènent à exploiter le résultat final avec différents moyens de transmission.

Les domaines d'application de la restitution 3D sont vastes et variés, ils touchent à la fois différents secteurs et différents publics. Ils diffèrent en fonction du type de données d'entrée, des contraintes de présentation, des exigences d'observation et d'analyse, ainsi que du niveau d'interaction envisagée.

- Le prototypage ou l'impression 3D : Avant l'apparition de l'imprimante 3D, le prototypage traditionnel se faisait par injection d'un produit dans un moule afin de matérialiser le prototype. Aujourd'hui on parle de prototypage rapide, qui nous permet de réaliser des pièces des plus simples aux plus complexes qui fait partie du concept de stéréolithographie¹⁵⁷. Un modèle du sphinx exposé au Louvre a été taillé dans du plâtre à partir d'un modèle numérique : donc cela consiste à fabriquer un modèle réduit de l'original à partir d'un modèle 3D. Aujourd'hui avec l'explosion dans le marché des imprimantes 3D, le prototypage devient plus accessible aux scientifiques et au public.
- Dans des expérimentations ou études de toute spécialité : urbaine, architecturale, archéologique, ou encore plus technique comme l'étude de la ventilation, du chauffage, de l'ensoleillement...de certains monuments. Ainsi le modèle 3D en notre possession, modifiable et manipulable, comprend un système d'informations et une base de données essentiels à de futurs emplois. Dans ce cas les supports de diffusion sont vastes : les CD Roms, les DVD, les publications dans des revues, les ouvrages, les viewers¹⁵⁸, les Web 3D¹⁵⁹...etc.
- Le modèle numérique nous permet de faire l'étude de la structure du bâtiment, des pathologies, d'éventuelles déformations, mais aussi d'effectuer des mesures dans des endroits inaccessibles. En effet les données cartésiennes des points relevés peuvent être utilisées à des fins d'étude de la stabilité de l'édifice.
- Assimiler les restitutions 3D à un outil ludique : destiné à des fins de diffusion et de tourisme culturel. A cet effet plusieurs manières de visualisation du résultat final s'offre à nous :

¹⁵⁷ Est une technique dite de prototypage rapide, qui permet de fabriquer des objets solides à partir d'un modèle numérique.

¹⁵⁸ Les viewers sont des versions simplifiées des logiciels de traitements de nuages de point, de CAO/DAO, qui permettent une visualisation couplée à une utilisation basique.

¹⁵⁹ GoogleEarth, WebGL, Moteur plugin, Global Memory Net, <http://www.memorynet.org> ...

- L'orthophotographie 2D.
- L'image panoramique : à partir de plusieurs photos prises du même point de vue, avoir la possibilité de se déplacer horizontalement et verticalement avec possibilité de zoomer.
- L'anaglyphe : il s'agit d'un procédé qui nous permet de visualiser un objet en relief à l'aide de lunettes spéciales à filtres colorés (lunettes 3D).
- Vidéo d'animation 3D : Visualisation d'images dynamiques séquentielles ou de films intégrant du contenu tridimensionnel. Elle a l'avantage d'être un support très maniable, destinée à la présentation du site.
- La réalité virtuelle : Elle permet à l'utilisateur ou au visiteur de s'imprégner dans le site par une visite virtuelle, de le plonger ainsi dans un univers en 3D, et de se déplacer virtuellement sur ou dans l'objet. (Photo 8).



Photo 8: Un casque à réalité virtuelle. Source GUERRIERO ¹⁶⁰

- La réalité augmentée : est l'intégration des éléments virtuel en 3D dans un environnement réel, et se fait au moyen d'un appareil photo d'un téléphone mobile, d'un casque, d'écrans spéciaux ou de bornes interactives.

Il existe aujourd'hui différentes plateformes et dispositifs multimédias nous permettant la visualisation du résultat final, nous citons comme exemples : les bornes interactives, les bornes Ray-On¹⁶¹, les publications web, les écrans tactiles avec ou sans lunettes¹⁶², et les tablettes (Photo 9).

¹⁶⁰ GUERRIERO, Emmanuel. <http://www.economiamatin.fr/news-le-futur-de-la-realite-virtuelle-sera-multi-user>. Consulté le 05/05/2019.

¹⁶¹ La borne Ray-On est une borne de réalité augmentée mobile combinant images virtuels et environnement saisis en temps réel comme une fenêtre sur le passé. La borne interactive reste immobile et peut être tactile ou pas.

¹⁶² Les écrans 3D **Alioscopy** permettent de voir en relief instantanément, sans porter de lunettes spéciales, ou avec écran en **anaglyphes** à l'aide de lunettes anaglyphes (rouge/bleu ou rouge/vert, selon les modèles).



Photo 9: Une borne Ray-On dans l'Abbaye de Cluny. Source STUDIOGARDERE ¹⁶³

L'arrivée des nouvelles technologies a fortement influencé la démarche de valorisation, et leur utilisation par les experts, cependant il reste beaucoup de potentiel à utiliser et à exploiter. La valorisation du patrimoine numérique a pour objectif de répondre d'un côté aux demandes croissantes des collectivités amenées à développer des outils de médiation numériques, mais aussi utilisés comme outil d'investigation, comme support de conservation, comme vecteur d'échange et de communication¹⁶⁴.

14 Conclusion :

Ce chapitre a pour objectif de situer le champ théorique de notre recherche, d'abord en présentant les concepts clés liés à notre thème, ensuite en explorant des exemples où l'intérêt primordial de la restitution était avant tout de communiquer une connaissance sur le sujet. Nous avons abordé deux thèmes liés entre eux, à savoir l'intérêt des restitutions numériques mais aussi les techniques de relevés numériques actuelles, qui évoquent tous les deux des objectifs communs.

La valorisation du patrimoine, qui suit l'essor de l'avancée technologique, a pour objectif de répondre aux demandes croissantes des collectivités amenées à développer des outils de médiation numériques. Mais utilisé aussi comme outil d'investigation, et de réflexion, comme support de conservation, comme vecteur d'échange et de communication, le domaine de la restitution numérique ne cesse d'évoluer, avec des possibilités quasi-infinies.

Aujourd'hui les relevés 3D offrent bien d'avantages aux archéologues, architectes mais aussi à d'autres domaines, et sont devenu un outil supplémentaire au service de la restauration ; considéré comme outil d'analyse et de diagnostic, ils permettant la localisation et la mesure des dégradations, mais aussi d'évaluer leur changement et ainsi permettre les différentes

¹⁶³ <https://www.studiogardere.com/fr/projets/design/on-situ-ray-on/>. Consulté le 30/01/2019.

¹⁶⁴ Le guide « Valorisation numérique des patrimoines », sites et cités remarquables de France, <https://www.slideshare.net/AurelienGuillois/le-guide-valorisation-numrique-des-patrimoines>. Consulté le 02/02/2019.

interventions et analyses. C'est aussi un moyen de sauvegarde, un support de SIG, un support scientifique, et pédagogique.

Les deux techniques, photogrammétrie et lasergrammétrie, ont dévoilé chacune leurs avantages mais aussi leurs limites dans le domaine patrimonial : Il convient avant tout processus de relevé numérique de savoir ce que la 3D apporte en termes de rendus et de précisions, de définir clairement les objectifs attendus, et la finalité des besoins. En même temps que se développe aujourd'hui les appareils photographiques, évolue la photo modélisation et donc l'acquisition des points devient de plus en plus précise. On assiste aujourd'hui à un vrai boom en matière de smartphones, où sont intégrés des capteurs photographiques avec de hautes résolutions. Et donc la photogrammétrie aura-t-elle tendance à remplacer la lasergrammétrie, avec un laser plus contraignant à utiliser ?

Les logiciels de modélisation sont aussi accessibles non seulement aux spécialistes du domaine mais aussi au grand public ; Il existe en effet un nombre important de logiciels gratuits et dont le traitement de données et de modélisation devient facilement maîtrisable. Il faut néanmoins avoir pris connaissance de la technique de prise de vues. Selon les chercheurs de l'institut Ausonius à Bordeaux : « *la mise en œuvre de ces technologies avec le domaine du patrimoine nécessite une réflexion méthodologique soutenue pour ne pas tomber dans les écueils de l'illusion de la nouveauté* »¹⁶⁵. Les nuages de points acquis lors de la phase d'acquisition, peuvent-ils cependant remplacer l'observation directe et le toucher lors d'un relevé traditionnel ? Elles permettent en effet d'avoir un double numérique de l'objet ou du bâtiment, et est-t-il nécessaire dans ce cas de le restaurer ou de le laisser tel quel comme témoignage de son état de dégradation ? Le potentiel des restitutions numériques en 3D sera peut-être dans le futur de proposer une restauration à l'identique en numérique sans toucher le modèle d'origine.

Les exemples étudiés nous ont permis d'avoir une idée sur l'état actuel des techniques et des restitutions en 3D de quelques monuments en ruine ou partiellement en ruine. C'est au niveau de l'intérêt scientifique et didactique que les restitutions offrent, que résident toute leur importance : la restitution tridimensionnelle permet aux scientifiques de soulever différentes hypothèses et remises en question. La restitution tridimensionnelle n'a donc pas fini de les séduire par ses nombreux avantages, comme le soulève de nombreux colloques et manifestations organisés, et qui agissent comme des sortes de forums et d'espaces de rencontres entre les praticiens du patrimoine virtuel.

Dans le chapitre suivant, nous aborderons l'étude des bains publics, afin de mieux cerner ce type d'édifice, son évolution à travers les temps, et pouvoir proposer par la suite une restitution numérique du bain d'Agadir.

¹⁶⁵ EL-KHOURY, Nada. Proposition et simulation de modèles numériques de compréhension d'un patrimoine : le théâtre romain de Byblos au Liban. Op cite. p101.

Chapitre II

Aperçu historico-typologique des bains publics à travers les temps

« ...*La restitution est un travail de réflexion, de proposition, de compétence aussi, parce qu'il faut connaître la matière - l'architecture de l'époque - ...* »

Jean Claude Golvin.

1 Introduction :

Il est nécessaire avant de proposer une restitution hypothétique du bain dont on ignore la forme et la datation exacte, de suivre la trace de ces édifices depuis l'antiquité où commence la véritable histoire des bains. Toute civilisation repose sur celle qui l'a précédée immédiatement ; La Grèce, Rome, Byzance et l'ère paléochrétienne sont les maillons du monde occidental sur lesquels reposent la culture et l'art de l'Islam. Les premières mosquées omeyyades de Damas et de Cordoue ont été bâties sur de vieilles églises chrétiennes, et les bains arabes de Jordanie se sont inspirés de l'art et des thermes de l'Antiquité ¹⁶⁶.

Dans son ouvrage sur les bains d'*Al Andalus*, Caroline Fournier ne fait que confirmer l'importance de la culture des bains dans les mœurs des habitants, aussi bien en Orient qu'en Occident et précise : « *Le bain collectif est un édifice caractéristique des cultures antiques gréco-romaines et son usage évolue dans la culture arabo-musulmane où il est nommé hammam*¹⁶⁷ ».

Le bain, ou bain maure ou encore *hammam*, cet espace où se mélangent toutes les classes sociales, voir toutes les ethnies est un héritage des bains collectifs de l'antiquité mais aussi un agent de la mémoire collective aujourd'hui. Issue de la fusion des traditions grecques, romaines et turques, il a été établi par les historiens que ce sont les Grecs et les Romains, qui ont connus les premiers bains publics de l'antiquité.

Avec l'arrivée des Omeyyades au pouvoir et Damas comme capitale de la dynastie, le bain s'est très vite imposé dans les mœurs des habitants du Moyen-Orient. Les musulmans se conforment aux lois dictées par le Coran et le prophète Mohammed, en prenant souvent des bains et nettoyant soigneusement le corps de la tête aux pieds dans les eaux des bains qu'ils ont construits. Nul mieux que les Ottomans n'ont illustré le rôle central et principal des bains ; c'est en effet avec le grand architecte Sinan que le dispositif balnéaire a connu son apogée en Turquie où il s'impose comme un complexe monumental de l'univers politique, religieux et culturel¹⁶⁸.

Toutes les raisons sont bonnes pour aller au hammam ; tout d'abord recommandé pour ses vertus hygiéniques et thérapeutiques, il permet au corps de se relaxer, de déstresser et de le

¹⁶⁶ PAVON MALDONADO, Basilio. *Tratado de arquitectura hispano-musulmana*. Tomo I. Agua. Edition Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid 2004. p299.

¹⁶⁷ FOURNIER, Caroline. *Les bains d'al-Andalus : VIIIe-XVe siècle*. Editeur Presses Universitaires de Rennes. Rennes. 2016. p19.

¹⁶⁸ KARATOSUN, Müjgan Bahtiyar; BAZ, Tuba Nur. Sustainability by Protecting of Traditional Heating Systems in Turkish Baths. *Architecture Research*. N°7(2). 2017. p43. [Doi: 10.5923/j.arch.20170702.02](https://doi.org/10.5923/j.arch.20170702.02). Consulté le 08/06/2018.

débarrasser de toutes ses impuretés dues à la sueur, à la pollution et à bien d'autres raisons de la vie quotidienne.

Hormis sa fonction de purification du corps et de l'esprit, c'est aussi un espace collectif, communicatif et de sociabilité où les baigneurs se rencontrent pour échanger des nouvelles. C'est le lieu par excellence où les informations et anecdotes circulent le plus et le mieux entre femmes et hommes. On le considérait jadis comme une agence matrimoniale et une occasion de sortie. Il symbolise en quelque sorte le "café" des femmes, et révèle une certaine conception du monde et des relations sociales. En dépit des différents changements qui affectent sa structure, sa fonction ou son emplacement il reste un lieu très prisé de la population urbaine¹⁶⁹.

Pour ce qui est de leurs emplacements, selon André Raymond dans son ouvrage sur les grandes villes arabes à l'époque ottomane : « *la présence ou l'absence des bains constituerait un bon indicateur de la différenciation spatiale des quartiers de la ville ; pour lui les plus beaux et remarquables hammams se trouvaient à proximité du centre* »¹⁷⁰. En effet, on trouve le hammam dans pratiquement chaque ville, chaque quartier, à proximité de la mosquée et quelquefois même au sein même d'un complexe religieux. *Ibn Batouta* dans sa *Rihla* mentionne la présence de 2000 bains à Bagdad, 1000 au Caire, ou encore 900 bains à Cordoue au XIX^e siècle¹⁷¹.

Les premiers travaux sur les thermes antiques ont été menés par D. Krencker et E. Krüger, qui ont proposés dès 1929 une première typologie des bâtiments basée sur le parcours du baigneur¹⁷². Leurs travaux serviront de base à d'autres recherches sur la pratique balnéaire tout autour de la méditerranée, et à des études monographiques sur des bains. En Afrique Du Nord, c'est Yvon Thébert, célèbre archéologue et historien français, spécialisé dans les études de l'Afrique romaine et de l'architecture des thermes, qui publiera les premières synthèses sur les bains antiques du Maroc, de l'Algérie et de la Tunisie¹⁷³. Parallèlement à ces publications généralistes, plusieurs journées scientifiques sont organisées afin de débattre du devenir des bains mais aussi du résultat des recherches effectuées. Le projet Balnéorient, par exemple, débuté en 2006, et développé par l'Institut français du Proche Orient (IFPO), organise fréquemment des rencontres entre architectes, archéologues, et doctorants afin « *d'écrire l'histoire du bain collectif d'Orient, depuis son adoption à l'époque hellénistique jusqu'à sa*

¹⁶⁹ CHERIF-SEFFADJ, Nabila. The medieval and ottoman hammams of algeria ; elements for a historical study of baths architecture in north africa. *Archnet-IJAR*. N°3 (1). 2009. p160. [Doi : 10.26687/archnet-ijar.v3i1.260](https://doi.org/10.26687/archnet-ijar.v3i1.260). Consulté le 15/04/2019.

¹⁷⁰ CARLIER, Omar. Les enjeux sociaux du corps. Le hammam maghrébin (XIXe-XXe siècle), lieu pérenne, menacé ou recréé. *Annales. Histoire, Sciences Sociales*. N°6. 2000. 1310 p. https://www.persee.fr/doc/ahess_0395-2649_2000_num_55_6_279917. Consulté le 18/04/2018.

¹⁷¹ KRIM, Fadela. Les hammamates. Edition Dalab. Alger. 2007. p17.

¹⁷² KRENCKER, Daniel et al. Die Trierer Kaiserthermen : Ausgrabungsbericht u. grundsätzl. Untersuchgn röm. Thermen. Éditeur Dr. B. Filser. Augsburg. 1929. 344p.

¹⁷³ Yvon Thébert (1943-2002), avait soutenu en 1997 une thèse d'état sur les thermes romains d'Afrique du Nord "Thermes romains d'Afrique du Nord : études d'histoires et d'archéologie ". Mort en 2002, un ouvrage posthume intitulé "Thermes romains d'Afrique du Nord et leur contexte méditerranéen : Etudes d'histoire et d'archéologie" a été publié en 2003 sous l'égide de l'école française de Rome.

mort annoncée ou son ultime mutation, en soulignant les évolutions et en isolant les époques charnières »¹⁷⁴.

Pour les bains datant de la période islamique, plusieurs travaux ont été publiés par la suite ; on peut citer les travaux de J. Maussion de Favières sur les bains de Damas¹⁷⁵, de E. Pauty sur les bains de Rabat Salé¹⁷⁶, ou encore l'ouvrage de C. Fournier sur les bains d'*Al Andalus*¹⁷⁷.

Ne connaissant pas exactement la date d'édification du bain d'Agadir, nous nous sommes basés sur les dynasties ayant intervenu sur le site d'Agadir, à savoir de la période Idrisside jusqu'à la période Abdalwadide¹⁷⁸, afin de choisir les exemples à traiter. Cette partie de la recherche n'a pas pour objectif de traiter toutes les données (qu'elles soient sociales ou culturelle), ainsi que les publications relatives au terme et à la pratique du bain. Mais elle tentera d'étudier et de tracer les grandes lignes de l'évolution des bains depuis l'Antiquité, en insistant et en nous appuyant principalement sur la typologie architecturale de ce type de bâtiments.

Le choix des exemples à traiter dans ce chapitre, a été dicté aussi par les informations et la documentation existante, et accessible.

2 Les prémices du bain collectif :

2.1 Les bains grecs ou *balanéïons* :

Bien avant les Romains, les Grecs jouissaient déjà des bienfaits du bain, où après un effort physique accompli, ils prenaient un bain afin de se détendre, se reposer, ceci dans un cadre collectif. L'intérêt des Grecs pour les sports et activités physiques tels que la course, la lutte ou encore le lancer du disque, les poussa à s'intéresser rapidement aux thermes, des lieux où il fait bon de se détendre après l'effort fourni.

Les Grecs ont dès le début pressenti les bienfaits de l'eau et de la chaleur pour le corps, et ce rituel s'inscrivait parfaitement dans la lignée des pratiques liées à l'entretien du corps. Les thermes grecs avaient une forme simple et se composaient de plusieurs salles, où l'entrée principale dans un large couloir en forme de péristyle, donnait sur le gymnase consacré à la formation des athlètes¹⁷⁹. Mal connus du public, les thermes grecs d'importance moyenne par

¹⁷⁴ BOUSSAC, Marie-Françoise et al. Introduction (25 siècles de bain collectif en Orient). *Actes du 3^e colloque international Balnéorient*. Damas. 2009. p3. https://www.academia.edu/9196091/Introduction_25_si%C3%A8cles_de_bain_collectif_en_Orient. Consulté le 25/04/2018.

¹⁷⁵ DE MAUSSION DE FAVIÈRES, Jacques. Note sur les bains de damas. *Bulletin D'études Orientales*. N°17. 1961. 121-131 p. www.jstor.org/stable/41585284. Consulté le 25/04/2018.

¹⁷⁶ PAUTY, Edmond. Vue d'ensemble sur les hammamas de Rabat-Salé. *Revue africaine (Société historique algérienne)*. N°88. Office des publications universitaires. Alger. 1944. 202-226 p.

¹⁷⁷ FOURNIER, Caroline. Les bains d'al-Andalus : VIIIe-XVe siècle. Op cite.

¹⁷⁸ Le minaret d'Agadir fut édifié sous l'ordre de *Yahia Yaghmoracene*, fondateur de la dynastie du même nom.

¹⁷⁹ FOURNET, Thibaud ; REDON, Bérangère. Le bain grec à l'ombre des thermes romains. *Dossiers d'Archéologie*. N° 342. Edition Faton. 2010. p57.

rapport aux thermes romains, se composaient aussi de plusieurs salles : un vestibule d'entrée, une salle de déshabillage, une grande salle ou salle principale appelé *tholos*, qui se composait elle, de cuves¹⁸⁰ individuelles *pyelos* disposées en rond, et dans lesquelles les baigneurs effectuaient la toilette en position assise (photo 10). Le bain comportait aussi des baignoires pour le bain par immersion, ou des piscines. Ces salles avaient soit une forme rectangulaire, mais aussi circulaire qu'on appelait rotondes ou *tholos* balnéaires. Les utilisateurs n'étaient cependant pas isolés les uns des autres et pouvaient discuter tout en se lavant. A l'image de la place publique grecque, toutes les strates de la société s'y côtoyaient et s'y rencontraient, et les bains devenaient un lieu important de la vie sociale¹⁸¹.



Photo 10: Une des deux rotondes "tholoi" du Bain découvert à Karnak. Source FOURNET¹⁸²

Le bain grec servira par la suite de modèle au bain romain, qui lui est plus important en surface, en nombre et en grandeur. Le bain grec développe néanmoins des solutions innovantes en matière d'architecture, répondant à un souci de confort. Ainsi la couverture des salles circulaires se faisait en coupole ou en dôme conique, et le chauffage par le biais d'un dispositif souterrain en forme de tuyaux chauffants¹⁸³ (photo 11).



Photo 11: Système de chauffage par tubes de terre cuite des bains de Morgantina. Source FOURNET¹⁸⁴

¹⁸⁰ Quelquefois même les cuves étaient creusées dans la roche, et les bâtisseurs exploitaient à cet effet des cavités naturelles.

¹⁸¹ BOUSSAC, Marie-Françoise et al. Introduction (25 siècles de bain collectif en Orient). Op cite. p5.

¹⁸² FOURNET, Thibaud ; REDON, Béangère. Le bain grec à l'ombre des thermes romains. Op cite. p56.

¹⁸³ Ibid. p61.

¹⁸⁴ Ibid.

L'un des rares bains grecs encore conservé aujourd'hui, est celui du port principal de Pirée à Athènes. Il s'agit de l'un des rares bains du monde grec à exploiter des cavités naturelles. Un corridor creusé dans la roche, d'une quinzaine de mètres environ, donne accès à deux salles circulaires d'environ six mètres de diamètre. Le complexe comporte les traces d'un bassin destiné vraisemblablement à l'immersion dans l'eau froide, mais aussi deux pièces ayant pu contenir des chaudières et des réservoirs¹⁸⁵ (Fig.20).

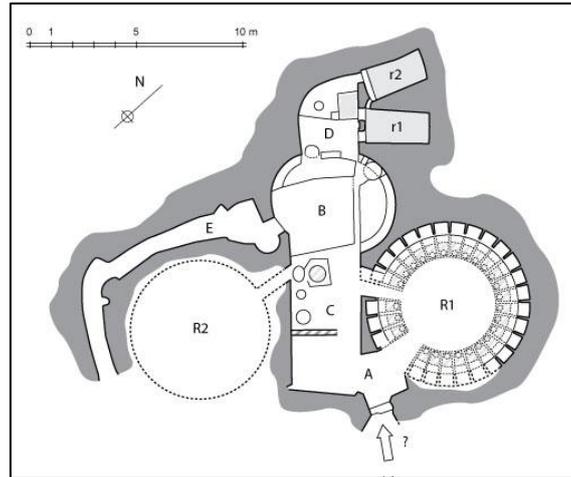


Figure 20: Plan des bains du Pirée. Source BOUSSAC¹⁸⁶

2.2 Les thermes romains dans le bassin méditerranéen ou *balineae* :

Hérité et inspiré du bain grec, le bain romain apparut dès le II^e siècle av JC, est un lieu de loisirs qui n'a cessé d'évoluer et de voir son apparence ainsi que ses espaces modifiés au fil du temps. Les thermes (du latin : *thermae* de l'adjectif grec *thermos* : chaud) étaient aussi appelés *balineae*, le mot était employé au pluriel pour désigner les bains publics et au singulier : *bal(i)neum* pour les bains particuliers par les Romains. On distingue chez les Romains plusieurs catégories de thermes : les thermes publics/ les thermes privés, mais aussi les thermes d'été et les thermes d'hiver¹⁸⁷. « Les thermes publics sont dans la civilisation romaine les monuments considérés comme les plus représentatifs d'une manière de vivre, et plus particulièrement de vivre le temps libre »¹⁸⁸. Ils représentent ainsi les monuments les plus caractéristiques de la transition entre la palestre grecque et les thermes romains.

C'est bien aux Grecs que les Romains empruntent ces nouvelles habitudes de propreté et d'hygiène : la société romaine prônait une bonne santé et un bien être populaire et donc

¹⁸⁵ BOUSSAC, Marie-Françoise et al. Introduction (25 siècles de bain collectif en Orient). Op cite. p5.

¹⁸⁶ Ibid. p6.

¹⁸⁷ GINOUVES, René ; MARTIN, Roland. Dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine, III : éléments espaces architecturaux, bâtiments et ensembles. Editeur École française d'Athènes ; École française de Rome. Rome. 1998. p102.

¹⁸⁸ LENOIR, Eliane. Thermes et palestres à l'époque romaine. *Bulletin de l'Association Guillaume Budé*. N°01. 1995. p62. https://www.persee.fr/doc/bude_0004-5527_1995_num_1_1_1821. Consulté le 15/01/2019.

fréquentait les bains pour leur vertu thérapeutiques et curatives. "Un esprit sain dans un corps sain", un célèbre dicton appliqué à la lettre par les Romains.

Dans presque toutes les ruines romaines, les thermes ou bains avaient une place privilégiée et stratégique au sein des villes. Les thermes jouissaient d'une grande importance dans le paysage urbain, on les trouve dans toutes les villes romaines : cela se manifestait particulièrement par leurs dimensions, ainsi que par la décoration et les matériaux utilisés. En effet, les bains jouissaient d'une ornementation luxueuse, de bassins et de baignoires en marbre, de pavés en mosaïque et de murs et plafonds ornés de peinture, et les Romains les classaient au même rang que les autres bâtiments prestigieux¹⁸⁹.

Les thermes romains se composaient de plusieurs salles et galeries, les archéologues et historiens les désignent encore aujourd'hui par leur nom latin. Ils suivaient un plan rétrograde, destinées aux différents sports comme le gymnase ou la *palaestra*. Mais aussi d'une salle avec bassin d'eau chaude et bassin d'eau froide, d'un espace de restauration, de coiffure, d'une bibliothèque, d'une piscine pour la natation, mais aussi d'espaces extérieurs et de jardins aménagés pour le repos, la plaisance et la distraction. Cette composition spatiale des thermes nous donne une idée de l'importance du temps octroyée par les Romains au bain mais aussi aux activités sportives et culturelles. A cette époque le bain de propreté coexiste avec le bain de délasserment, le tout articulé autour d'une salle centrale qui desservait les circulations.

Les thermes étaient conçus pour accueillir un nombre important d'utilisateurs en même temps, les baigneurs se déplaçaient d'une salle tiède à une salle chaude munie de bassins collectifs, avant de retourner à une salle tiède puis une salle froide. Les thermes romains se composaient donc de :

- Du vestibule d'entrée : Quelques thermes ne comprenaient qu'une seule entrée, et d'autres trois entrées séparées pour hommes, femmes et esclaves.
- L'apodytérium : il s'agit d'un ensemble de pièces destinées au déshabillage. C'est la pièce la plus décorée. Généralement les baigneurs rangeaient leurs vêtements dans des niches creusées dans les murs, ou sur des étagères.
- Le frigidarium : *cella frigidaria*, c'est la salle pour le bain froid, qui après exposition du corps à une température élevée et ouverture des pores de la peau, les baigneurs se dirigent vers le bassin d'eau froide. Elle comportait : des vasques, des baignoires, un bassin, et une piscine. Ce passage du chaud vers le froid est bénéfique pour la circulation du sang dans le corps, et c'est l'élément capital des bienfaits du bain. Généralement de forme circulaire ou rectangulaire, l'espace contenait peu d'ouverture et était orienté nord.
- Le tepidarium : *cella tepidaria*, ou *cella media*, est l'espace destiné au bain tiède, c'est une pièce chauffée indirectement. C'est une salle voûtée constitué de banquettes qui sert aussi quelquefois comme de salle de massage.

¹⁸⁹ BOUET, Alain ; FOLLAIN, Eric. Thermes et pratique balnéaire en Gaule romaine. *Dossiers d'Archéologie*. N°323. Edition Faton. 2007. p2.

- Le caldarium : c'est la pièce chaude par excellence et l'espace principal au niveau de l'édifice. Il s'agit d'une grande pièce bien éclairée fréquentée par les baigneurs après leur séance de sport. Formée quelquefois de plusieurs bassins d'eau chaude de tailles et de températures différentes ainsi que de piscines, l'ensemble étant chauffé par le sol par hypocauste (*hypocaustum*)¹⁹⁰ (photo 12).



Photo 12: Caldarium des thermes de Pompéi. Source BOUSSAC ¹⁹¹

On trouvait aussi à proximité des salles cités, d'autres espaces destinés à l'activité balnéaire comme :

- Le sudatorium et le laconicum : équivalent du *sauna* d'aujourd'hui et ancêtre du hammam c'est le bain de vapeur. Le *laconicum*, quant à lui désigne l'étuve sèche.
- La palaestra ou gymnase : espace destiné à l'entraînement sportif des athlètes et à la préparation militaire des citoyens, on le retrouve dans chaque cité.
- La piscine ou natatio : il s'agit d'une grande salle où se déroulaient des exercices dans une eau à température ambiante.
- Les latrines.
- Les salles de service.

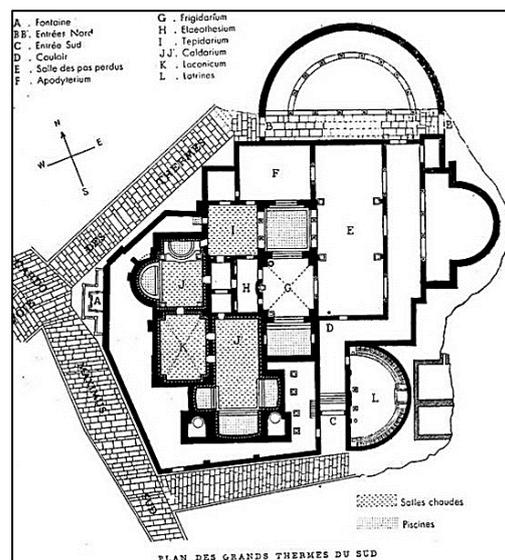


Figure 21: Plan des thermes sud de Timgad. Source BOUCHAREB ¹⁹²

¹⁹⁰ Ibid. p3.

¹⁹¹ BOUSSAC, Marie-Françoise et al. Introduction (25 siècles de bain collectif en Orient). Op cite. p6.

¹⁹² BOUCHAREB, Abdel. <http://numidiaantiqua.over-blog.com/2016/07/thermes-sud-de-timgad.html>. Consulté le 05/07/2019.

Malheureusement peu de données existent sur les bains méditerranéens, Y. Thébert synthétise son travail de prospection dans son ouvrage et conclut que le bain méditerranéen s'impose dès la période hellénistique en Afrique du Nord dans un contexte d'idéaux politiques et de réalités économiques, intimement liés à l'évolution des sociétés. Il cite quelques exemples pour exposer que les thermes par leur masse et par le soin apporté à leurs entrées ne sont pas des mondes clos, mais participent pleinement à la structure urbaine, et fonctionnent comme des places publiques et des lieux de propagande¹⁹³.

Le chauffage dans les thermes romains, été procuré par hypocauste, nom donné au système de chauffage par "le dessous" utilisé à l'époque romaine et gallo-romaine surtout dans les thermes romains. Le foyer ou le *prae-furnium* se trouvait à l'extérieur, des esclaves l'alimentaient en bois afin de chauffer l'eau du bassin et les salles, par le biais de conduits (*tubuli*) situés dans l'épaisseur des murs, et qui par la même occasion évacués les fumées. Le principe de chauffage par hypocauste qui consistait à faire circuler de l'air chaud en dessous de l'édifice, existait dès la haute époque hellénistique, mais ne concernait qu'une partie de la pièce ou de la baignoire du bain ; Un vrai changement s'opère après, quand la totalité de la pièce était chauffée. Le principe consistait à surélever le sol de la salle à chauffer la *suspensura* sur des pilettes en briques superposées, et par le biais de foyer *prae-furnium* de chauffer le sol et les murs (*tubuli*). Le sol épais, formé d'une épaisse couche de mortier de tuileau, conservait mieux la chaleur, même s'il était long à chauffer¹⁹⁴ (Fig.22).

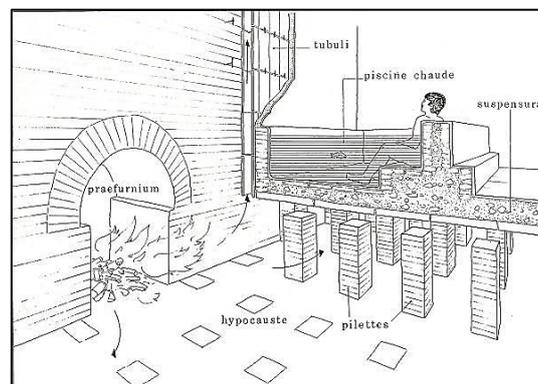


Figure 22: Schéma du système de chauffage par hypocauste, d'après J.-P. Adam. Source WIKIPEDIA ¹⁹⁵

On distingue les thermes de l'époque romaine, soit par rapport à l'organisation et à la disposition des espaces, ou bien par rapport au cheminement et à la circulation des baigneurs. D.Krencker¹⁹⁶, historien connu pour ses études sur les thermes romains, a proposé une typologie des bains qui reste le point de départ de diverses réflexions. La première typologie concerne la circulation et le circuit des baigneurs, qui peut être continu ou bien rétrograde. La deuxième

¹⁹³ THEBERT, Yvon. Thermes romains d'Afrique du Nord et leur contexte méditerranéen : Etudes d'histoire et d'archéologie. Editeur : Ecole Française de Rome. Rome. 2003. 733p.

¹⁹⁴ ADAM, Jean-Pierre. La Construction romaine. Matériaux et techniques. Editions A&J Picard. Paris. 1984. p130.

¹⁹⁵ <https://fr.wikipedia.org/wiki/Hypocauste>. Consulté le 15/06/2019.

¹⁹⁶ Daniel Krencker (1874-1941), est un historien allemand surtout connu pour ses études sur l'architecture romaine en particulier celle des temples et des thermes.

typologie concerne la forme des plans, qui peut être divisé en deux grandes familles : les plans symétriques, rares, et ceux non symétriques de forme linéaire, orthogonale ou circulaire, les plus répandus. Rome compte sept édifices impériaux d'une surface allant de 25 000 à 40 000 m² ; l'Afrique et l'Asie mineure comportent des édifices thermaux plus modestes. Y. Thébert en a recensé quelques-uns au Maghreb dont la surface varie entre 1500 et 6000m².

Pour les matériaux utilisés au niveau des thermes, les constructeurs optaient pour les matériaux locaux. En Afrique du Nord c'est la brique qui fut le plus utilisé. Les parois étaient généralement faites de moellons noyés dans un mortier avec voûtes en béton, terrassées de l'extérieur. Seulement quelques thermes de l'époque antique subsistent encore au Maghreb ; devenus inutiles, la plupart ont été démolis et leurs matériaux réutilisés pour l'édification d'autres bâtiments. En Syrie, autre pays où les thermes romains ont pu subsister, c'est le basalte, matériau local qui fut utilisé tant pour les maçonneries de grand et de moyen appareil, pour les arcs, voûtes et coupes¹⁹⁷. C'est la solidité du matériau associé au mortier qui explique la parfaite conservation des bâtiments.

Le nombre de bains en Algérie changeaient d'une ville à une autre, suivant son importance économique, sociale mais aussi culturelle. La ville de Timgad en était la mieux dotée avec 29 thermes d'ordre public et privé, puis la ville de Djemila avec 8 thermes, et celle de Lambèse avec 6 stations thermales d'ordre public et privé aussi. C'est seulement à la moitié du siècle passé, et par le biais de fouilles archéologiques par le service des monuments historiques que les thermes furent étudiés. Les thermes d'Afrique du Nord, restent cependant moins importants en grandeur, en nombre de baigneurs, et en activités que les thermes impériaux de Rome. De dimensions plus modestes, les thermes en Afrique s'adaptaient au climat de la région, et voyaient donc le nombre de salles chaudes ou de palestres découvertes changer d'un bâtiment à un autre¹⁹⁸. On trouve cependant certains bains en Afrique comparables aux thermes romains impériaux, on peut citer : les thermes d'Antonin à Carthage, les grands thermes ouest de Cherchell, les grands thermes sud de Djemila, ou encore les thermes de Volubilis au Maroc.

Une importance esthétique intérieure était donnée aux thermes antiques, et des matériaux nobles étaient utilisés tels que le marbre, le stuc, et de la mosaïque, manière d'affirmer la puissance et la richesse de la cité. Pour Y. Thébert, la ruine des grands thermes, témoignage de la fin de l'Empire romain, signe l'entrée du bain au Moyen Âge et voit la naissance des hammams.

2.3 Conclusion :

Face à la richesse du programme architecturale des thermes romains, les architectes avaient l'opportunité de créer différents espaces spectaculaires, principalement le *tepidarium* ou le

¹⁹⁷ GINOUVES, René ; MARTIN, Roland. Dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine, III : éléments espaces architecturaux, bâtiments et ensembles. Op cite. p83.

¹⁹⁸ BAHLOUL GUERBABI, Fatima Zohra. Etude et mise en valeur des thermes publics romains de Thamugadi-Timgad, Lambaesis-Lambese et Cuicul-Djemila. *Thèse de doctorat en architecture*. Université de Biskra. 2016. p123.

frigidarium qui avaient un rôle social important. Le schéma ci-dessus résume l'organisation des thermes antiques. (Fig.23).

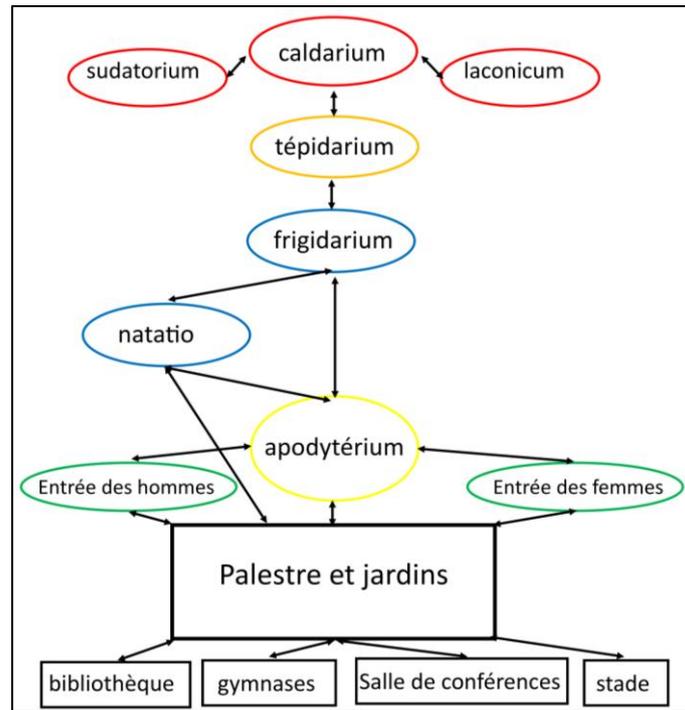


Figure 23: Schéma d'organisation des thermes à l'antiquité. Source auteur

3 Les édifices thermaux de l'antiquité tardive :

Les datations exactes de ces édifices durant l'Antiquité tardive demeurent imprécises, mais on peut dire que ces constructions appartiennent, pour certaines, aux décennies précédant immédiatement l'arrivée des Vandales et pour la plupart, à la période Vandalo-Byzantine¹⁹⁹.

Y. Thébert écrivait dans son ouvrage : « la période Vandalo-Byzantine est caractérisée par un dynamisme urbain suffisant pour remodeler les villes mais dont les limites se perçoivent à travers la façon simplifiée dont celles-ci sont reproduites et à travers une incapacité à prendre en charge la totalité des superficies autrefois urbanisées ». On constate ainsi que le bain maghrébin byzantin a maintenu l'art du bain mais en ôtant les espaces inutiles qui contribuaient à sa grandeur d'antan.

Les édifices ont été amputés des espaces de sport comme les piscines et palestres. Le *frigidarium*, bain froid reste toujours pratiqué mais de surface plus réduite, ainsi que les salles chauffées dont le nombre a été réduit, comme à Carthage avec les thermes d'Antonin ou encore

¹⁹⁹ BONATO-BACCARI, Stéphanie. Yvon THÉBERT, Thermes romains d'Afrique du Nord et leur contexte méditerranéen. Études d'histoire et d'archéologie. *L'Antiquité Classique*. N°74. 2005. p654. https://www.persee.fr/doc/antiq_0770-2817_2005_num_74_1_2584_t2_0653_0000_3. Consulté le 16/06/2019.

à Timgad. Les bains d'immersion toujours présents, sont aussi plus petits et moins nombreux ne pouvant être utilisés que par une seule personne à la fois²⁰⁰.

Un travail important sur les thermes de l'Antiquité tardive, leurs transformations ou encore leurs devenir en Andalousie, a été fait par des architectes et archéologues espagnols, ces mêmes travaux ont été publiés dans l'ouvrage de C. Fournier. En Hispanie, entre le VI^e et le VII^e siècle, certains bains ont même été convertis en espaces funéraires, et on voyait l'apparition de cimetières à la place. Quelquefois même ils ont été reconvertis en habitat et zone d'activité artisanale.

Enfin, un autre réemploi fut celui de réutiliser les thermes romains comme espaces de culte, dû à la robustesse des structures, mais aussi pour un gain important de temps et d'argent. D'après un inventaire fait sur les bains en Andalousie, plus de la moitié des bains est abandonnée dès le IV^e siècle, mais avec un certain nombre de complexes balnéaires qui subsistent et témoignent d'une continuité d'occupation. Il existe des bains réaménagés au cours des V^e et VI^e siècles et certains sont même nouvellement construits²⁰¹.

En Occident, et au moment de l'arrivée du christianisme, le bain devient une pratique de purification liée à la religion, comme les baptêmes, et les habitants continuaient à se servir des thermes publics. En effet, Quand il naît, l'enfant est plongé dans un bain puis emmaillotté de bandelettes ; Le bain à la naissance de l'enfant est un geste élémentaire qui a une valeur d'initiation. L'organisation des thermes n'avait guère varié depuis l'époque romaine. A l'époque proto-byzantine, le bain avant le mariage est même attesté par Astérios d'Amasée, évêque de la région du Pont à la fin du IV^e siècle dans son dix-neuvième sermon festif. Il est le premier à parler de la toilette post-fiançailles suivant le jour du couronnement nuptial²⁰². A. Berger fait le postulat que cette cérémonie se passait dans les bains publics, cet usage est si populaire que des costumes de bain figurent dans les trousseaux des mariées²⁰³ : coutume qui continue à subsister jusqu'à nos jours dans certaines villes algériennes comme à Tlemcen. L'édifice était le plus souvent attaché à un complexe palatial ou à une cathédrale. Les grands thermes de Cherchell, ont même été transformés en un musée, sorte d'asile pour les images des dieux déchus²⁰⁴.

On trouvait aussi à la même période en péninsule Ibérique, des bains rattachés à des ensembles cathédraux liés au pouvoir religieux, édifiés entre le V^e et le VI^e siècle. Ces bains étaient de

²⁰⁰ THEBERT, Yvon. Thermes romains d'Afrique du Nord et leur contexte méditerranéen : Etudes d'histoire et d'archéologie. Op cite. p235.

²⁰¹ FOURNIER, Caroline. Les bains d'al-Andalus : VIIIe-XVe siècle. Op cite. p62.

²⁰² BREHIER, Louis. Le Monde byzantin, tome 3 : La Civilisation byzantine. Editeur Albin Michel. Paris. 1950. p230.

²⁰³ BERGER, Albrecht. Das Bad in der byzantinischen Zeit. Éditeur Institut für Byzantinistik und Neugriechische Philologie der Universität. Köln. 1982. p125.

²⁰⁴ GSELL, Stéphane. Les monuments antiques de l'Algérie. Tome I. Editeur A. Fontemoing. Paris. 1901. p212.

taille moyenne, construits avec des murs de pierres consolidés par du mortier. Malheureusement peu de données existent sur ces bains, la majorité ayant disparue.

Y. Thébert, consacre ses recherches sur les bains religieux en Afrique du Nord, de dimensions plus restreintes, et nous donne la forme de ces bains, où une certaine simplification demeure avec réduction de la surface en comparaison avec les bains antiques²⁰⁵ (Fig.24).

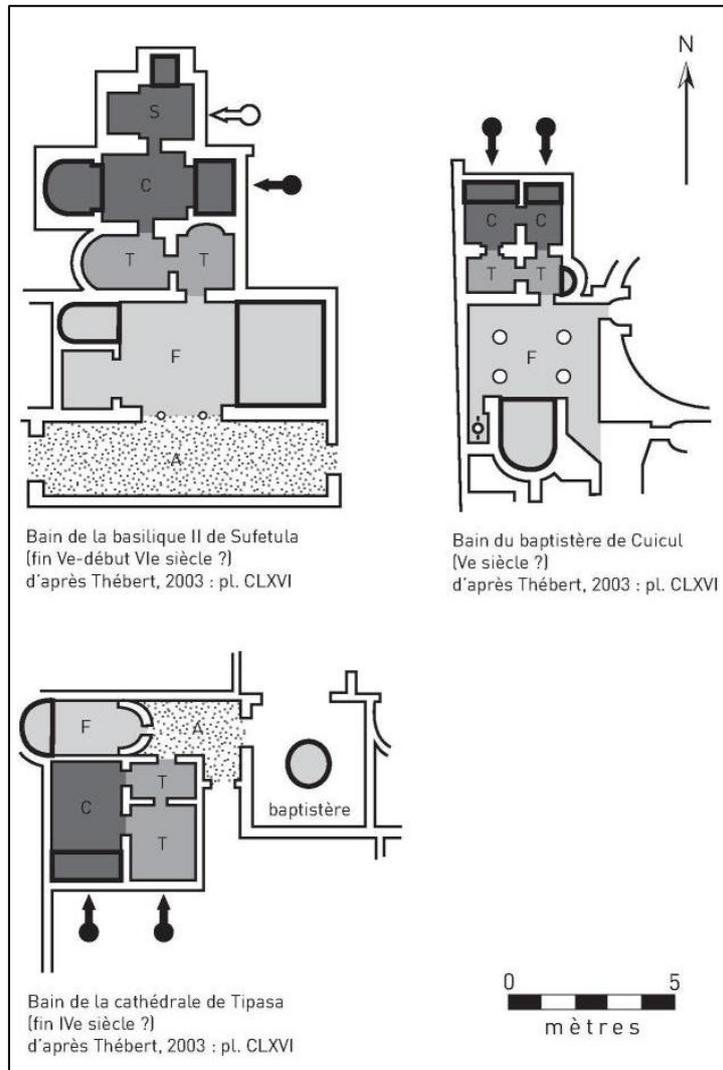


Figure 24: Plans des bains d'ensembles cathédraux d'Afrique du Nord. Source FOURNIER ²⁰⁶

Cette transition de l'Antiquité tardive à l'époque islamique à partir du V^e siècle, s'est faite avec des changements et des ruptures, mais aussi avec des éléments de continuité, changements dus en partie à l'arrivée de nouvelles populations. La pratique du bain est toujours présente, que ce soit au niveau du *balneum* privé, ou des *thermae* publics et donc plus vastes.

On constate ainsi durant cette époque un maintien des mêmes techniques de constructions, tout en exploitant quelques fois des édifices anciens. Même si la forme du bain évolue à l'époque

²⁰⁵ FOURNIER, Caroline. Les bains d'al-Andalus : VIIIe-XVe siècle. Op cite. p53.

²⁰⁶ Ibid. p53.

byzantine, et la pratique est plus limitée à la propreté du corps, la technique de chauffage est restée fidèle aux premiers thermes. Le bain de la forteresse byzantine à Timgad en est le parfait exemple : *tepidarium* sur hypocauste à chauffage indirect, *laconicum* avec foyer et double-paroi, le *caldarium* étant équipé, quant à lui, de deux foyers²⁰⁷.

Les bains byzantins sont nombreux, disséminés à travers le monde hellénistique, ils se développèrent à leur manière toujours en exploitant les édifices anciens. Mais leurs dimensions restent néanmoins plus modestes que les thermes impériaux du II^e siècle. La réduction de la taille des bains a aussi une explication d'ordre économique : J. Biers remarque la réduction des salles de bains chauffées comparées aux salles non chauffées, le charbon est devenu plus rare et plus cher²⁰⁸.

A la charnière entre la période romaine et le début de l'islam, la période byzantine correspond en effet à un renouvellement des édifices thermaux, en enrichissant les villes d'édifices plus modestes avec un maintien de la pratique balnéaire héritée des Romains. Le protocole du bain Byzantin reste néanmoins fidèle à son prédécesseur romain : « *après avoir déposé leurs vêtements dans les vestiaires gardés par des esclaves et sous le regard du préposé au bain, les Byzantins vont transpirer dans la salle tiède (tepidarium), puis dans une salle plus chauffée, le laconicum (étuve sèche) ou le sudatorium (étuve humide). Ils passent ensuite au bain chaud, puis vont nager dans la piscine d'eau froide* »²⁰⁹.

Durant la période byzantine le bain a plusieurs fonctions : un lieu d'antagonisme politico-religieux et de discussion théologique, un lieu de diffusion de la religion chrétienne, et surtout un vecteur de sociabilité. Mais progressivement et à partir du VI^e siècle, le bain passe de lieu collectif de détente et de loisirs à un lieu plutôt privé axé exclusivement sur l'hygiène. Si, comme l'explique R. Ginouvès « *le bain romain, dans les trois premiers siècles de notre ère, se prend normalement dans des piscines collectives* », la mutation la plus flagrante des bains est dans la multiplication de cuves individuelles. Cette individualisation du bain est certainement à mettre en relation avec les réactions de pudeur chrétienne contre l'immoralité des bains²¹⁰. N'empêche que le bain byzantin ait pu garder sa fonction de sociabilité : ceci s'affirme à l'importance accordée au vestibule d'entrée ou à la salle de déshabillage, où des échanges pouvaient avoir lieu.

Dans les bains byzantins, le *frigidarium* a presque disparu, pourtant élément principal dans les thermes romains publics. Le *tepidarium*, ne possède généralement plus de bassins, sert de vestiaires avant l'accès au *caldarium*, lui pourvu de bassins. Le bain par immersion demeure

²⁰⁷ THEBERT, Yvon. Thermes romains d'Afrique du Nord et leur contexte méditerranéen : Etudes d'histoire et d'archéologie. Op cite. p236.

²⁰⁸ BIERS, Jane. Lavari est Vivere: Baths in Roman Corinth. *Corinth*. N°20. 2003. p305. [Doi:10.2307/4390730](https://doi.org/10.2307/4390730). Consulté le 15/03/2019.

²⁰⁹ RIBON, Ludivine. Christianisation et hygiène dans le monde byzantin (IV^e-X^e siècle) : enjeux, perceptions et pratiques du bain. *Master 1 en histoire byzantine*. Université Paris IV. 2013. p15.

²¹⁰ GINOUVES, Roland. Sur un aspect de l'évolution des bains en Grèce vers le IV^e siècle de notre ère. *Bulletin de correspondance hellénique*. N°79. 1955. p136. https://www.persee.fr/doc/bch_0007-4217_1955_num_79_1_2426. Consulté le 19/03/2019.

cependant, comme à *Sergilla*²¹¹ où les deux pièces chaudes du *caldarium* ont des baignoires de 120 cm sur 180 cm avec une profondeur de 85 cm²¹².

L'origine du *hammam*, trouve ainsi ses racines d'avantage dans le monde byzantin proche-orientale que romain. C'est en tout cas ce que confirme C. Fournier, en ajoutant que l'intérêt est porté essentiellement aux bains de propreté.

3.1 Quelques exemples de bains au proche orient à l'époque byzantine :

En Orient, les bains byzantins ont longtemps été considérés comme de simples intermédiaires entre les grands thermes de l'Antiquité et les hammams de l'Empire ottoman. Au moment de leurs restaurations, une nouvelle approche est advenue, et certains historiens ont eu tendance à faire des établissements thermaux de l'Empire byzantin les exacts équivalents des thermes antiques et à mettre en avant leur continuité parfaite avec une culture du bain gréco-romaine et un hellénisme largement partagé²¹³.

C'est ainsi qu'entre 2006 et 2010, le projet Balnéorient, lance un programme d'études, et de conférences sur les bains byzantins en orient notamment en Syrie, Egypte, en Jordanie et en Palestine.

En Syrie, par exemple, où la pratique du bain a largement évolué durant l'occupation romaine, un ensemble de sept bains construits ou transformés à partir du Ve siècle de notre ère a pu être découvert et recensé : les bains de *Bràd*, *Sergilla*, *El Bara*, *Mugleyya*, *Shinsharah*, *Frikya* et *Babisqa*. Leurs fouilles ont permis de confirmer l'usage de techniques empruntées au monde de l'Antiquité classique, mais elles montrent également de nouveaux aménagements fondés sur la pratique du bain individuel et sur une évolution progressive vers le bain de vapeur²¹⁴.

3.1.1 Bain du Palais de Trajan à Bosra : (Syrie)

Au sein du palais de Trajan dans la métropole chrétienne de Bosra, s'élève un ensemble de bains privés édifiés au Ve siècle après JC. L'ensemble balnéaire semble avoir subi des modifications au cours de son évolution, et ceci surtout de la période allant de l'époque byzantine à l'époque omeyyade. Les bains privés d'une taille moyenne occupent une surface de 130m², et sont constitués de petites salles selon un parcours rétrograde²¹⁵.

²¹¹ *Sergilla* est l'une des villes les mieux conservées du nord-ouest de la Syrie. Elle a été fondée au V^e siècle, et fait partie de ce qu'on appelle les villes mortes de Syrie.

²¹² CHARPENTIER, Gérard. Les bains de Sergilla. *Syria. Archéologie, Art et histoire*. N° 71(1-2). 1994. p114. https://www.persee.fr/doc/syria_0039-7946_1994_num_71_1_7369. Consulté le 20/03/2019.

²¹³ RIBON, Ludvine. Christianisation et hygiène dans le monde byzantin (IVe-Xe siècle) : enjeux, perceptions et pratiques du bain. Op cite. p23.

²¹⁴ CHARPENTIER, Gérard. Les petits bains proto-byzantins de la Syrie du Nord : A propos de F. Yégul, Baths and bathing in classical Antiquity 1992. *Topoi. Orient-Occident*. N°5(1). 1995. p220. https://www.persee.fr/doc/topoi_1161-9473_1995_num_5_1_1564. Consulté le 20/03/2019.

²¹⁵ PIRAUD-FOURNET, Pauline. Les fouilles du « Palais de Trajan » à Bosra (2007-2009) - Rapport préliminaire et perspectives de recherche. *Syria. Archéologie, Art et histoire*. N°87. 2010. p282. [Doi : 10.4000/syria.686](https://doi.org/10.4000/syria.686). Consulté le 25/03/2019.

L'accès au bain se fait à partir du rez-de-chaussée de la cour centrale du palais, par un passage se trouvant sous les escaliers, dans l'aile sud du palais (entrée 2). La situation confinée des bains du Palais de Trajan, l'exiguïté des pièces et des bassins, font penser à un usage plutôt privé, ainsi que leur disposition, à une progression classique des pièces les plus froides vers les pièces les plus chaudes. L'ensemble thermal se divise en deux parties suivant les matériaux de construction utilisés : les salles froides et de service elles, sont construites en basalte ; les salles chaudes, construites en maçonnerie de briques et de mortier. Ces dernières au nombre de trois (salle 5, 6 et 7) ont une forme trapézoïdale terminée par une abside et sont munies d'un hypocauste et d'où on accède par le vestibule d'entrée (salle 3). Munies aussi de banquettes, les salles chaudes, sont entourées de murs avec paroi chauffante, qui les rattache sans aucun doute à l'époque romaine et byzantine. La salle 4 (salle froide) de forme carrée et entourée de banquettes. Elle est percée d'une niche en forme de fer à cheval où se trouve une baignoire munie d'une petite banquette.

En 2008, à la suite de nouvelles fouilles, la salle 10 et 11 ont été découvertes : la salle 10 munie d'un bassin fut probablement une salle froide, et la salle 11, en partie fouillée, laisse penser à des latrines. Les bassins et baignoires mis à disposition des usagers étaient alimentés en eau par une citerne. La fouille de ce petit ensemble thermal a révélé un plan original laissant apparaître au moins deux principaux états de bains, de nombreux remaniements et un état encore plus ancien peut-être sans vocation balnéaire²¹⁶ (voir Fig.25).

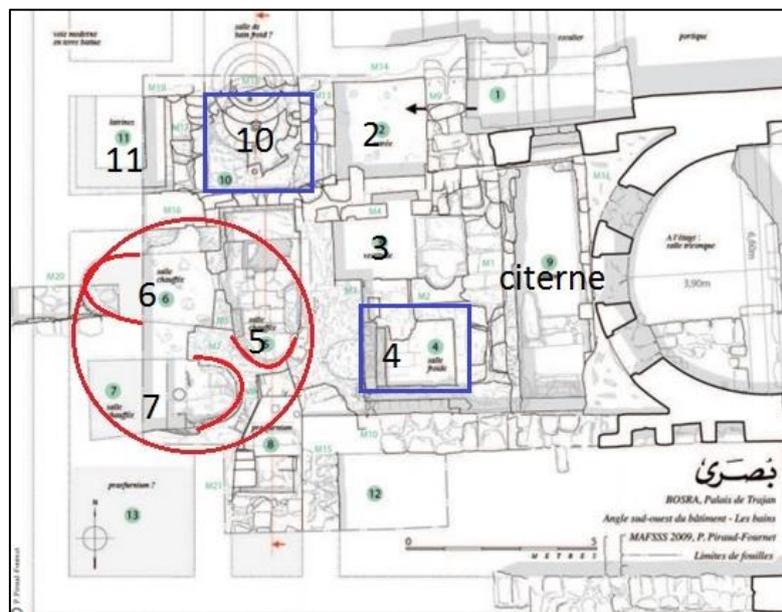


Figure 25: Plan des bains du palais de Trajan. Source PIRAUD-FOURNET traitée par l'auteur²¹⁷

Ces bains restent les seuls bains privés découverts à Bosra, dont les éléments décoratifs telles les croix attestent de leur utilisation par les chrétiens de l'époque Byzantine jusqu'à la fin de l'époque omeyyade.

²¹⁶ Ibid. p286.

²¹⁷ Ibid. p287.



Photo 13: A gauche : vue sur la salle 10 en premier plan et la salle chaude 5 au dernier plan ; à droite : vue sur l'hypocauste du bain de palais de Trajan. Source PIRAUD-FOURNET ²¹⁸

3.1.2 Les bains de *Sergilla* : (Syrie)

Le plan des bains de *Sergilla* est identique au modèle local des cinq bains du village d'Apamène²¹⁹ (*El Bara, Mugleyya, Shinsharah, Frikya* et *Babisqa*) ; de forme rectangulaire avec deux rangées de salles parallèles, ils se composent de trois parties distinctes : la partie bains, la partie services et la partie entrée et grande salle.

Les bains de *Sergilla* restent les mieux conservés et ont bénéficiés d'une étude faite par G.Charpentier en 1997. Datés du V^e siècle (473) par une inscription découverte sur place, ils se trouvent au centre du village accolés à une citerne qui les alimentait en eau²²⁰ (photo 14).



Photo 14: Les bains de Sergilla. Source ALAMYIMAGES ²²¹

Le vestibule d'entrée **I** avec à sa droite les latrines **II**, donne sur la salle vestiaires **III**, elle distribue une petite salle **IV** avant de donner sur la salle froide **V**. Cette salle froide **V**, est munie

²¹⁸ Ibid. p289.

²¹⁹ L'actuelle Qal`at al-Madhīq est un site archéologique en Syrie, située près de l'Oronte, à 55 km au nord-ouest de Hama.

²²⁰ CHARPENTIER, Gérard. Les bains de Sergilla. Op cite. p120.

²²¹ <https://www.alamyimages.fr/photos-images/sergilla.html>. Consulté le 20/04/2019.

d'un bassin pour la douche froide, équivalent du *frigidarium* romain mais en plus modeste, avec à son Est les latrines **VI**.

Les salles chaudes **VIII** et **IX** sont accessibles en passant par la salle tiède **VII**, et pourvues d'un hypocauste identique à ceux construits par les Romains. Les traces d'une baignoire rectangulaire (2) ont été découvertes au sein de la salle chaude **IX**. Les autres salles restantes **XI**, **XIII** et **XIV** correspondent à des salles de service, de réserve de combustible et de salle de gardiennage, qui ne communiquent pas avec les autres pièces réservées au public à l'exception de la porte Est de la grande salle (Fig.26).

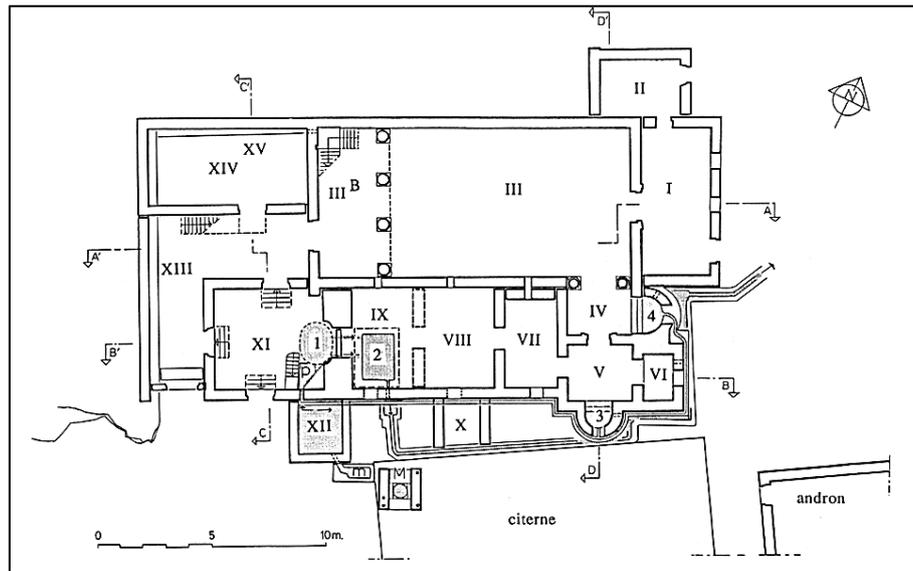


Figure 26: Plan d'interprétation des bains de Sergilla. Source CHARPENTIER ²²²

Un décor particulier est accordé aux linteaux des portes donnant sur la salle **III** et la salle **V**, décor qui souligne l'importance de ces deux accès. La grande salle **III** occupe plus du tiers de la surface totale du bain, avec une couverture en toiture inclinée, et où se répartissent dans ses murs douze ouvertures assurant un bon éclairage et une bonne ventilation de l'espace. Les travaux de fouilles ont permis de trouver la trace de banquettes le long des murs Nord et Sud de la salle. Par sa surface importante, cette salle pourrait être selon Charpentier l'équivalent de l'*apodytarium* romain, où diverses activités peuvent s'y tenir : en plus de s'habiller ou de se déshabiller, la salle pouvait servir de lieu de massage, de distraction ou même de réunion pour les villageois rajoutant donc à cela une activité intellectuelle, culturelle ou politique²²³. Le bain se trouve dans un massif de calcaire et est donc construit de ce même matériau.

On remarque dans les bains byzantins en Syrie, la continuité du système d'hypocauste malgré l'afflux de vapeur dans les pièces, et donc un système mixte entre la chaleur sèche des thermes et la chaleur humide du futur hammam. La tradition romaine continue donc à se perpétuer dans les premiers bains islamiques avec en général le même programme et le même dispositif

²²² CHARPENTIER, Gérard. Les bains de Sergilla. Op cite. p124.

²²³ Ibid. p137.

technique. Les découvertes archéologiques du bain de Sergilla, témoignent pour Charpentier « d'une réelle filiation entre les thermes protobyzantins chauffés par hypocaustes et les premiers hammams caractérisés par le bain de vapeur ».

3.1.3 Les bains de Placcus de Gerasa de la Décapole : (Jordanie)

Situé dans le "quartier chrétien" de la cité byzantine, au niveau du site archéologique de Jérash²²⁴, les bains de Placcus furent complètement dégagés en 1931. Ils sont parfois décrits comme « un ensemble de salles de dimensions assez modestes, irrégulièrement arrangées »²²⁵, dont la datation est assurée par une inscription monumentale gravée sur l'architrave du portique Est de "l'atrium". Elle indique que ces thermes furent construits, "depuis les fondations", par l'évêque Placcus en 454-455 après J.-C. Une seconde inscription sur mosaïque, évoque la restauration des bains en 584 de notre ère²²⁶.

Une synthèse architecturale et fonctionnelle diachronique des « bains de Placcus » après de nombreuses recherches a été publiée par T. Lepaon en 2009, où il confirme qu'en effet les bains byzantins reposent sur une installation thermale d'époque romaine mais remanié au fil des temps (photo 15).



Photo 15: Vestiges des bains de Gerasa. Source LEPANON ²²⁷

Nous baserons notre travail de synthèse sur l'état du bain en 584 après sa restauration et son réaménagement définitif :

²²⁴ Gerasa aurait été fondée à la fin du IV^e siècle avant J.-C. par Alexandre le Grand. Appelée Gerasa par les Romains, la ville devient en arabe Jerash. C'est aussi la plus grande ville gréco-romaine sur les 14 que possède la Jordanie.

²²⁵ LASSUS, Jean. Sanctuaires chrétiens de Syrie : Essai sur la genèse, la forme et l'usage liturgique des édifices du culte chrétien, en Syrie, du III^e siècle à la conquête musulmane (Bibliothèque archéologique et historique). Editeur P. Geuthner. Paris.1947. p236.

²²⁶ LEPANON, Thomas. Les bains de Placcus de Gerasa de la Décapole. *Syria. Archéologie, Art et histoire*. N°92. 2015. p106. <https://doi.org/10.4000/syria.3094>. Consulté 24/04/2019.

²²⁷ LEPANON, Thomas. Les édifices balnéaires de Gerasa de la décapole : premières observations. *Syria. Archéologie, Art et histoire*. N°85. 2008. p58. <https://doi.org/10.4000/syria.454>. Consulté le 24/04/2019.

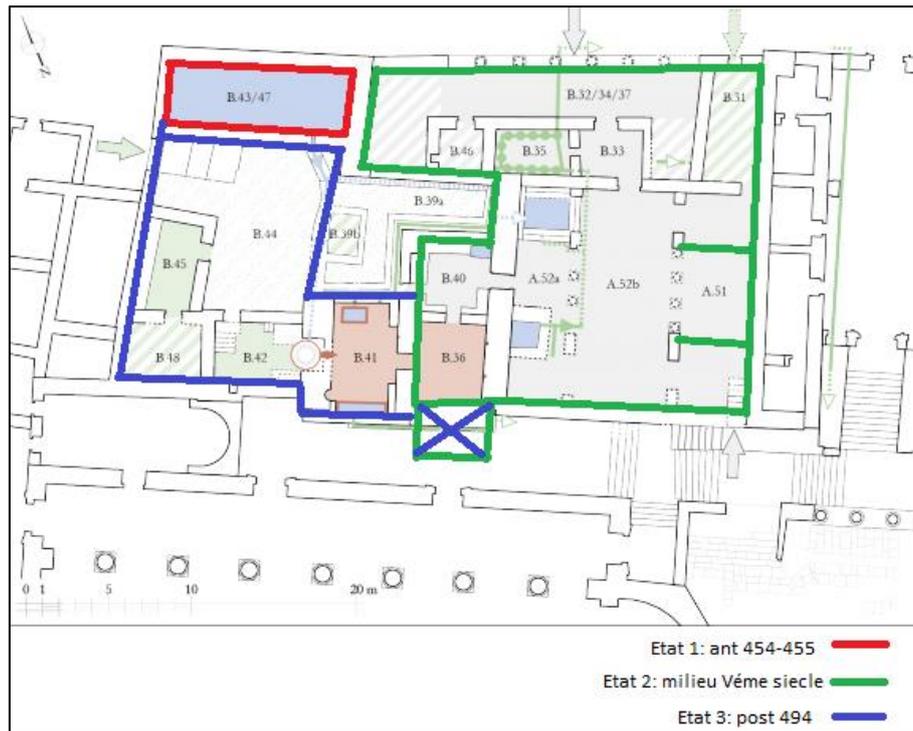


Figure 27: Plan des bains de Gerasa. Source LEPAON traité par l'auteur ²²⁸

L'accès au bain d'une surface de 830m², se fait au nord par un large porche d'entrée, donnant sur un petit vestibule central (B33) accompagné de latrines à l'ouest. Le cœur du bain de plan carré, se compose de 2 nefs latérales : l'espace 52a comporte deux bassins d'eau froide, d'où on accède à l'espace du bain chaud. En 496, une nouvelle salle chaude fut aménagée au sud-ouest (B41) pourvus de deux bassins quadrangulaires. A l'ouest du complexe de nouvelles salles furent projetées, organisées autour d'une cour ouverte mais fermée au public (Fig.27).

Les "bains de Placcus", réutilisant les structures d'un bâtiment thermal romain, connurent une histoire complexe, marquée d'au moins cinq phases d'aménagement. Une première étude comparative semble indiquer que la morphologie de l'édifice de Placcus s'insère dans une série de monuments d'époques byzantine et omeyyade actuellement connues dans l'ensemble du Proche-Orient²²⁹.

3.1.4 Les thermes byzantins de Taposiris Magna : (Egypte)

Occupant une surface de 700m², les thermes sont construits après le milieu du V^e siècle après JC (photo 16).

²²⁸ LEPAON, Thomas. Les bains de Placcus de Gerasa de la Décapole. Op cite. p112.

²²⁹ LEPAON, Thomas. Les édifices balnéaires de Gerasa de la décapole : premières observations. Op cite. p68.



Photo 16: Vue du foyer central des thermes de Taposiris. Source TAPOSIRIS HYPOTHESES ²³⁰

Une campagne de fouilles entreprise en 2015 a permis la poursuite des recherches sur les thermes byzantins de la ville de *Taposiris Magna*²³¹, dont seule la partie d'accueil et d'usage est dégagée. Avec des dimensions de 40×18m, il s'agit de thermes doubles à deux parcours rétrogrades (système fréquent dans les thermes romains tardifs et byzantins de la région) séparant peut-être hommes et femmes en deux circuits indépendants dans leur pratique hygiénique et sociale du bain. L'accès au bain se fait à l'est, et donne sur un espace supposé être des vestiaires. La cour intérieure de près de 400m², espace principal distribue le *tepidarium* et le *frigidarium* : ce dernier est pourvu de deux bassins d'eau froide de surface inférieure à 10m². Le deuxième circuit au nord, dessert les salles chaudes accessibles après la traversée du *tepidarium* et constituées aussi de deux bassins d'eau chaude individuels²³² (Fig.28).

De nombreux remaniements ont été observés, dont le dernier est daté par l'étude céramologique vers le milieu du VII^e s. ap. J.-C. Parallèlement aux travaux de terrain, l'étude architecturale visait à définir le plan du complexe thermal et ses aménagements au cours de ses 100 à 150 années de fonctionnement. Il semble qu'au moins lors de la dernière phase, il s'agisse de thermes doubles à deux parcours rétrogrades (système fréquent dans les thermes romains tardifs et byzantins de Maréotide) séparant peut-être hommes et femmes en deux circuits indépendants dans leur pratique hygiénique et sociale du bain²³³.

²³⁰ <https://taposiris.hypotheses.org/taposiris/la-ville-basse/les-thermes>. Consulté le 25/04/2019.

²³¹ *Taposiris Magna* désigne une ville ainsi qu'un temple de l'Égypte antique du même nom au même endroit établi par le pharaon Ptolémée II. Elle se trouve à 45 km à l'ouest d'Alexandrie.

²³² LE BOMIN, Joachim et al. Se baigner à l'aube de la conquête arabo-musulmane. Les thermes byzantins de Taposiris Magna. *BIFAO*. N°119. 2019. p184. <https://www.ifao.egnet.net>. Consulté le 25/04/2019.

²³³ LE BOMIN, Joachim. Les thermes byzantins de Taposiris Magna : campagne 2015. *Actes du colloque international Balnéorient : 25 siècles de bain collectif en Orient*. Paris. 2015. <https://balneorient.hypotheses.org/2946>. Consulté le 25/04/2019.

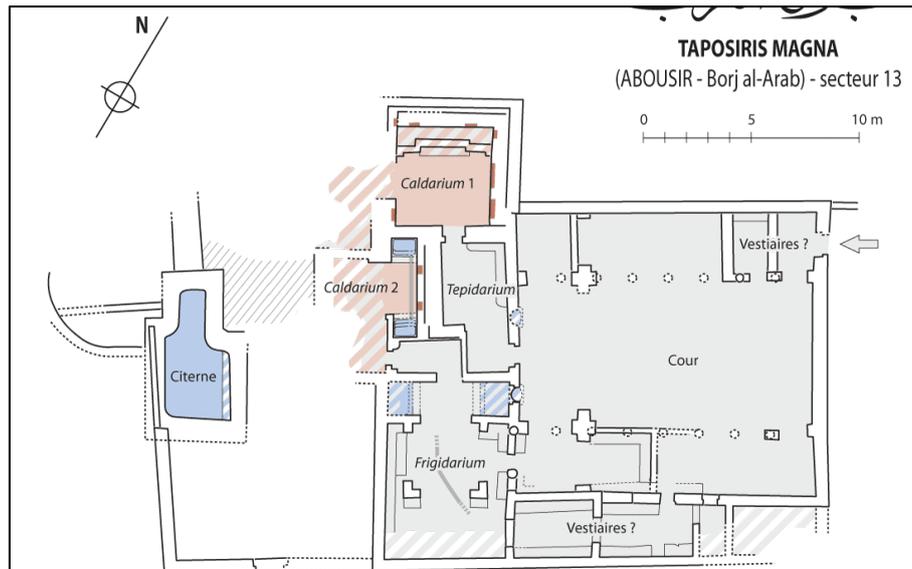


Figure 28: Plan d'ensemble simplifié des bains byzantins de Taposiris Magna. Source LE BOMIN ²³⁴

3.2 Des exemples de bains byzantins au Maghreb :

3.2.1 Thermes de la forteresse byzantine de Timgad : (Algérie)

Des fouilles entreprises en 1938 par L. Leschi²³⁵, ont permis la découverte d'un bain au niveau du fort byzantin. A 250m au sud de Timgad, s'élève une forteresse byzantine impressionnante qui renferme des églises, des cimetières, des chapelles, mais aussi un bain. Le bain de forme rectangulaire de 15,40m × 11,60m, se compose de petites salles au nombre de sept. Au premier abord, il apparaît pour L. Leschi comme un bain plutôt privé que public, il lui attribue même le nom du « bain du Général ». Mais après analyse de ce dernier et de la porte d'entrée qui donne sur la place publique, il le reclasse dans la catégorie des bains collectifs²³⁶.

Les murs construits en brique ont une épaisseur de 1m ; on trouve aussi un mur de grand appareil à l'est et au sud du bain. L'entrée au bain donne sur un long vestibule transversal 1, où en son coin devait se trouver la loge du gardien. Le vestibule est mitoyen à un local se trouvant à son est et ne communiquant pas avec lui. La salle 2, décrite comme des vestiaires ou « salle de déshabillage », commande l'accès à toutes les pièces qui décomposent le plan en petites entités et pour ressortir le baigneur devait revenir sur ses pas. La troisième salle, elle, est flanquée de deux baignoires d'eau froides, apparaît comme un couloir, et est dépourvue de système de chauffage.

Par une porte repérée par deux pieds droits, on accède à la quatrième et la cinquième salle : Les deux salles sont chauffées sur hypocauste avec des conduits de chaleur, et sans baignoires. La

²³⁴ LE BOMIN, Joachim. Les thermes byzantins de Taposiris Magna : campagne 2015. Op cite.

²³⁵ Louis Leschi (1893-1954), est un historien, un épigraphiste et un archéologue français spécialiste de l'Afrique du Nord antique.

²³⁶ LESCHI, Louis. Découvertes récentes à Timgad : Aqua Septimiana Felix. *Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*.N°91(1). 1947. p89. https://www.persee.fr/doc/crai_0065-0536_1947_num_91_1_78067. Consulté le 26/04/2019.

salle 4, se compose de 3 niches avec une cabine individuelle, servant à la première sudation des baigneurs. Dans la salle 6, réplique de la salle 3, se trouvaient deux baignoires carrées, mais de nature chaudes cette fois-ci (Fig.29).

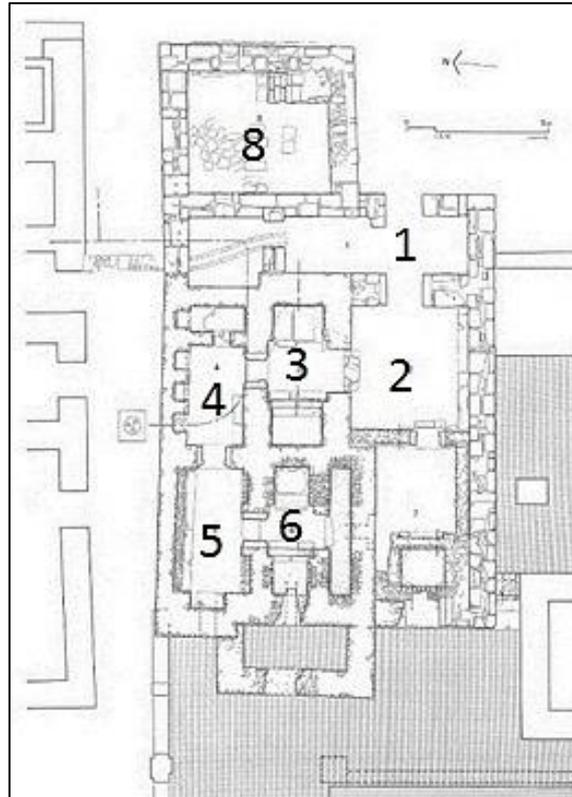


Figure 29: Relevé du bain byzantin de Timgad. Source LASSUS traité par l'auteur²³⁷

Un certain nombre de matériaux, de fragments de corniches moulurées, et de colonnes ont été réutilisés pour l'édification du bain : cela n'implique pas nécessairement des différences de date. Les matériaux peuvent changer dans un même bâtiment d'une pièce à une autre : La construction d'un *frigidarium* a ses propres exigences, contrairement à un *caldarium*. Dans le cas de ce bain les murs sont faits en brique carrée et triangulaire, avec aussi des pans de murs en appareil de pierres. Du calcaire bleu était aussi utilisé pour les marches et les dalles²³⁸ (photo 17).

²³⁷ LASSUS, Jean. La forteresse byzantine de Thamugadi, 1. Fouilles à Timgad 1938-1956. *Études d'Antiquités africaines*. N°1. 1981. p124. https://www.persee.fr/doc/etaf_0768-2352_1981_mon_1_1#etaf_0768-2352_1981_mon_1_1_T1_0123_0000. Consulté le 26/04/2019.

²³⁸ LASSUS, Jean. La forteresse byzantine de Thamugadi, 1. Fouilles à Timgad 1938-1956. Op cite. p123.



Photo 17: De gauche à droite : la salle de déshabillage, la salle froide, niches dans la salle 4 du bain de Timgad. Source LASSUS²³⁹

Le bain respecte la hiérarchie des thermes romains, à savoir : *frigidarium*, *tepidarium* et *caldarium*, avec d'autres espaces rajoutés comme une cour de service à l'ouest, et une salle de service à l'est (salle 8). Les baignoires sont petites, en comparaison avec les grandes piscines des thermes romains de Timgad.

3.2.2 Bains byzantins de Cyrénaïque : (Lybie)

Les fouilles effectuées sur l'ancien site de *Cyrénaïque*²⁴⁰ en 2006, ont révélé un important complexe thermal près de la basilique orientale et sur la voie antique.

Construits au cours du III^e siècle après J.-C., les bains romains puis proto-byzantins, se dressent sur le point culminant du village sur environ 1 000 m² et deux niveaux, en raison de la forte dénivellation dans ce secteur en direction de la mer. Le bâtiment a vu le passage de cinq phases, de l'époque romaine à l'époque byzantine²⁴¹. Les thermes s'organisent autour d'un espace central octogonal, muni d'un bassin circulaire et entouré d'un portique continu. Sur les huit côtés de l'espace central servant du *frigidarium*, se trouvent des salles d'inégales surfaces, où leur accès se fait exclusivement à partir de cet espace. Le secteur chaud des thermes se trouve au nord-ouest, il se compose de deux espaces rectangulaires reposant sur un hypocauste. Quant aux autres salles annexes, de dimensions et de formes variées, c'est vraisemblablement à leur niveau que s'effectuaient tous les services liés au bain. Des salles ont vu leur fonction modifiée à l'époque proto-byzantine, comme le cas d'une salle réaménagée en boulangerie (Fig.30).

²³⁹ Ibid. p129-131-132.

²⁴⁰ La *Cyrénaïque* est une région de la Lybie à la frontière avec l'Égypte. C'est une ancienne province romaine située autour de l'ancienne cité grecque de Cyrène

²⁴¹ MICHEL, Vincent. Nouvelles recherches en Cyrénaïque (Libye). *Les nouvelles de l'archéologie*. N°123. 2011. p 33. <https://doi.org/10.4000/nda.1467>. Consulté le 22 avril 2019.

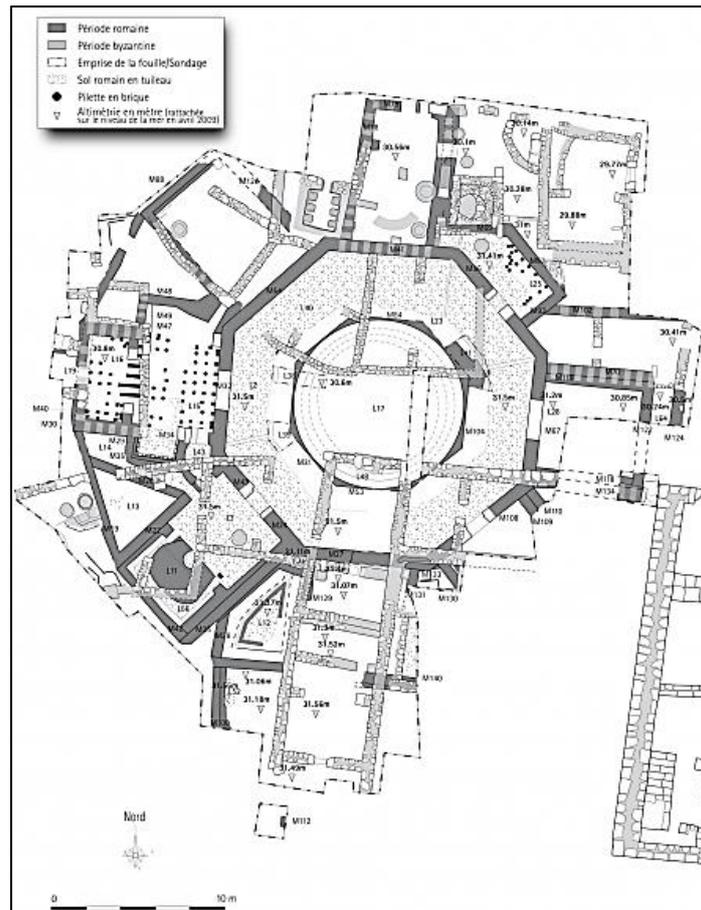


Figure 30: Plan général des thermes romains de Cyrénaïque et de leur réoccupation à l'époque byzantine.
Source MICHEL²⁴²

Les murs des salles de l'époque romaine, sont faits en moellons et en éléments de terre cuite noyés dans du mortier, alternant parfois des assises en pierre de taille, avec un sol constitué d'un solide mortier. La forme des thermes du village d'*Erythron*, se classent au même rang que les bains des villages voisins : les thermes romains de *Cyréne*, et les grands bains romains d'Apollonia en Lybie. Malheureusement, les bains de cyrénaïque ont subi des modifications, et nombreuses salles ont vu leurs fonctions modifiées. Aussi la poursuite des fouilles permettrait d'éclaircir un peu plus l'état du bain et les rajouts de l'époque byzantine²⁴³.

3.3 Des exemples de bains byzantins en occident :

3.3.1 Bains byzantins de Thessalonique : (Grèce)

Fondée en 315 av JC, *Thessalonique*, ville portuaire est l'un des premiers foyers de diffusion du christianisme. Elle compte 15 monuments de l'époque byzantine inscrits à la liste du patrimoine mondiale de l'Unesco. Ses bains situés dans le haut de la vieille ville se trouvent à *Thessalonique* en Grèce dans un réseau urbain dense. Ils fonctionnèrent continument depuis

²⁴² Ibid. p33.

²⁴³ Ibid. p34.

la fin du XIII^e siècle jusqu'en 1940. Il s'agit de l'un des plus anciens et des plus rares bains byzantins encore conservé en Grèce, mais qui a subi au cours des siècles des modifications et remaniements importants (photo 18).



Photo 18: Vue sur le bain de Thessalonique avant et après la restauration. Source REVITHIADOU ²⁴⁴

De forme rectangulaire, le bain conserve l'agencement typique des bains byzantins et se compose de trois salles, où chacune se décompose à son tour en deux autres salles. La première salle (10×2,60m) faisait office de vestibule d'entrée du bâtiment et de vestiaires, elle est couverte d'une voûte en berceau, et où on pouvait accéder par le biais de deux portes étroites et basses à la seconde salle, la salle tiède ou *tepidarium*. La salle tiède (9×3,5m), est divisée en deux parties par une arcade et est couverte aussi par une voûte en berceau. Deux arcs polylobés mènent à la troisième salle ou *caldarium* (11×4,50m), qui se compose de deux chambres carrées communicantes. La première est couverte d'un toit en pente ascendante peu élevé par rapport à l'autre chambre, elle coiffée d'une coupole inscrite dans un tambour octogonal. Les bases des colonnes de la salle chaude sont implantées au niveau de l'hypocauste²⁴⁵ (Fig.31).

Des ouvertures traversent les murs du bain : deux au niveau de la salle tiède, et trois dans la salle chaude. La coupole est, elle, percée à l'intérieur de son tambour de huit ouvertures. Le réservoir d'eau qui s'étend sur toute la largeur du bain, se trouve posé sur le four qui non seulement chauffait l'eau, mais produisait de la vapeur qui pour le *caldarium*. La fumée était évacuée par des conduits verticaux se trouvant dans les murs.

²⁴⁴ REVITHIADOU, Fani ; RAPTIS, Konstantinos. Restoration - Consolidation of the Byzantine Bath in Thessaloniki. Editeur Hellenic Ministry of Culture and Sports - Ephorate of Antiquities. Thessaloniki. 2014. p21. <http://www.ziti.gr/>.

²⁴⁵ Ibid. p7.

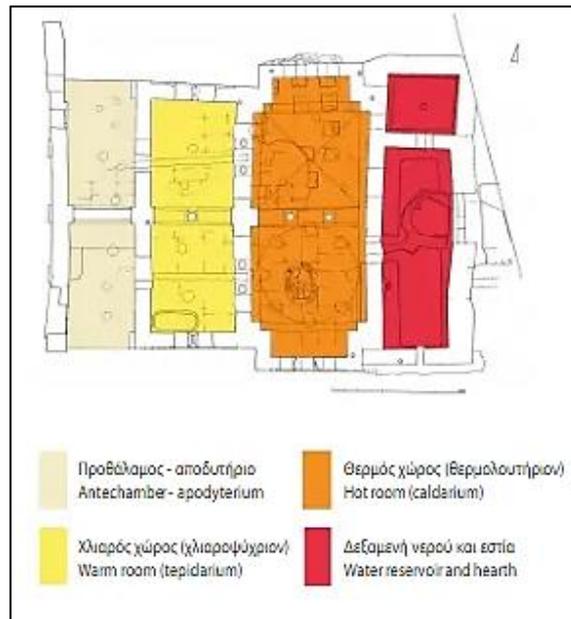


Figure 31: Plan du bain de Thessalonique. Source REVITHIADOU ²⁴⁶



Photo 19: De gauche à droite : vue sur la salle tiède et la salle chaude du bain de Thessalonique. Source REVITHIADOU ²⁴⁷

En 2010, le bain a bénéficié de travaux de restauration, qui aboutiront à sa réouverture au public et à son intégration aux itinéraires archéologiques du centre historique de la ville. On remarque que le bain byzantin de *Thessalonique* présente un plan simple, avec une disposition linéaire des différentes salles faiblement éclairées. Dépourvus de bassins d'immersion, il fait partie des premiers bains de vapeur (photo 19).

3.3.2 Bains byzantins de Santa Chiara : (Italie)

C'est au cœur du centre historique napolitain et plus exactement dans l'ancien complexe monumental de *Santa Chiara* que se dressent les bains byzantins de Naples, une ville riche en vestiges du passé et dont la majorité des monuments subsistent jusqu'à nos jours. Il n'est pas surprenant de trouver des monuments byzantins au sein de la ville, compte tenu de l'importance

²⁴⁶ Ibid. p10.

²⁴⁷ Ibid. p27.

des liens qu'elle tissait avec Byzance. En plus de vestiges de bains romains, le site renferme des bains byzantins dont seulement deux pièces subsistent de nos jours²⁴⁸.

Les deux pièces séparées par une cloison, ont une toiture différente : la première salle un dôme ogival, la deuxième une voûte en croix. L'intérieur de la salle 1, est recouvert par un enduit qui ne laisse pas apparaître les détails de construction. Cependant à l'intérieur de la coupole, là où l'enduit de plâtre s'est effondré, un mur de moellons mortaisés est visible. Cela suggère que le dôme a été construit en coulant un remplissage semi-liquide de mortier et de gravats sur un cadre en bois. Dans les quatre angles de la coupole, à la jonction de chaque pendentif, des tuyaux sont insérés obliquement dans le mur, probablement des conduits d'air chaud. La toiture de la salle 2, n'est pas celle d'origine et a dû être reconstruite ultérieurement : des traces sur les murs suggèrent que la salle a pu posséder un dôme. Un banc en maçonnerie est conservé du côté nord de la pièce²⁴⁹ (Fig.32).

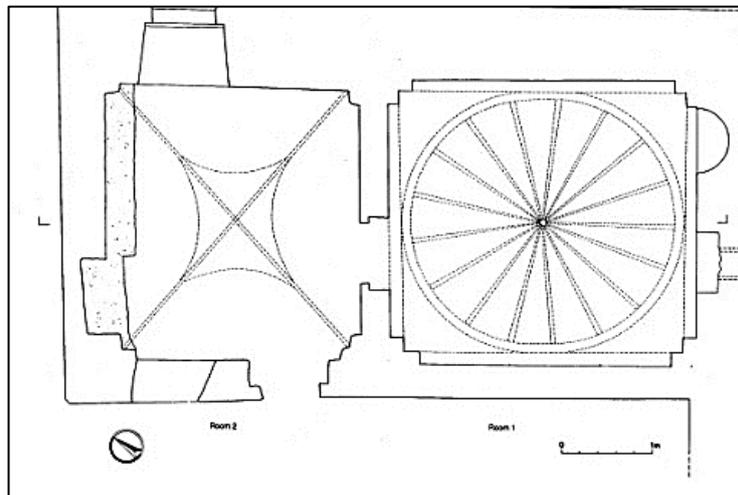


Figure 32: Plan des deux salles du bain de Santa Chiara. Source ARTHUR²⁵⁰

On remarque que le bain est dépourvu d'un vestibule et d'un frigidarium, mais se compose de deux salles carrées de 2,5 à 3m, avec des couvertures en forme de coupole. Cependant, les deux salles ont été interprétées comme étant la salle chaude et la salle tiède de l'édifice : dû à la forme de leurs toitures, à la présence de canaux dans les murs, à la présence de la fontaine dans la salle 1, et à la présence du banc dans la salle 2. On peut souligner aussi le fait que la salle 1 ne communique qu'avec la deuxième salle. Bien que la pièce 2 ne présente pas de marques sur les murs extérieurs, peut-être à cause du plâtrage épais qui obscurcit maintenant les surfaces

²⁴⁸ ARTHUR, Paul. Naples : a case of urban survival in the early Middle Ages ? *Mélanges de l'école française de Rome*. N°103(2). 1991. p71. https://www.persee.fr/doc/mefr_1123-9883_1991_num_103_2_3200. Consulté le 28/04/2019.

²⁴⁹ ARTHUR, Paul. The Byzantine baths at Santa Chiara, Naples. *Journal of Roman Archaeology*. Supplément N°37. 1999. p135. https://www.academia.edu/1233320/The_Byzantine_baths_at_Santa_Chiera_Naples . Consulté le 28/04/2019.

²⁵⁰ Ibid. p139.

d'origine, il est possible qu'elle ait été reliée à d'autres pièces par l'intermédiaire de sa porte extérieure.

Les fouilles effectuées sur les bains de *Santa Chiara*, confirment qu'elles ont été occupées à l'origine par des thermes romains. Malheureusement il ne subsiste aujourd'hui que deux salles du bain, les autres ayant été détruites lors de la construction du monastère de *Santa Chiara*²⁵¹.

3.4 Conclusion :

Les bains byzantins illustrent parfaitement la survie de la pratique balnéaire à l'essor du christianisme, et présentent une mutation et une évolution certaine vers le hammam. On remarque cependant que la tradition de l'immersion dans les bassins froids ensuite chauds perdure, avec néanmoins une réduction en nombre et en taille des baignoires, et quelquefois même leur suppression.

Les bains byzantins du Proche Orient bien conservés, présentent pour la majorité d'entre eux une organisation spatiale identique : le principe de secteur chaud et secteur froid est bien respecté, ajoutant à cela un espace polyvalent, le *tepidarium* dont la fonction reste floue. Les salles chaudes sont réduites en nombre et en surface, avec des bains d'immersion moins grands. Le système d'hypocauste, toujours utilisé, et les tubulures héritées des Romains se voient complété d'un foyer alimentant le bain en vapeur : cela annonce par la suite la disparition du bain par immersion et l'apparition du bain de vapeur, ancêtre du hammam traditionnel. Il est important de noter les travaux de H. Kennedy²⁵² sur l'évolution des villes en Syrie ainsi que des bains de l'Antiquité tardive jusqu'au début de l'ère islamique²⁵³.

Dans ses travaux, H. Kennedy étudie le processus d'évolution du bain au Proche Orient, et se base particulièrement sur l'époque byzantine, une période de transition importante entre les thermes romains et les bains islamiques. Il conclura que la tradition du bain a duré sans interruption depuis l'Antiquité jusqu'à nos jours, mais la conception et l'échelle ont changé considérablement. Il précise que la nouvelle taille des bâtiments est plus petite par rapport aux thermes romains, mais note aussi la réduction en taille du *frigidarium*, autrefois la plus grande salle du bâtiment et le centre de l'activité sociale. Les nouveaux bains, comprenaient un certain nombre de salles de tailles à peu près semblables, avec des vestiaires similaires à l'*apodytérion* classique, comme l'atteste l'exemple du bain de *Sergilla* en Syrie, où les proportions des pièces et leurs dimensions réduites sont en contraste saisissant avec le bâtiment précédent. Ainsi, selon

²⁵¹ Ibid. p145.

²⁵² Hugh N. Kennedy, est un historien britannique, professeur d'arabe au sein de la Faculté des langues et des cultures de l'École des études orientales et africaines de Londres. Ses recherches portent principalement sur l'histoire du monde arabe, sur l'archéologie arabo-musulmane et sur l'Espagne musulmane.

²⁵³ KENNEDY, Hugh. From Polis to Madina: Urban Change in Late Antique and Early Islamic Syria. *The Past & Present Society*. N°106. 1985. 3-27 p. <http://www.jstor.org/stable/650637>. Consulté le 08/05/2019.

H. Kennedy l'origine des bains islamiques trouve sa source dans les bains de l'Antiquité tardive de la Syrie (les bains de *Sergilla* et de *Gérasa*)²⁵⁴.

Ainsi cette évolution des thermes impériaux vers des bains beaucoup plus modestes, s'est traduite par des changements, comme l'absence des palestres, des surfaces de bains plus réduites, ou encore absence de salles consacrées au bain chaud individuel. Mais subsiste toujours le principe du plan "rétrograde", où le baigneur traverse à l'aller comme au retour les mêmes pièces. A l'exception des travaux récents faits par G. Charpentier sur les bains protobyzantins de Syrie de nord, où il expose une analyse archéologique et architecturale afin de comprendre ce passage vers les premiers hammams omeyyades, les bains du Proche Orient firent rarement l'objet d'études²⁵⁵. Les rares synthèses faites sur ce type d'édifices ne relatent que des études limitées à une zone géographique restreinte ou à une période géographique spécifique.

En plus des changements architecturaux qui s'opèrent sur les bains de l'époque byzantine, on remarque aussi des changements d'utilisation : le bain est surtout fréquenté pour des raisons hygiéniques, et non pour discuter principalement des affaires de la société. Enfin, on ne peut qu'affirmer l'importance du rôle social et urbain des bains à l'époque byzantine, illustré par ce passage sur l'entretien des bains : « *Afin que les splendides villes et villages ne tombent pas en ruines à cause de leur âge, Nous affectons un tiers des revenus des fermes appartenant à la municipalité à la réparation des travaux publics et au chauffage des bains* »²⁵⁶.

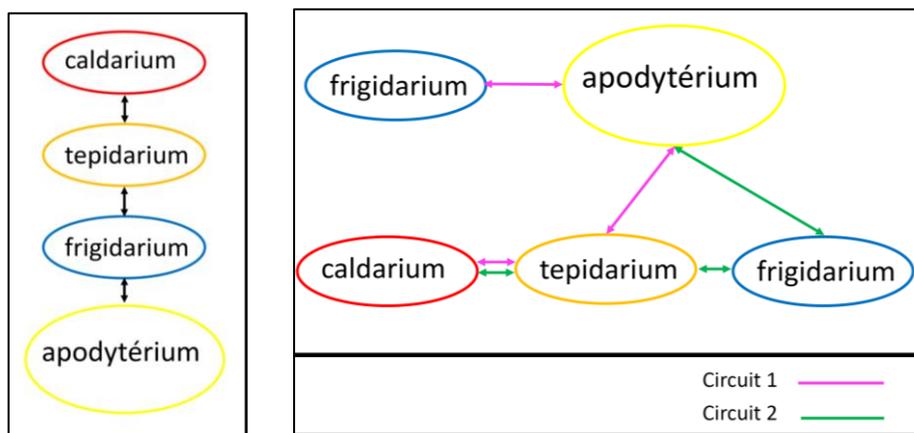


Figure 33: De gauche à droite : le circuit linéaire et orthogonal des bains byzantins. Source auteur

4 Les bains à la période islamique :

L'utilisation des bains chez les arabes est un héritage des thermes romains et byzantins, avec lesquels ils étaient en contact dans des villes du Proche-Orient et d'Afrique du Nord. Le bain

²⁵⁴ Ibid. p15.

²⁵⁵ CHARPENTIER, Gérard. Les bains protobyzantins de la Syrie du nord : une transition entre thermes et hammâms. *Thèse de doctorat en histoire*. Université de Versailles. 2000. 244p.

²⁵⁶ ARCE, Ignacio. The Umayyad baths at Amman Citadel and Hammam al-Sarah. *Syria. Archéologie, Art et histoire*. N°92. 2015. p157. Doi : 10.4000/syria.3028. Consulté le 25/11/2019.

arabe (connu sous le nom de *hammam* dans cette culture) est un édifice public du monde musulman dont les vestiges archéologiques nous permettent de vérifier son existence dès la période omeyyade, où il avait un rôle important reconnu par les nombreux auteurs occidentaux et arabes²⁵⁷.

Nombre d'ouvrages et de travaux parlent des bains à l'époque islamique, où ce type d'édifices subit non seulement des mutations dans sa forme et sa surface, mais aussi dans son usage où les pratiques évoluèrent tout en conservant le principe de gradation de la chaleur. La pratique du bain chez le musulman connaît un essor dès le début de l'islam, et l'édifice fera partie des composants essentiels de la ville médiévale. "*Les musulmans y sont si fortement attachés qu'ils passent la plus grande partie de leur vie à se laver. Il n'y a point de villages qui n'aient un bain public en ville, ils sont destinés à toutes sortes de gens, de quelque religion qu'ils soient...*" J.Tournefort²⁵⁸.

De l'Orient à l'Occident en passant par l'Hispanie, le bain public aux fonctions hygiéniques, distractives, sociales et religieuses faisait partie intégrante des mœurs des habitants. Lié aussi aux pratiques spirituelles, le bain était souvent mitoyen d'une mosquée, ce qui en faisait un élément qui répondait aux conditions de l'urbanisme médiéval ; les bains islamiques pouvaient aussi être associés à un fondouk, souk ou un quartier spécifique. Cependant, les Arabes ont réduit la taille de ces bâtiments et normalisé la configuration de l'usage, tout en maintenant des éléments architecturaux tels que les toits voûtés.

Les premiers bains privés de l'époque islamique apparaissent à l'époque omeyyade à l'intérieur des "châteaux du désert", disposés le long des voies d'échanges qui ponctuent l'actuel désert syro-jordanien. Sinon c'est à partir du X^e siècle qu'apparaissent les premiers bains en Al-Andalus, et chaque ville en possédait un bon nombre : C'est grâce à l'intérêt porté à la fin du XIX^e siècle à l'archéologie et à l'architecture arabo-musulmane en Espagne, que la découverte d'un nombre important d'édifices balnéaires a pu être accompli²⁵⁹.

La pratique du bain chez le romain et le musulman est différente ; chez le musulman les bienfaits et plaisirs du bain, résulte des avantages qu'offre le bain de vapeur, du massage et enfin du repos dans une vaste salle collective pourvus d'un bassin d'eau froide en son centre.

4.1 Les bains omeyyades :

Lors du déclin de l'Empire romain, les bains continuèrent toujours d'exister mais sous des formes et tailles plus modestes par rapport aux thermes romains. Entre 660 et 750 après JC, les princes et rois omeyyades construisirent de magnifiques palais, dans lesquels on trouvait caravansérails, bains et résidences de chasse.

²⁵⁷ KAYALI, Fawaz Kayali. La tipologia del bano arabe como edificio publico entre oriente y accediente. *Thèse de doctorat en histoire*. Université de Madrid. 1995. p37.

²⁵⁸ TOURNEFORT, Joseph. Voyage d'un Botaniste. Tome 2, La Turquie, la Géorgie, l'Arménie. Editeur La Découverte. Paris. 1982. p82.

²⁵⁹ FOURNIER, Caroline. Les bains d'al-Andalus : VIIIe-XVe siècle. Op cite. p17.

Sur les bains à l'époque omeyyade on peut citer de nombreux travaux, comme la thèse de D. Genequand sur les "châteaux du désert" ²⁶⁰, ou encore l'inventaire sur les bains proche-orientaux des périodes byzantines et omeyyades publié par T. Fournet dans les actes du colloque Balnéorient en 2014.

4.1.1 Bains omeyyades de *Qusayr Amra* : (Jordanie)

Le bain d'époque omeyyade, construit au VIII^e siècle (entre 711 et 715), se trouve dans l'un des châteaux du désert le plus célèbre de l'est Jordanien. On doit sa découverte au tchèque A. Musil²⁶¹ lors d'une mission en 1897, même si le bain fut cité avant dans quelques ouvrages. En 1901, une deuxième mission fut entreprise en compagnie du peintre A. Mielich avant d'effectuer des copies des scènes de l'intérieur du bain²⁶² (photo 20).



Photo 20: Vue sur le bain de *Qusayr Amra*. Source QANTARA ²⁶³

Le bain dominé par une salle couverte par une triple voûte en berceau est la structure la mieux conservée du site. Le bâtiment se compose de cinq pièces, avec pour chacune des fresques sur enduit en plâtre avec des scènes différentes :

- Une salle d'accueil, vestiaires ou *apodytérium* (**A**), à trois nefs voûtées constitue un espace de 13 x 10,40m avec 2 chambres latérales de repos.
- Une salle avec banquettes, et hypocauste : la première salle tiède (**D**).
- Un *tepidarium* (**E**), avec voûte d'arrête et rehaussé pour la circulation de l'air chaud.
- Un *caldarium* (**F**), rehaussé d'une coupole sur pendentifs.

²⁶⁰ GENEQUAND, Denis. Les élites omeyyades en Palmyrène : contribution à l'étude des aspects fonctionnels et économiques des établissements aristocratiques omeyyades du Bilad al-Sham. *thèse de doctorat en archéologie*. Université de Paris1. 2010. 462p.

²⁶¹ Alois Musil (1868-1944), est un explorateur, orientaliste et écrivain tchèque. Il voyage à Beyrouth et ailleurs dans le Moyen-Orient jusqu'en 1917, amassant une énorme collection de matériel scientifique. Parmi ses découvertes on compte le château du désert *Qusayr Amra*, datant du VIII^e siècle et contenant des peintures islamiques.

²⁶² **IMBERT, Frédéric**. Le prince al-Walīd et son bain : itinéraires épigraphiques à Qusayr 'Amra. *Bulletin d'études orientales*. N° LXIV. 2016. 321-363 p. Doi : 10.4000/beo.4723. Consulté le 27/06/2019.

²⁶³ https://www.qantara-med.org/public/show_document.php?do_id=1350. Consulté le 27/06/2019.

- Une salle de chauffe (H) (Fig.34).

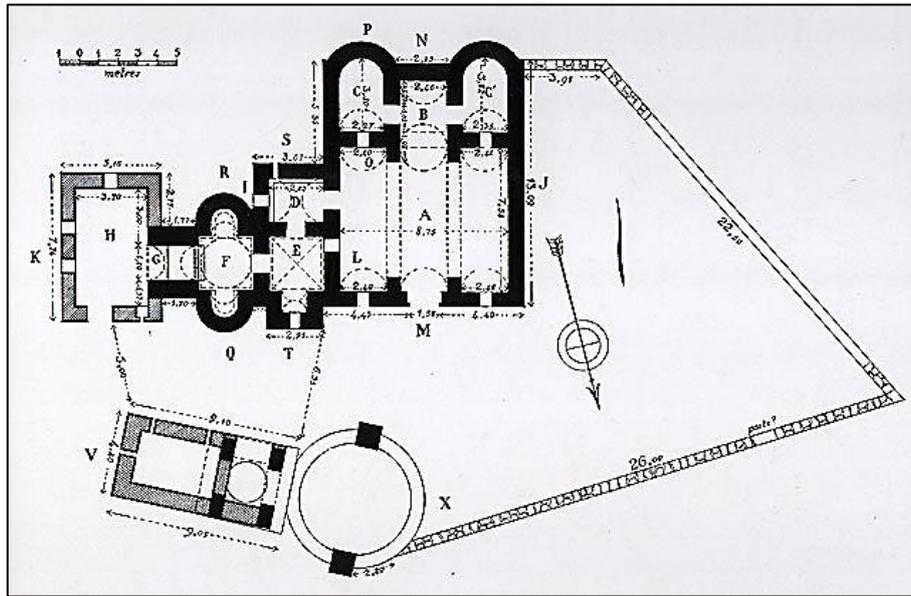


Figure 34: Plan du bain au sein du château de Qusayr Amra. Source SIBLEY²⁶⁴

La toiture quant à elle, se compose de 9 voûtes et d'une coupole, et repose sur un appareillage de pierres calcaire rose jointes avec du mortier. Un système hydraulique se situant non loin du bain alimentait ce dernier par le biais de canalisations en terre cuite. Un soin particulier est donné aux décors : une partie du sol de la salle d'audience est recouvert de mosaïques, et du marbre sur une hauteur de 80 cm couvre aussi les murs de cette même salle. Mais le bain reste surtout connu pour les peintures murales, témoignage unique de l'art islamique omeyyade²⁶⁵.

4.1.2 Bains omeyyades de *Qasr el-Heir el-Gharbi* : (Syrie)

Qasr el-Heir el-Gharbi est l'un des nombreux "châteaux du désert" de la région syrienne/jordanienne, établis sur des ruines antiques. Le site comportait à l'origine un palais, des bains, des bâtiments industriels pour la production d'huile d'olive, un jardin irrigué et un caravansérail. Des fouilles entreprises en 1936, ont permis à D. Schlumberger²⁶⁶ de dater les vestiges du bain de *Qasr el-Heir el-Gharbi* à l'époque omeyyade, avec l'adaptation de l'ancien

²⁶⁴ SIBLEY, Magda. *The Historic Hammāms of Damascus and Fez : Lessons of Sustainability and Future Developments. The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture*. Genève. 2006. p 1.

<https://www.researchgate.net/publication/242180069> *The Historic Hammams of Damascus and Fez Lessons of Sustainability and Future Developments*. Consulté le 27/06/2019.

²⁶⁵ GRABAR, Oleg. Claude VIBERT-GUIGUE, *Les peintures de Qusayr 'Amra. Un bain omeyyade dans la bâdiya jordanienne. Syria. Archéologie, Art et histoire. N°86. 2009. p390. <http://journals.openedition.org/syria/625>*. Consulté le 19/05/2019.

²⁶⁶ Daniel Schlumberger (1904-1972), est un archéologue français. Il a fouillé essentiellement à Palmyre et a fait sa thèse sur les sites de la Palmyrène du Nord-Ouest. Il découvrit une borne à *Qasr el-Heir el-Gharbi* en 1936, érigée sous Hadrien ou l'un de ses successeurs.

plan à de nouveaux besoins, supprimant certaines pièces et parties monumentales qui ne sont plus utilisées.

Le bain se compose de deux parties principales : une partie non chauffée (pièces I à IV) et une partie chauffée (pièces V à VII), en plus de locaux de service (VIII et IX) :

- La pièce **I** : avant cour servant d'accès indépendant à la chaufferie.
- La pièce **VIII** : chaufferie. On y accède par un escalier en pente douce, une ouverture vers la salle VII permet le passage de la vapeur.
- La pièce **II** : vestiaires ou *apodyterium*, avec en son angle sud-ouest un bassin, et flanquée de banquettes et de petites niches.
- La pièce **III** : salle de transition ou latrines ou salle tiède ? séparée de la pièce II par un seuil, avec une niche semi circulaire avec un tuyau permettait l'écoulement des eaux usées vers l'extérieur.
- La pièce **IV** : rectangulaire avec une niche dans son mur sud, et possède un accès direct de l'extérieur. Pour Schlumberger il s'agirait plutôt d'une brèche que d'une ouverture pratiquée à l'origine. La fonction de cette pièce n'a pas été définie : la niche ressemble à un mihrab d'une mosquée, mais un orifice situé au point le plus bas de la salle permet l'écoulement des eaux.
- La pièce **V** : salle tiède ou *apodyterium* ou salle chaude ? occupée par une large banquette.
- La pièce **VI** : deuxième salle tiède ou salle chaude ? agrémentée de deux bassins en fer à cheval chauffés.
- La pièce **VII** : troisième salle chauffée, munie d'un bassin carré chauffé et d'une niche contenant une fontaine.

Les trois salles V, VI et VII, voûtés en berceau sont construites sur hypocauste, porté sur des piles et sur un muret, pourraient être finalement des salles chaudes. Les hypocaustes des trois salles communiquent entre eux et avec le local X par des couloirs voûtés sous le plancher. Le chauffage des trois salles se faisait aussi par le biais des murs, où un vide laissé entre une cloison en brique et le mur de pierre permettait la circulation de l'air chaud qui montait de l'hypocauste²⁶⁷ (Fig.35).

²⁶⁷ SCHULUMERGER, Daniel. Les fouilles de Qasr el-Heir el-Gharbi (1936-38). *Syria. Archéologie, Art et histoire*. N°20(3). 1939. p214. https://www.persee.fr/doc/syria_0039-7946_1939_num_20_3_4138#syria_0039-7946_1939_num_20_3_T1_0213_0000. Consulté le 22/05/2019.

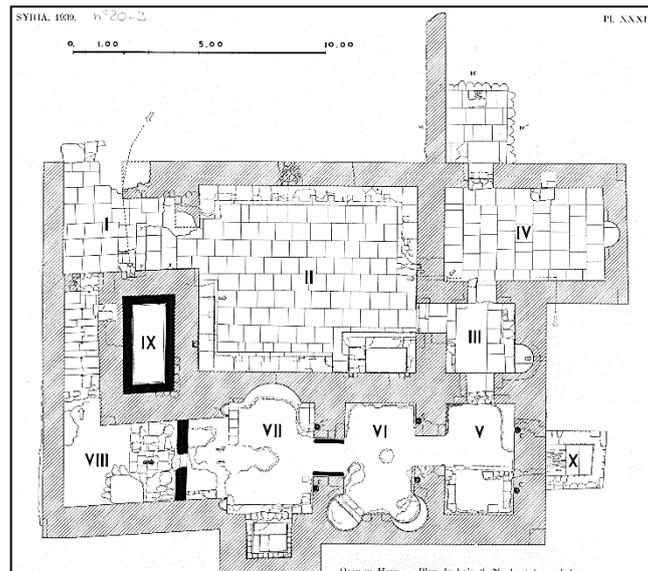


Figure 35: Plan du bain de Qasr el-Heir el-Gharbi. Source SHLUMBERGER ²⁶⁸

Les murs du bain, d'épaisseur variable, sont faits dans un appareil moyen de moellons de calcaire durs, avec l'utilisation de blocs antiques dans les angles de murs ou linteaux de portes. Tous les murs du bain sont d'après D. Schlumberger revêtus d'enduits soit de teinte uniforme, soit de motifs peints. On remarque que des similitudes lient ce bain aux thermes antiques :

- Le chauffage par hypocauste.
- Les parois chauffantes.
- Les cheminées dans les murs en tuyau de poterie. Mais on note cependant l'absence du *frigidarium* ²⁶⁹.

4.1.3 Bains omeyyades *Al Sarah* : (Jordanie)

Hammam *al-Sarah* est un bain omeyyade en Jordanie, construit en liaison avec le complexe de *Qasr al-Hallabat* ²⁷⁰. Le bain se compose de trois éléments principaux : le hall d'entrée ou salle d'audience, le bain proprement dit, et l'ouvrage hydraulique.

On accède au bain par une porte de 2m de large au sud-ouest. Il comprend une salle d'audience rectangulaire : un *apodyterium* ou une salle de déshabillage, ainsi qu'un *tepidarium* (chambre tiède) et un *caldarium* (chambre chaude) avec four. Comme dans le plan du bain de *Qusayr Amra*, une alcôve au fond de la salle d'audience couverte de trois voûtes en berceau, mène à deux petites salles latérales, chacune comportant trois fenêtres étroites. Au niveau de la salle d'audience couverte de trois voûtes en berceau, l'axe longitudinal était pavé de dalles en marbre, le reste pavé de tuiles carrées dures. A l'angle nord du hall on accède à un sas en voûte

²⁶⁸ Ibid. p215.

²⁶⁹ Ibid. p221.

²⁷⁰ *Qasr al Hallabat* est un des châteaux du désert de Jordanie. Ce fort a été occupé par les Nabatéens, puis par les Byzantins. Sous le règne de Al-Walīd II, les Omeyyades l'ont transformé en un édifice de trois étages et quatre tours. Les bains se situent quant à eux à plus de 3 km vers l'est à *Hammam as Sarah*.

en berceau, aujourd'hui en grande partie détruite, et muni de bancs sur les côtés nord et est. Une porte au sud du sas mène au *tepidarium* ou à la salle tiède : où se trouve une niche presque carrée recouverte d'une voûte en berceau, avec au niveau du sol un trou pour l'évacuation de l'eau. Les murs de cette salle recevaient des canaux en poterie qui servaient de conduits de fumée et donc à chauffer les parois de la pièce²⁷¹ (Fig.36).

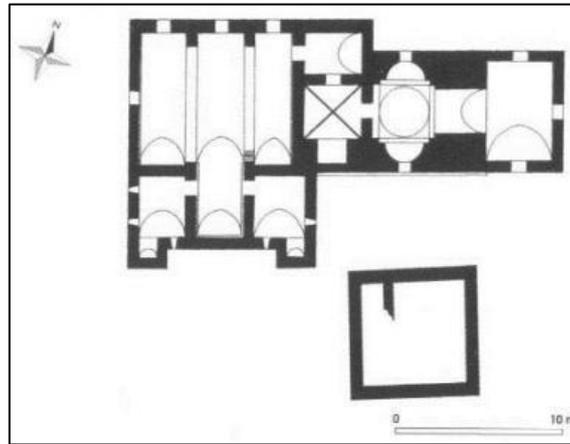


Figure 36: Plan du bain Al Sarah. Source AL-SHARE ²⁷²

Le *caldarium* quant à lui, est accessible du côté nord-est du *tepidarium* en voûte, comprend deux niches semi-circulaires surmontées de semi-dômes, et repose sur un système d'hypocauste (photo 21). Le sol du caldarium comprend 25 colonnes construites en briques circulaires. Une coupole sur pendentifs vient orner la salle chaude ponctuée de huit ouvertures rondes dont on peut encore détecter les vestiges. Cette même coupole était enduite de ciment imperméable à l'extérieur et de supports recouverts de schiste à l'intérieur²⁷³.

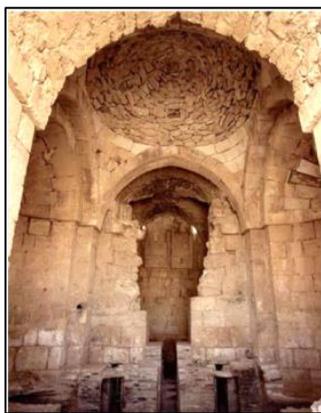


Photo 21: De gauche à droite : vues intérieures du bain Al Sarah , et le système d'hypocauste. Source DOC PLAYER ²⁷⁴

²⁷¹ ARCE, Ignacio. The Umayyad baths at Amman Citadel and Hammam al-Sarah. Op cite. p136.

²⁷² AL-SHARE, Raed.R. ; AWWAD, Mohammad.T. Hammam al-sarah an applied study. *Journal of Engineering Sciences*. N°35(5). 2007. p1130. <https://pdfs.semanticscholar.org/f5d9/eebf8d340e750a02791486afd675a8f08ae8.pdf>. Consulté le 19/05/2019.

²⁷³ Ibid. p 1132.

²⁷⁴ <https://docplayer.fr/45354250-Les-palais-residentiels.html>. p127-128. Consulté le 19/05/2019.

L'extrémité de la salle chaude est formée d'un espace de service et de stockage du combustible ; un espace laissé ouvert pour permettre son aération, et la circulation de l'air chaud dans les salles. A l'est de bain on trouve les structures hydrauliques qui se composent de :

- Un réservoir d'eau carré.
- Un puits de 24 m de profondeur.
- Un espace pour faire fonctionner le mécanisme de pompage de l'eau actionné par les bêtes de sommes servant à amener l'eau du puits vers le réservoir.

Pour ses salles, le bain est richement décoré et pavé de marbre et de mosaïque. L'ensemble du bain, y compris murs et couvertures a été réalisé en pierre calcaire grossièrement taillée, recouvert à l'extérieur avec du ciment imperméable²⁷⁵. Le bain est aujourd'hui en cours de restauration.

4.2 Synthèse des bains omeyyades :

- Les bains omeyyades semblent être la survie des thermes antiques dans leurs techniques de bâti, mais dans les habitudes et la façon de vivre ont changé. Les bains palatins des châteaux du désert étaient bâtis dans un cadre royal, mais servaient aussi à la population. C'était un lieu à usage multiple, considéré comme un lieu de détente, de purification et de relations sociales, mais aussi un lieu d'audience et de représentations palatines.
- L'importance accordée aux bains omeyyades, est un indice sûr de la valeur sociale dans la société islamique des pratiques balnéaires, qui allaient devenir un élément clé de l'urbanisme et des villes islamiques. On note cependant quelques modifications opérées par rapport aux thermes romains, comme la réduction de la taille des salles chauffées par rapport à l'espace de déshabillage ou l'*apodytérium*, qui deviendra un espace plus vaste avec quelques fois une alcôve au fond, ou des niches axiales semi-circulaires. Une typologie des plus célèbres bains omeyyades a été faite par I. Arce, représenté dans la figure qui suit (Fig.37).
- Les bains omeyyades, sont la preuve de l'influence des modèles des bains de l'antiquité tardive : une influence dans la disposition des espaces avec des salles plus amples et magnifiques, mais aussi l'introduction du système mixte de chauffage humide et sec qui évoluera vers le hammam médiéval. Enfin, les bains de l'époque omeyyade nous font comprendre l'importance croissante des pratiques balnéaires dans les sociétés islamiques, mais aussi tous les changements technologiques et typologiques dans la transition vers les bains médiévaux.
- Les vestiaires dans le bain omeyyade appelés dans le vocabulaire arabe *al-maslakh*, conserve pratiquement les fonctions et l'apparence de l'ancien *apodytérium* du bain romain, ainsi que son décor de statues et de fresques.

²⁷⁵ ARCE, Ignacio. The Umayyad baths at Amman Citadel and Hammam al-Sarah. Op cite. p154.

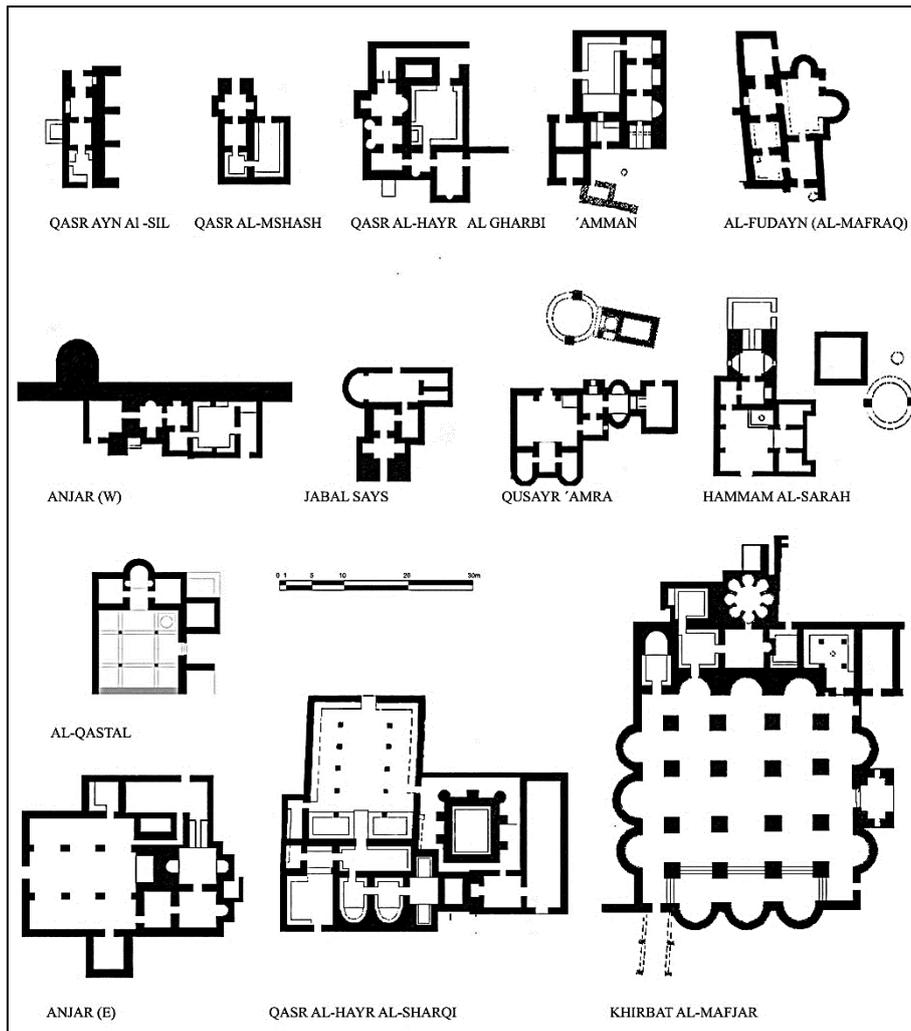


Figure 37: Bains omeyyades du Levant. Source ARCE²⁷⁶

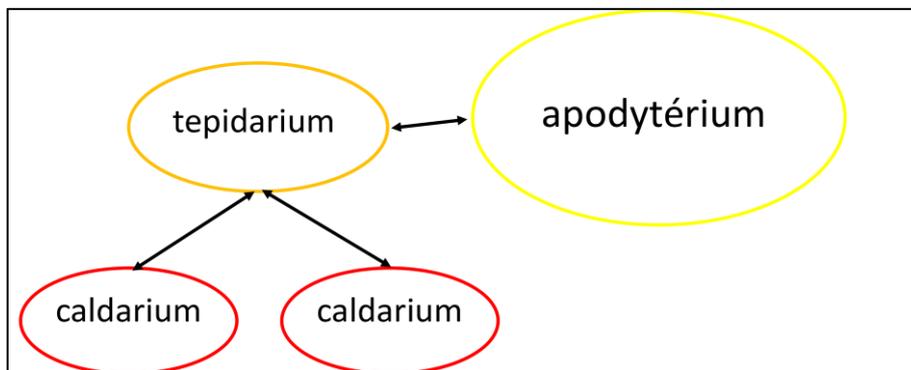


Figure 38: Schéma d'organisation orthogonal des bains omeyyades. Source auteur

²⁷⁶ Ibid. p 162.

4.3 Les bains au Maghreb :

4.3.1 Bains de *Volubilis* : (Maroc)

Le bain se trouve au niveau du site archéologique de *Volubilis*²⁷⁷, aujourd'hui *Walila*, en dehors de la muraille de la ville romaine bâtie en 168-169 après JC. Occupé vers la fin du VIII^e siècle, le bain a pu être daté grâce à des monnaies et céramiques trouvées sur place approximativement entre 760 et 785, période du règne d'Idriss I^{er}²⁷⁸. Construit sur un terrain plat, en extramuros, le bain fut fouillé une première fois en 1964 par B. Rosenberger, qui établit sa fonction thermale. Et ce n'est qu'après 1992, sur la base de compte rendus de fouilles effectuées par A. El-Khayari, que la construction du bain fut attribuée à l'époque islamique. Il s'agit du plus ancien bain islamique connu du Maroc, dont l'élévation est partiellement conservée²⁷⁹.

D'une surface de 243m², le bain est composé de deux ailes en forme de L : les salles froides sont orientées nord-sud et les salles chaudes orientées est-ouest.

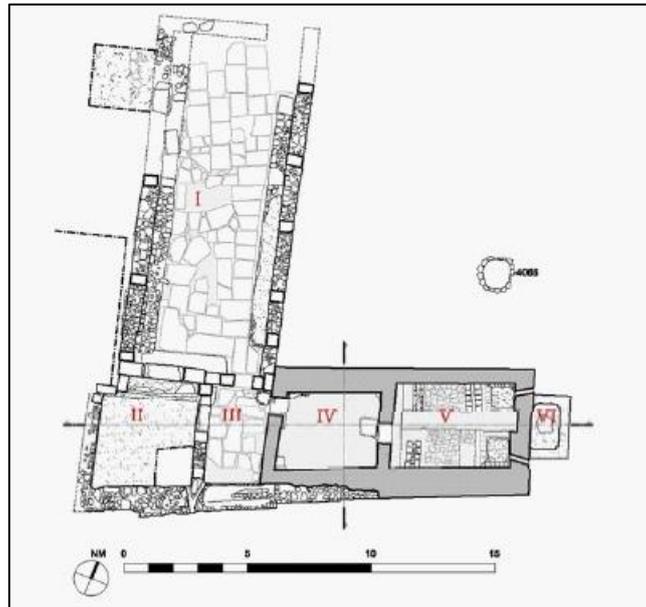


Figure 39: Plan du hammam de Walila. Source EL HABASHI²⁸⁰

²⁷⁷ *Volubilis* est une ville antique berbère, puis romanisée, et capitale du royaume de Maurétanie. Il en subsiste d'importants vestiges dans le site archéologique. La ville devait devenir plus tard, pendant une brève période, la capitale d'Idriss I^{er}, fondateur de la dynastie des Idrissides.

²⁷⁸ EL HABASHI, Alaa et al. The Conservation and Reconstruction of the Islamic Bath at Volubilis, Morocco. *The Journal of Fasti Online : Archaeological Conservation Series (ISSN 2412-5229)*. Editeur ICCROM. 2016. p2. <http://www.fastionline.org/docs/FOLDER-con-2016-4.pdf>. Consulté le 21/02/2019.

²⁷⁹ EL KHAYARI, Abdelaziz. Les Thermes extra muros à Volubilis. *L'Africa Romana*. Editeur Archivio Fotografico Sardo. Sassari. 1992. p301. https://www.academia.edu/28279475/Les_Thermes_extra_muros_%C3%A0_Volubilis._L_Africa_Romana_1992. Consulté le 21/02/2019.

²⁸⁰ EL HABASHI, Alaa et al. The Conservation and Reconstruction of the Islamic Bath at Volubilis, Morocco. Op cite. p2.

L'accès du bain se trouve dans l'angle nord-est. Il donne sur une salle dotée de banquettes sur ses trois côtés, et pavée de dalles de réemploi de calcaire gris. Cette salle devait jouer à la fois le rôle de vestiaires, *apodytérium* et de salle de bain froide, puisque munie d'une piscine froide de surface 16m². Elle devait s'inspirer du *frigidarium* romain. De la salle **I** on accède directement à la salle **III**, qui donne sur la salle **IV** presque entièrement conservée et couverte d'une voûte en berceau percée de lucarnes pour l'éclairage et l'aération. Dépourvue de système de chauffage cette salle devait avoir le rôle de salle tiède puisque mitoyenne à la salle chaude **V**, elle pourvut d'un hypocauste. La salle **V**, munie de deux bassins alimentés en eau chaude à partir d'un réservoir se trouvant dans la salle **VI**, était recouverte d'une voûte en berceau qui prolongeait celle de la salle **IV**. Aucune trace de paroi chauffante n'a pu être repérée. La dernière salle **VI**, est dotée d'un foyer surmonté d'un réservoir d'eau chaude²⁸¹ (Fig.39).

Le bain a profité des matériaux de construction disponible sur le site, en utilisant souvent des éléments de réemploi comme des boucliers sculptés provenant de l'arc de triomphe de Caracalla de Volubilis, ou encore des corniches toutes récupérées dans les ruines de la ville romaine. Sinon toujours selon l'étude d'El Khayari, 4 techniques de construction ont été utilisées :

- Le grand appareil : emploi de blocs taillés posés les uns à côté des autres liés au mortier ou à la terre.
- Le petit appareil : il s'agit de galets, extraits de l'oued de la région.
- L'appareil mixte : un assemblage de galets et de petits moellons, avec des chainages en blocs taillés constituant l'armature des murs.
- La brique : on la trouve dans les endroits en contact avec la chaleur ou le feu.

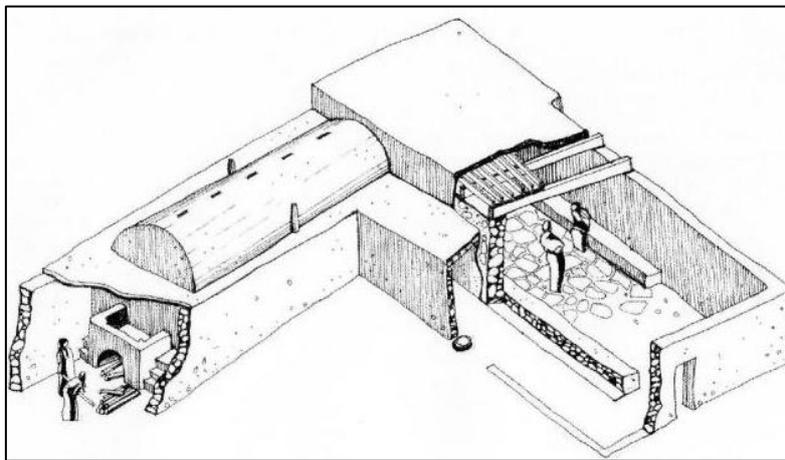


Figure 40: Reconstitution du bain de Walila. Source FOURNIER ²⁸²

Le bain de *Walila* s'insère dans la catégorie des bains de forme orthogonale, dans lesquels le baigneur en sortant de l'*apodytérium* tourne à angle droit ou à gauche pour rejoindre les salles chaudes (Fig.40). Le bain a bénéficié de travaux de conservation en 2015, allant du simple nettoyage, de consolidation et de stabilisation jusqu'aux travaux de restauration. C'est la voûte des salles chaudes, qui fera l'objet de restauration et de reconstruction afin d'éviter

²⁸¹ EL KHAYARI, Abdelaziz. Les Thermes extra muros à Volubilis. L'Africa Romana. Op cite.

²⁸² FOURNIER, Caroline. Les bains d'al-Andalus : VIIIe-XVe siècle. Op cite. p82.

l'effondrement du reste de la toiture. L'utilisation de la brique cuite a été préconisée, en gardant la technique de construction traditionnelle et en faisant une distinction claire entre les rajouts et l'existant. Le bain de Walila reste le témoignage des premières implantations des musulmans au Maroc. La figure qui suit nous informe sur son état actuel (photo 22).



Photo 22: Le bain de Walila en 2015 après la reconstruction de la voûte. Source EL HABASHI ²⁸³

4.3.2 Le Bain de la *Kalaa des beni Hamad* : (Algérie)

Il s'agit de l'un des plus anciens bains en Algérie. Construit au IX^e siècle, L. de Beylié²⁸⁴ en fait une description dans laquelle il dit : « *Le bain sur hypocauste toujours intact, avec des piliers souterrains, des tuyaux et des canaux en brique supportait la salle chaude. Deux cheminées de forme carrée servaient à évacuer la fumée. Dans une des salles se trouvait une banquette en maçonnerie, où des débris de revêtement de marbres gris incrusté de marbre blanc et de stuc ont été trouvés* »²⁸⁵.

Le bain comporte deux accès en chicane, un à l'est, un au sud, et menait par un couloir d'une largeur de 1,15m à la salle froide (4,95×4,80m) qui été entourée d'un espace surélevé, et menait à son tour à la salle tiède par le biais d'une porte. La salle chaude quant à elle, la plus vaste des quatre de forme carrée (5,60×5,40m), reposait sur 16 piliers séparés par 3 couloirs pour le passage de l'air chaud (Fig.41).

²⁸³ EL HABASHI, Alaa et al. The Conservation and Reconstruction of the Islamic Bath at Volubilis, Morocco. Op cite. p9.

²⁸⁴ DE BEYLIE, Léon (1849 – 1910), est un général de brigade, et archéologue. Le général Léon de Beylié effectua des fouilles en 1908 dans le site de la Kalaa avec le dégagement du palais du Lac et de la grande mosquée

²⁸⁵ DE BEYLIE, Leon. La Kalaa des Beni-Hammad : une capitale berbère de l'Afrique du nord au XI^e siècle. Editeur Forgotten Books. Paris. p66.

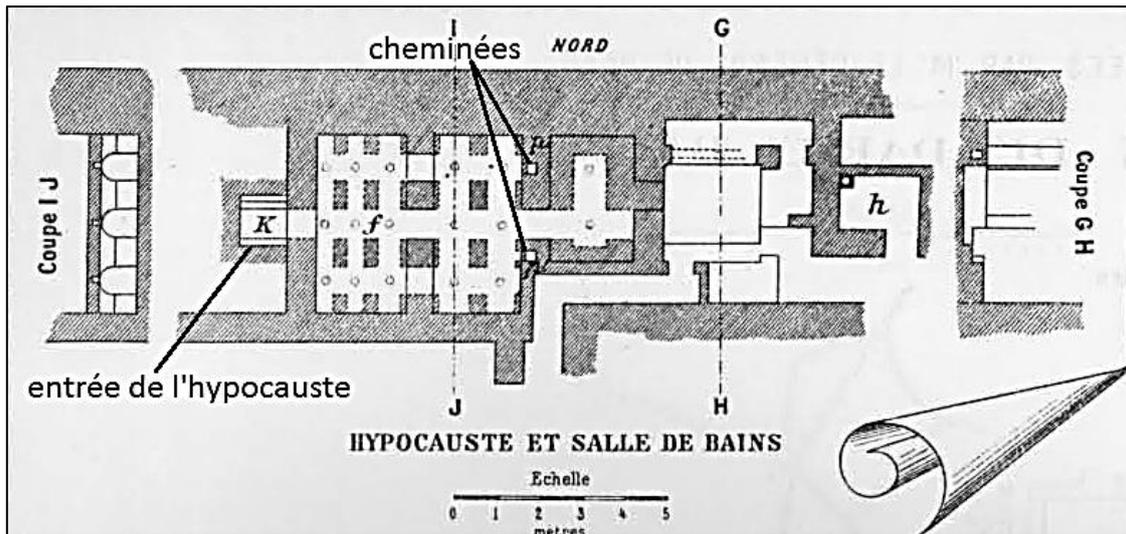


Figure 41: Plan du bain de la Kalaa des beni Hamad. Source DE BEYLIK traité par l'auteur²⁸⁶

Le bain suit la hiérarchie de quelques bains abordés précédemment, suivant un plan linéaire des trois salles parallèles entre elles, avec gradation de chaleur.

4.3.3 Le bain des Almoravides : (Algérie)

Connu aussi sous le nom du hammam *El bali*, il se trouve au cœur de l'ancienne médina de *Nedroma*, à la place dite *Tarbi'aa* et est considéré comme étant l'un des plus anciens bains d'Algérie, d'où son appellation de vieux bain. Le hammam annexe de la grande mosquée, a été construit pour permettre aux fidèles de faire leurs ablutions, il est daté par les chercheurs de la période Almoravide (1095-1147)²⁸⁷. Du vestibule d'entrée, on accède aujourd'hui à la salle froide, un espace central de forme quadrangulaire, autrefois la salle tiède. Il s'agit de la pièce la plus importante du bain ordonné autour d'un jet d'eau central, et surmontée d'une coupole. Cette même salle entourée de galeries latérales, est délimitée par une série d'arcs et de colonnes. Aujourd'hui, l'espace intermédiaire n'est plus et a été réaménagé en une salle froide, et donc le passage de la salle froide à la salle chaude se fait dans la continuité. L'espace dédié aux différents services comme le four ou le dépôt se trouve quant à elle, inférieur par rapport au niveau des salles du bain de 2m²⁸⁸ (Fig.42).

²⁸⁶ Ibid. p60.

²⁸⁷ MEROUANE, Mustapha. Etudes des monuments historiques dans la ville de Nedroma. Mémoire de magister en culture Populaire. Université de Tlemcen. 2005. p25.

²⁸⁸ SELKA OUSSADIT, Imene et al. Comparative study and analysis of two medieval baths in western Algeria : Sabaghine bath in Tlemcen and El Bali bath in Nedroma. *A/Z ITU Journal of the Faculty of Architecture*. N°16(3). 2019. p52. Doi: 10.5505/itujfa.2019.47855. Consulté le 25/11/2019.

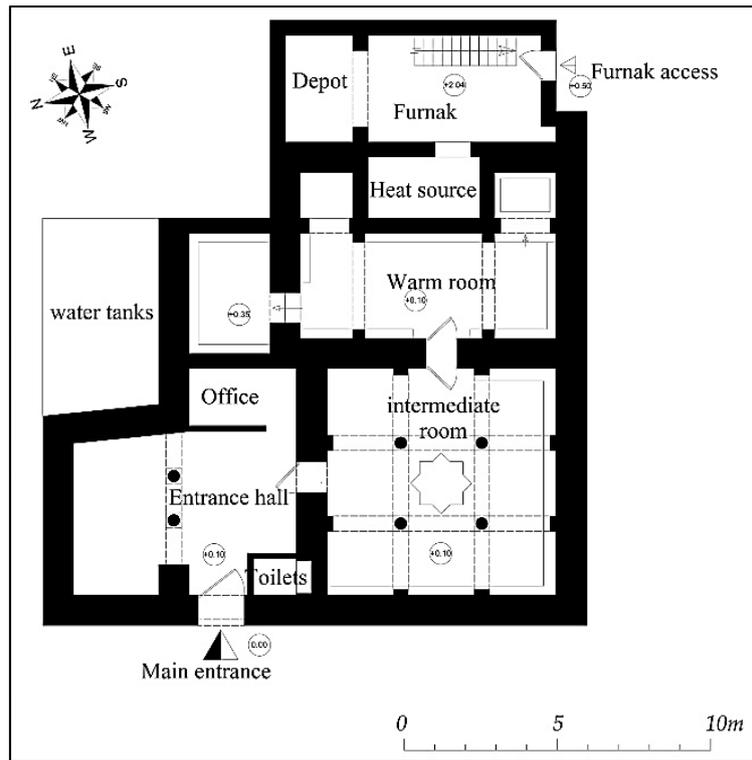


Figure 42: Plan du bain des Almoravides. Source SELKA OUSSADIT ²⁸⁹

Hammam El Bali, comporte au niveau de sa salle froide (ex salle intermédiaire) 4 colonnes qui supportent la coupole au centre ainsi que 2 colonnes au niveau du vestibule d'entrée. Toutes les colonnes du bain sont identiques et présentent un fût cylindrique sans cannelure. Cependant elles ont une base, un chapiteau de forme carré et sans volute ni décors. Les colonnes sont en pierre, et ne sont pas seulement des éléments décoratifs mais aussi structuraux de l'édifice. Quant au chapiteau, il est un élément essentiel pour la colonne car il permet de répartir la poussée des voûtes et arcs. (photo23). C'est l'arc en plein cintre outrepassé qui domine l'espace central du bain, au nombre de douze ; quant à ceux se trouvant au vestibule d'entrée sont au nombre de 3 et de forme brisée outrepassé. Les murs porteurs en pisé du bain ont une épaisseur de 1m, et enduits de chaux. La toiture est ornée d'un dôme et de 7 voûtes en berceau, avec dans la partie de la salle chaude deux cheminées. Au niveau du Hammam El Bali le four se trouve quant à lui sous la salle chaude immédiatement, à proximité d'un espace pour stockage du bois pour combustion. Vue la fumée qui se dégage de l'espace, les parois sont pratiquement noires. Un conduit d'évacuation de fumée de section carré, passe à travers les murs de la salle chaude pour ressortir au niveau de la terrasse sous forme de cheminées, d'un niveau de 2m au-dessus du niveau de la terrasse²⁹⁰.

Le bain est fonctionnel encore de nos jours.

²⁸⁹ Ibid.p52.

²⁹⁰ Ibid.p56.



Photo 23: De gauche à droite, vues sur les vestiaires, l'ancienne salle tiède et la salle chaude du bain des Almoravides. Source auteur Octobre 2018

4.3.4 Le bain des teinturiers : (Algérie)

Situé dans la partie nord-est de la médina de Tlemcen, d'une superficie de 380m², le hammam *Es Sabaghine* doit son nom à la ruelle des teinturiers dans laquelle il se trouve. D'après W.Marçais dans son ouvrage sur « les monuments arabes à Tlemcen », il est difficile de dater la construction du hammam *Es Sabaghine*, aucun document historique n'existant à ce sujet. Il est cependant possible de le rattacher d'après son style architectural et sa ressemblance avec d'autres bains conservés en Espagne ou encore en Sicile, à la première période du XI^e siècle²⁹¹.

D'après la description faite par William Marçais ; à partir du vestibule **A**, une salle voûtée, où une partie a été consacrée à l'installation de latrines **L**, on accède à un espace carré **B** de 5 m de côtés, une salle froide. Cet espace carré entouré de quatre galeries, est surmonté d'une coupole reposant sur douze colonnes monolithiques en pierre calcaire, avec en son centre la présence d'un jet d'eau. La partie qui entoure l'espace central est surélevée et pourvue de banquettes pour le repos des baigneurs, à l'époque posées à même le sol. A partir des galeries de cet espace central, on accède à des salles annexes employées également pour le repos des baigneurs. Une porte à gauche de la salle froide donne directement sur la salle chaude, le *caldarium* antique, et permet d'isoler les 2 pièces en particulier pour leurs températures différentes entre étuve et salle de repos. L'étuve **C**, est divisée en 3 parties d'inégales dimensions ; la première **C** la plus grande, renferme un réservoir d'eau chaude et distribue à cet effet la vapeur et l'humidité nécessaire pour cet espace. Les deux autres parties limitées par des colonnes en pierre sont quant à elles symétriques ; la partie **C'** est percée d'un espace assez profond, et enfin la troisième partie **C''** est à moitié occupée d'un côté du bassin d'eau froide et de l'autre d'un espace pour le massage. Les autres salles, faisaient office soit d'espace de repos soit de dépôt pour le bain. Marçais souligne cependant l'absence de la salle intermédiaire ou salle tiède. D'après lui elle se situait probablement à l'emplacement de la salle **D**. L'espace

²⁹¹ MARÇAIS, William ; MARÇAIS, Georges. Les monuments arabes de Tlemcen. Editeur Albert Fontemoing. Paris. 2011. p163.

G, à l'entrée du bain et mitoyen à la salle **F** servait d'espace de dépôt du combustible pour le bain²⁹² (Fig.43).

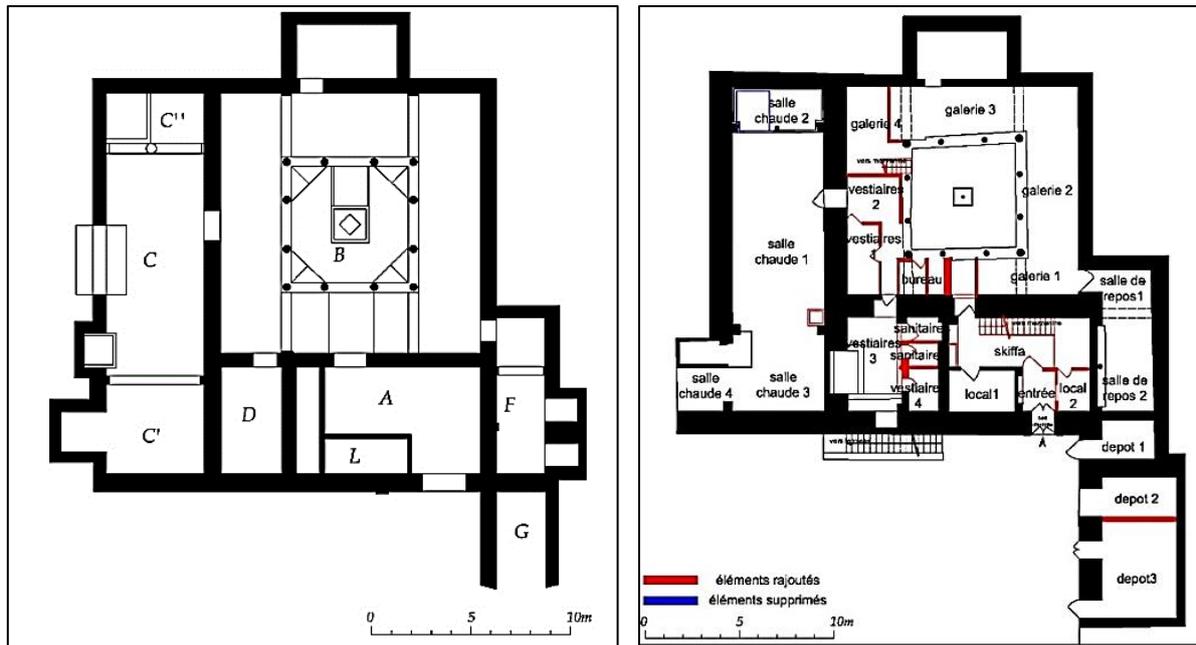


Figure 43: De gauche à droite, plan établis par Marçais en 1903 et état actuel du bain des teinturiers. Source SELKA OUSSADIT²⁹³

Marçais soulève l'absence de l'espace tiède à l'époque, et donc on accédait directement de la salle de déshabillage (**B**) à la salle chaude (**C**). L'espace carré **B** devait être la salle tiède initiale, le centre de la composition du bain, et donc l'espace **A** la salle froide et les vestiaires du bain. Les arcs qui reposent sur les huit colonnes monolithiques, brisés outrepassées, forment l'octogone et soutiennent la coupole. Quant aux quatre autres colonnes d'angles qui portent deux arcs chacune, elles forment le carré de l'espace central et viennent se substituer sur le plan octogonal de la coupole. A part les colonnes de la salle chaude, les 12 autres colonnes sont identiques en forme, taille, fût, et chapiteau. Les colonnes sont sans base, avec fût cylindrique sans cannelures, et chapiteau de forme carrée inspirée de l'ordre corinthien (photo 24). Les murs sont faits en pisé de 1m d'épaisseur comme ceux du bain de Nedroma, et l'arc brisé outrepassé en brique caractérise les galeries de l'ex-salle tiède, où on trouve aussi des niches creusées dans les murs. Les dépendances du bain se situent à proximité de la salle chaude, avec signalons-le la présence d'un puits à leur niveau. La terrasse du bain est ornée quant à elle d'un dôme et de 6 voûtes en berceau difficilement distinguables de l'extérieur, car enfouies sous des constructions illicites, et de 3 cheminées pour l'évacuation de la fumée²⁹⁴.

²⁹² SELKA OUSSADIT, Imene et al. Comparative study and analysis of two medieval baths in western Algeria : Sabaghine bath in Tlemcen and El Bali bath in Nedroma. Op cite. p53.

²⁹³ Ibid. p53.

²⁹⁴ Ibid. p56.



Photo 24: Vue sur la salle tiède du bain des teinturiers. Source auteur 2010

4.4 Conclusion sur les bains islamiques au Maghreb :

Le bain de *Walila* au Maroc, le plus ancien bain islamique à l'élévation partiellement conservée, fut bâti par Idriss I^{er} à l'époque Idrisside. Le bain en forme de **L**, se compose de deux parties distinctes, où l'aile des salles froides forme un angle droit avec l'aile des salles chaudes, il ressemble donc à l'organisation orthogonale des bains omeyyades. Tout comme le bain de *Walila*, le bain de la *kalaa des Benis Hamad*, offre une disposition orthogonale, où l'*apodytérium* est en chicane, et où la salle chaude représente l'espace le plus important.

Pour ce qui est des deux autres bains à Tlemcen et datant du XI^e siècle, la disposition diffère complètement des précédentes : avec seulement trois salles (les vestiaires ou *apodytérium* confondus avec la salle froide, la salle tiède ou *tepidarium*, et la salle chaude ou *caldarium*), il s'agit d'une organisation autour d'un espace de forme quadrangulaire, le *tepidarium*. On remarque donc une évolution de la forme du bain au XI^e siècle, où l'espace tiède, voûté et entouré de galeries, est désormais l'espace central du bain ; ce type de bain ne présente donc pas un enchaînement des salles linéaire et parallèles entre elles, mais centralisé. Le schéma qui suit démontre l'organisation des deux bains almoravides (Fig.44).

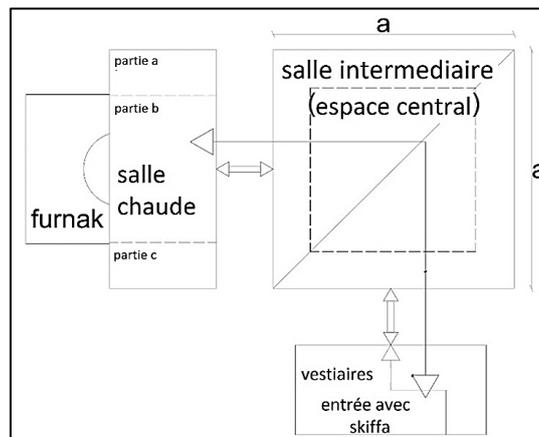


Figure 44: Schéma d'organisation du bain des Almoravides et des teinturiers. Source SELKA OUSSADIT²⁹⁵

²⁹⁵ Ibid. p57.

Malheureusement il n'existe à nos jours aucune trace de bains au niveau des anciennes cités en Algérie tel que : le palais de *Ziri* à *Achir*²⁹⁶, la ville de *Sedrata*²⁹⁷, ou encore l'ancienne ville Ténès²⁹⁸.

4.5 Les bains dans la péninsule Ibérique :

Dès la fin du VIII^e siècle, le bain allait trouver rapidement sa place dans les résidences et palais, puis dans les villes et campagnes en Espagne islamique. C'est grâce à des fouilles entreprises à partir de 2000, que les chercheurs et historiens ont pu avancer dans leurs travaux et recherches sur ce type d'édifices incontournable de la vie quotidienne des sociétés islamiques.

Dans son ouvrage sur les bains d'*Al Andalus*, C. Fournier, nous décrit l'évolution des bains dans la péninsule ibérique depuis sa naissance jusqu'à la formation d'un modèle spécifique au pays, mais inventorie aussi le bain dans les sources textuelles²⁹⁹. Et c'est à partir d'un corpus de 80 édifices, qu'elle a pu étudier les formes et la place du bain en *Al Andalus*, et proposer une typologie à partir des modules architecturaux qui le composent³⁰⁰.

D'autres travaux importants ont été publiés sur les bains arabes en Espagne, citons à titre d'exemple la thèse de l'architecte kayali, sur l'étude des bains hispano-musulmans et leurs relations avec les bains du Moyen Orient (en Syrie et en Jordanie)³⁰¹. Il identifie aussi une typologie des bains encore préservés, sur la base de leurs organisations architecturales en créant un catalogue regroupant tous les édifices.

L'ouvrage de B. Pavón Maldonado, est aussi une référence en matière de livres traitant de l'architecture hispano-musulmane. Dans le livre divisé en quatre parties : l'eau, villes et forteresses, les palais et les mosquées, la première partie a trait à tout élément en rapport avec l'eau dont les bains³⁰². L'Espagne renferme de nombreux bains publics, mais aussi des bains privés le plus souvent associés à des résidences palatiales.

²⁹⁶ *Achir* est une ancienne capitale berbère du X^e siècle, et le palais de *Ziri* construit en 947, est le seul monument qui subsiste encore de la ville.

²⁹⁷ Fondé en 908 par les Ibadites de *Tahart* chassés de leur capitale, le site archéologique de *Sedrata*, se trouve à 10 km au sud-ouest de Ouargla.

²⁹⁸ Ne se trouve aujourd'hui au niveau de la ville de Ténès, qu'une ancienne mosquée *Sidi Bou Maiza* datant du X^e siècle, construite par les Idrissides selon Rachid Bourouiba.

²⁹⁹ FOURNIER, Caroline. Les bains d'al-Andalus : VIIIe-XVe siècle. Op cite.

³⁰⁰ FOURNIER, Caroline. Les bains d'Al-Andalus : espaces, formes et fonctions (VIIIe-XVe siècles). *Thèse de doctorat en archéologie islamique*. Université de Nantes. 2010. 728p.

³⁰¹ KAYALI, Fawaz Kayali. La tipologia del bano arabe como edificio publico entre oriente y accediente. Op cite.

³⁰² PAVON MALDONADO, Basilio. Tratado de arquitectura hispano-musulmana. Tomo I. Agua. Op cite.

4.5.1 Le bain d'Oreto-Zuqueca : (Ciudad Real)

Considéré comme bain public, et daté du IX^e siècle par les archéologues, le bain se situe dans la province de *Ciudad Real*. Il se compose de quatre salles : vestiaire, salle froide, salle intermédiaire et une salle chaude sur hypocauste (Fig.45).

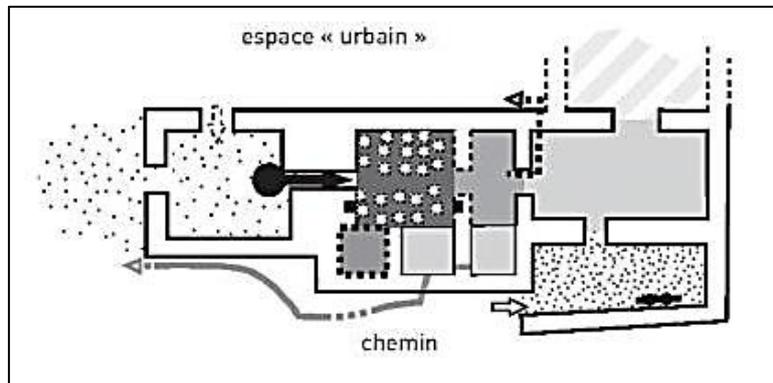


Figure 45: Plan du bain d'Oreto-Zuqueca. Source FOURNIER ³⁰³

Par un étroit passage, on accède du sud au vestiaire de forme rectangulaire et pourvu de latrines, pour passer ensuite à la salle froide d'une superficie de 8,40m². A l'ouest le parcours continu vers la salle intermédiaire sous la forme d'une nef étroite avec en son sud un bassin dont les parois sont enduites de chaux. Enfin, dans la salle chaude où une partie de l'hypocauste est visible, des cheminées aux angles sud-est et sud-ouest de forme rectangulaire ont été aménagées. Dans le dernier espace un four situé dans la zone de services, qui communique avec le sous-sol de la salle chaude.

La disposition des espaces du bain suit un axe, où l'entrée en chicane par les vestiaires ne permet pas le regard sur les espaces dédiés à la toilette. Des similitudes existent entre ce bain et celui de *Walila* ; elles se manifestent dans l'utilisation du mortier imperméable de type *opus signinum*³⁰⁴ dans les sols des salles tièdes et chaudes, mais aussi des murs construits en pisé sur des fondations de pierre. C. Fournier voit dans le bain d'Oreto-Zuqueca, un apport des formes balnéaires héritées de l'Afrique du Nord avec des salles simples, de formes rectangulaires, mais avec cependant quelques procédés constructifs romains³⁰⁵.

4.5.2 Le bain Cárcel San Vicente : (Valence)

Le bain, construit entre l'IX^e et le X^e siècle, se trouve au niveau de l'*Alcazar* omeyyade de Valence sur les ruines d'une ancienne chapelle wisigothique.

³⁰³ FOURNIER, Caroline. Les bains d'al-Andalus : VIII^e-XV^e siècle. Op cite. p73.

³⁰⁴ *Opus signinum* est le nom donné par les archéologues à des structures constituées de mortiers roses, à base de tuileaux qui se rencontrent souvent dans les structures exposées à l'humidité ou recouvertes par l'eau.

³⁰⁵ FOURNIER, Caroline. Les bains d'al-Andalus : VIII^e-XV^e siècle. Op cite. p73.

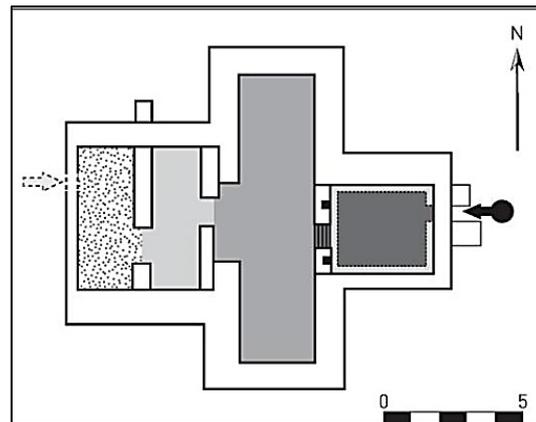


Figure 46: Plan du bain de la Cárcel San Vicente. Source FOURNIER ³⁰⁶

Le bain d'une surface de 48m², se présente sous la forme de salles parallèles, mitoyennes les unes aux autres. Par les vestiaires de 9m², on accède à une salle froide de 7,20m², pour ensuite aboutir à la salle tiède aménagée dans l'ancien transept de la chapelle. Des marches aménagées pour compenser la différence de niveau avec la salle tiède, mènent à la salle chaude où deux conduits en céramique servent à évacuer la fumée³⁰⁷ (Fig.46).

4.5.3 Les bains califaux de Cordoue : (Cordoue)

La construction du bâtiment remonte à l'époque omeyyade de Cordoue, proches de la mosquée, il s'agit de bains publics appartenant à l'*Alcazar*. Construit au X^e siècle sous le califat d'*Al hakem II*, le bain a fonctionné sous les almoravides et les almohades où quelques remaniements ont été faits. Le bain se compose de trois parties suivant trois époques d'agrandissement : une partie à l'est avec le bain califal, la partie centrale rajoutée à l'époque des taifas, et enfin celle à l'ouest l'extension almohade³⁰⁸ (Fig.47).

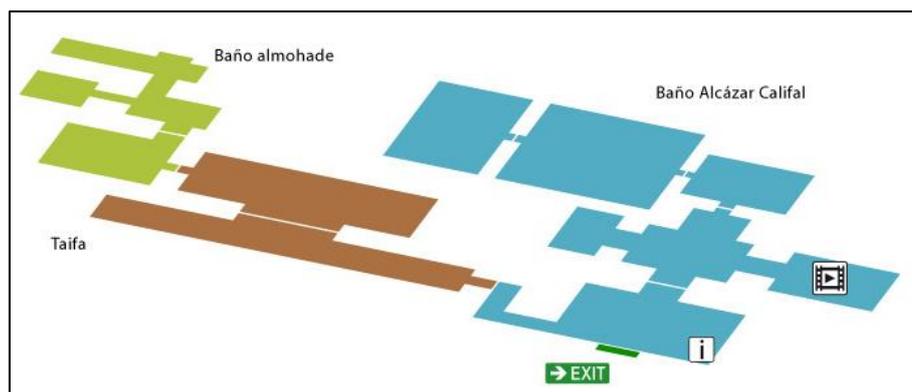


Figure 47: Evolution chronologique des bains califaux de Cordoue. Source AYUNTAMIENTO DE CORDOBA ³⁰⁹

³⁰⁶ Ibid. p83.

³⁰⁷ Ibid.

³⁰⁸ AYUNTAMIENTO DE CORDOBA. <https://banosdelalcazarcalifal.cordoba.es/?id=2>. Consulté le 28/11/2019.

³⁰⁹ Ibid.

Le bain califal omeyyade, partie la plus ancienne comporte :

- Un portique.
- Une salle de déshabillage : placée perpendiculairement aux trois autres salles.
- Une salle froide : avec des latrines.
- Une salle tiède : salle la plus vaste, avec une galerie le long de sa surface quadrangulaire, et couverte d'une voûte en berceau. Les galeries latérales sont limitées par des arcs outrepassés et des colonnes sans base.
- Une salle chaude : de plan rectangulaire sur hypocauste elle comprenait des bassins, et des cheminées d'où montait la chaleur.
- Une zone de service³¹⁰ (Fig.48).

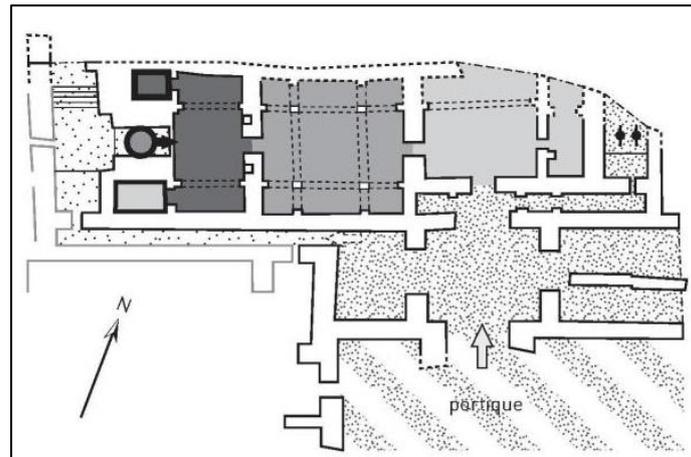


Figure 48: Plan du bain califal. Source FOUNIER³¹¹

- Entre le bain califal et la partie almohade se trouve un jardin agrémenté d'un salon de réception richement décoré avec jet d'eau. Quant au bain de l'époque almohade, c'est le salon de réception de l'époque taifa qui fut utilisé comme vestibule d'entrée, par lequel on accédait d'une part à la salle froide et d'autre part à la salle tiède.

Le bain restauré, accueille aujourd'hui un musée sur la culture des bains arabes andalous.

4.5.4 *El banuelo* : (Grenade)

Connu sous le nom de Hammam *al-Yawz* ou bain aux noix, l'édifice a été construit au XI^e siècle à l'époque du roi ziride *Badis*. Après la conquête chrétienne le bain arrêta de fonctionner, et ne sera plus utilisé à l'époque de *Philippe III*.

³¹⁰ MARFÍL RUIZ, Pedro. Los Baños del Alcázar Califal de Córdoba : resultados de la intervención arqueologica desarrollada en el año 2000. Editeur Asociacion "Arte, Arqueologia e Historia". Cordoue. 2004. p 62.

³¹¹ FOUNIER, Caroline. Les bains d'al-Andalus : VIIIe-XVe siècle. Op cite. p159.

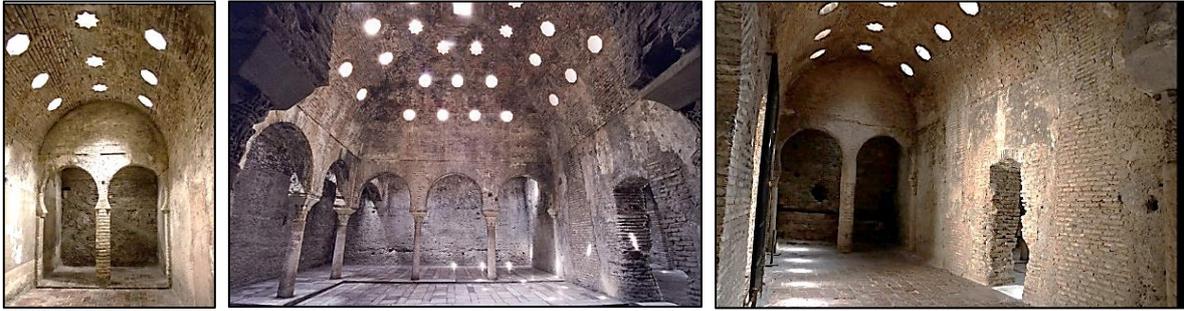


Photo 25: La salle froide, tiède et chaude d'El banuelo. Source ALHAMBLAGRENADE³¹²

Le bâtiment de forme rectangulaire se compose de plusieurs salles : du vestibule d'entrée **A** rectangulaire où se trouve un bassin d'eau, on accède à la salle de repos et froide **B** de forme allongée munis de petites alcôves aux extrémités. Aujourd'hui la toiture de cette même salle a disparu. La salle **D** à la disposition typique de ces espaces dans les bains andalous : elle est de proportion allongée et avec des zones séparées aux deux extrémités par un double arc.

La salle centrale quant à elle **C**, la plus spacieuse du bain, couverte d'une coupole au centre, entourée de 3 voûtes en berceau en briques, elle se compose de trois galeries entourant la salle principale séparées par des arcs en fer à cheval. Enfin on accède à la salle chaude du bâtiment **D**, celle-ci a dans son mur central trois arches qui séparent l'espace en trois : deux salles latérales pour les bains individuels et une centrale qui accueillait le bassin d'eau chaude. La salle chaude et une partie de la salle intermédiaire repose sur un système d'hypocauste³¹³ (Fig.49).

³¹² <https://alhambragrenade.fr/el-banuelo.html>. Consulté le 30/11/2019.

³¹³ ALMAGRO, Antonio. Diálogos de Arte Homenaje al profesor Domingo Sánchez-Mesa Martín : una hipótesis sobre la forma original del banuelo de granada. Editeur Universidad de Granada, Campus Universitario de Cartuja Granada. Grenade. 2014. 89-94 p.

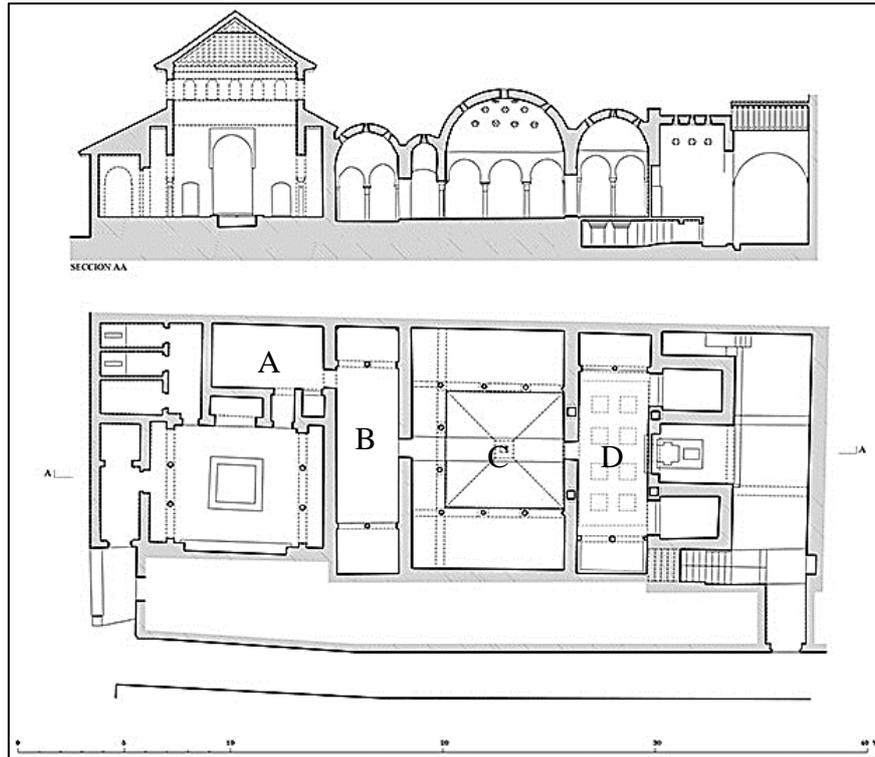


Figure 49: Coupe et plan avec la forme hypothétique d'El banuelo. Source AL MAGRO ³¹⁴

4.5.5 Le bain de la troupe : (Almeria)

Les bains de la troupe ou *Baños de la Tropa*, construit entre le X^e et le XI^e siècle, situés dans l'*Alcazaba* d'Almeria, se composent de la succession des trois espaces : chambre froide, tiède et chaude. Il s'agit de bains publics, qui ont subi quelques modifications par rapport à leur état d'origine : les voûtes des trois salles ont été surélevées et les sols reconstruits (photo 26).

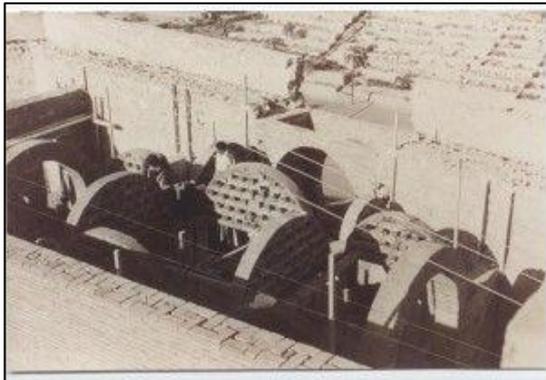


Photo 26: De gauche à droite, état du bain de la troupe pendant et après les travaux de restauration. Source MINISTERE DE LA CULTURE ET DU PATRIMOINE HISTORIQUE ³¹⁵

³¹⁴ Ibid.p91.

³¹⁵ <http://www.juntadeandalucia.es/cultura/blog/los-banos-de-la-tropa-un-espacio-sin-visitar-en-la-alcazaba-de-almeria/>. Consulté le 25/11/2019.

L'accès, à l'ouest donne sur un vestibule d'entrée, ensuite sur la chambre froide. La taille des pièces varie, peut-être en raison de leurs différentes fonctions : la plus grande est celle de la fonction tempérée (6,70 x 2,30m) et la plus petite est la salle froide (environ 6,40 x 1,90 m). La salle chaude a une largeur presque identique à celle de la salle tiède (2,40 m), mais moins profonde (5,30 m), bien qu'elle s'étende vers le sud avec un réservoir de stockage de 1,20 m de profondeur. De plus, elle s'étend vers le nord-est avec une petite alcôve (1,20 x 1,30 m), à travers une travée avec un arc de fer à cheval moderne, soutenu par deux pilastres où une seule conserve encore les vestiges de sa construction en briques d'origine³¹⁶ (Fig.50).

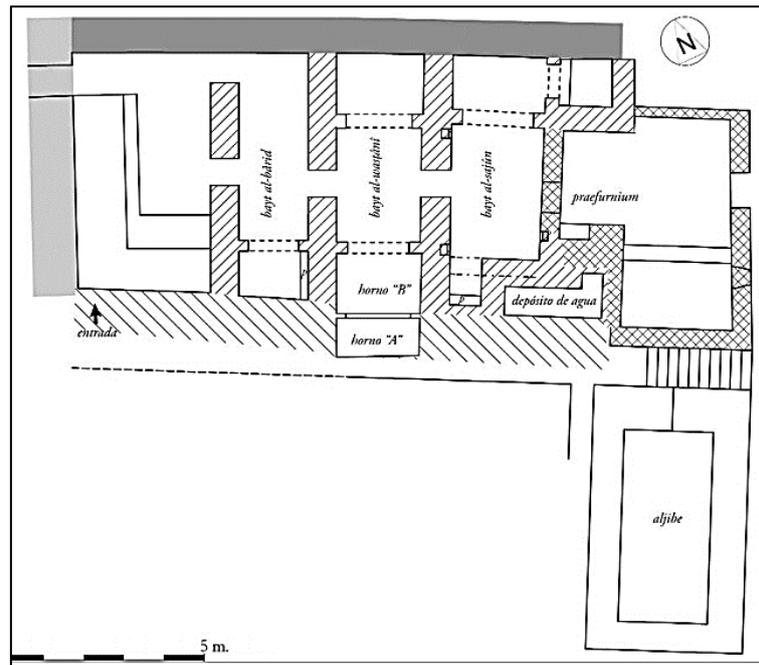


Figure 50: Plan du bain de la tropa. Source GILOTTE³¹⁷

Les murs du bâtiment ont une épaisseur d'environ 0,75 cm, et les pièces sont reliées entre elles par des portes d'une largeur de 0,70 cm. Les murs intérieurs du bain sont faits en pisé, où les trous réalisés pour l'échafaudage et le montage du coffrage sont toujours visibles.

4.5.6 Le bain *torres torres* : (Valence)

Les bains arabes de *Torres Torres* à Valence, font partie des bains encore conservés en Espagne. Restaurés en 2003, les bains arabes ont été déclarés monument national en 1938. Le bain correspond au schéma typique des bains arabes : de forme rectangulaire simple, il contient trois salles couvertes de voûtes en berceau en briques disposées en parallèle et d'orientation nord-sud. L'entrée du bain au nord, se fait par une porte qui donne accès à la salle froide, la plus austère des trois pièces. La salle tiède quant à elle, a la plus grande surface et la plus grande largeur ; elle est divisée en trois parties au moyen de deux arcs en plein cintre faits de briques,

³¹⁶ GILOTTE, Sophie et al. Los baños de la tropa de la alcazaba de almería : resultados preliminares de la intervención arqueológica. *Cuadernos de Madīnat al-Zahrā'*. N°7. 2010. p 221. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00804452>. Consulté le 25/11/2019.

³¹⁷ Ibid. p 232.

qui forment deux alcôves latérales surélevées d'un cran au-dessus de l'espace central. La pièce chaude de dimensions de 6,80 x 2,42m est chauffée par un système d'hypocauste, et est mitoyenne à une salle où l'eau était chauffée³¹⁸ (Fig.51).

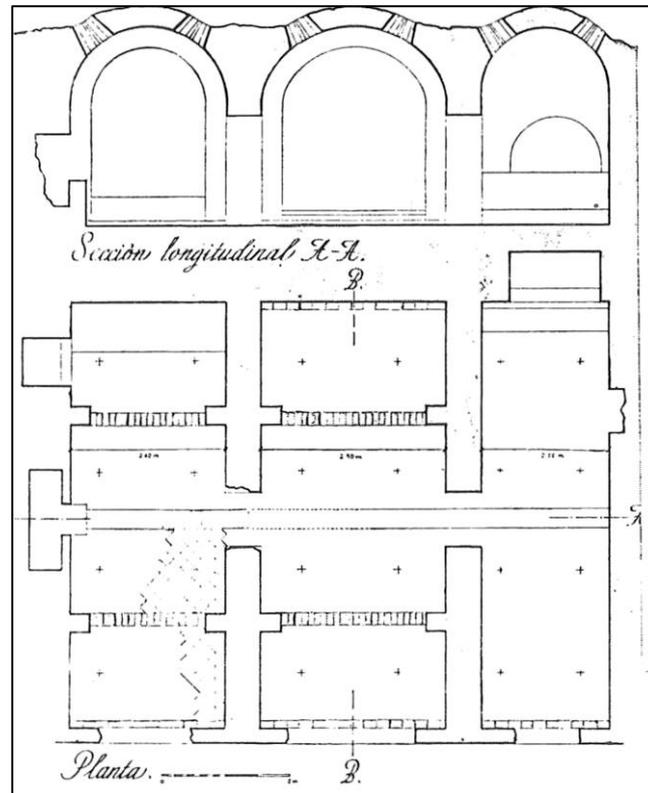


Figure 51: Plan et section longitudinal du bain torres torres. Source TORRES BALBAS³¹⁹

Les murs sont faits en maçonnerie de pierre calcaire, et le sol du bain est fait en briques cuites disposées en arêtes de poissons. L'éclairage se fait par le biais d'ouvertures en forme d'étoiles au niveau des voûtes (photo 27).



Photo 27: De gauche à droite, les salles froide, tiède et chaude du bain torres torres. Source BALANSIYA³²⁰

³¹⁸ TORRES BALBAS, Leopoldo. El baño de Torres Torres (Valencia) y otros levantinos. *Al-Andalus*. N° XVII. 1952. p 179. <http://oa.upm.es/34293/>. Consulté le 25/11/2019.

³¹⁹ Ibid. p 180.

³²⁰ https://www.balansiya.com/xarq_torrestorres.html. Consulté le 25/11/2019.

4.5.7 Les bains arabes *de la Zubia* : (Grenade)

Situés à Grenade, et construit entre le XII^e et XIII^e siècle, les bains suivent le modèle des bains ruraux musulmans. Le bain de la *Zubia*³²¹, est déterminé par sa structure simplifiée et son caractère éminemment fonctionnel, dans lequel ressort la solidité extraordinaire de la construction. Le bain conserve encore aujourd’hui deux salles rectangulaires successives de 8.3m de long et 3m de large, et une troisième attachée transversalement, qui correspond au vestibule d’entrée dont seuls les vestiges subsistent. Cependant, ceux de la *Zubia* ont une particularité, les pièces tiède et chaude sont disposées en parallèle, comme à l’habitude, mais la chambre froide, qui n’existe plus, était située perpendiculairement à la pièce tiède³²² (Fig.52).

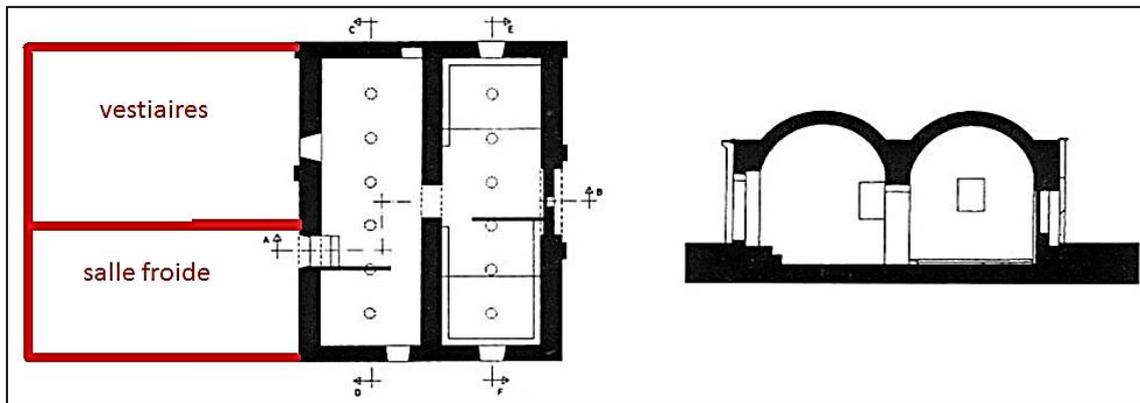


Figure 52: Plan et section des bains arabes de la Zubia. Source MARTIN GARCIA ³²³

On accède actuellement à la salle tiède directement de l’extérieur : la pièce principale, où on peut voir l’existence de casiers, qui servaient à laisser les effets personnels. Le passage à la deuxième salle se fait également par un arc. Cela correspondrait à la pièce chaude. La chaleur était diffusée par un plancher chauffant. On y voit quatre cheminées ainsi qu’un hypocauste.



Photo 28: De gauche à droite : vue sur la salle tiède et la salle chaude du bain de la Zubia. Source RINCONESDEGRANADA ³²⁴

³²¹ Qui vient du terme arabe zawiya.

³²² MARTÍN GARCÍA, Mariano. Baños árabes de la provincia de Granada : el baño de la Zubia. *Andalucía islámica*. N°IV-V. 1986. 307-315 p.

³²³ Ibid.

³²⁴ <https://rinconesdegranada.com/>. Consulté le 30/11/2019.

encore bien conservé, se compose actuellement de trois pièces : la salle froide, la salle tiède et la salle chaude. Les travaux de restauration ont également permis de récupérer toutes les autres dépendances de la salle de bain telles que la porte d'accès principale, les vestiaires ou salle d'entrée, le four et la chaufferie. Les salles froide et chaude sont couvertes de voûtes en berceau, avec des ouvertures en forme d'étoiles à six branches à l'identique de la salle tiède recouverte d'une coupole en son centre, et de voûtes en berceau qui couvraient les galeries périphériques³²⁷ (Fig.54). Les murs du bain faits de pisé, supportaient des voûtes et arcs en maçonnerie de briques (photo 29).

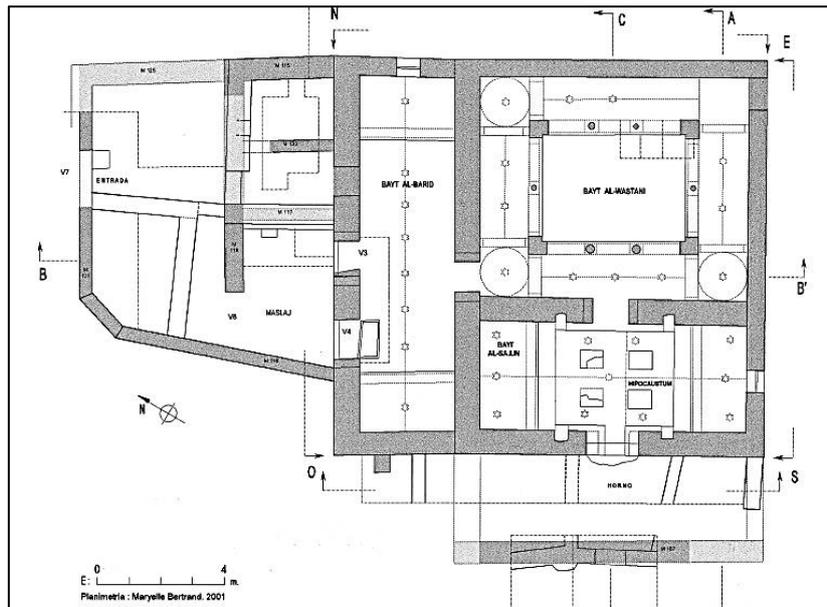


Figure 54: Plan du bain de Baza. Source BERTRAND³²⁸



Photo 29: De gauche à droite : vue sur la toiture, la salle chaude et la salle tiède du bain de Baza. Source JUNTAEANDALUCIA³²⁹

³²⁷ BERTRAND, Maryelle et al. Los banos arabes de Baza. 1a intervencion de urgencia en apoyo a la restauracion. *Anuario arqueologico de andalucia*2000. N°3(1). 2003. p 608. Consulté le 26/11/2019.

³²⁸ Ibid. p 609.

³²⁹ https://www.juntadeandalucia.es/cultura/aaicc/sites/default/files/aaicc/folleto_banos_arabes_baza_web_fra.pdf. Consulté le 26/11/2019.

4.5.10 Le bain de *Villardompardo* : (Jaén)

Les bains de *Villardompardo*, à *Jaén*³³⁰ dans le quartier de la Magdalena, ont été construits au XI^e siècle. D'une superficie de 450m², ils se composent de quatre espaces suivant une organisation centralisée. C'est la salle tiède, de forme carrée de 11,30 × 11,30m, qui agence, entre les vestiaires, la salle froide et la salle chaude. Cette dernière renferme une coupole qui repose sur des arcs en fer à cheval soutenue par huit colonnes avec chapiteaux en pierre calcaire. La salle tiède donne soit sur la salle chaude, soit sur la salle froide. La salle chaude, de forme rectangulaire, est similaire aux autres salles avec deux alcôves aux extrémités, et deux autres pièces. Sous le sol en pierre, un système d'hypocauste permet de chauffer la salle et les murs par lesquelles passent six cheminées verticales. Les vestiaires et la salle froide, sont placés perpendiculairement à la salle chaude ; la première, avec deux chambres aux extrémités, d'une surface de 14×3,80m, était recouverte au niveau du sol d'un marbre blanc. La salle froide, elle, de 11,40×3,50m bénéficie aussi de deux alcôves à ses extrémités³³¹ (Fig.55).

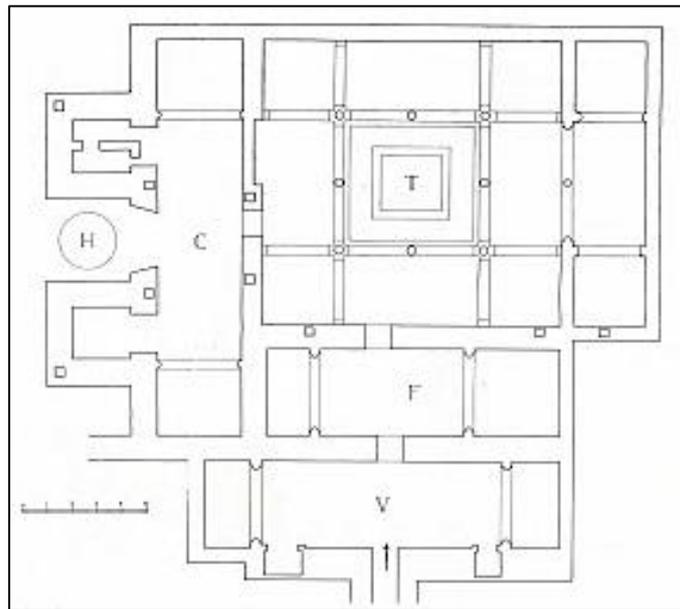


Figure 55: Plan du bain de *Villardompardo*. Source MALDONADO³³²

Le bain est doté d'arcs en plein cintre outrepassés, avec quelques traces de décoration comme des colonnades ou des peintures en ocre rouge. Les vestiaires, la chambre froide et la salle chaude sont couvertes de voûtes en berceau, percées d'ouvertures en forme d'étoiles (photo 30).

³³⁰ Jaén est une ville espagnole ainsi qu'un municipio, capitale de la province du même nom au nord-est de l'Andalousie

³³¹ PAVON MALDONADO, Basilio. Tratado de arquitectura hispano-musulmana. Tomo I. Agua. Op cite. p 310.

³³² Ibid.



Photo 30: De gauche à droite, la salle tiède, la salle froide et la salle chaude du bain de Villardompardo. Source ALAMY³³³

4.6 Synthèse sur les bains en Espagne :

- On remarque dans les premiers bains arabes au niveau de la péninsule ibérique, une continuité d'usage de la tradition balnéaire héritée des romains, mais fortement influencée par les bains byzantins³³⁴. Les espaces sont plus petits, et se résument généralement à quatre salles : vestiaires ou *bayt maslakh*, la salle froide ou *bayt el barid*, la salle tiède ou *bayt el wastani* et la salle chaude ou *bayt al sajun*, où un nouveau plan plus simple s'élabore avec une ressemblance du bain Idrisside de *Walila* ou celui de la *Kalaa des Benis Hamad*.
- Le bain devient désormais un bain de vapeur et non un bain par immersion, où la vapeur aide à la transpiration. Le bâtiment est partiellement éclairé par des lanterneaux circulaires, carrés ou en forme d'étoiles.
- Le plan général des bains d'*Al Andalus* est identique : il est constitué de trois espaces parallèles pourvues de vestiaires et des salles de service ; où l'intimité du baigneur doit être obligatoirement préservée. La majorité des bains de la péninsule ibérique présentent des murs en pisé, un matériau solide et dur, avec des cloisons de séparation en maçonnerie où les portes sont encadrées de brique.
- C. Fournier, nous fournit une typologie de huit modèles des bains d'*Al Andalus*, qui sont soit propres à une période de l'histoire, soit propres à une région spécifique (Fig.56). Les bains se répartissent dans les villes, dans les villages, ou dans les forteresses et palais, avec une ressemblance entre le bain privé et le bain public.
- L'utilisation des bains était courante parmi les différentes classes sociales, chez les monarques comme dans le reste de la ville en raison des règles de la religion musulmane. Ils étaient donc divisés en établissements privés appartenant aux palais ou aux forteresses des monarques, ou à des maisons importantes, et d'autres publics destinés à l'usage des citoyens des grandes villes comme dans les petites villes et villages³³⁵.

³³³ <https://www.alamyimages.fr/>. Consulté le 25/12/2019.

³³⁴ FOURNIER, Caroline. Les bains d'al-Andalus : VIIIe-XVe siècle. Op cite. p183.

³³⁵ KAYALI, Fawaz Kayali. La tipologia del bano arabe como edificio publico entre oriente y accediente. Op cite. p655.

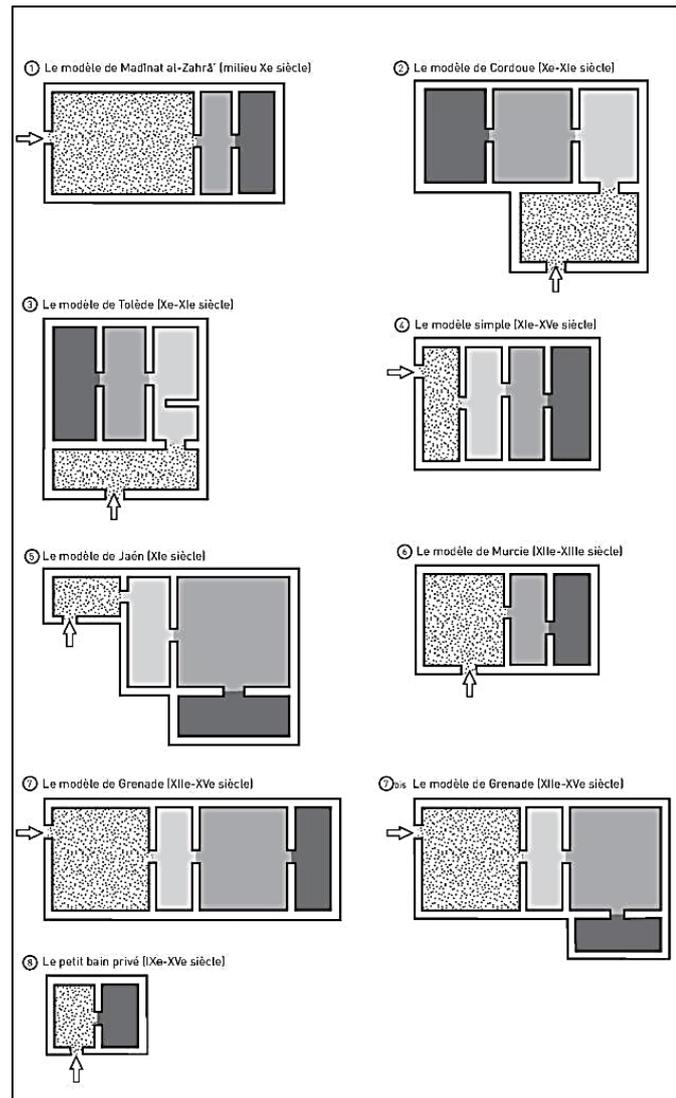


Figure 56: Modèles des bains d'Al Andalus. Source FOURNIER ³³⁶

- La zone de service, adjacente aux autres salles est primordiale au bon fonctionnement du bain. D'un côté il y a le four ou la chaudière, mitoyenne à la salle chaude et alimenté par divers combustibles comme le bois ou le fumier. D'un autre coté on pouvait trouver les salles de stockage derrière la salle chaude. La chaudière produisait de l'eau chaude, mais aussi de la vapeur qui été distribuée dans la salle chaude par le biais d'une ouverture faite dans un mur. Cette chaleur était aussi canalisée pour chauffer le sol à travers l'hypocauste, réalisé en briques réfractaires et évacuée à l'aide de cheminées.
- La typologie et les caractéristiques générales des bains musulmans hispaniques sont principalement liées au volume, à la taille et à l'utilisation de toutes les pièces qui composent ces bains.

³³⁶ FOURNIER, Caroline. Les bains d'al-Andalus : VIIIe-XVe siècle. Op cite. p155.

5 Les techniques de construction et matériaux utilisés dans les bains :

La construction des bains répond à deux besoins fondamentaux : conservation de la chaleur et imperméabilité. S'ajoute à cela les moyens et matériaux disponibles dans une zone précise.

On a vu qu'au fil de l'évolution des bains, depuis les romains jusqu'à l'ère islamique, la technique de construction est restée identique : On a vu des bains construits en blocs de pierre de taille, en pisé ou en brique avec des coupoles et voûtes conçus pour résister aux températures élevées, à l'humidité et à la vapeur. Les sols de la salle chaude sont couverts d'un revêtement en pierre ou en marbre imperméable. L'épaisseur des murs quant à elle variait selon le matériau utilisé pour son édification, ou encore de l'intégration ou non de cheminées verticales servant à l'évacuation des fumées, et allait de 40cm jusqu'à 150cm.

La plupart des bains étaient couverts de voûtes en berceau, à l'exception du cas où la salle tiède, l'élément central été ornée d'une coupole avec voûtes dans ses galeries périphériques. La voûte est l'élément parfait pour satisfaire les exigences liées à la circulation de la chaleur, mais aussi la plus adaptée aux nefs³³⁷.

6 Conclusion :

« ...Le bain islamique est le reflet de la continuité de Rome et de Byzance, et la tradition de l'architecture des bains romains semble avoir été maintenue vivante par l'islam, contrairement au christianisme. Dans les premiers siècles de leur histoire, les musulmans ne détruisent pas, mais s'adaptent, apprennent et imitent leurs prédécesseurs... »³³⁸.

Le bain est un lieu essentiel dans la vie des musulmans, et occupe avec la mosquée et le souk un emplacement central dans le quartier comme un carrefour, une rue ou une place importante. Bien qu'il soit lié à la mosquée par sa fonction religieuse directe, il se trouve quelquefois mitoyen à cette dernière, ce qui explique ses aspects fondamentaux.

Le bain antique était un établissement sportif, culturel, social, doté de nombreuses salles afin de répondre à tous ces besoins. Il s'agissait d'un équipement important qui renfermait de nombreux espaces destinés en même temps aux sportifs, et aux baigneurs. Les nombreux espaces constituant les thermes antiques, ont été avec le temps supprimés, puisqu'ils ne répondaient plus aux besoins de la population, ce fut le cas en premier lieu des bains byzantins. En effet, ces derniers qui furent une source d'inspiration pour les premiers bains islamiques, présentaient une disposition soit linéaire, soit orthogonale de quatre salles principales : l'*apodytérium*, le *frigidarium*, le *tepidarium* et le *caldarium* antique.

³³⁷ Ibid. p115.

³³⁸ SIBLEY, Magda. the pre-ottoman public baths of damascus and their survival into the 21 st century: an analytical survey. *Journal of Architectural and Planning Research*. N° 24(4). 2007. p286. www.jstor.org/stable/43030808. Consulté le 28/12/2019.

Le bain islamique fait partie, dès le début de son apparition, des équipements urbains essentiels constituant l'urbanisme d'une ville : Il s'agit d'une installation urbaine qui non seulement facilite l'accomplissement des grandes ablutions, mais qui joue également un rôle social important car elle sert de lieu de rencontre pour la société masculine et féminine.

Les bains au Maghreb et en péninsule ibérique, quant à eux, ont durant les premiers siècles de l'ère islamique hérités des anciens bains romains et byzantins, dans la forme et l'organisation. En effet, ces derniers se composaient également de quatre salles : l'*apodytérium*, le *frigidarium*, le *tepidarium* et le *caldarium*, contrairement aux bains omeyyades du Moyen Orient, où le *frigidarium* a été supprimé.

A travers les exemples étudiés à l'époque islamique, on peut conclure trois modes d'organisation différentes :

- Une organisation orthogonale : similaire aux bains omeyyades, et au deuxième type d'organisation des bains byzantins. Dans ce type d'agencement, l'*apodytérium*, forme un angle droit avec les trois autres espaces. C'est le cas des bains de *Walila*, de la *Kalaa des Benis Hamad*, d'*Oreto-Zuqueca*, des bains califaux de Cordoue, ou encore du *banuelo* de Grenade. Ces bains datent d'entre le VIII^e et le XII^e siècle.
- Une organisation linéaire et en enfilade : Les quatre salles se succèdent suivant un axe linéaire. Comme le bain du *Cárcel San Vicente*, les *bains de la Tropa*, ou encore celui de *Churriana de la Vega* à Grenade. Ces bains dataient d'entre l'IX^e et le XII^e siècle.
- Une organisation centralisée : Dans cette organisation, un nouveau schéma apparaît, où la salle tiède ou *tepidarium*, occupe l'espace central du bain autour duquel s'organisent les autres salles. On le remarque au niveau du bain de *Baza*, de *Jaen*, et des deux bains almoravides de Tlemcen et de Nedroma. Ces bains ont été construits entre le XI^e et le XIII^e siècle.

De l'extérieur il n'existait guère de différence entre une habitation et un bain, où le principe d'introversion se répétait et donc l'inexistence d'ouverture sur l'extérieur. Parmi les caractéristiques des bains de l'époque islamique on constate :

- Pas de cour pour accéder aux bains : il n'existe pas d'exemples d'accès au bain par une cour, mis à part *el banuelo* de Grenade, pourvus d'un patio.
- La première salle servait aux vestiaires, appelé *apodytérium* chez les romains et *bayt el-Maslakh* chez les arabes. C'est là où se trouvaient cintres, armoires et autres équipements permettant à l'utilisateur de laisser ses vêtements et de se préparer à entrer dans les autres pièces pour le bain. Elle servait aussi de pièce d'accueil et donc un espace intermédiaire entre la rue et le bain.
- Des latrines se trouvaient quelquefois au niveau des vestiaires.
- Le bain se composait de trois principales pièces :
 1. Salle d'eau froide. Nommée *bayt al-barid*, ce qui était équivalent au *frigidarium* romain, elle est devenue plus modeste et plus petite. Cet espace menait à la salle tiède, elle n'est plus un élément principal du bain comme ce fut le cas au temps des thermes romains. Dans quelques bains au Maghreb cet espace se trouvait confondu avec les

vestiaires : Le *frigidarium* devenu vestiaires-repos pour les baigneurs avec quelquefois un jet d'eau en son centre. C'est alors un espace qui favorise les échanges et discussions après le bain.

2. Salle d'eau tiède ou *bayt al-wastani*, comme le *tepidarium* romain. Élément important dans les bains islamiques, où des massages et lavages pouvaient être destinés aux baigneurs dans une température modérée. Inspiré du *tepidarium* romain, vaste espace parfois décoré de statues. Le *bayt al-wastani* bénéficie souvent d'un traitement architectural particulier. La salle tiède, reflète de nouvelles caractéristiques avec des typologies différentes suivant son programme d'utilisation qui demandait une telle importance et qui répondait à des objectifs hygiéniques et sociaux en raison du grand nombre de personnes regroupées dans ses murs. Elle était couverte généralement d'une voûte. Sa forme a évolué et est passée d'une salle rectangulaire et allongée à une salle carrée plus grande, et pourvue de galeries.

3. Salle d'eau chaude ou *bayt al-sajun*, le *caldarium* romain, elle remplissait une fonction principale, puisque c'est là que se déroulait le lavage à proprement parlé : Un seul espace chauffé directement par hypocauste, faisant office d'espace de bain de vapeur, où se trouvent des bassins d'eau chaude et froide avec quelques fois des niches privées.

- À côté de la salle d'eau chaude, il y avait un four et une chaudière pour chauffer l'eau et permettre à la chaleur de circuler sous le sol.
- La forme des salles était rectangulaire ou carrée.
- Les pièces étaient voûtées, et reposées sur des murs verticaux, avec des arcs en plein cintre ou brisés outrepassés soutenus par des colonnes autoportantes.
- Au moment où la salle tiède est devenue un espace important dans le bain, avec une forme carrée, une coupole ornait cet espace.
- Des ouvertures en forme de cercles, d'étoiles, ou polygonales perçaient les voûtes ou coupoles des salles afin de permettre le passage de lumière naturelle et éviter les condensations de la vapeur d'eau.
- Suppression du bain et des bassins d'immersion en raison de la rareté de l'eau, si ce n'est dans quelques bains en Égypte et en Syrie.
- Disparition de la pratique de délasserment par immersion dans les eaux chaudes et froides, d'où la suppression des bassins collectifs et individuels.
- Absence des espaces de sport toujours en continuité dans le même esprit des bains byzantins.
- Apparition dans quelques bains d'une dalle servant au massage des baigneurs, au milieu de la salle chaude.
- La construction des bains avec des murs épais et une structure solide, ce qui a rendu possible la conservation d'un grand nombre de ces bâtiments.
- Le parcours du baigneur est le plus souvent rétrograde, où des allers retours l'obligent à passer par les mêmes pièces.

Le bain vu de l'extérieur semble être un bâtiment simple, sans fenêtres et pourvu de voûtes et de dômes ; coiffé de lucarnes en forme d'étoiles, ou coniques pour le passage de lumière, créant ainsi une architecture purement intérieure.

Le bain hispano-musulman et ceux d'Afrique Du Nord, semblent quant à eux être des dérivés directs du bain byzantin, et de quelques bains omeyyades, résultant de la progression de l'islam d'est en ouest. Les rituels d'ablution qui sont assignés aux musulmans ont fait que le bain est lié quelquefois directement à la mosquée, où le binôme mosquée-hammam est présent dans l'espace urbain musulman. S'ajoute à cela une évolution vers une fonction sociale qui ne peut être séparée de la fonction des thermes romains, et c'est donc un double volet religieux et socioculturel qui caractérise le bain islamique.

Dans le chapitre suivant, nous aborderons notre cas d'étude, à savoir le bain d'Agadir ; en commençant d'abord par une présentation générale du site et du monument, ensuite en présentant ses caractéristiques matérielles, fonctionnelles, et en analysant les interventions effectuées dans le passé.

Chapitre III

Présentation du bain d'Agadir

1 Introduction :

Dans le cadre de la restitution numérique de notre cas d'étude, et dans l'objectif d'utiliser les techniques modernes de relevés du patrimoine culturel bâti, nous avons opté pour le site historique d'Agadir à Tlemcen, plus exactement celui de l'ancien bain du même nom.

Le quartier d'Agadir est connu pour être la zone la plus ancienne de la ville de Tlemcen. Située à 800m d'altitude, la ville a toujours eu un cachet particulier et un rôle prépondérant dans le développement économique, culturel, religieux et politique ; elle est ainsi devenue un lieu d'habitat idéal et un lieu d'échanges actif dû à sa situation de carrefour. Comme souvent cela a été mentionné, c'est bien la présence de l'eau à Tlemcen qui a conditionné son existence, *El Abdari* qui visita la ville au XIII^e siècle, nous apprend que : « *des vignobles et des vergers forment une écharpe verdoyante autour de Tlemcen* », et Ibn Khaldoun la décrit comme : « *...une ville réputé entre les villes ; son climat est délicieux, ses eaux sont agréables à boire, son sol couvert d'une luxuriante végétation* »³³⁹.

A travers ce chapitre on va d'abord présenter le site d'Agadir dans sa globalité, afin de mieux cerner le développement de la zone, mais aussi faire une présentation par rapport au territoire national. Le patrimoine de chaque région ou ville, fait aussi partie du patrimoine national qui doit être connu de chacun de nous.

On abordera par la suite le bain d'Agadir, en présentant ses caractéristiques physiques, fonctionnelles, et l'ensemble des travaux de fouilles et de restauration entreprises durant ces dernières années. On montrera aussi les désordres, l'état du lieu actuel et les aléas auxquels est soumis aujourd'hui le site.

Dans le cadre de sa préservation et mise en valeur, nous, en tant que chercheurs allons proposer une maquette virtuelle du bain, afin d'essayer de répondre à certaines interrogations.

Les monuments historiques en Algérie, ne bénéficient que rarement de travaux de restauration, où on doit agir directement sur les vestiges en faisant appel à de gros moyens humains et financiers. En proposant une restitution numérique du bain, nous allons pouvoir valoriser le site, le préserver, mais aussi avancer dans la recherche scientifique sur les bains islamiques à Tlemcen et en Algérie.

2 La situation géographique :

Le site historique d'Agadir, qui comprend la mosquée, le bain et quelques fragments de murailles anciennes, se trouve au niveau de l'ancien quartier Agadir à Tlemcen, au nord-est de la ville.

³³⁹ KHELIFA, Abderrahmane. Tlemcen. Capitale du Maghreb central. Edition colorset. Alger. 2011. p13-18.

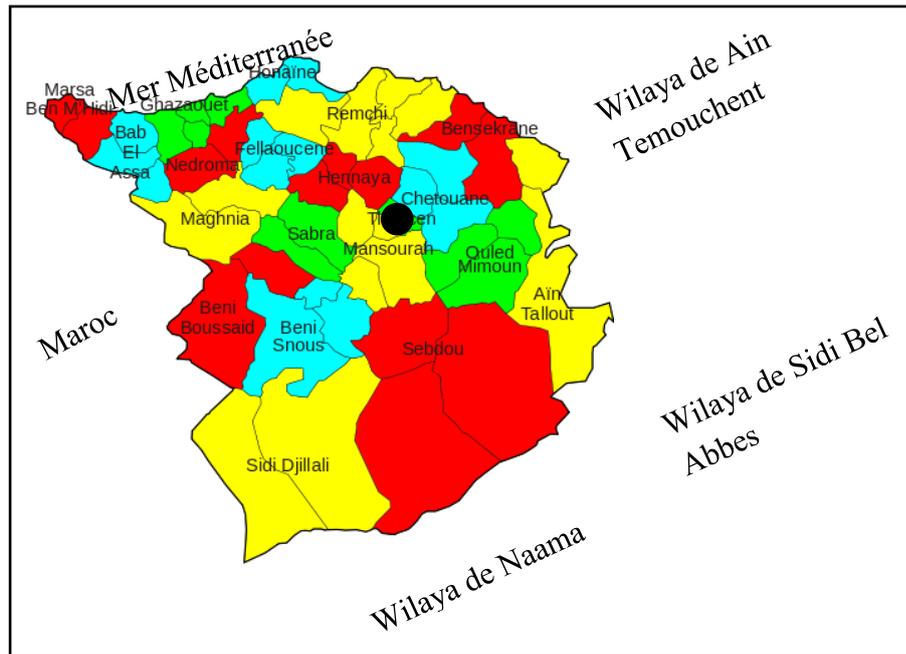


Figure 58: Situation de la commune de Tlemcen par rapport à la wilaya. Source WIKIPEDIA traité par l'auteur ³⁴¹

La commune de Tlemcen est le chef-lieu de la wilaya, et est enserrée entre les villages d'*El Eubbad* à l'est et de Mansourah à l'ouest. La haute plaine de Tlemcen se caractérise par la fertilité du terroir, les mélanges des sols, la densité des arbres mais aussi leur diversité (on y trouve vergers, oliveraies, jardins potagers et vignobles). La générosité du territoire a permis, depuis longtemps, l'occupation humaine du site³⁴².

La situation géographique de Tlemcen lui confère un climat tempéré méditerranéen avec un hiver ouvert aux dépressions maritimes venant du nord et de l'ouest, et un été désertique provoquant une chaleur persistante durant toute la saison. Ces dernières années la commune est sujette à des étés humides dus à l'édification aux alentours de barrages et donc de retenues d'eaux. La température moyenne annuelle à Tlemcen est de 16.0 °C et sur l'année, la précipitation moyenne est de 484 mm³⁴³.

L'économie de la wilaya repose essentiellement sur le secteur agricole, commercial mais aussi touristique et culturel qui occupe une place très importante au niveau local mais aussi national. En effet, on trouve à Tlemcen 5 hôtels classés et 9 autres hôtels en voie de classement, en plus d'une ancienne médina qui regroupe un nombre important de monuments de tous genres et de toutes époques³⁴⁴. Elle recèle aussi d'autres nombreuses potentialités touristiques naturelles

³⁴¹ https://fr.wikipedia.org/wiki/Da%C3%AFras_de_la_wilaya_de_Tlemcen. Consulté le 03/09/2019.

³⁴² KHELIFA, Abderrahmane. Tlemcen. Capitale du Maghreb central. Op cite.

³⁴³ <https://fr.climate-data.org/>. Consulté le 05/09/2019.

³⁴⁴ KHERBOUCHE, Soumia. Promouvoir l'image d'une ville historique pour une mise en tourisme culturel durable-Cas de la ville de Tlemcen-. *Thèse de doctorat en architecture*. Université de Tlemcen. 2019. p133.

comme les cascades d'*El Ourit* ou encore le plateau de *Lalla Setti* (photo 31). Il est aussi important de signaler aussi d'autres potentialités qu'offrent les autres communes avoisinantes.



Photo 31: Vue sur les cascades d'El Ourit. Source auteur mars2020.

Ancienne capitale du Maghreb central, Tlemcen a pu tirer profit de sa situation géographique et mêler différentes influences romaines, berbères, arabes, hispano-mauresques, ottomanes...etc.

2.3 La situation du quartier d'Agadir :

Le quartier d'Agadir se trouve au nord-est du chef-lieu de la wilaya, le quartier a beaucoup changé au fil des siècles et renferme les plus anciens monuments de la ville. Il est limité au sud et au sud-est par l'oued *Metchkana*, qui servait de fossé naturel. Au nord et à l'est, il est limité par des murailles en pisé.

Tlemcen, mot berbère qui signifie « sources » est un site antique qui portait le nom d'Agadir et de Pomaria. En effet, *Pomaria – Agadir*, constitue le premier chapitre de l'histoire de la ville (c'est l'actuel quartier d'Agadir au nord-est de la ville). Les romains en font une cité militaire et de surveillance et lui attribue le nom latin de Pomaria qui signifie "vergers", sans doute en référence à la plaine fertile qu'elle domine³⁴⁵. De cette cité les seuls vestiges qui subsistent sont des pierres tombales enchâssées dans la structure du minaret d'Agadir (photo 32).

Le site est classé parmi les sites historiques par arrêté du 01/02/1982, après avis favorable de la commission nationale des monuments et sites historiques tenu le 27/12/1978³⁴⁶.

³⁴⁵ OUSSADIT, Imène. Impacts de la réhabilitation et la revalorisation des fondouks sur le devenir des médinas-cas de la médina de Tlemcen-. Op cite. p96.

³⁴⁶ <https://www.joradp.dz/JRN/ZF1982.htm>. Journal officiel N° 18 du 04/05/1982.

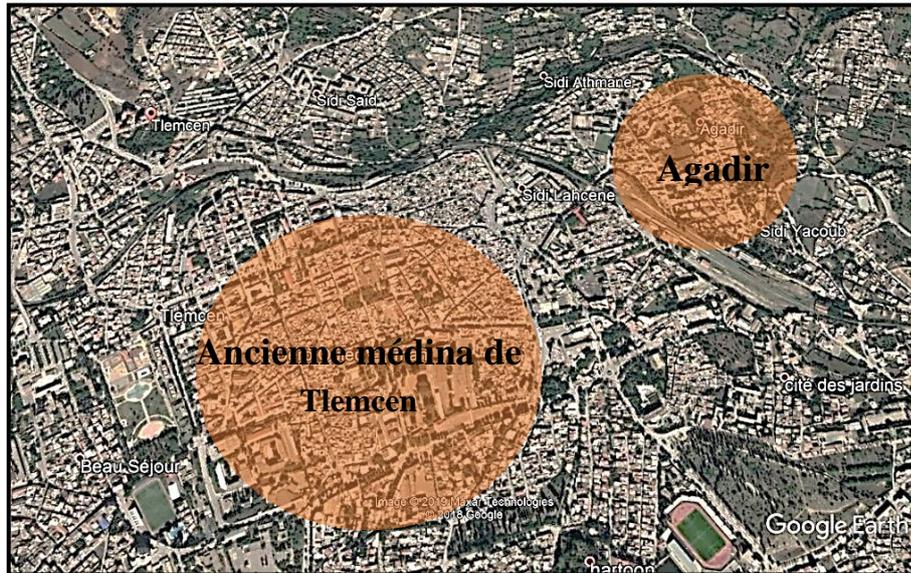


Figure 59: Situation du quartier d'Agadir par rapport à l'ancienne médina. Source GOOGLE EARTH traité par l'auteur

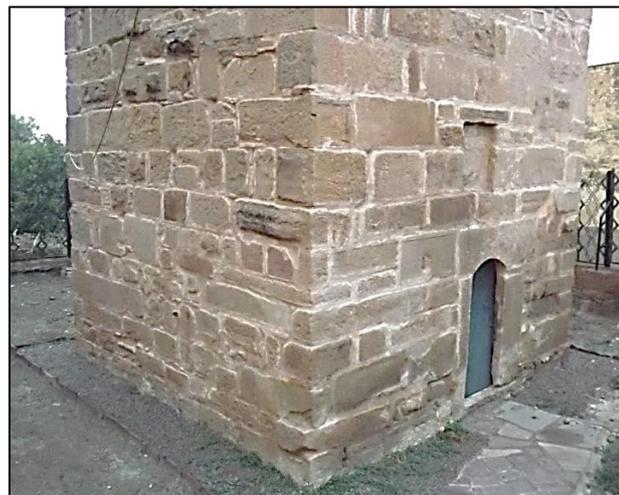


Photo 32: Base du minaret de la mosquée d'Agadir fait de pierres romaines. Source auteur octobre 2018

2.4 La situation du bain d'Agadir :

Le bain extra muros se situe au nord-est de la ville, dans l'ancien quartier d'Agadir ; plus exactement à proximité de l'ancienne mosquée Idrisside : à 45m de son minaret, et à 830m de la porte Sidi Boumediene au nord-est de la médina de Tlemcen.

C'est en empruntant la route qui passe sous l'ancien chemin de fer et qui mène vers l'ancienne mosquée d'Agadir, que se trouve le bain du même nom dans un site légèrement accidenté.

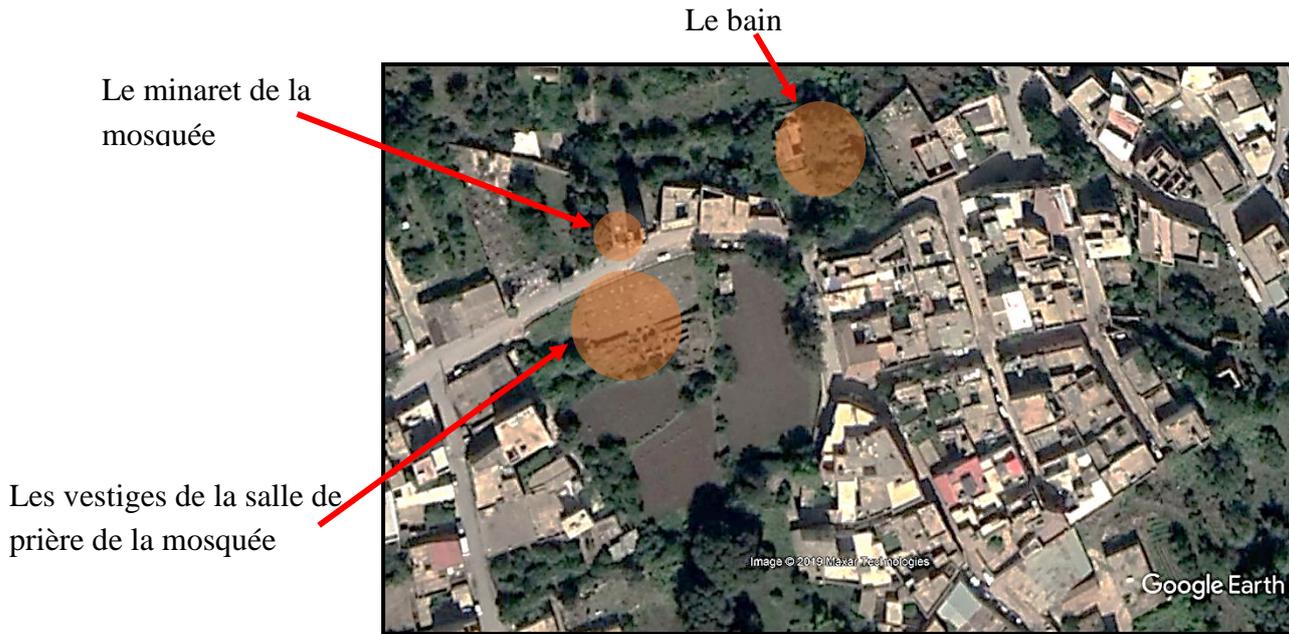


Figure 60: Situation du bain d'Agadir. Source GOOGLE EARTH traité par l'auteur

Le bain se trouve quant à lui entouré de terrains agricoles et d'habitations individuelles.

3 La présentation du site :

3.1 La wilaya de Tlemcen et son patrimoine :

La wilaya compte 56 biens culturels immobiliers classés, et 2 secteurs sauvegardés³⁴⁷. Parmi les sites on compte :

Sites préhistoriques :

- Les sites de *Mouillah* (Maghnia), du lac Karrar (Remchi ex Mongtagnac) et *Ghiran Errih* (faubourg d'Ouzidan).
- Les grottes d'*El Kalaa* (ou grottes de Boudghene).

Sites antiques :

- La garnison romaine de *Pomaria* (l'actuel Agadir).
- L'antique cité romaine d'*Altava* (actuel Ouled El Mimoun).
- L'ancienne capitale numide de *Siga*.
- Le site antique de *Numerus Syrorum* (actuel Maghnia).

Sites médiévaux :

- 34 mosquées sont inventoriées sur la wilaya :

³⁴⁷ <https://www.m-culture.gov.dz/index.php/fr/liste-des-biens-culturels>. Consulté le 10/09/2019.

- La commune de Tlemcen compte 19 mosquées de quartier et 8 mosquées à l'échelle de la ville.
 - La commune de Nedroma compte 4 mosquées.
 - La commune de Beni Snous compte 3 mosquées.
- On dénombre à Tlemcen 11 portes dont 5 existent toujours ainsi que 2 tours.
 - La wilaya compte 12 mausolées :
- 4 Tlemcen en compte 10.
 - 5 1 pour Nedroma en compte 1.
 - 6 1 pour la commune de Terny.
- Tlemcen compte 4 fours banaux ou *ferranes*.
 - On dénombre à Tlemcen 14 bains ou *hammams* et Nedroma compte un bain maure.
 - La commune de Tlemcen compte 7 *fondouks*.
 - La wilaya comporte aussi d'autres monuments, on cite à titre d'exemples :
 - Le grand bassin, le complexe de *Sidi Boumediene*, ou encore des murailles dans la commune de Tlemcen.
 - Un moulin dans la commune de Sebdou.
 - Un port dans la commune de Honaine³⁴⁸.

3.2 Aperçu historique sur le quartier d'Agadir :

L'importance du site, son occupation au fil des siècles et son histoire ont été cités dans différentes sources et ouvrages. On cite à cet effet comme exemple le texte de l'auteur de « *al-Istibzar* » qui dit : « *Tlemcen est une grande et ancienne ville où de nombreux restes de monuments antiques attestent qu'elle a servi de capitale à des peuples qui ne sont plus...* »³⁴⁹.

Ancienne *Pomaria*, le site est occupé dès le II^e siècle après JC par un campement militaire romain ; quelques pierres de taille gisant sur le site nous fournissent quelques informations sur *Pomaria*. Cette appellation est due sans doute à la plaine fertile qui dominait le site, et qui donna naissance à une cité qui aura un rôle de surveillance des confins de la Maurétanie et qui constitua le premier chapitre de l'histoire de Tlemcen. Beaucoup d'inscriptions trouvés dans la province de Tlemcen furent détruites, et réutilisés ailleurs, Gsell mentionne la présence de ruines romaines à Sidi Hamed, ancien quartier de Tlemcen³⁵⁰.

En 429 une principauté berbère, le royaume des Zénètes³⁵¹ s'installa autour de *Pomaria*, et lui attribua le nouveau nom d'*Agadir* qui signifie "rocher", "fort" ou bien même "citadelle". Selon

³⁴⁸ Office de Gestion et d'Exploitation des Biens Culturels à Tlemcen.

³⁴⁹ FAGNAN, Edmond. L'Afrique septentrionale au XII^e siècle de notre ère description extraite du "Kitab-el-Istibzar". *recueil de notices et mémoires de la société archéologique de Constantine*. N°33. 1899. 115-116 p.

³⁵⁰ KHELIFA, Abderrahmane. Tlemcen. Capitale du Maghreb central. Op cite. p47.

³⁵¹ Les Zénètes représentent un ensemble de tribus berbères qui sont à l'origine de nombreuses dynasties au Maghreb : les Ifrenides, les Mérinides, les Zianides...

Ibn Khaldoun, la cité resta entre les mains des tribus Ifrenides jusqu'au VIII^e siècle, et joua un rôle important dans la conquête de la péninsule ibérique³⁵².

C'est à la suite de nombreux événements qui secouèrent la ville, et après deux siècles d'histoire encore peu connue que cette dernière allait connaître son apogée et faire son entrée dans l'histoire du Maghreb central. Au VIII^e siècle, la ville est sous suzeraineté Idrisside en raison de la soumission des Ifrenides et des Maghroua à Idrîs I^{er}. A cette période et pour des raisons sécuritaires, on va construire des portes et des remparts pour lutter contre l'invasion des Fatimides et des Omeyyades andalous, ainsi que l'édification de la mosquée d'Agadir. Les tours et portes ont souvent un soubassement en pierre de grand appareil romain, soit qu'une muraille existait déjà sous la période romaine ou que des matériaux antiques aient été réemployés³⁵³. Le minaret de la mosquée fut lui construit entre 1239 et 1282, par les Abdalwadides sous l'ordre de Yahia Yaghmoracene, en plaçant dans le mur des pierres de taille avec des inscriptions latines toujours apparentes³⁵⁴. De la mosquée il ne subsiste aujourd'hui que quelques pans de muraille, avec des inscriptions latines trouvées au niveau de la niche du mihrab. D'après *El Bekri* dans son *Messalik* : « *Agadir est une ville entourée de murs, située au pied d'une montagne, elle a cinq portes, dont trois dans le midi (sud) Bab El Hmam, Bab Wahb, Bab El Khoukha, une dans l'ouest Bab Ali Kora, et une à l'est Bab Al Akba* »³⁵⁵.

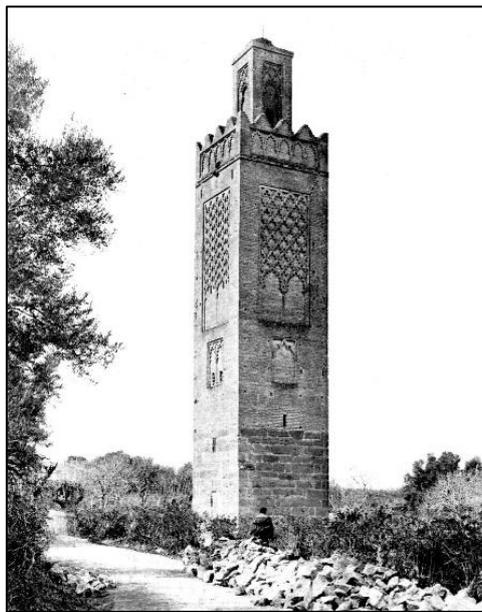


Photo 33: Minaret de la mosquée d'Agadir. Source ZAOUI ³⁵⁶

³⁵² IBN KHALDOUN, Abd-Er-Rahman. Histoire des Berbères et des dynasties musulmanes de l'Afrique septentrionale. Tome 3. Traduite de l'arabe par M. le baron de Slane. Imprimerie du Gouvernement. Alger. 1856. 544p.

³⁵³ MARÇAIS, Georges. Tlemcen. Editions du Tell. Blida. 2003. p12.

³⁵⁴ BEL, Alfred. fouilles faites sur l'emplacement de l'ancienne mosquée d'agadir 1910-1911. *Revue africaine*. N°57. 1913. p30.

³⁵⁵ KHELIFA, Abderrahmane. Tlemcen. Capitale du Maghreb central. Op cite. p206.

³⁵⁶ ZAOUI, Koussay. <http://tlemcenetandalouspromis.blogspot.com/>. Consulté le 10/09/2019.

Les Idrissides régnèrent sur la ville durant 140 ans, de 790 à 931, jusqu'à l'arrivée des Fatimides en 931 qui allait détrôner le gouverneur Idrisside. Ensuite en 955, la ville fut enlevée aux Fatimides par les troupes d'Abdel Rahmane, roi de Cordoue. En 1080, et avec l'installation des Almoravides, dynastie berbère Sanhadjienne, l'extension de la ville se fait vers l'ouest et c'est la nouvelle ville de *Tagrart* qui voit le jour et annexe le vieux quartier d'Agadir. Le quartier était encore très peuplé au quatorzième siècle, mais les guerres qui secouèrent la ville ont poussé les habitants à aller se réfugier dans la nouvelle citadelle construite à *Tagrart* ³⁵⁷.

Les conditions naturelles du terrain et de son environnement furent savamment exploitées, ainsi, ce plateau était bordé par oued *mechkana* au Sud et à l'Est. Ensuite nous avons un escarpement au Nord qui donne lieu à un accès naturellement difficile, sans parler de la visibilité avantageuse.

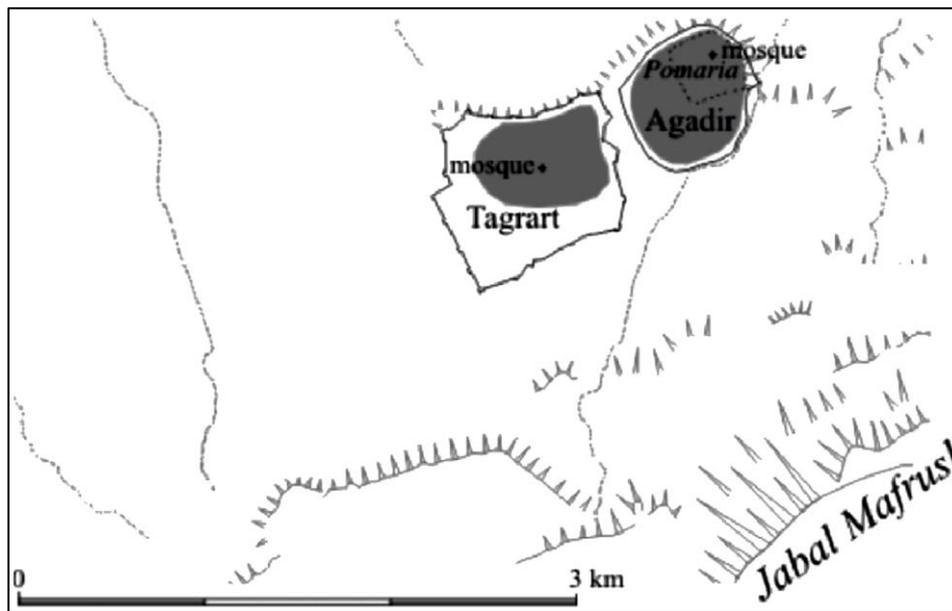


Figure 61: Plan d'AGADIR et de TAGRART à l'époque Almoravide. Source SELKA ³⁵⁸

Aujourd'hui le quartier est occupé par des jardins, des habitations et les bâtiments de la gare. Il serait presque impossible d'y trouver des traces de la ville antique, ni Idrisside. Il n'en reste que les remparts avec leurs créneaux et leurs vieilles tours : qui subsistent au sud-est, au sud, au nord et au nord-est, et deux portes : ruines de *Bab al Aqba* à l'Est, et *Bab ar Rawah* au Nord-Ouest (photo 34). A l'intérieur du site, les vestiges de la mosquée avec son minaret et le bain sont encore visibles.

³⁵⁷ BARGES, Jean-Joseph-Léandre. Tlemcen ancienne capitale du royaume de ce nom. Editeur القافلة. Alger. 2011. p176.

³⁵⁸ SELKA, Chihab. Evolution de l'architecture défensive de Tlemcen à l'époque médiévale : techniques, matériaux et critères d'intervention. Thèse de doctorat en architecture. Université de Tlemcen. 2019. p63.

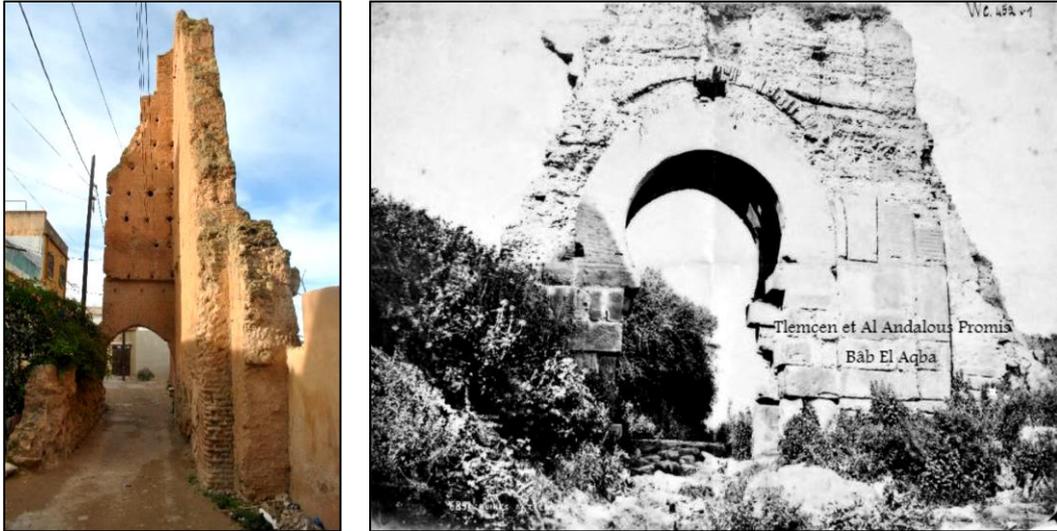


Photo 34: De gauche à droite : Bab ar Rawah et Bab al Aqba aujourd'hui disparus. Source SELKA ³⁵⁹

4 Les bains publics à Tlemcen :

4.1 Introduction :

Tlemcen située au croisement entre deux des voies les plus importantes du Maghreb, la route est-ouest et la route nord-sud, qui fut si longtemps la route de l'or, fait figure de métropole religieuse et culturelle. Elle dispose d'un patrimoine historique, culturel et économique très riche et diversifié que nous devons mettre en valeur et préserver : Le cosmopolitisme de la ville lui vaut sa richesse et la diversité de son patrimoine. Par sa position géographique stratégique, par la nature très douce de son climat due à l'altitude, et par son hydrographie généreuse, Tlemcen a toujours été un lieu d'habitat idéal, un lieu d'échange actif dû à une situation de carrefour. La ville connut le passage de nombreuses civilisations, qui firent d'elle, une citadelle de garde, de surveillance, une fois même une capitale d'état³⁶⁰.

Parmi les nombreux monuments historiques que recèle la ville, et qui ont marqué l'histoire et l'importance de cette dernière, on compte les bains traditionnels ou hammams, qui font partie de cet héritage. Ces édifices si caractéristiques sont un élément majeur du patrimoine bâti de la médina. Jadis élevé au rang d'une mosquée ou d'un four, le hammam jouissait d'une grande importance dans le tissu urbain.

³⁵⁹ Ibid. p162-171.

³⁶⁰ Tlemcen. Collection "art et culture". Editeur ministère de l'information. Alger. 1971. p11.

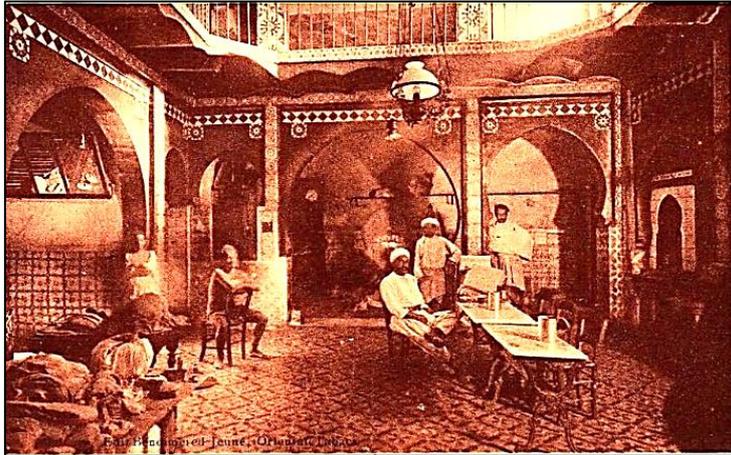


Photo 35: Photo d'un ancien hammam à Tlemcen. Source ZAOUI³⁶¹

Aujourd'hui le corpus des bains publics à Tlemcen s'élève à 14 bains, qui se répartissent dans ses différents quartiers, allant du quartier ancien d'Agadir en Est jusqu'au quartier de *Bab el Hdid* à l'ouest. Les hammams ont joué dans le passé de la médina un rôle prééminent dans l'activité sociale, culturelle mais aussi économique. La fréquentation des bains est un phénomène ancien qui a fait son apparition dès l'avènement de l'islam au Maghreb central, avec une religion qui prône la propreté, l'ablution totale et l'hygiène du corps. Il prit donc une signification religieuse et devint dans certains cas une annexe à la mosquée, comme hammam Agadir à proximité de l'ancienne mosquée Idrisside d'Agadir ou encore hammam *El Eubbed* à proximité du complexe mérinide de Sidi Boumediene.

La datation de certains bains demeure indéterminée, vue qu'aucune étude détaillée ne fut réalisée sur les bains de l'ancienne médina de Tlemcen. La carte ci-dessus regroupe les bains que nous avons recensés au niveau de l'ancienne médina de Tlemcen (Fig.62) ; Un recensement effectué en premier lieu sur la base d'un travail accompli entre étudiants, enseignants et l'ANAT³⁶² à l'université de Tlemcen en 2004 dans le cadre d'une enquête sur la médina, où seulement quelques bains ont pu être inventoriés à l'époque. En second lieu, d'autres bains ont été rajoutés à la liste initiale à la suite des visites qu'on a effectué au niveau de la médina dans le cadre de la manifestation "Tlemcen capitale de la culture islamique en 2011" avec l'aide des habitants de la ville et du quartier³⁶³.

On peut citer à cet effet : hammam *Es Sabaghine*, hammam *El Hofra*, hammam *Salah*, hammam *Bab Ali*.... La majorité des plus vieux bains de la ville se concentrent au niveau du vieux quartier de *Bab Zir* (ancien quartier de *Tagart*), fondé au XI^e siècle sous le règne des Almoravides. D'autres bains ont fait depuis leur apparition avec l'évolution et l'étalement de la ville vers l'ouest, comme c'est le cas du hammam *Slimane* ou du hammam *Mami*. Malheureusement rares

³⁶¹ ZAOUI, Koussay. <http://tlemcenetalandalouspromis.blogspot.com/>. Consulté le 10/09/2019.

³⁶² Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire à Tlemcen.

³⁶³ Travaillant au sein de l'OGEBEC Tlemcen, on a pu recenser en 2010 tous les anciens monuments de la médina de Tlemcen, y compris les bains maures.

sont les bains traditionnels qui n'ont pas subi de modifications ou de remaniements au niveau de leur structure, et de leurs espaces, s'ajustant à l'évolution du mode de vie.

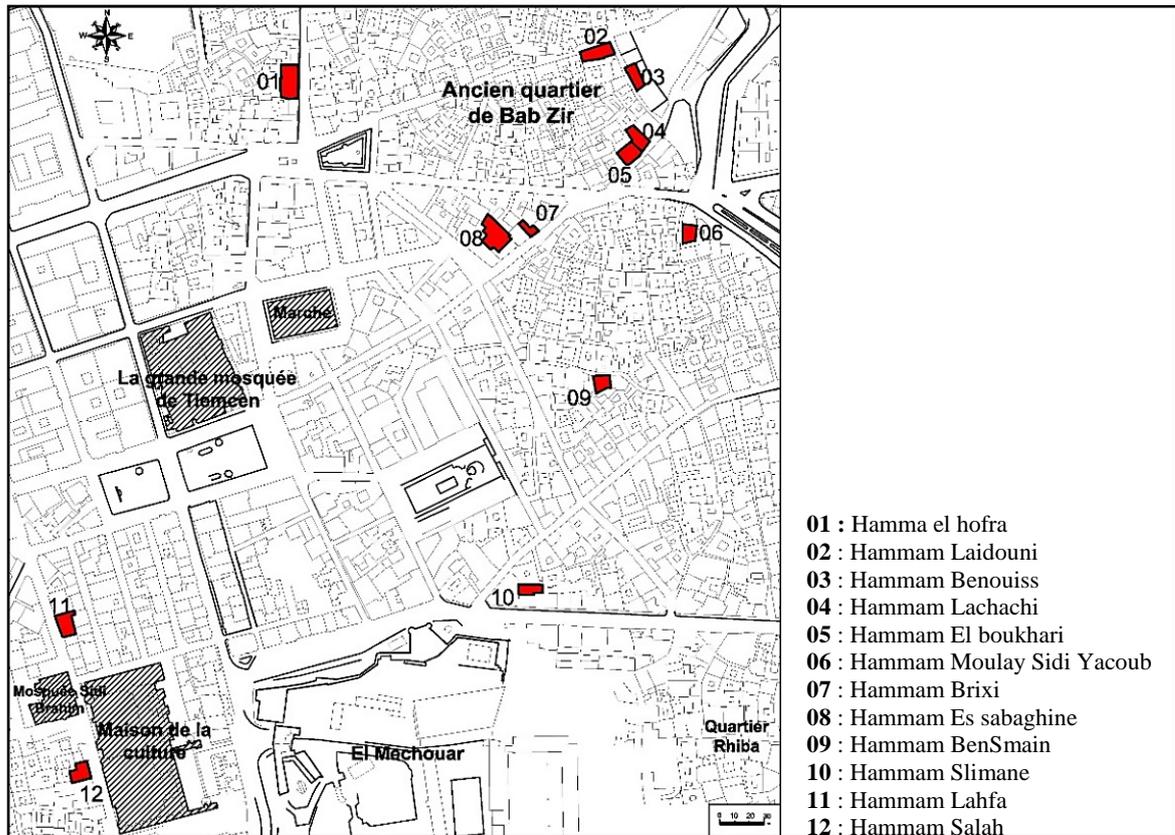


Figure 62: Carte de situation des bains à Tlemcen. Source auteur

Deux autres hammams traditionnels existent à Tlemcen ; un de ces bains, notre cas d'étude, se trouve au niveau du plus vieux quartier de Tlemcen, le quartier d'Agadir (ancienne *Pomaria* au côté nord-est de la ville) et est partiellement en ruine (Fig.63). L'autre bain se trouve au niveau de l'ancien quartier d'*El Eubbed* (au sud-est de la ville), à proximité du complexe méridine de *Sidi Boumediene* (Fig.64). Les hammams tiraient leurs noms soit du nom de leur propriétaire, soit du quartier dans lequel ils se situaient ou encore d'une ruelle adjacente au bain.



Figure 63: Situation du bain d'Agadir. Source auteur

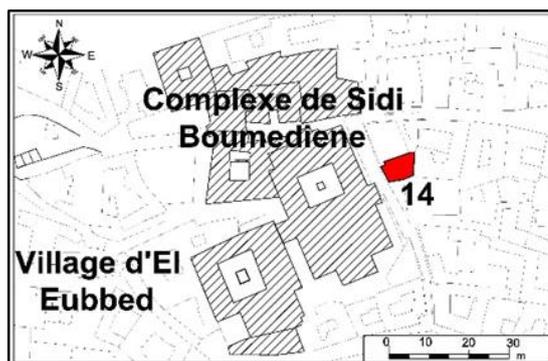


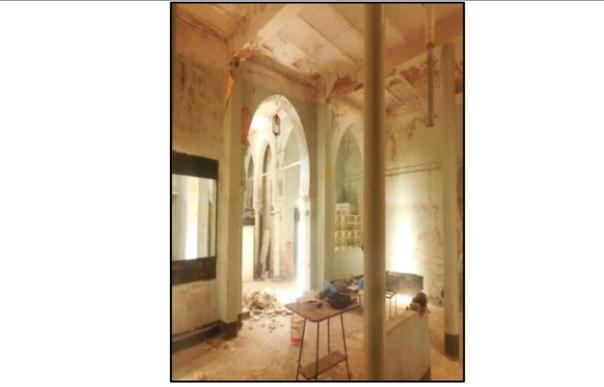
Figure 64: Situation du bain de sidi Boumediene. Source auteur

4.2 Etat actuel des bains :

Comme déjà mentionné précédemment, nos connaissances et informations sur les bains de l'ancienne médina de Tlemcen sont très limitées et inégales, en raison des sources d'informations disponibles, et de l'état de conservation de l'édifice. N'étant pas l'objectif de notre recherche, un inventaire complet de chaque bain n'a pas été dressé, mais nous sommes surtout penchés sur notre cas d'étude et les bains qui disposent de sources matérielles et historiques riches.

Quelques travaux de master et de magister ont traité les bains à Tlemcen, mais en établissant seulement des descriptifs de leur état actuel, dans le but de leurs mises en valeur, ou de leurs ajouts dans les listes d'inventaire ou de classement. Citons à titre d'exemples, le mémoire de magister de Gouri, où il établit des descriptifs de 5 bains sur les 14 existants, se trouvant dans la même zone géographique (quartier de *Bab Zir*), sur la base des vestiges architecturaux *in situ*.

Nom de bain	Etat actuel	Photo
Hammam El Hofra	Fermé	

<p>Hammam Laidouni</p>	<p>Fermé</p>		
<p>Hammam Benouiss</p>	<p>Fermé</p>		
<p>Hammam Lachachi</p>	<p>Fermé</p>		
<p>Hammam El Boukhari</p>	<p>Ouvert</p>		

<p>Hammam Moulay Sidi Yacoub</p>	<p>Ouvert</p>	
<p>Hammam Brixi</p>	<p>Ouvert</p>	
<p>Hammam EsSebaghine</p>	<p>Fermé</p>	
<p>Hammam Bensmaine</p>	<p>Fermé</p>	
<p>Hammam Slimane</p>	<p>Ouvert</p>	

Hamмам Lahfa	Ouvert	
Hamмам Salah	Fermé	
Hamмам Agadir	Partiellement En ruine	
Hamмам Boumediene	Sidi Fermé	

Tableau 5: Récapitulatif des bains à Tlemcen. Source auteur

5 Présentation du cas d'étude, le bain d'Agadir :

5.1 Le contexte historique :

Dans la phase qui suit, nous avons consulté tous les ouvrages, toutes les publications, ainsi que les rapports de fouilles concernant le bain. La date de fondation du bain n'est attestée dans aucun document, annexé à la mosquée Idrisside d'Agadir, certains auteurs la rattachent à la même période. Le bain a été mentionné pour la première fois dans la littérature en 1908 par

Alfred Bel³⁶⁴, où l'auteur cite le bain brièvement : « ...il existe encore quelques vestiges d'un ancien bain maure, dont l'emplacement est marqué par des pans de mur en pisé. L'étuve rectangulaire est bien conservée, avec son toit en forme de voûte en plein cintre. Des tuyaux en terre cuite, retrouvés récemment dans les jardins voisins devaient amener l'eau courante à ce bain maure ». C'est seulement en 1910 et en effectuant des fouilles sur l'ancienne mosquée d'Agadir, que l'auteur donna une description plus détaillée du bain qui jusqu'alors été passé inaperçu et n'avait attiré l'attention des archéologues.

Un relevé exact des constatations faites sur le bain a été établi par l'auteur sans avoir eu recours à des fouilles. Les ruines du bain comprenaient ainsi 3 espaces distincts : une première salle voûtée en berceau encore bien conservée, la deuxième salle où ne subsistent que les murs et une partie de la voûte en berceau qui la recouvrait, et enfin quelques vestiges de murs en pisé. Un plan de la zone fouillée par Bel, qui comprend mosquée et bain a été publié dans la revue africaine.

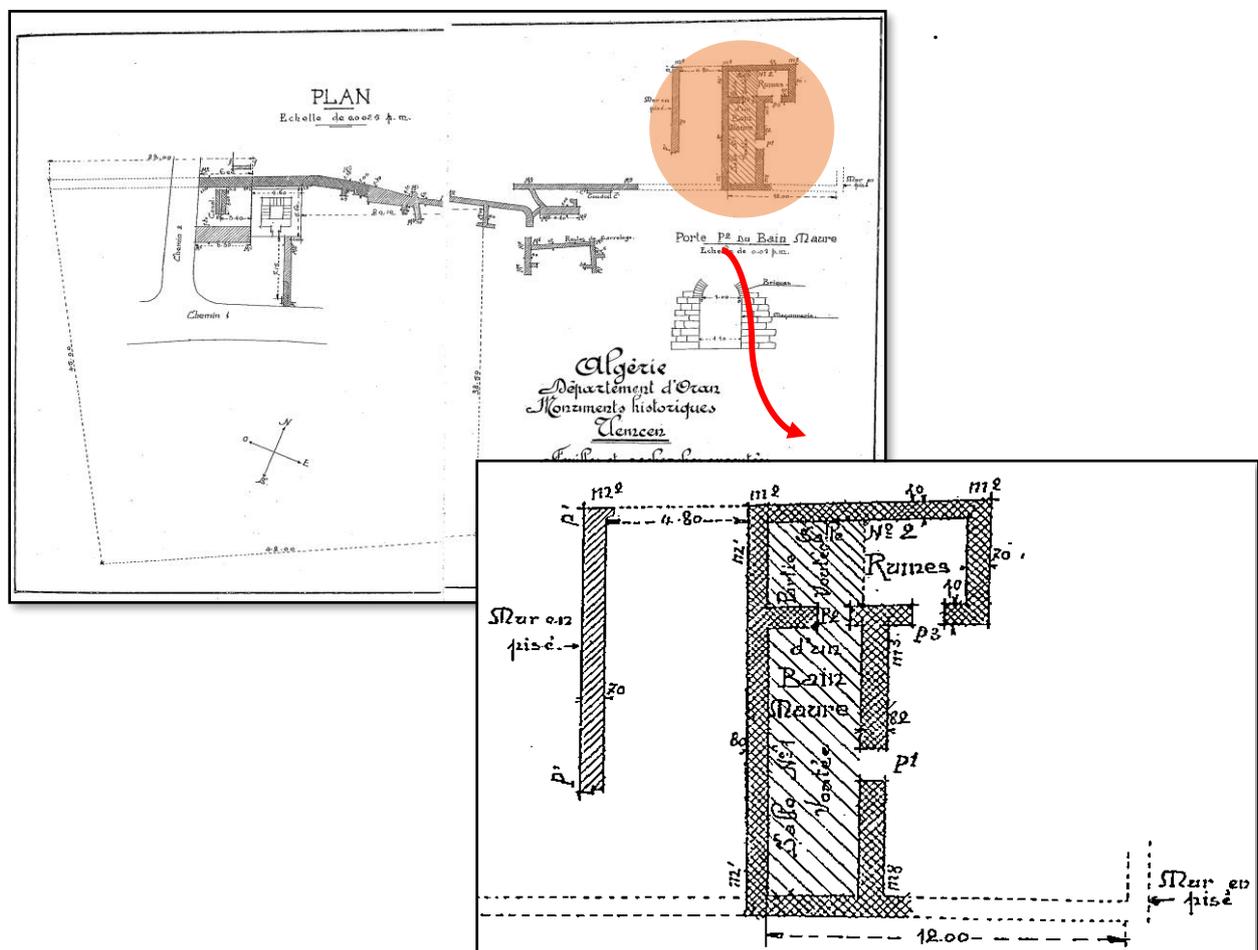


Figure 65: Plan de fouilles de la mosquée d'Agadir et du bain. Source BEL³⁶⁵

³⁶⁴ Bel, Alfred. Guide illustré du tourisme. Tlemcen et ses environs. Editeur L. Fouque. Oran. 1908. p96.

³⁶⁵ BEL, Alfred. fouilles faites sur l'emplacement de l'ancienne mosquée d'agadir 1910-1911. Op cite. p 33.

En conclusion, Bel rappelle que les vestiges représentent un bain très ancien annexé vraisemblablement à la mosquée, et où un fragment d'un canal en brique alimentait des latrines, qui n'ont pas été localisées, et amenant en même temps l'eau vers le bain.

5.2 Présentation des structures du bain en place :

Le bain, construit sur une superficie de 243m², est limité par des habitations et des terres agricoles. Approximativement orthogonal de 16×15,20m, il se compose aujourd'hui de 3 espaces avec des épaisseurs de murs qui varient aujourd'hui entre 2,10m ; 1,30m et 1,40m.

La première salle couverte par une voûte d'une surface de 27m², est celle la mieux conservée, et communique avec les autres espaces par le biais de 3 portes (P1, P2 et P3). Avec une hauteur sous plafond de 3,20m, la hauteur de ses murs extérieurs est de 3,25m, et celle des portes varient : la porte P1 :1,55m, la porte P2 :1,80m et la porte P3 :1,85m. Il est difficile de déterminer la hauteur primitive de la salle à cause du comblement qui y eut lieu. Cette salle trouvée abandonnée pendant la visite de A. Bel en 1911 aurait servi d'écuries. Cependant A. Bel parle de trous aménagés dans le plafond qui auraient servi à éclairer l'espace, et d'un enduit à la chaux dont il restait quelques traces à l'époque. Autre remarque, c'est l'apparition aujourd'hui d'une nouvelle porte (la porte P2), qui n'existait pas avant au niveau du plan établi par Bel : c'est probablement une porte qui a dû être ajoutée par la suite. Cette dernière comporte un couronnement en brique pleine, et est plus haute que la porte primitive P1.

La deuxième salle perpendiculaire à cette dernière, plus petite, sans couverture aujourd'hui, et qui présente une surface de 21,25m², aurait servi selon A. Bel à une autre étuve ou salle de repos. On y accède par deux portes : celle qui communique avec la salle voûtée, la porte P3 et la porte P4 d'une hauteur de 1,85m. Une niche de 0,90×1,00×0,60m vient flanquer son mur Ouest, niche non mentionnée dans le relevé effectué par A. Bel. La hauteur de ses murs varie allant du mur ouest de 2,26m jusqu'au mur est de 1,80m, avec une épaisseur constante qui est de 0.70m. Toujours selon A. Bel, la salle était couverte à l'époque des fouilles en 1910 par une voûte en berceau dont un fragment subsistait dans l'extrémité occidentale de la pièce, construite selon lui en calcaire poreux, elle été plus basse d'environ 0,50m par rapport à la voûte de la première salle.

Par la porte P4, à partir de la deuxième salle et les portes P1 et P2, à partir de la salle voûtée, on arrive à la salle principale la plus importante par la taille et qui selon A. Bel aurait servi d'*Apodyterium* à l'époque. D'une surface de 74m² il n'en subsiste que quelques pans de murs avec des hauteurs variables : 0,80m pour le mur Est et 3,40m pour le mur Sud, ainsi qu'une partie de la voûte qui la surmontait. Aujourd'hui l'accès au bain se fait par cette salle en y empruntant des escaliers au sud, avec une différence de niveau de 3,00m. Cinq autres nouvelles marches se trouvent au nord et mènent de cette salle vers un espace aujourd'hui disparu (Fig.66).

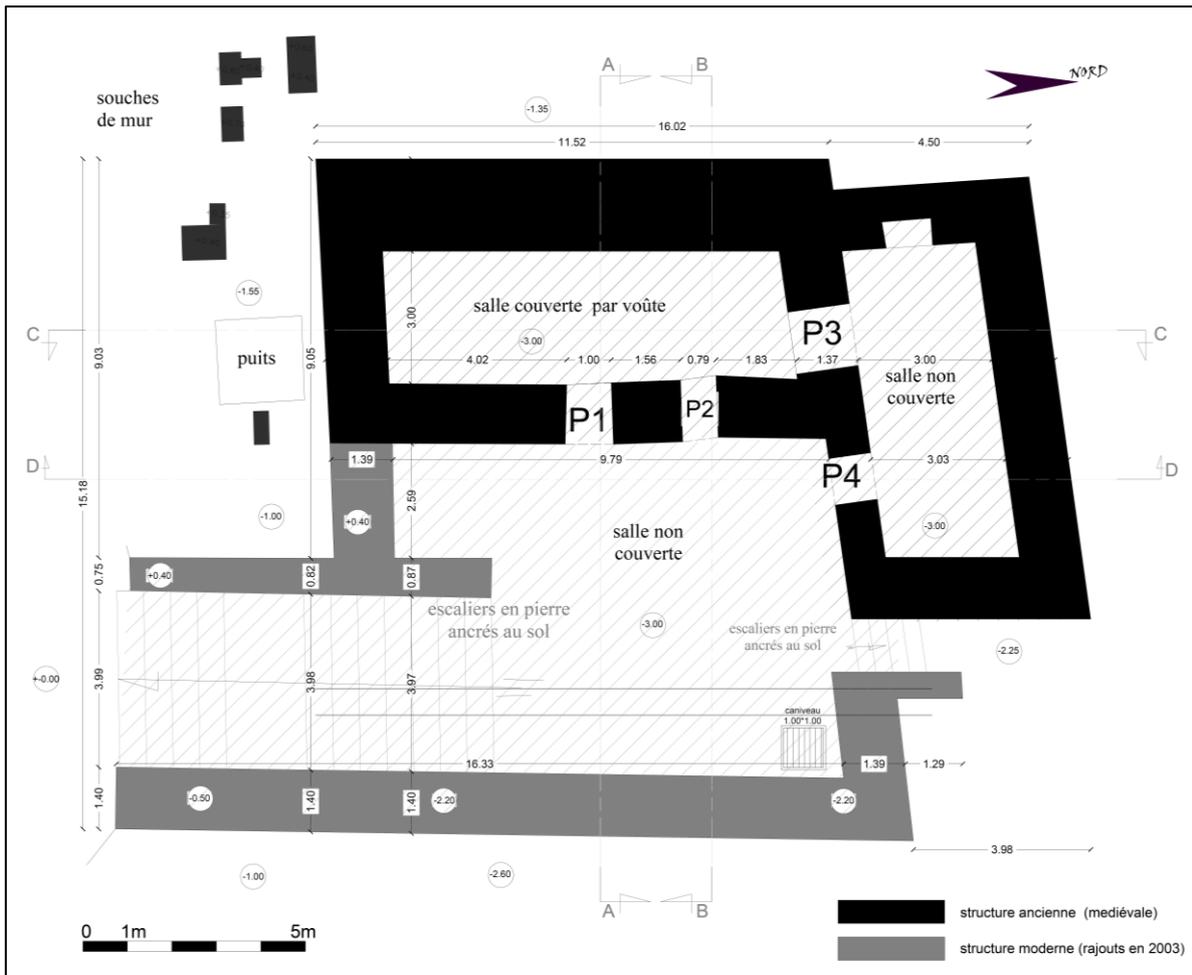


Figure 66: Plan rez de chaussée actuelle du bain d'Agadir sur format DWG. Source auteur

Les murs du bain sont construits avec une seule paroi en maçonnerie de pierre de taille de dimensions et de formes irrégulières, l'*opus incertum* chez les romains, sous l'intermédiaire d'un mortier (Fig.67). La trace du mortier n'est apparente que sur quelques parties des murs, dans les autres parties l'appareillage est mis à sec. Il ne subsiste aujourd'hui aucune trace d'enduit sur les murs, mais A. Bel a parlé d'enduit à la chaux encore apparent en 1910. Les voûtes étaient quant à elles réalisées en calcaire poreux et les portes avaient un encadrement en brique pleine (la porte P2 a toujours son encadrement d'origine).

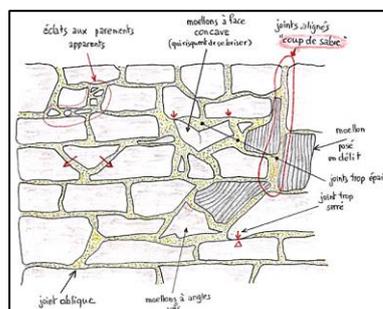


Figure 67: Mur en *opus incertum*. Source PINTEREST³⁶⁶

³⁶⁶ <https://www.pinterest.com/pin/321937073337841802/?lp=true>. Consulté le 16/09/2019.

A. Bel parle aussi de dépendances du bain qui pouvaient se trouver à l'ouest de la première salle, au moment où au sud il ne subsiste plus rien du bain presque entièrement enfoui sous les terres. Les vestiges du bain sont compris entre deux pans de murs en pisé en ruine, d'une épaisseur de 0,60m, à l'est et à l'ouest et qui renfermaient d'après lui les limites du bain. Nous présentons ci-dessous, le plan de terrasse du bain, ainsi que des coupes verticales.

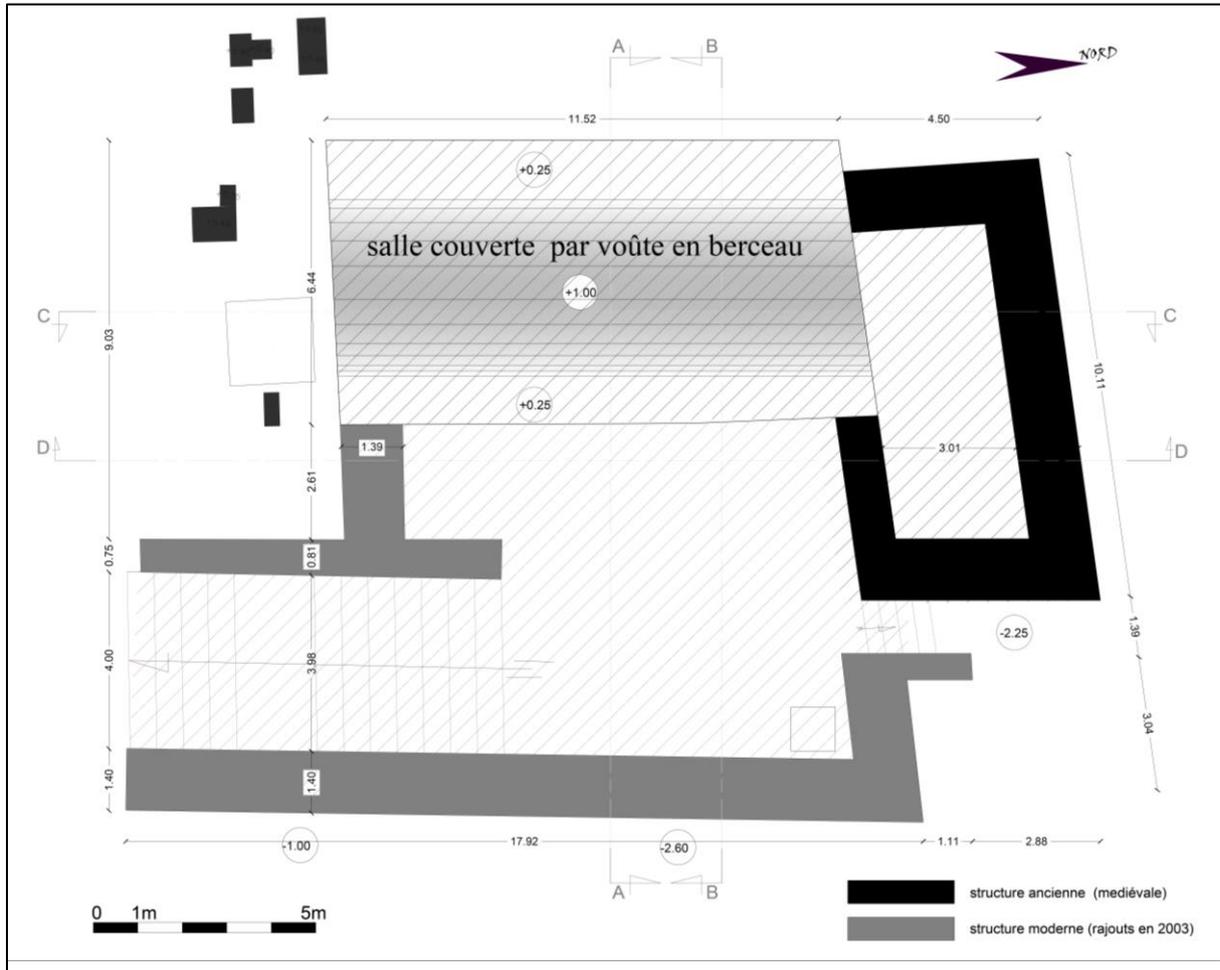


Figure 68: Plan terrasse actuel du bain d'Agadir sur format DWG. Source auteur

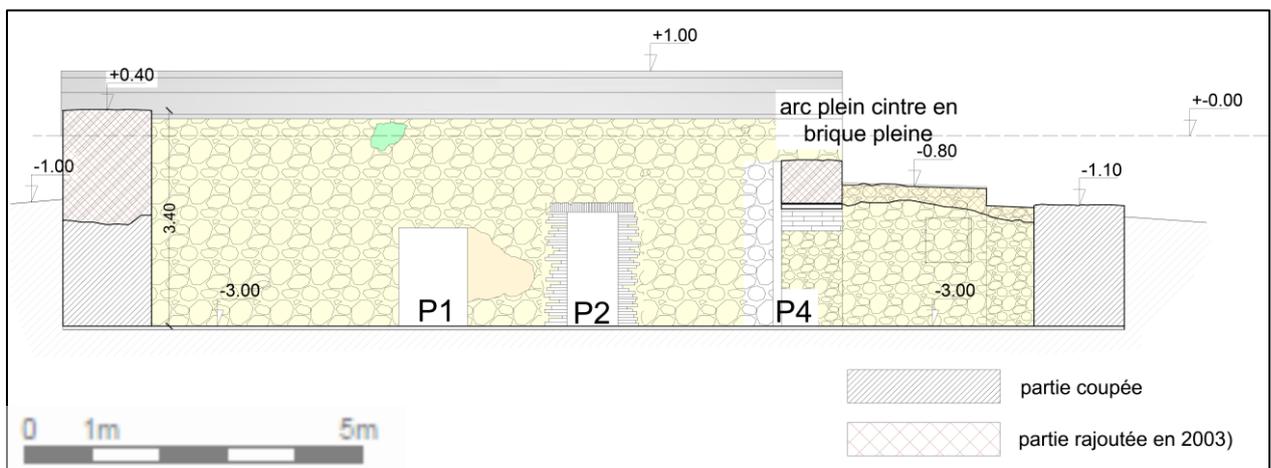


Figure 69: Coupe -DD- sur format DWG. Source auteur

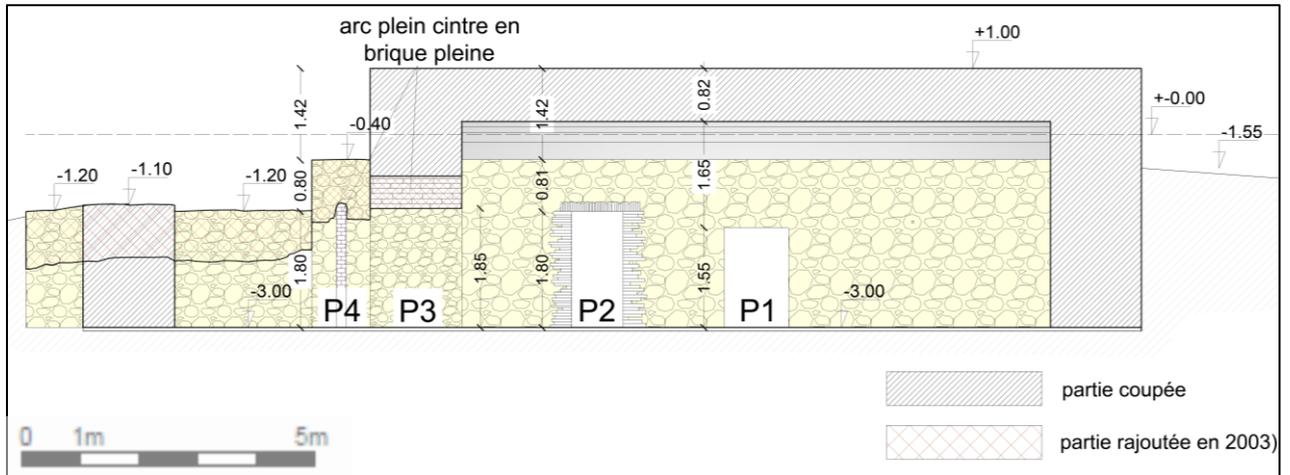


Figure 70: Coupe -CC-sur format DWG. Source auteur

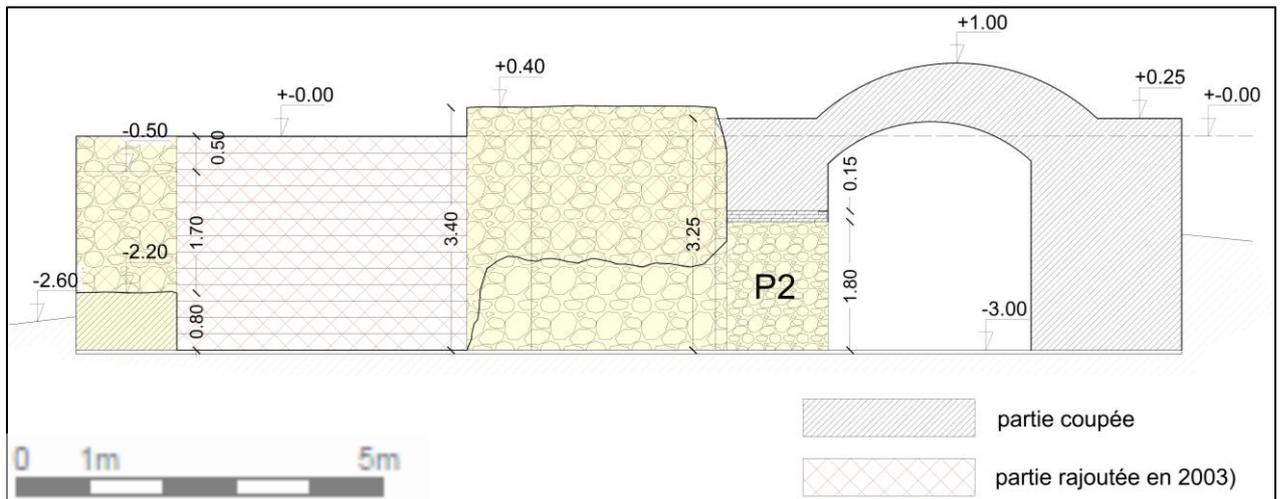


Figure 71: Coupe - BB- sur format DWG. Source auteur

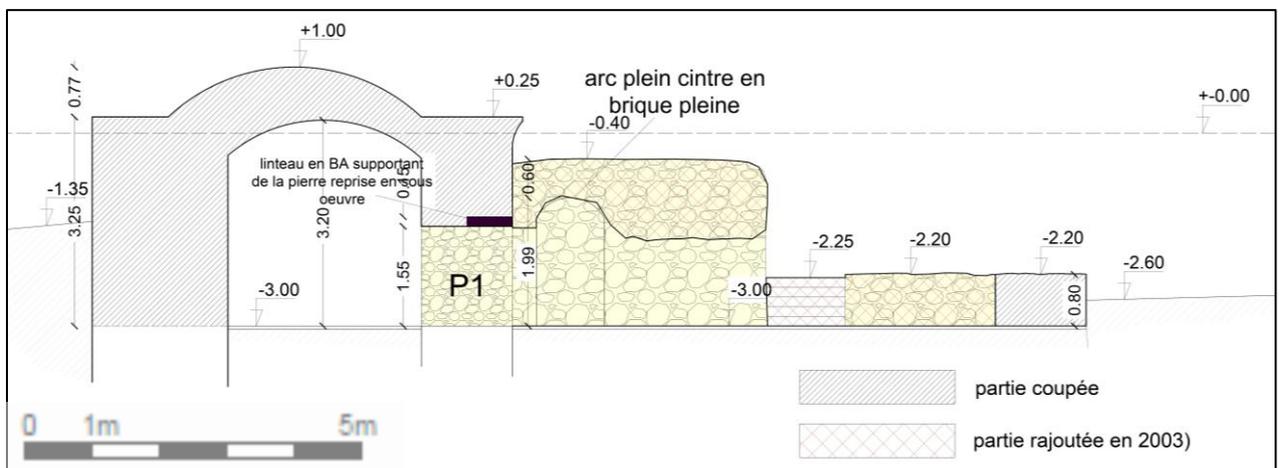


Figure 72: Coupe - AA- sur format DWG. Source auteur

5.3 Historique des travaux de restauration :

En 1973 un rapport de fouilles d'Agadir a été publié par la revue d'archéologie algérienne, mais les fouilles ne concernaient que la mosquée. Une photo du bain a été cependant publiée, photo qui nous donne une idée de l'état du bain durant la même année³⁶⁷. (photo 36).

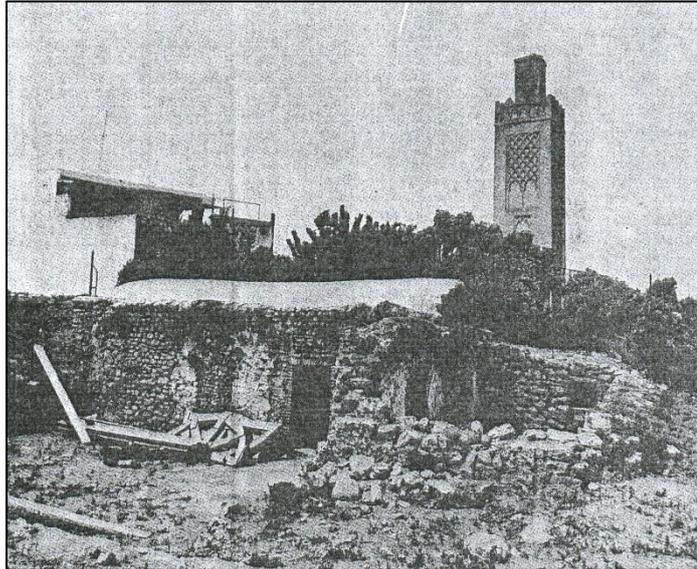


Photo 36: Le bain d'Agadir en 1973. Source KHELIFA ³⁶⁸

Pour la documentation existante sur le site ; à part les passages brefs de quelques auteurs dans quelques ouvrages, il existe peu d'informations sur l'histoire du bain. Une étude de restauration a été faite cependant en 2003, et comprenait des documents graphiques et photos avant, durant et après les travaux. Cette documentation a été indispensable pour toutes les opérations de réflexion autour de la restitution.

L'étude de la réfection et de la mise en valeur du bain comprenait deux chapitres, le premier traitait des moyens et techniques de sauvegarde et de restauration du hammam, et le deuxième de la compatibilité technique et fonctionnelle.

En 2003 et avant les travaux de restauration, les vestiges du bain se trouvaient dans un état de dégradation avancée et tenait difficilement debout. Le site subissait et souffrait de l'envahissement de la végétation et des arbres, des infiltrations d'eau, des agressions subies par l'homme et se trouvait à moitié enfoui sous un remblai. Il fallait agir en urgence pour perpétuer ce témoin de l'histoire de Tlemcen.

³⁶⁷ KHELIFA, Abderrahmane ; DAHMANI, Said. Les fouilles d'Agadir. Rapport préliminaire 1973-1974. Bulletin d'archéologie algérienne. N° VI. 1980. 243-265 p.

³⁶⁸ Ibid. p247.



Photo 37: Etat du bain d'Agadir avant travaux de restauration en 2003. Source BET ACAT³⁶⁹

A cet effet il n'existait en 2003 que la salle principale voûtée, avec quelques pans de murs qui appartenait à la deuxième salle et une partie d'un mur détruit au sud. Le bain dissimulé sous la végétation et un remblai n'était discernable que par une partie de la voûte de la salle principale. La partie du mur de la porte P4 était partiellement en ruine et on ne pouvait apercevoir que difficilement la forme de la porte. Il est dommage que l'on n'ait pu trouver un apport de fouilles de la zone durant les travaux de restauration.

L'intervention en 2003 concernait l'ensemble du bain et de l'ancienne mosquée d'Agadir, et consistait à cet effet et avant tout en une revalorisation du site avec travaux d'urgence de consolidation. La restauration du bain avait pour principales objectifs :

1. Traiter l'aménagement extérieur, en effectuant tout d'abord une opération de nettoyage qui comprenait désherbage et débroussaillage des mauvaises herbes et plantes pouvant être néfastes au monument, nuisant à la structure du bain mais aussi à sa visibilité. Aussi un déblaiement des terres provenant de remblais qui dissimulait le monument en partie enterré. Une esplanade a été projetée aussi tout autour du bain afin de le dégager et de le rendre visible, en traitant le bas des murs avec une couche d'enduit au ciment pour les protéger contre le jaillissement de l'eau de pluie et qui risquait à la longue de détériorer la pierre. De plus une clôture grillagée est réalisée afin de protéger le site des dégradations humaines sans pour autant nuire à sa visibilité.
2. Réaliser une étanchéité de la voûte avec de la pax alumine posée en deux couches croisées, et l'évacuation de l'eau de pluie de la voûte avec des gouttières et des descentes d'eau de pluie en PVC, ainsi que celle de l'esplanade aménagée.
3. Protéger les arases de murs nus au niveau de la deuxième salle sans toit, par un déplacement des pierres supérieures, et leur remplacement après exécution d'une chape en ciment pour assurer l'étanchéité de ces murs.
4. Reprise du jointement au niveau des endroits détériorés, après dégarnissage manuel des joints abimés par manque de protection des saillis, bandeaux mais aussi

³⁶⁹ Bureau d'étude ACAT à Tlemcen.

d'évacuation des eaux de pluie. Le Bureau d'étude a opté pour un mortier bien dosé, très gras (600kg/m³ de CPA, 300L d'eau et du sable 0/5) efficace contre l'humidité tout en contribuant à l'esthétique de l'ensemble.

5. Reprise des linteaux des portes : l'opération concernait 3 portes. Au niveau de la salle principale : la porte P1 s'est vu introduire un linteau en BA sur lequel la pierre disparue sera remplacée. Au niveau de la deuxième salle sans toit : les deux portes P3 et P4, verront la réfection de leur arc en plein cintre en brique pleine (22×11×4,5) avec un coffrage métallique.



Photo 38: Le bain d'Agadir pendant les travaux de restauration. Source BET ACAT

En 2011, et dans le cadre de la manifestation de "Tlemcen capitale de la culture islamique" d'autres travaux de nettoyage et de désherbage ont été effectués sur le site mais sans plus. Aucun travail d'entretien n'a été programmé depuis 2011 jusqu'à aujourd'hui.



Photo 39: Etat du bain d'Agadir en 2010. Source OGEBC TLEMCEN

5.4 Aperçu sur quelques études effectuées sur le bain :

5.4.1 La restitution du bain d'après S.Moussaoui :

Peu de travaux d'étude et de restitution ont été fait sur le bain d'Agadir, et seulement quelques ouvrages en parle. Dans son mémoire de magister qui traite des bains algériens de l'époque islamique à l'époque ottomane, S. Moussaoui³⁷⁰, esquisse une perspective hypothétique du bain et nous livre quelques dessins à cet effet.

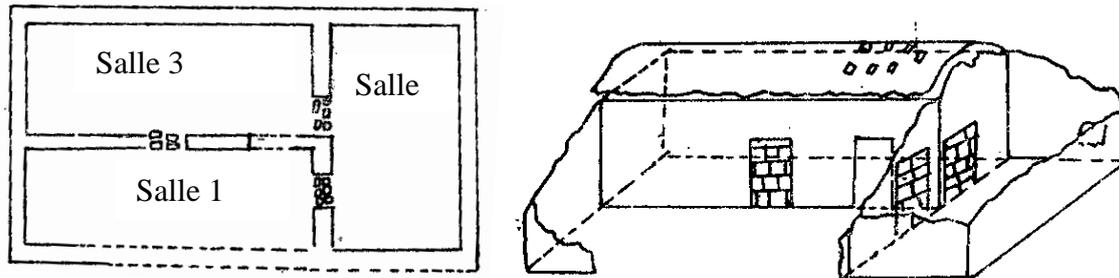


Figure 73: De gauche à droite : plan et perspective de l'état du bain d'Agadir d'après Moussaoui. Source MOUSSAOUI traité par l'auteur³⁷¹

Pour S.Moussaoui le bain comporte 3 pièces, dont il se peut que la première salle renfermait autrefois la salle de déshabillage et qui menait à la troisième salle par une porte au milieu du mur. Pour la deuxième salle il s'agirait d'après elle de la salle tiède, et qui mènerait aussi à la troisième salle « la salle chaude », qui se trouve au contact d'espaces annexes, tel que le four, le dépôt pour bois, le réservoir d'eau...

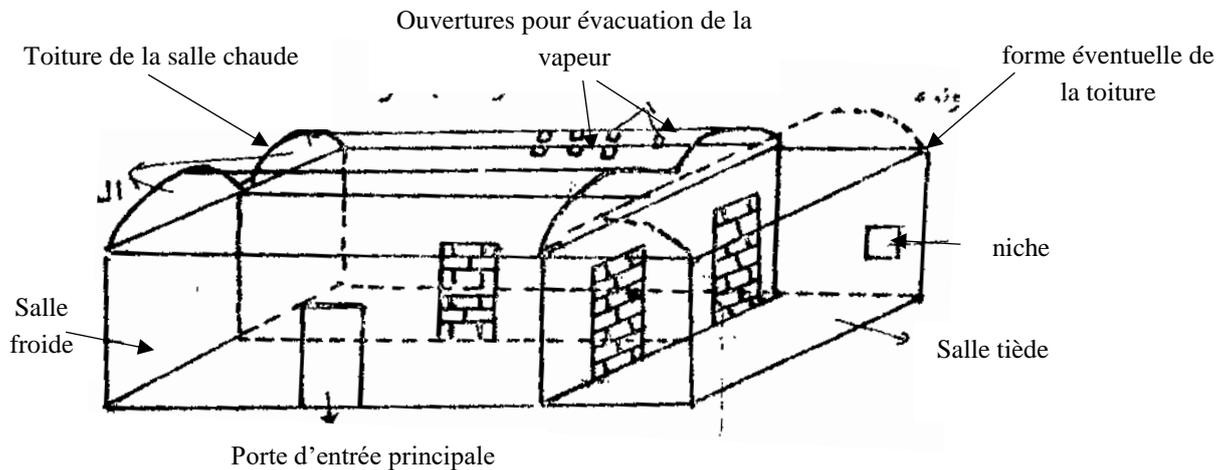


Figure 74: Restitution hypothétique du bain d'Agadir. Source MOUSSAOUI traité par l'auteur³⁷²

³⁷⁰MOUSSAOUI, Arbiya Salima. -الحمامات الجزائرية من العهد الإسلامي الى نهاية العهد العثماني- *Mémoire de magister en archéologie*. Université d'Alger. 1991. p96.

³⁷¹ Ibid. p97.

³⁷² Ibid. p98.

L'auteur du mémoire aborde aussi la problématique de la porte P1, qui d'après elle serait la porte d'origine, mais sans avancer aucun argument (Fig.75). Elle ne cite nulle part ni le travail, ni le relevé effectué par A. Bel, et par manque d'informations ne peut présenter que cette restitution hypothétique du bain. A noter que l'objectif de son mémoire, été d'exposer un inventaire des bains les plus connus en Algérie de la période islamique jusqu'à la période ottomane.

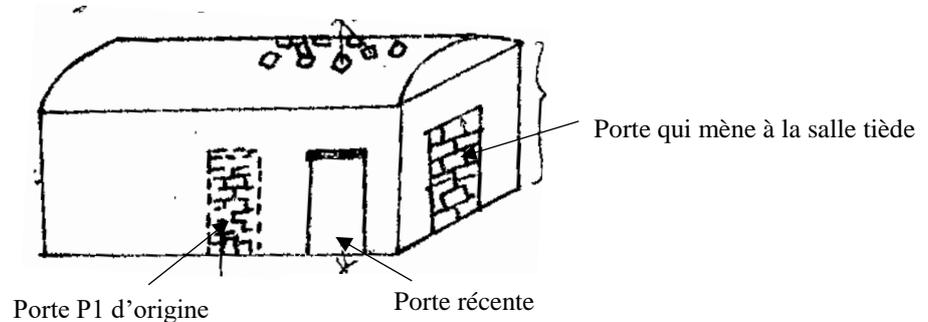


Figure 75: Hypothèse sur l'emplacement des portes. Source MOUSSAOUI traité par l'auteur ³⁷³

5.4.2 Proposition d'un réaménagement du bain d'après le BET ACAT :

Dans le cadre du projet de restauration du bain en 2003, le bureau d'étude ACAT, a effectué une restitution 3D du bain dans le cadre de sa reconversion en un musée du site. Quelques images sur le bain reconverti nous ont été fourni (Fig.76).

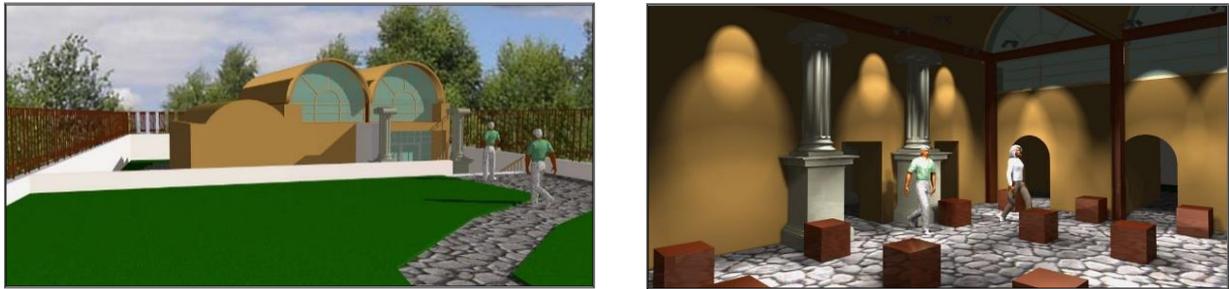


Figure 76: Vue extérieure et intérieure du bain d'Agadir reconverti en un musée. Source BET ACAT 2011

6 Etat des lieux et diagnostic :

L'analyse de l'état des lieux du bain concerne dans notre cas, un monument délaissé depuis un moment, sans entretien efficace, non fonctionnel, voire dans un état d'abandon qui a accéléré le processus de dégradation.

Vestige de notre patrimoine et donc avoir traversé des siècles, le bain comporte les stigmates du passé. Le diagnostic est le raisonnement menant à l'identification de la cause, l'origine d'une défaillance ou d'un problème, dans le but de mettre en lumière l'extrême vulnérabilité du

³⁷³ Ibid. p98.

bâtiment. Nous arriverons à dresser un diagnostic seulement après les observations, prises de notes, croquis, relevés photographiques complété d'une documentation sur les diagnostics d'autres sites étudiés. Un diagnostic requiert surtout d'une bonne analyse documentaire historique et technique afin de mieux comprendre l'histoire du bâtiment et l'origine des éventuels désordres ou interventions subites au cours de son histoire³⁷⁴.

Le site d'Agadir, y compris la mosquée et le bain est géré par l'Office National d'Exploitation des Biens Culturels Protégés qui a succédé à l'Agence Nationale de l'Archéologie en 2005. Mise à part les travaux de restauration entrepris en 2003, le site n'a bénéficié à nos jours que de travaux de désherbage et de nettoyage en 2011. Aucune action de consolidation des structures en place, ni d'entretien n'est envisagé à ce jour, causant des dégradations et effondrements au niveau du bain ; cas d'ailleurs de la majorité des monuments de la ville.

De nos analyses visuelles de la dégradation, on peut déjà remarquer le décollement des joints du mortier avec leurs effritements, l'érosion de la surface de la pierre et de la brique, et l'écaillage des murs en pisé. On remarque aussi le développement de la végétation et des champignons sur les murs extérieurs, et qui grâce à leur évolution dynamique et notamment de leurs racines contribuent à l'ouverture de fissures et peuvent engendrer par la suite des érosions superficielles.

La couche d'étanchéité réalisée sur la voûte avec du pax aluminium³⁷⁵ tend à se désagréger dans quelques endroits, en plus de l'apparition de quelques fissures artificielles.

En plus des dégradations dues à un entretien négligé ou celles dues à la présence d'eau, l'utilisation du ciment lors de la dernière restauration présente une incompatibilité de comportement avec les structures anciennes en maçonnerie. L'aménagement extérieur du bain ne présentant aucun intérêt, est envahi aussi par une faune nuisible à sa visibilité mais aussi au monument.

6.1 Les sources de risques :

Un facteur de risques peut être classé en deux types selon son origine :

- Les risques endogènes : sont produits par le monument lui-même, en dehors de tout apport extérieur. Et donc concerne toutes les détériorations d'ordre structurelle ou liée au manque d'entretien. Quelques restaurations non conformes ou l'utilisation de matériaux non compatibles avec le matériau d'origine peut causer des désordres, comme des fissures ou des désoblitérations entre matériaux.

³⁷⁴ ADAM, Jean-Pierre ; FRIZOT, Michel. Dégradation et restauration de l'architecture pompéienne. Éditions du Centre national de la recherche scientifique. Paris. 1983. p89.

³⁷⁵ Utilisé en sous couche pour protéger le bâtiment des infiltrations d'eau, il s'agit de feuilles d'aluminium enduite de bitume.

- Les risques exogènes : Contrairement aux risques endogènes internes au bâtiment, ils concernent les risques naturels, anthropiques ou environnementaux. Tel que les intempéries, la végétation, ou les visiteurs.

6.2 Les panneaux de signalisation :

Pour mieux informer les visiteurs et dans un objectif de valorisation, les monuments historiques doivent disposer de plaques signalétiques. Cette plaque peut mentionner les informations telles que : le nom de l'édifice, sa date d'édification ou l'époque de construction, un plan du monument, un historique ou tout autre indication susceptible de pouvoir renseigner le visiteur, mais qui en même temps doit être clair et facile à comprendre.

Nous n'avons aucune signalétique au niveau du bain, qu'elle soit conçue par les autorités ou des organismes se chargeant de la gestion bien culturels. En France par exemple il existe deux logotypes pour les monuments historiques, inspirés du labyrinthe de la cathédrale de Reims :



Figure 77: Logotypes Monument historique et Site patrimonial remarquable³⁷⁶. Source MINISTERE DE LA CULTURE EN FRANCE ³⁷⁷

L'objet de mise en place de la signalisation d'intérêt culturel et touristique est de répondre aux besoins de repérage et d'informations culturelles et touristiques d'un site³⁷⁸.

³⁷⁶ Les sites patrimoniaux remarquables sont « les villes, villages ou quartiers dont la conservation, la restauration, la réhabilitation ou la mise en valeur présente, au point de vue historique, architectural, archéologique, artistique ou paysager, un intérêt public » et ont été créés pour clarifier la protection en faveur du patrimoine urbain et paysager.

³⁷⁷ <https://www.culture.gouv.fr/>. Consulté le 25/09/2019.

³⁷⁸ www.sites-vauban.org. La signalisation d'animation et d'information culturelle et touristique et le Patrimoine mondial. Consulté le 25/09/2019.



Photo 40: Panneau signalétique du château de Vincennes. Source auteur septembre 2017.

Chaque pays établit ses propres normes en matière de signalisation des monuments, et les panneaux sont standardisés. A Tunis depuis 2016, un projet de signalétique culturelle numérique a été lancé au sein de la médina dans un objectif de valorisation et en vue d'accroître l'attractivité des monuments. Grâce à un code informatique (QR Code) introduit sur des panneaux signalétiques et lisibles par des smartphones, il est devenu possible d'accéder aux informations relatives au site via Wikipédia. "Medinapedia" est un programme qui a aidé à promouvoir la visibilité de la Médina de Tunis à l'échelle mondiale via la correction, la création et l'édition d'articles sur Wikipédia ayant trait à la ville historique et ses prestigieux monuments³⁷⁹.



Photo 41: Panneau signalétique d'un monument à Tunis. Source ASM TUNIS³⁸⁰

Le bain d'Agadir ne comporte aucun panneau signalétique, et donc le visiteur se trouve, sans la présence d'un guide, livré à lui-même.

³⁷⁹ www.asmtunis.com. Consulté le 25/09/2019.

³⁸⁰ Ibid.

6.3 L'accessibilité, l'entrée du bain et sa visibilité :

Quand on pense aux monuments historiques et aux visiteurs ou touristes, on pense directement aux moyens d'accès au site et au trajet que le touriste aura à faire pour rejoindre le monument. Dans la plupart des cas des circuits bien étudiés, et tracés orientent les touristes.

Pour le site d'Agadir, situé à l'extrême est de la ville, aucun panneau de signalisation n'indique son emplacement, ni l'emplacement de la mosquée. Donc il est difficile de parvenir au site historique sans l'aide d'une personne connaissant la zone ou d'un guide, contrairement à d'autres monuments de la ville.

Aucun parking n'est prévu ni pour les véhicules ni pour les autobus dans le cas d'excursions. Une route de 6m sépare la mosquée du bain.

Le bain est cerné d'habitations ; Une clôture de protection avec une porte qui donne accès au bain entoure ce dernier, par laquelle on peut difficilement apercevoir le bain. De la voie mécanique ou piétonne seule la voûte de la première salle est perceptible, mais sans voir pour autant la structure du bain, et donc en n'ayant pas d'idée sur le type d'édifice que renferme le site.

6.4 Le comportement des visiteurs :

Puisque le site est mal orienté et non signalé pour les touristes, et qu'il se trouve aussi enfermé par une clôture, peu de visiteurs connaissent le bain, s'y déplacent, ou s'y aventurent. Comme précisé auparavant il n'existe presque pas de pathologies anthropiques. Quand on connaît le vandalisme des visiteurs, la destruction des vestiges par le feu, ou les vols, le bain est plus ou moins bien protégé et prêt à d'éventuels travaux de fouilles.

7 Intérêt de la restitution numérique du bain :

Le bain représente un exemple unique en son genre en Algérie. Il possède un large éventail de valeurs qui lui donne une importance appréciée non seulement pour l'histoire et l'archéologie de Tlemcen, mais aussi pour l'histoire des bains islamiques dans l'ensemble de l'Algérie :

- Un intérêt historique : Il fait partie des exemples de bains islamiques en Algérie malheureusement méconnu du public, mais peut être unique en son genre.
- Le bâtiment est un modèle d'architecture vernaculaire de l'ère islamique représentant peut être la transition de la période romaine à la période islamique.
- De plus, le bain extra-muros est le seul bain debout de l'ancienne ville (Agadir), ce qui le rend très important pour le site.
- Un intérêt social, et culturel : le bain est un témoin social et culturel de l'ère islamique et représente une part essentielle du mode de vie musulman.

Les bains restent un lieu important de sociabilité, mais les formes de celle-ci changent. On continue à se rassembler dans un même édifice dont la grande salle froide favorise la cohabitation et les échanges après le bain.

Aussi une numérisation en 3 dimensions du bain nous permet une conservation de ce dernier par la prise "d'une empreinte numérique", qui constituera un archivage exploitable dans le futur ; mais aussi une valorisation du site qui permet de mieux comprendre et d'étudier l'objet sur des supports variés. La diffusion fait aussi partie de l'intérêt de la numérisation en 3 dimensions, dans le sens où elle favorise la valorisation culturelle et la médiation pédagogique et devient donc un outil primordial pour la transmission des connaissances. Les images produites favoriseront la valorisation du patrimoine en alimentant l'imaginaire collectif.

Dans notre cas, et là où des parties du monument ont disparu, la restitution ne sera basée et faite qu'à partir d'hypothèses pour ainsi nous aider à la réflexion et peut-être devenir un recueil de données pour d'éventuels travaux de restauration. Les parties restituées représenteront des incertitudes qu'il faudra tenter de résoudre un jour.

L'importance et la qualité des vestiges restants nous ont poussés à travailler sur le monument et avant tout de réaliser un relevé exact pour la compréhension du bâtiment en prenant en compte : l'identification des matériaux, le type d'appareil de parement, les systèmes de voûtement, les désordres structurels ainsi que les modifications successives.

Les structures disparues nous sont renseignées à travers les rapports des fouilles, les quelques photographies anciennes, et précisées par la comparaison approfondie avec les monuments proches, de la même typologie et de la même époque. Les restitutions ont pour but d'être le support d'une nouvelle réflexion, en espérant que la représentation virtuelle du monument servira de laboratoire permettant d'éprouver la fiabilité des propositions historiques formulées.

8 Conclusion

A Tlemcen, comme dans les autres cités anciennes islamiques, les bains font partie de la mémoire collective de la population, et constituent un élément important du programme de protection du patrimoine d'une ville.

Riche par son histoire, le bain d'Agadir mérite une attention particulière, il est un héritage du passé dont nous profitons aujourd'hui par des études, et nous devons le protéger mais aussi le valoriser afin de le transmettre aux générations futures, et ainsi préserver une mémoire collective qui risque de disparaître. Tous les sites historiques en Algérie souffrent de cet abandon par les autorités, il faut prévoir à cet effet une nouvelle politique de préservation et de conservation des monuments historiques, sans pour autant intervenir sur le bâtiment lui-même.

Ne connaissant pas sa date d'édification, seuls des sondages et fouilles au niveau du bain, nous permettraient de dater le monument. Néanmoins son originalité relève dans son mode constructif et les matériaux utilisés pour sa construction. A noter aussi que compte tenu de sa

surface modeste, le bain ne devait suffire qu'aux besoins d'un nombre restreints de baigneurs, à l'échelle du quartier.

Aujourd'hui le bain d'Agadir, présente des désordres importants d'ordre structurels, dû au manque d'entretien, et se trouve exposé à la pollution atmosphérique, mais aussi au vandalisme. Nous nous rendons compte que notre patrimoine national, est trop fragile mais aussi menacé, et donc nous risquons de le perdre matériellement mais aussi dans la mémoire collective de la population.

Aucun panneau signalétique n'indique le bain, aucun entretien ni travaux de consolidation, et aucun parcours touristique ne l'intègre dans son circuit, le bâtiment déjà endommagé risque d'être détruit. Il n'existe aussi aucun plan, ni image en 3 dimensions de la volumétrie actuelle du bain pour informer le visiteur sur le lieu. Il faudra penser à des manières pour attirer le touriste, et l'intéresser à ce patrimoine en le rendant accessible.

Dans le chapitre suivant, nous aborderons la numérisation du bain, et proposerons des hypothèses de restitution de l'édifice, selon une démarche scientifique.

Chapitre IV

La restitution numérique du bain

« ...Une restitution est foncièrement une proposition. Elle est la meilleure proposition que l'on puisse faire en fonction de l'état de la connaissance du sujet. Elle est discutable et perfectible... »

Jean claude golvin

1 Introduction :

Les chapitres précédents ont orienté notre démarche méthodologique, à présent nous abordons le cœur de notre travail où nous exposons la restitution numérique de notre cas d'étude. Le travail initial de tout architecte sur les monuments historiques consiste avant tout, à archiver et à réaliser un corpus de données à partir d'informations existantes sur le terrain. Ensuite c'est à partir de ces données acquises, et de l'étude des édifices balnéaires, de leurs typologies ainsi que de leurs composantes, qu'on pourra proposer par la suite une restitution hypothétique du bain d'Agadir, qui visera en particulier à sa mise en valeur.

La première étape de notre travail consiste avant tout à enregistrer toutes les informations disponibles sur le bain, par une recherche documentaire et photographiques, avec pour but de documenter et de comprendre l'objet étudié. Notons à cet effet, l'importance de l'étude historique des œuvres ou bâtiments avant chaque acte de restauration ou mise en valeur, dans le but de leurs protections. Umberto Baldini, historien de l'art et théoricien de la restauration des œuvres d'art, dit : *« Lors de l'ouverture d'un acte de restauration, l'entretien ou la conservation est réalisé tout d'abord par l'analyse philologique précise, ce que nous pourrions appeler l'identification de l'objet dans la réalité qui est parvenu jusqu'à nous. Et elle est la plus importante des opérations, car à travers elle, on a la connaissance et donc la conscience de l'objet. Il n'est donc pas possible de restaurer si on ne connaît pas les objets sur lesquels on opère, car on ne peut pas intervenir en se fondant uniquement sur son propre goût esthétique »*³⁸¹. Nous avons abordé la partie historique du bain dans le chapitre précédent, en étudiant d'abord l'évolution des bains en général et celle de leurs typologies depuis l'antiquité, afin de bien cerner le fonctionnement de ce type de bâtiments. Par la suite, en effectuant une recherche sur le bain d'Agadir, toutes les transformations et mutations, ainsi que travaux de restaurations ont été abordées, afin de mieux connaître et comprendre notre objet d'étude parvenu à nous dans sa forme actuelle.

L'objectif principal dans cette phase de recherche, est donc de mettre en évidence une méthodologie cohérente et adaptée à notre cas d'étude, allant de l'acquisition des données jusqu'à la restitution numérique. A cet effet, il est à noter qu'aucun essai de restitution scientifique du bain d'Agadir faite par des historiens ou chercheurs, ne nous est parvenu à ce jour.

³⁸¹ BAHLOUL GUERBABI, Fatima Zohra. Etude et mise en valeur des thermes publics romains de Thamugadi-Timgad, Lambaesis-Lambese et Cuicul-Djemila. Op cite. p118.

Nous allons donc proposer une restitution hypothétique d'un bain partiellement en ruine, pour lequel nous ne disposons que de peu de documents historiques ; mais où, par une étude de bains similaires, on a pu comprendre leur système de fonctionnement ainsi que leurs caractéristiques : l'analogie avec d'autres bains a été nécessaire dans notre cas.

2 La numérisation 3D du bain d'Agadir :

Une des étapes importantes préalables à la restauration ou à la restitution d'un monument est de constituer un support et une base de données exhaustive nécessaire à l'analyse architecturale du bâtiment. C'est l'étape préliminaire de tout travail sur les monuments historiques existants : les relevés constituent en effet la principale base documentaire du bain. Dans l'architecture historique, le concept du relevé ne se limite plus à un simple mesurage fidèle de l'existant mais il prend des dimensions scientifiques et historiques importantes dans l'élaboration des caractéristiques spécifiques appartenant à chaque typologie architecturale³⁸².

Dans notre cas et dans l'objectif d'introduire de nouvelles méthodes et outils d'acquisition, nous avons opté pour le relevé par photogrammétrie. Ce type de relevé nous permettra l'étude du bain, mais aussi sa documentation et son archivage à des fins de diffusion. Sur le relevé par photogrammétrie, Laure Chandelier, ingénieur en photogrammétrie dit : « *Quel que soit l'objectif de la documentation graphique (étude ponctuelle, inventaire systématique...), la photogrammétrie est une technique clé pour produire des documents métriques de manière efficace et objective, laissant plus de temps à l'architecte pour des investigations spécifiques concernant le monument, le bâtiment. La photogrammétrie permet aussi de procéder, une fois de retour au bureau, à des mesures supplémentaires qui n'ont pas forcément été envisagées sur le terrain* »³⁸³.

La numérisation par photogrammétrie de notre cas d'étude, est guidé par certaines règles et paramètres nécessaires depuis la collecte des données jusqu'au modèle 3D final. Ces règles correspondent à trois critères :

- Le premier correspond à la forme de notre objet et à sa surface : dans notre cas il s'agit d'une partie d'un bâtiment de 243m², qui comprend une salle entière et quelques fragments de mur.
- Le deuxième correspond aux règles photographiques, qui concernent les paramètres de notre appareil photographique.
- Le troisième est lié aux règles et l'organisation de la prise de vue.

³⁸² http://www.rehabimed.net/Publicacions/Metode_Rehabimed/II.%20Rehabilitacio_Ledifici/FR/2e%20partie.%20Outi14.pdf. Consulté le 17/10/2019.

³⁸³ CHANDELIER, Laure. Cours de Photogrammétrie rapprochée pour l'architecture. Ecole Nationale des Sciences Géographiques. <http://cours-fad-public.ensg.eu/course/view.php?id=90>. Consulté le 17/10/2019.

Chaque projet et ses spécificités ; même si ce sont les mêmes règles qui s'appliquent à tout processus de photogrammétrie cela dépend des moyens et des logiciels de traitement en notre possession.

2.1 Procédure de collecte de données :

Avant le lancement du traitement photogrammétrique avec le logiciel choisis, il est important d'avoir les connaissances nécessaires en matière de protocole de prise de vue pour réussir son modèle 3D final, et d'éviter les nombreux allers retours au niveau du site.

Au terme de la prise de vue, les photographies acquises doivent être traitées par un logiciel de photogrammétrie. Il existe plusieurs logiciels de traitements de photographies pour aboutir à un modèle 3D (les différents logiciels de traitement photogrammétrique ont été abordés dans le premier chapitre).

On peut citer :

Le logiciel MICMAC³⁸⁴ open source développée par l'IGN, l'institut de l'information géographique et forestière, Ce logiciel, à installer sur son ordinateur, donne d'excellents résultats mais est plutôt réservé aux professionnels du fait de son interface difficile.

ReCap 360 Pro³⁸⁵ développé par la société Autodesk avec des calculs déportés sur le cloud.

Pix4D³⁸⁶ : Suite de logiciels de photogrammétrie, logiciel spécialisé en particulier pour la cartographe à partir de drones

PhotoScan³⁸⁷ (depuis peu appelé Metashape) de la société Agisoft apprécié par son ergonomie relativement simple et performante ainsi que par la qualité des résultats. PhotoScan s'installe en local sur l'ordinateur de l'utilisateur.

Sur ces logiciels professionnels, l'utilisateur peut modifier et intervenir sur les différents paramètres de calcul, ainsi que sur les différentes phases de traitement.

Nous avons choisi dans notre travail de numérisation 3D du bain d'utiliser le logiciel d'Agisoft PhotoScan.

- **PhotoScan d'Agisoft** : PhotoScan d'Agisoft est une solution de modélisation 3D à partir de photographies fixes. L'éditeur russe Agisoft LLC a mis à jour son logiciel qui est devenu aujourd'hui Metashape ; le logiciel a changé de nom, mais toujours en gardant la même interface, et les mêmes commandes. L'interface présente 3 grandes zones de travail : "l'espace de travail" à gauche (Ground Control et Workspace), où l'on va retrouver les photos non alignés ou alignées suivant l'étape du processus (Workflow),

³⁸⁴ <http://logiciels.ign.fr/?-Micmac.3->

³⁸⁵ <http://recap.autodesk.com/>

³⁸⁶ <http://www.pix4d.com>

³⁸⁷ <http://www.agisoft.ru/>

les nuages et les maillages ; "la fenêtre 3D" où l'on peut visualiser notre modèle en perspective ou en ortho photos ; et enfin la zone "photos" où est visualisable notre collection de photos.

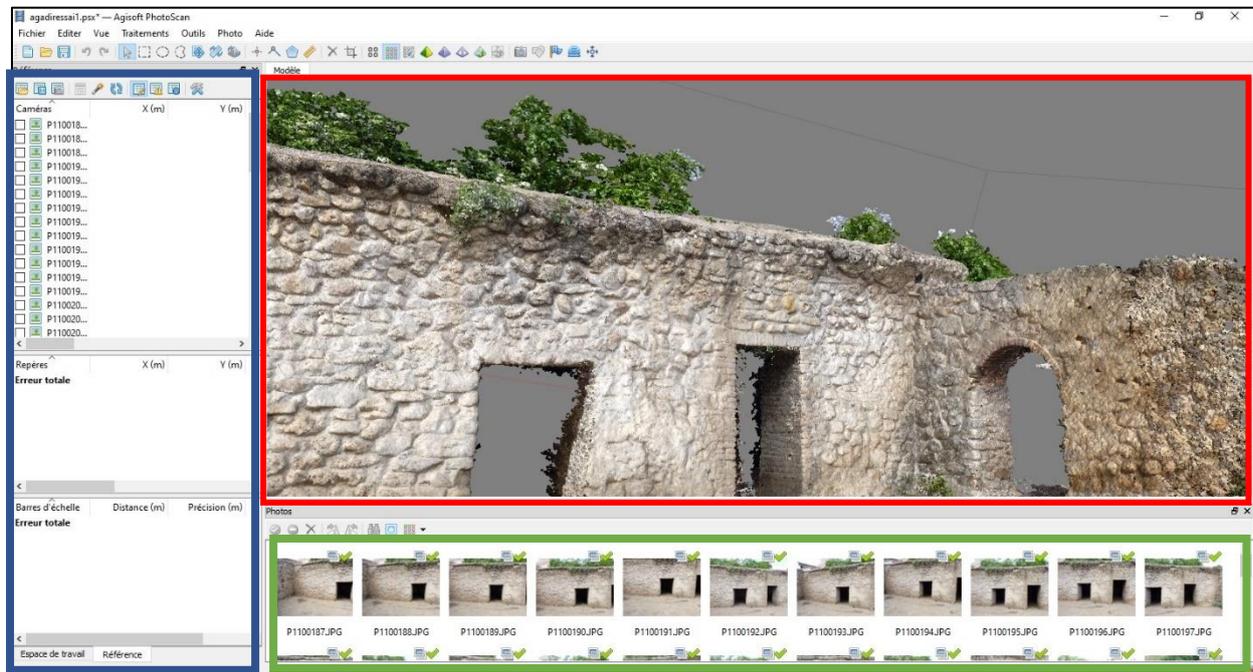


Figure 78: Interface de PhotoScan. Source auteur

Construit pour fonctionner sur les systèmes Windows (à partir de XP), PhotoScan utilise une multitude de formats de fichiers de photographies tels que JPEG, TIFF, PNG, BMP ou MPO pour générer des maillages en trois dimensions accompagnées avec des textures de manière automatique³⁸⁸.

Le logiciel traite les photographies 2D afin de pouvoir construire un modèle 3D texturé, dans un processus en 4 étapes : l'alignement des photos (construction du nuage de points clairsemés), la construction du nuage de points dense, la construction du maillage dense et enfin la construction de la texture. La possibilité d'enregistrer à chaque étape de traitement les résultats et de pouvoir les exporter dans d'autres logiciels est un atout important que nous offre PhotoScan. Dans notre cas nous avons travaillé avec le logiciel professionnel disponible au laboratoire EVCAU³⁸⁹, de la version V 1.2.6.

Le relevé photogrammétrique dépend de règles de base allant de la collecte des données jusqu'à la modélisation de la forme générale. Ces règles de capture de photos sont généralement présentées avec chaque tutoriel de logiciel travaillant sur la photogrammétrie, elles ont aussi

³⁸⁸ VERHOEVEN, Geert et al. Mapping by matching: a computer vision-based approach to fast and accurate georeferencing of archaeological aerial photographs. *Journal of Archaeological Science*. N°39 (7). 2012. 2060-2070 p. [Doi: 10.1016/j.jas.2012.02.022](https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.02.022). Consulté le 18/10/2019.

³⁸⁹ Laboratoire EVCAU, Environnements numériques, Cultures Architecturales et Urbaines. www.evcau.archi.fr.

été proposées par Waldhaeusl et Ogleby³⁹⁰ et adoptées par le CIPA³⁹¹ en 1994. Ces règles dépendent de paramètres comme la taille de l'objet, sa forme, mais aussi des conditions de prises de vues, des moyens pour les prises de vues...

Dans notre cas et travaillant avec le logiciel PhotoScan, notre procédure de prise de photographies a été basé sur les règles générales émises par le manuel de l'utilisation de PhotoScan. Il est important de prendre connaissance de ces règles avant la prise de photographies afin d'éviter de refaire un travail qui prend beaucoup de temps.

2.1.1 Choix du matériel photographique :

L'appareil choisi est le Nikon D3000, type reflex équipé d'un capteur de type CCD³⁹² de 10 méga pixel et d'un objectif standard de 18-55mm. L'appareil photographique code numériquement l'information reçue en une matrice de valeurs de luminance et la stocke dans une carte mémoire. Il délivre des images propres jusqu'à 1600 ISO avec peu de grains colorés. Sa sensibilité comprise entre 100 et 1600 ISO est suffisante pour effectuer des photographies en basse lumière comme dans notre cas. L'utilisation d'un trépied s'est avérée aussi nécessaire pour obtenir le recouvrement désiré et éviter le flou de bougé.



Photo 42: Appareil photo Nikon d3000. Source LES NUMERIQUES³⁹³

Un bon réglage adapté de l'appareil photographique est indispensable pour un bon résultat photogrammétrique. Suivant la taille et la forme de l'objet, le protocole de prise de vues va

³⁹⁰ WALDHÄUSL, Peter ; OGLEBY, Cliff. 3-by-3-Rules for Simple Photogrammetric Documentation of Architecture, Close Range Techniques and Machine Vision. *Proceedings du Symposium de la Commission V de l'ISPRS*. Melbourne. 1994. 426-429 p.

³⁹¹Le CIPA est l'un des plus anciens comités scientifiques internationaux du Conseil international des monuments et des sites ICOMOS. Il a été fondé en 1968 conjointement avec la Société internationale de photogrammétrie et de télédétection pour faciliter le transfert de technologie des sciences de la mesure vers les disciplines de la documentation et de l'enregistrement du patrimoine. Leur objectif est d'élaborer des méthodes qui permettront aux professionnels de relever et documenter correctement un site <http://cipa.icomos.org/>. Consulté le 20/10/2019.

³⁹² Le détecteur CCD, pour l'anglais **charge coupled device**, assure la conversion d'un signal lumineux en un signal électrique

³⁹³ <https://www.lesnumeriques.com/appareil-photo-numerique/nikon-d3000-p6248/test.html>. Consulté le 20/10/2019.

changer, et donc prend en considération plusieurs paramètres ayant un impact important sur le résultat final de la photogrammétrie :

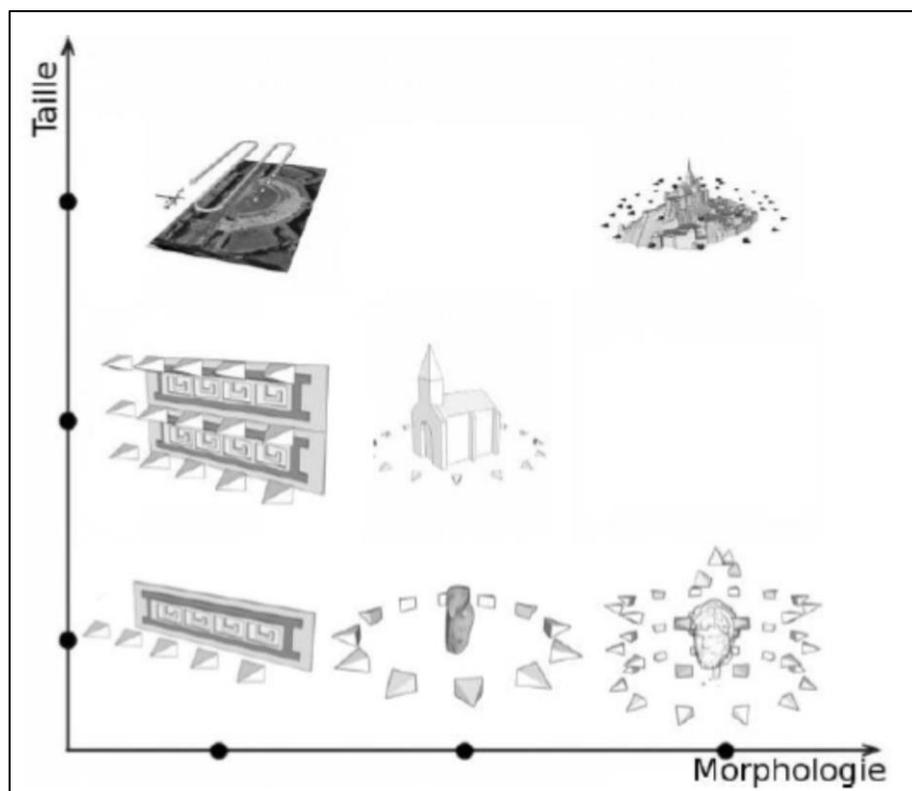


Figure 79: Protocole de prise de vue en rapport avec la taille et la morphologie de l'objet. Source C3DC³⁹⁴

2.1.2 Réglages de l'appareil photographique :

L'appareil est réglé en mode manuel et non automatique pour éviter les changements de paramètres à chaque prise de vue, avec une focale constante durant la prise de vue sans utilisation du zoom. La plus grande résolution a été choisie. La vitesse d'obturation, la sensibilité ISO et l'ouverture du diaphragme sont les trois réglages les plus importants pour obtenir une bonne exposition.

2.1.2.1 Le nombre de photos :

Il s'agit de couvrir au maximum et de manière totale la surface du bain. Le nombre dépend de la configuration du bâtiment à numériser, de son étendue, mais aussi du niveau de détail attendu. Le bain devait être pris en photos en intégralité, comme un objet placé sous une cloche. Il vaut mieux plus de photos que pas assez. Dans notre cas, et avec une surface de 243m², cela a nécessité le nombre de 148 photographies.

³⁹⁴

C3DC. Culture 3D Cloud.
http://www.tapenade.gamsau.archi.fr/Culture3DCloud_UsersGuideline.pdf. p 6. Consulté le 23/10/2019.

2.1.2.2 Netteté des photographies :

Les photographies prises ne doivent pas être floues et constituer un support valide pour la phase d'alignement des photos. La netteté dépend de l'ouverture du diaphragme qui a une incidence directe sur la "profondeur de champ". Une grande ouverture du diamètre du diaphragme (F/1.4 ou F/2) provoque une zone de netteté grande de l'objet et donc une faible profondeur de champs et des images à l'arrière-plan en flou. Le réglage du diaphragme est donc un moyen de créer un fond flou ou au contraire d'avoir de la netteté sur tout le champ. La photogrammétrie nécessite un maximum de précision dans nos photographies y compris à l'arrière-plan et donc une ouverture du diaphragme le plus petit possible (F/16 ou F/22).

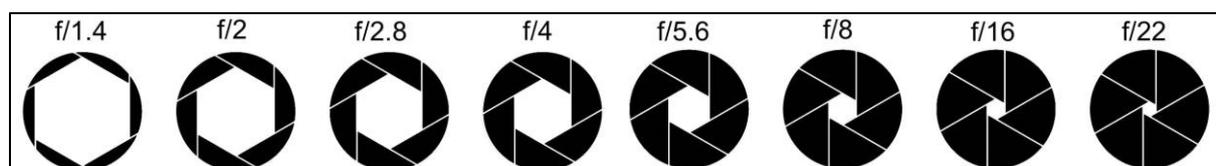


Figure 80: Ouverture du diaphragme d'un appareil photographique. Source TUTO-PHOTOS ³⁹⁵

2.1.2.3 Sensibilité ISO ³⁹⁶.

En photographie, la sensibilité ISO est la mesure de la sensibilité à la lumière des pellicules et des capteurs numériques. Avec une sensibilité faible, de 100 ISO par exemple, la photographie est plus nette, mais le temps de pose plus long. Le réglage de la sensibilité ISO dépend alors de l'exposition lumineuse à laquelle est soumis l'objet relevé.

2.1.2.4 Eclairage :

Les photos ont été prises sous un éclairage naturel avec une luminosité suffisante et uniforme sur toutes les parties de l'édifice. Puisque le bain est entouré d'arbres, et afin d'avoir le moins d'ombres portées, le moins de contraste sur les murs du bain et un éclairage indirect, la prise des photos en extérieur s'est faite tôt le matin de 9h00 jusqu'à 10h00, moment où le soleil est absent dans cette zone. Ainsi on évitera un contraste entre zones exposées et zones ombrées qui risquerait de nuire aux calculs (discontinuités chromatiques importantes). Un éclairage direct intense provoque des ombres nettes et un grand contraste qui peuvent gêner l'interprétation des images par les algorithmes et dégrader la qualité des textures³⁹⁷.

2.1.2.5 Recouvrement :

Le recouvrement définit la partie commune, exprimée en pourcentage, entre deux photos consécutives. Et afin d'avoir une bonne qualité et une bonne précision de notre relevé, on doit avoir un recouvrement minimum de 75% entre deux photographies consécutives. On a

³⁹⁵ <https://tuto-photos.com/regler-ouverture-du-diaphragme/>. Consulté le 23/10/2019.

³⁹⁶ ISO : International Organization for Standardization.

³⁹⁷ DELEVOIE, Caroline et al. Un point sur la photogrammétrie. *Archéopages*. N°34. 2012. p 87. Doi : <https://doi.org/10.4000/archeopages.410>. Consulté le 09/03/2020

commencé notre relevé par la partie sud du bain (les escaliers d'accès), en plaçant à chaque fois chaque partie photographiée sur trois photos consécutives.

2.1.2.6 Parcours linéaire :

L'acquisition photogrammétrique nécessite le respect de certaines règles. Dans notre cas et en présence d'un édifice de forme rectangulaire avec murs, sols et couverture, la méthode de prise de vue linéaire est celle la plus adaptée ; où on doit contourner notre bâtiment pour un maximum de points de vue. On a suivi un parcours linéaire tout au long des murs à photographier, tout en prenant soin de photographier aussi les coins et les angles du bain en effectuant un mouvement autour de l'arête commune aux deux surfaces.



Figure 81: Exemple de disposition des appareils pour une numérisation linéaire unique. Source C3DC ³⁹⁸

Avant tout il s'agit de réaliser des relevés manuels du bâtiment (croquis...), avec des notes sur toutes les informations qui peuvent s'avérer utiles. Il s'agit d'organiser toutes les étapes de la photogrammétrie, et surtout du travail effectué sur le site afin d'éviter les déplacements inutiles et perdre du temps. Il faut aussi penser aussi à planifier la ou les séances photos au préalable et de choisir le bon moment pour la prise de photographies.

Et donc :

- Ouverture du diaphragme (quantité de lumière pénétrant dans le capteur) : F/22.
- ISO (la capacité du boîtier à être sensible à la lumière) : 200
- Distance Focale (exprimée en millimètres, elle correspond à la distance entre le capteur et le centre optique de l'objectif et doit être fixe) : 18mm.
- Stabilisateur ON/OFF : ON.
- Résolution (nombre de pixels) : 10 Mégapixel.
- Format d'image (RAW ou JPEG) : JPEG.
- Réglage des blancs : Nuageux (en extérieur).
- Bracke Ting Auto ON/OFF : OFF.
- D-Lighting Actif : OFF.
- Flash ON/OFF : OFF.
- Mode rafale ou non : NON.

³⁹⁸ C3DC. Culture 3D Cloud Op cite. p 20-21.

2.1.3 Synthèse sur les paramètres liés à PhotoScan lors de la procédure d'acquisition des données sur terrain :

Afin de maximiser la qualité du modèle photogrammétrique :

- Un point de l'objet doit être vu sur 3 photos pour garantir une bonne modélisation, sans modifier l'orientation de l'appareil photo.
- Il est impératif de désactiver l'autofocus.
- Eviter les zones transparentes, réfléchissantes, brillantes ou peu texturées.
- Il vaut mieux avoir le maximum de photographies que pas assez afin d'éviter de retourner sur place et de tout reprendre à zéro surtout si la luminosité a varié.
- La lumière doit être parfaitement homogène, suffisante, et constante. Eviter aussi au maximum toute variation de luminosité.
- Eviter tout mouvement lors de la prise de vue, ainsi que les objets en mouvements, tels que des personnes, voitures...
- Se déplacer sur un axe parallèle à la façade, en prenant des photos régulièrement et perpendiculairement à la façade.
- Privilégier les moments sans ombre et sans pluie.
- Eviter de changer les paramètres de l'appareil photographique entre les prises de vue (comme la focale ou l'optique).
- Chaque photo doit contenir l'objet d'intérêt dans toute la superficie du cadre.

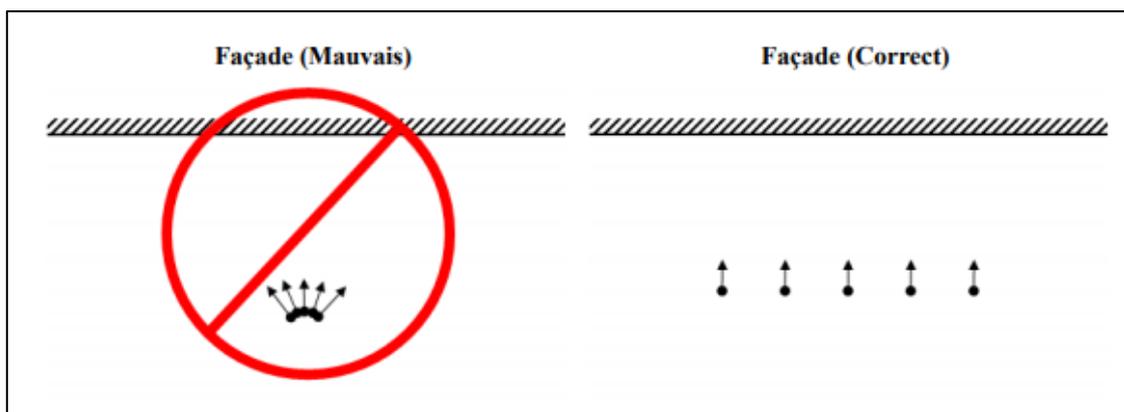


Figure 82: Scenarios appropriés pour la prise de vue sur une façade. Source AGISOFT³⁹⁹

³⁹⁹ https://www.agisoft.com/pdf/manuals_other/pscan_pro_fr_1_1.pdf, p 5. Consulté le 29/10/2019.

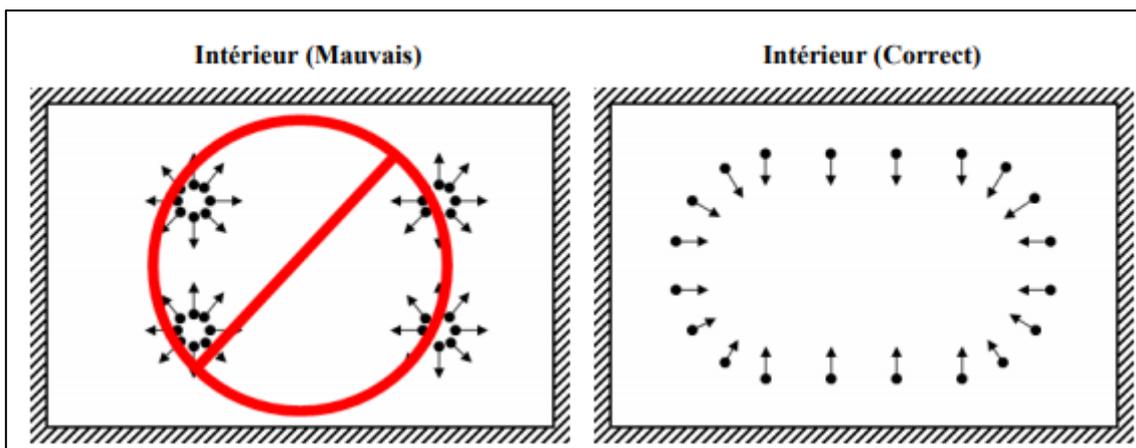


Figure 83: Scenarios appropriés pour la prise de vue à l'intérieur. Source AGISOFT⁴⁰⁰

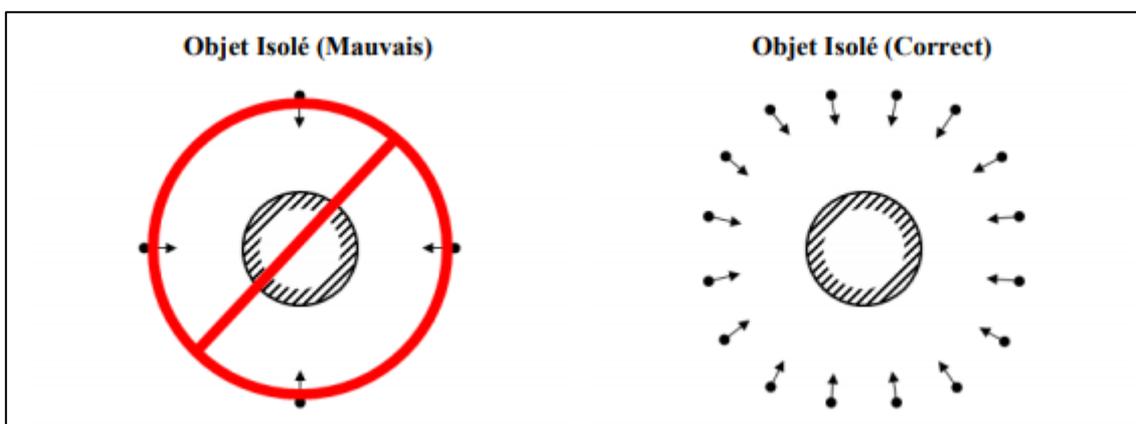


Figure 84 : Scenarios appropriés pour la prise de vue sur un objet. Source AGISOFT⁴⁰¹

Pour notre cas d'étude, à savoir un bain d'une surface de 243m², qui se compose d'une salle couverte et de quelques fragments de murs, et en lien avec notre objectif d'aboutir à une modélisation 3D de son état actuel, nous avons procédé par un relevé global du site avec des photographies convergentes. On a d'abord procédé au relevé des différentes façades du bain, pour ensuite réaliser le relevé des parties hautes du bain et des couvertures, afin d'avoir une maquette 3D globale du site.

Le CIPA a mis en place en 1994, pour les relevés photogrammétriques simplifiés, les 3x3 règles qui synthétisent les recommandations à suivre lors d'un relevé architectural.

⁴⁰⁰ Ibid. p 6.

⁴⁰¹ Ibid.

- **règles géométriques**
- Préparation des informations de contrôle**
- Relevé multi-image autour de l'objet**
- Prise de couples stéréo destinés à la stéréorestitution**
 - **règles photographiques**
- Géométrie interne constante pour tous les clichés**
- Homogénéité des conditions d'exposition**
- Choix d'une caméra stable et de grand format pour limiter le nombre de prises de vues**
 - **règles d'organisation**
- Réaliser des croquis adéquats**
- Rédiger des protocoles d'acquisition cohérents et efficaces**
- Réaliser un contrôle final du relevé**

2.1.4 Synthèse et conseils avant le lancement du traitement sur le logiciel :

- Eviter de recadrer les photos, de les modifier géométriquement, de les corriger, ou de les tourner. En revanche modifier la balance des blancs ou la luminosité n'affectera pas le résultat.
- Trier les photos au départ, par exemple supprimer toutes les photos floues ou avec une mise au point ratée. Une fonctionnalité de PhotoScan évalue la qualité des photos avant l'opération d'alignement, il sera donc facile pour nous de supprimer les photos de mauvaise qualité (qualité inférieure à 0.50 suivant les calculs de PhotoScan).

2.2 Traitement des données :

Comme souligné auparavant la phase de traitement des données sur le logiciel PhotoScan comprend 4 étapes : l'alignement des photos, la génération de nuages de points denses, la construction du maillage et enfin la construction de la texture afin de les exporter sous différents formats pour de futures utilisations. Cette étape de traitement des données est liée à la performance de notre ordinateur, et nous construit un modèle 3D texturé.

2.2.1 La configuration de l'ordinateur :

- Windows XP ou version ultérieure (64 bits), Mac OS X Snow Leopard ou ultérieur, Debian / Ubuntu (64 bits).
- Processeur Intel Core i7.
- 12 Go de RAM.

Le nombre de photos qui peuvent être traités par PhotoScan dépend de la RAM disponible et des paramètres de reconstruction utilisés. En supposant que la résolution d'une seule photo soit de l'ordre de 10 MPix, 2 Go de RAM sont suffisants pour faire un modèle basé sur 20 à 30 photos. 12 Go de RAM permettront de traiter jusqu'à 200-300 photographies.

Avant de lancer la procédure de traitement sur PhotoScan, il est nécessaire de charger les photos, source principale du modèle 3D. Dans le volet espace de travail, il suffit de cliquer sur ajouter des photos de la barre d'outils. PhotoScan accepte les formats d'image suivants : JPEG, TIFF, PNG, BMP, PPM, OpenEXR et JPEG Format Multi-Image (MPO). Les photos dans d'autres formats ne seront pas affichées dans la boîte de dialogue Ajouter des photos. Pour travailler avec ces photos, on aura besoin de les convertir dans l'un des formats pris en charge.

2.2.2 L'alignement des photos :

Après avoir chargé les 148 photos prises sur terrain suivant le protocole d'acquisition adéquat, cette étape consistera à chercher les points communs entre les photos. L'objectif de l'étape, est de trouver la position de chaque caméra pour chaque photo et les points de liaison entre elles. L'algorithme permet de trouver automatiquement des points de liaison (en quelque sorte des points homologues) qui vont permettre l'appariement des photographies réalisées. L'algorithme ici utilisé est issu des travaux de David G. Lowe dans son célèbre article "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints" ⁴⁰².

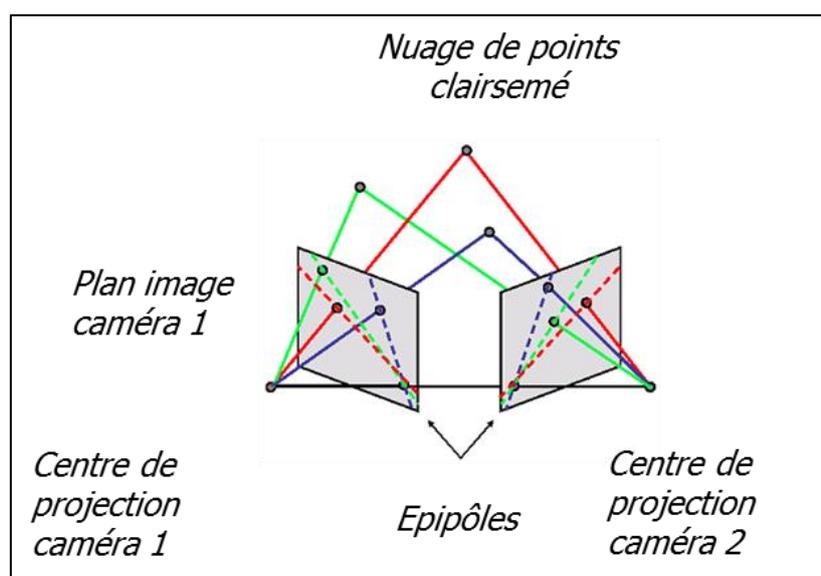


Figure 85: Principe de création du nuage de points clairsemés. Source BOUET ⁴⁰³

⁴⁰² LOWE, David.G. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. Op cite.

⁴⁰³ BOUET, Olivier. Cours : Photogrammétrie, modélisation et drones. p 21. http://numerique.tech.fr/Resum_Photogrammetrie_modelisation-et-drones_OB_mai2018.pdf. Consulté le 15/11/2019.

Dans le menu, il suffit de cliquer sur traitement (Workflow) ensuite aligner les photos (Align photos), apparait alors une boite de dialogue avec une série de paramètres d'alignement à choisir :

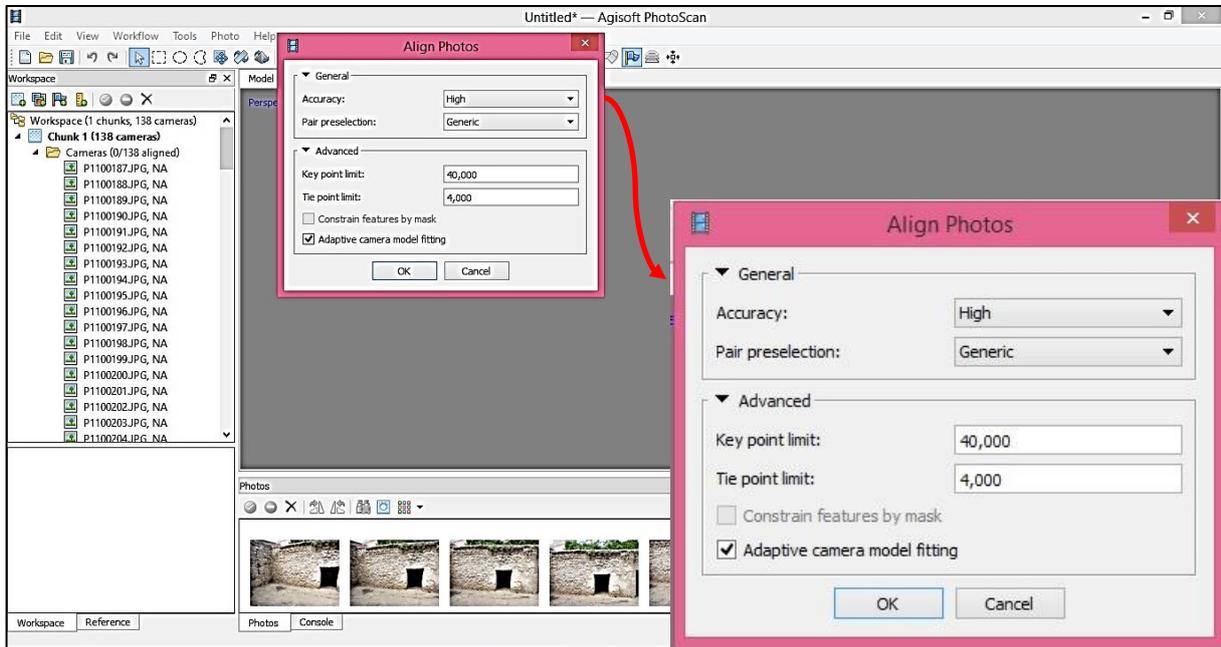


Figure 86: Paramètres d'alignement des photos pour le bain d'Agadir. Source auteur

Précision (Accuracy) : Ce paramètre détermine la précision de la position des caméras. Utiliser la précision "Basse" peut permettre d'obtenir une grossière estimation de la position des photos, ce n'est pas très précis mais c'est plus rapide. Le paramètre "haute" aidera à obtenir des positions de caméras plus précises mais, il augmentera le temps de traitement. Avec le paramètre "haute", les images originales sont utilisées, en "Moyenne" le nombre de pixels des photos est divisé par 4. En mode "Basse" la qualité des images est encore une fois divisée par 4 par rapport à l'étape "Moyenne".

Présélection des paires (Pair présélection) : il permet d'accélérer le processus de mise en correspondance des caractéristiques détectées dans les photographies. Dans le mode de présélection générique les paires de photographies qui se chevauchent partiellement sont sélectionnées. Dans le mode contrôle terrain, PhotoScan utilise les informations de géoréférencement présentes dans les méta-données EXIF des photographies.

Il existe aussi des paramètres avancés (Advanced) comme la limite de points, pour limiter le nombre de points caractéristiques et clés, que le logiciel peut trouver dans une photo lors du traitement. La fonction de contrainte par les options de masque permet à l'utilisateur d'exclure des calculs la zone masquée.

Une fois l'alignement des photographies fait, la position et l'orientation des caméras est affichée par des rectangles bleus visibles dans la fenêtre 3D. Il est possible toutefois de réaligner un ensemble de photos manuellement.

Une fois l'alignement des photographies achevée, le nuage de points peut être exporté pour un autre traitement avec d'autres logiciels si nécessaire. Cette phase nous permet la création d'"**un nuage de points clairsemés**".



Figure 87: Le nuage de points clairsemés du bain d'Agadir acquis de la phase d'alignement des photos. Source auteur

2.2.3 La construction du nuage de points dense :

Après avoir effectué le nettoyage du nuage de points clairsemés manuellement, et afin de se concentrer uniquement sur les zones importantes et ne pas calculer inutilement des parties, on peut passer à la deuxième étape de calcul.

A partir de la connaissance de la position et de l'orientation des caméras, on peut créer un nuage de points dense nommée en anglais aussi **depth map** que l'on traduit par création de la carte des profondeurs⁴⁰⁴.

⁴⁰⁴ Ibid. p 22.

Dans le menu, il suffit de cliquer sur traitement (Workflow) ensuite création du nuage de points dense (Build dense cloud), apparait alors une boite de dialogue avec une série de paramètres à choisir :

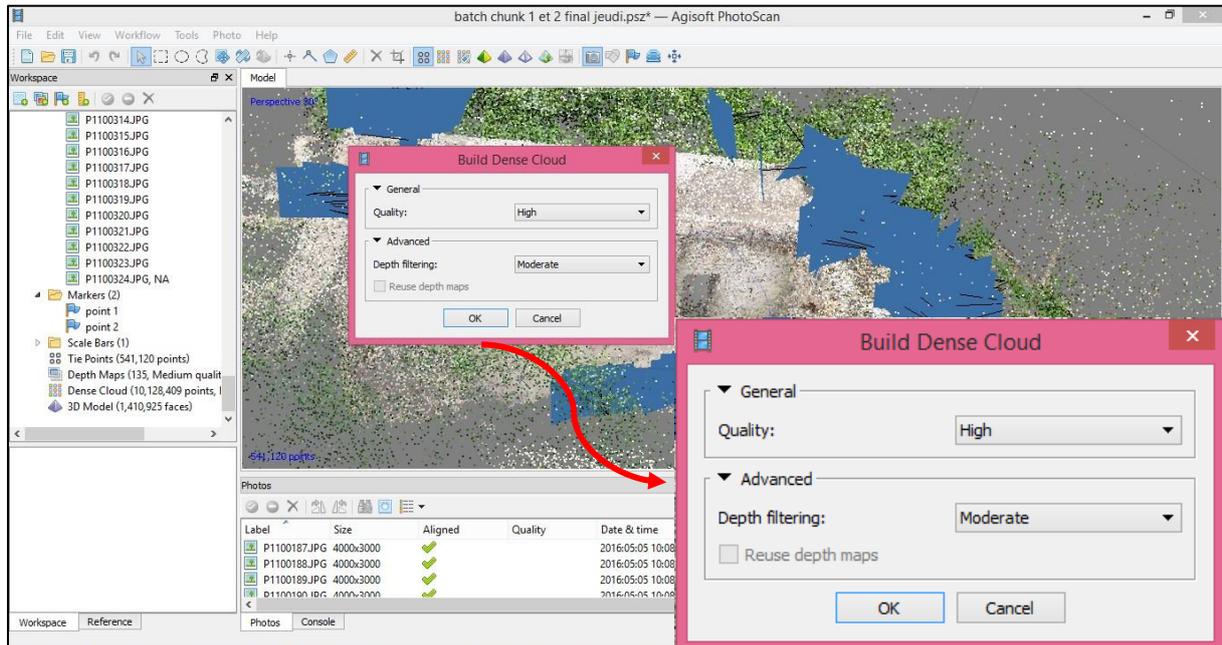


Figure 88 : Paramètres de création du nuage de points dense du bain d'Agadir. Source auteur

Qualité (Quality) : La meilleure qualité génère le nuage de points le plus précis et détaillé, mais avec un temps de calcul plus important. Les photos originales sont utilisées pour la qualité "Ultra haute" puis les images sont dégradées d'un facteur de 4 à chaque étape. Ce paramètre peut être interprété comme celui de précision de l'alignement des photos.

Filtrage de la profondeur (Depth Filtering) : C'est le calcul des cartes de profondeur de chaque image. Si la géométrie de la scène à reconstruire est complexe, avec de nombreux petits détails sur le premier plan, il est alors recommandé de régler sur le mode Filtrage de la profondeur "Léger" afin que des détails importants ne soient pas exclus.

Si la zone à reconstruire ne contient pas de petits détails significatifs, il est raisonnable de choisir le mode de filtrage de la profondeur "Agressif" pour régler la plupart des valeurs aberrantes.

Le mode de filtrage de la profondeur "Modéré" apporte des résultats qui se situent entre les approches légère et agressive. Vous pouvez expérimenter les réglages au cas où vous auriez des doutes quant au mode à choisir⁴⁰⁵.

On peut à présent et après la fin du processus de génération du nuage de points dense, exporter le nuage vers d'autres logiciels.

⁴⁰⁵ https://www.agisoft.com/pdf/manuals_other/pscan_pro_fr_1_1.pdf. Op cite. p 14.



Figure 89 : Le nuage de points dense du bain d'Agadir. Source auteur

2.2.4 Création de maillage :

Une fois le nuage de points généré on peut passer à la création du maillage. PhotoScan permet une reconstruction optimale du modèle pour un ensemble de données, à partir d'un maillage. Il est possible de créer le maillage à partir du nuage épars (ou clairsemé), mais cela générera un modèle de qualité inférieure. Dans cette phase de calcul, on peut réaliser des mesures dans le modèle à l'aide de marqueurs. Toujours dans le menu traitement (Workflow) dans la commande construire un maillage (Build Mesh), apparait alors une boite de dialogue avec une série de paramètres à choisir

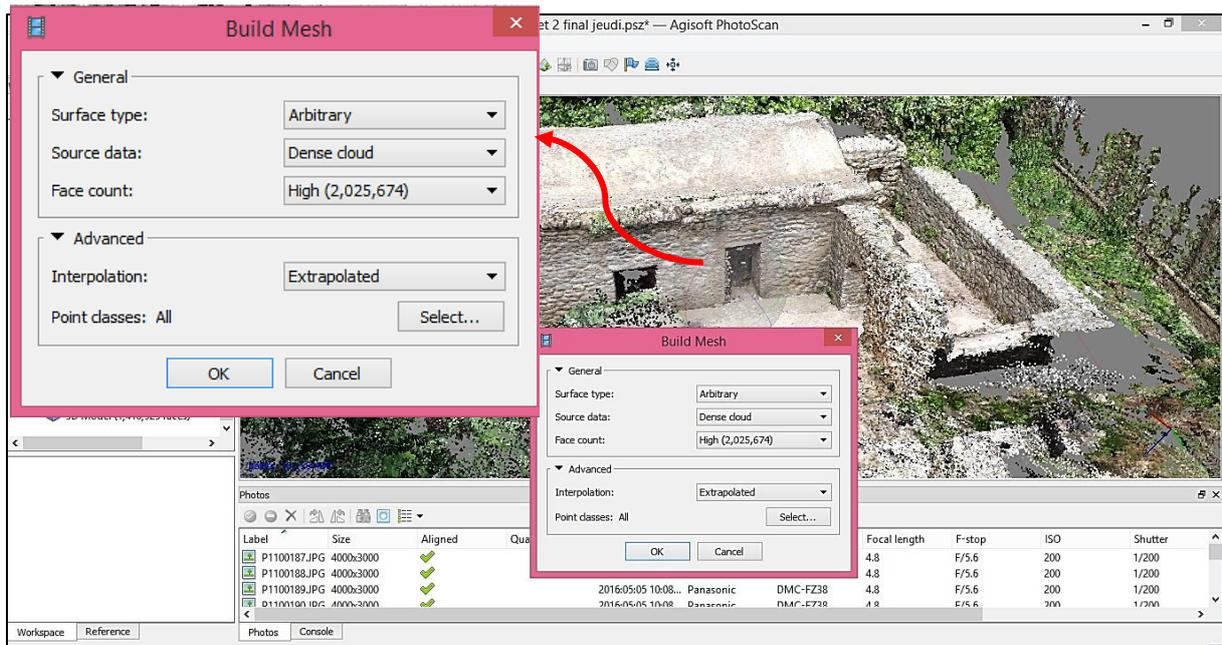


Figure 90 : Paramètres du maillage. Source auteur

Type de surface (Surface type) : L'option "Arbitraire" est utilisée pour n'importe quel type d'objet, et est préférable pour des objets fermés tels que des statues, bâtiments... Et la type de surface "Champ de hauteur" est utilisé pour des surfaces planes, tels que des terrains (photographies à partir de drones) ou des bas-reliefs...

Source de données (Source data) : Cette option spécifie la source utilisée pour la procédure de génération du maillage. On choisit généralement le réglage "nuage dense", qui nécessite un temps de traitement plus long mais plus précis.

Nombre de polygones (Polygon count) : C'est le nombre de polygones ou faces à déterminer dans le processus du maillage. Trois valeurs sont suggérées (haute, moyenne et basse), mais avec la possibilité de choisir, à son gré, son propre nombre.

Interpolation (Interpolation) : En "Désactivé", seuls les points appartenant au nuage de points dense seront reconstitués. En "Activé", certains trous dans un certain rayon seront "rebouchés" par le logiciel. Et enfin, en "extrapolé", le modèle généré n'a aucun trou, quitte à laisser le logiciel "deviner" de larges zones du modèle.

Classe des points (Points classes) : Indique les classes de points du nuage dense pour être utilisées pour la construction de maillage.

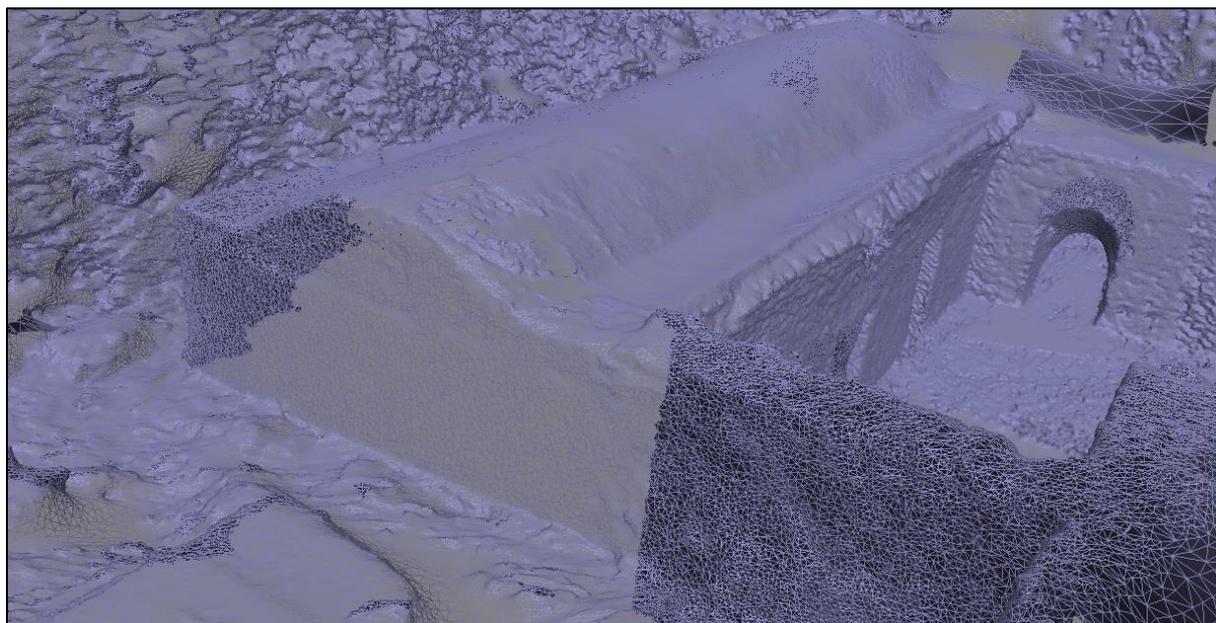


Figure 91 : Structure filaire du bain d'Agadir obtenue après maillage. Source auteur

2.2.5 Construction de la texture :

Cette étape nous permet la construction de la texture de l'objet, en tirant des photos les informations nécessaires afin d'obtenir une vue photoréaliste du bâtiment. Toujours dans le menu traitement (Workflow) dans la commande "Construire une texture" (Build Texture), apparaît alors une boîte de dialogue avec une série de paramètres d'alignement à choisir :

Modes de mappage de texture (Mapping Mode) : Il existe 6 options (Générique, Ortho photo adaptative, Ortho photo, Sphérique, Une seule camera et Garder l'UV). Dans notre cas pour les ortho photos, nous avons opté pour le mode de mappage ortho photo. Et pour les vues en perspectives, nous avons choisis le mode de mappage générique.

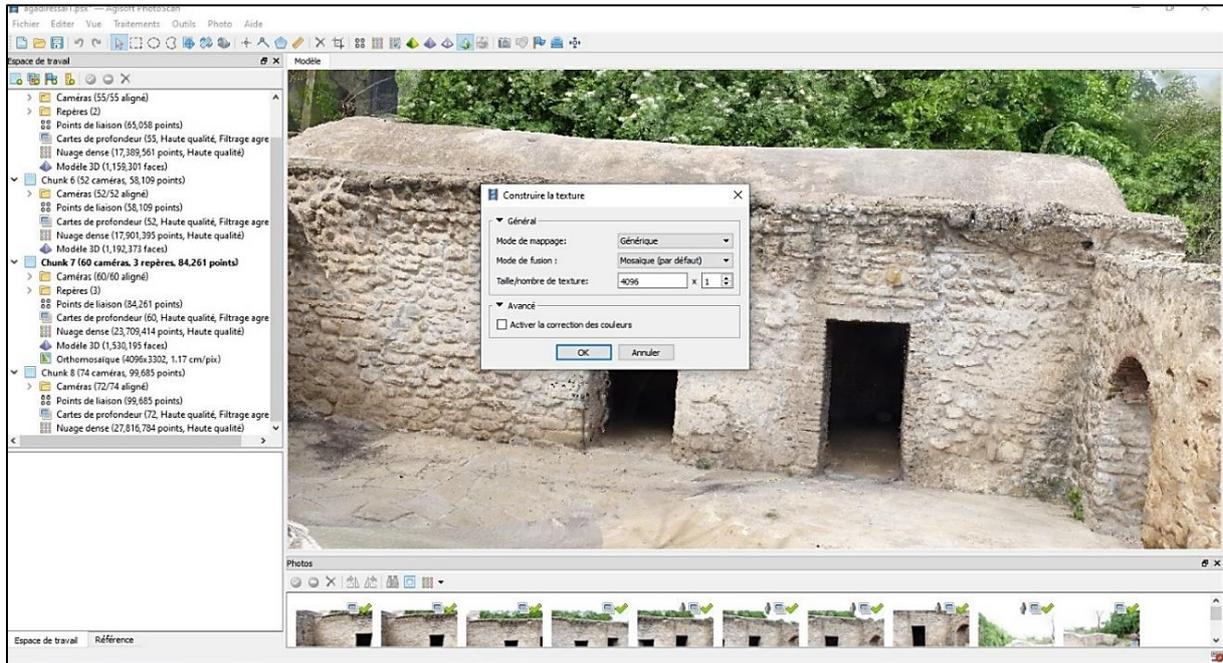


Figure 92 : Paramètres du texturage. Source auteur

2.2.6 Exportation du modèle :

PhotoScan nous permet l'exportation du nuage de points clairsemé, dense, du modèle 3D mais aussi d'ortho photos, pour d'autres utilisations.

2.3 Discussion des résultats issus de la photogrammétrie

Le relevé par photogrammétrie du bain nous a permis de représenter la réalité du bâtiment dans l'état actuel, dans un but de conservation mais aussi pour pouvoir le retravailler à des fins scientifiques. Grâce au logiciel PhotoScan, où le traitement des données est automatisé, nous avons obtenu un modèle 3D du bain flexible et opérationnelle, avec un texturage automatisé lors des calculs. Ci-dessus le tableau récapitulatif des résultats des étapes de la photogrammétrie.

Etape	Quantités	Durée du traitement
Chargement des photos	148	
Alignement des photos	148/148	5h
Nuage de points dense	8469190 points	9h
Maillage	2812620 faces ou polygones	7h
Texturage	4096 (nombre de texture)	8h

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des étapes issues de la photogrammétrie du bain d'Agadir. Source auteur

Le relevé par photogrammétrie est simple, rapide et fiable, mais nécessite néanmoins un appareil photo adéquat et le respect d'une méthodologie de prise de vues appropriée : toute personne ayant pris connaissance du protocole de prise de vue, pourra effectuer elle-même l'acquisition 3D de son objet. Un des autres avantages de la photogrammétrie reste aussi son faible coût, en le comparant au relevé par laser, plus coûteux.

Pour aboutir au résultat final, il nous a fallu plusieurs allers /retours sur le site, ainsi que plusieurs essais : les plantes sauvages et arbres présents sur le site n'ont pas rendu la tâche facile. S'il est simple de prendre des photographies, il s'est avéré utile pour nous d'avoir d'abord pris connaissance des règles de prise de vue, ainsi que des paramètres liés à l'appareil photographique, pour des photographies remplissant les critères de qualité pour le calcul.

Malgré toutes les difficultés rencontrées, liés au site ou à la prise de vue, nous avons pu obtenir un résultat satisfaisant et approprié pour un enregistrement numérique du bain, sa documentation, son archivage mais aussi son analyse et ceci sur plusieurs supports 3D sous différents formats (sous format DXF, 3DS, OBJ, PLY...) : il représente aussi un document précieux de l'état actuel du bain. Dans notre cas, cela va nous permettre par la suite de proposer des hypothèses de restitution du bain, en l'exportant dans un logiciel de modélisation 3D, et en lui intégrant virtuellement certains éléments disparus, en vue de sa mise en valeur patrimoniale.

Par le relevé photogramétrique et la création d'un modèle numérique du bain d'Agadir, on a pu moderniser ce pan de notre patrimoine culturel, et permettre ainsi sa conservation et son archivage sous une version virtuelle. Cela nous permet des applications diverses sur le modèle 3D tels que :

- Etude de la géométrie 2D et 3D par des mesures de côtes sur plan et façade, des mesures de volumes, de reliefs, ou encore l'étude de la forme.
- L'utilisation des ortho photos dans le relevé architectural, comme pour le relevé pierre à pierre (façades, vue en plan...), ou encore le relevé de blocs.
- Un stockage des informations avec des mesures 2D et 3D avant des travaux de réhabilitation, ou de réfection : comme support à la restauration du bâtiment.
- Identification des désordres, et analyse de la dégradation du bâtiment.

- Réaliser des plans, des élévations, et des coupes verticales ou horizontales sur le bâtiment.

La restitution photogrammétrique du bain d'Agadir, s'est avéré être une méthode d'acquisition des données 3D facile, peu coûteuse et à notre portée en utilisant un simple appareil photographique numérique, ainsi que le logiciel PhotoScan pour les calculs. Le relevé numérique du bain, et sa reconstruction virtuelle, nous a permis de sauvegarder, et d'archiver ce monument, pont entre passé et futur, par le biais de la nouvelle technologie. C'est une manière de protection du monument d'éventuelles dégradations ou destructions, avant sa disparition.

Le logiciel de photogrammétrie PhotoScan, simple d'emploi, offre l'avantage de produire à la fin de toutes les étapes de traitement, un modèle 3D fini, fidèle à la géométrie et à la texture, contrairement à d'autres logiciels, où il ne résulte du traitement qu'un modèle 3D géométrique. Il est essentiel, de bien paramétrer son appareil photographique dès le départ, car cela nous épargne de longues retouches dans les éditeurs d'images et donc une perte de temps. Autre point à soulever, celui du temps écoulé dans le traitement des données par le logiciel ; cela dépend de la puissance de l'ordinateur, et risque de prendre beaucoup de temps, surtout si on a à refaire le traitement plusieurs fois.

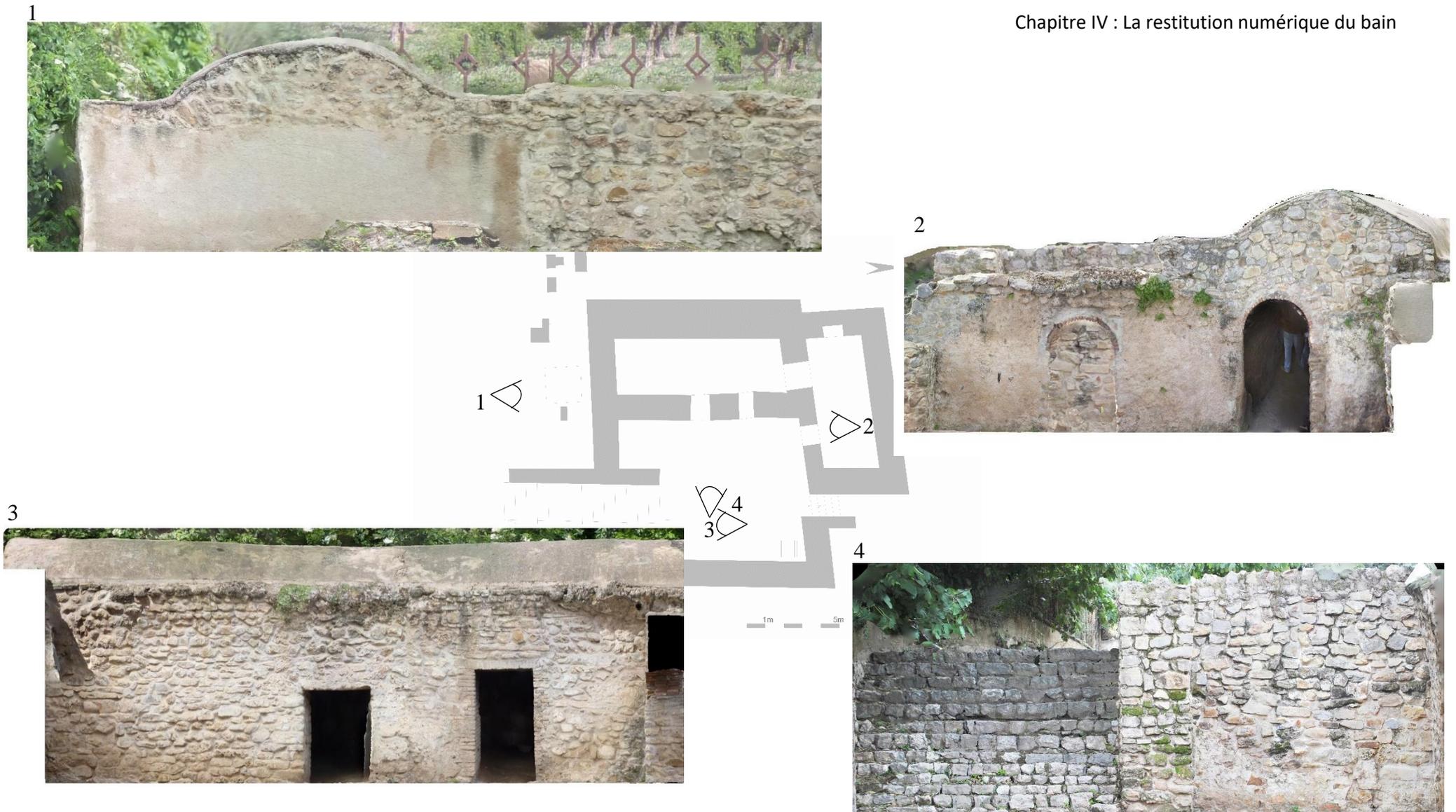


Photo 43 : Quelques ortho photos du bain d'Agadir obtenues par photogrammétrie avec PhotoScan. Source auteur

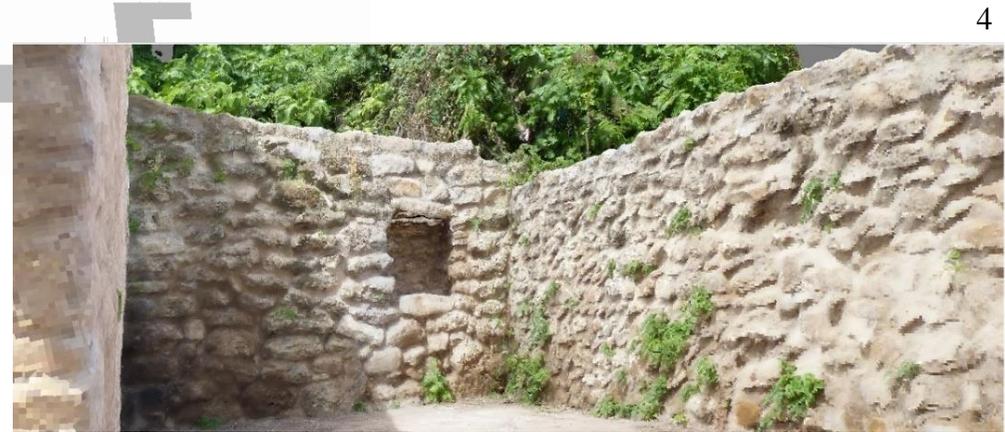
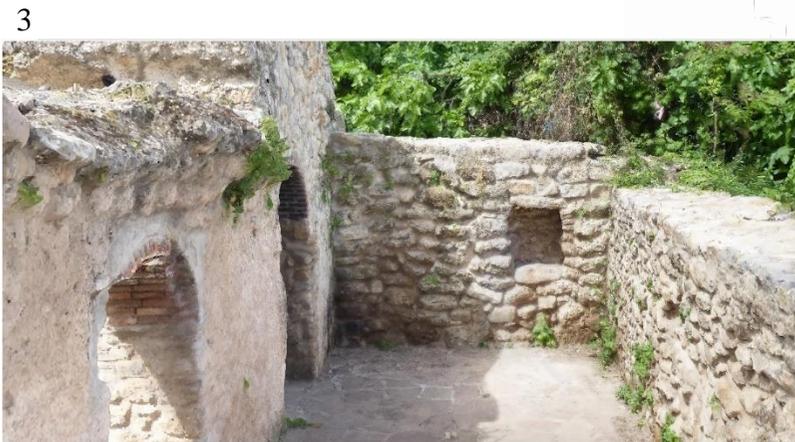


Photo 44 : Quelques perspectives du bain d'Agadir obtenues par photogrammétrie avec PhotoScan. Source auteur

3 Essai de restitution architecturale du bain d'Agadir :

La compréhension des structures, des systèmes constructifs, et une bonne connaissance de l'architecture balnéaire de l'époque, sont incontournables pour la restitution de notre bain. Une des conditions de la restitution est de comprendre et de lire les planimétries des bains, les comparer avec d'autres bains, voir à quelle catégorie ils appartiennent, et enfin dégager toutes les caractéristiques pour chaque type de plan, phase présentée dans le chapitre III.

Etudier les autres bains dans le monde et en Algérie, nous a aidé à compléter nos informations, et à mieux comprendre le fonctionnement de ce type d'édifice. En analysant les différents exemples, des similitudes sont apparues entre quelques bains, mais on s'est rendu compte aussi que chaque détail et chaque information avait son importance.

Dans notre cas deux hypothèses peuvent être discutées, puisque ne connaissant pas exactement la date du bain : la première hypothèse où le bain daterait de la période Idrisside, et la deuxième hypothèse où le bain serait postérieur à cette époque. Notre réflexion pour le travail de restitution du bain, se basera sur un raisonnement par induction, dans le sens où on effectuera une analyse comparative avec les autres bains similaires, et enfin sur un raisonnement hypothético-déductif.

Partons de la première hypothèse : le bain se trouvant dans l'ancien quartier Idrisside d'Agadir et à proximité de la mosquée, aurait été construit à cette même époque : Il serait donc semblable aux bains antérieurs au X^e siècle. Pour la deuxième hypothèse pour laquelle on suppose que le bain serait postérieur à la période Idrisside, il ferait donc partie des bains datant d'à partir le XI^e siècle.

Vue les parties manquantes du bain, y compris murs et couvertures, cela impliquera un recours constant à des hypothèses, sans avoir recours dans notre cas, à des fouilles scientifiques avec des études plus poussées. L'utilisation de l'outil informatique et les modèles en 3D, nous ont aidé à modifier et à corriger les différentes variantes, allant de la version actuelle du modèle jusqu'à la version définitive.

Dans notre cas, nous ne traiterons pas de la restitution du bain jusqu'aux détails architecturaux, car cela demande beaucoup de temps et de moyens, mais nous présenterons une restitution de la forme générale du bâtiment, en commençant par un modèle 3D du bain avec les relevés et les vestiges in-situ (V0), pour aboutir à un modèle final selon les deux hypothèses de restitution. La restitution numérique du bain, nous permettra de répondre à certaines interrogations, et servira de support aux réflexions et aux interprétations scientifiques.

Le bain comprendra donc finalement deux parties bien distinctes :

- La première qui est la partie connue, et qui correspond à ce qui subsiste toujours dans le bain (les structures en place).

- La seconde partie comprend la partie complétée par étude comparative et par des hypothèses.

Les seuls documents en notre possession sur le bain, sont : le rapport écrit d'Alfred Bel en 1910, le rapport de fouilles publié en 1973, mais aussi les documents graphiques et la planimétrie du bain publié par le BET ACAT en 2003. Nous procéderons donc à l'élaboration d'hypothèses pour les parties disparues, celles pour lesquelles nous ne disposons que de peu d'informations.

Nous procéderons ainsi par ordre hiérarchique, qui suivra les étapes de notre travail de restitution, et qui semble être logique pour nous dans la construction du modèle 3D restitué :

- Restitution des formes et dimensions des espaces.
- Restitution des formes et hauteurs des murs.
- Restitution des formes et hauteurs des couvertures.

Nous rajouterons à cela les matériaux de construction, les techniques de construction : les étapes de restitution sont en réalité liées entre elles. Il ne semble pas que le bain ait subi des modifications depuis sa construction, les structures qui nous sont parvenues jusqu'à aujourd'hui présent sont sans aucun doute ses structures initiales, et donc la restitution virtuelle sera réalisée sur la base de l'état d'origine du bain. En 1910, Alfred Bel avait déjà trouvé le bain en partie détruit, approximativement dans le même état qui nous est parvenu actuellement, mais avec quelques indices qui nous seront précieux dans le travail de restitution.

3.1 Restitution des formes et dimensions des espaces :

Nous avons commencé notre restitution par l'analyse du plan du bain : le seul plan ancien qui nous soit parvenu, est celui de Bel effectué en 1910, mais sans aucune altimétrie. On ne peut restituer le volume entier sans d'abord comprendre la planimétrie et la distribution des espaces composant le bain. Aucune fouille archéologique n'a été entreprise dans le site, rendant pour nous difficile de connaître l'emplacement exact des murs intérieurs du bain.

Dans notre analyse des premiers bains dans le monde musulman, on a pu discerner que la majorité de ces derniers se composaient essentiellement de quatre salles : à savoir les vestiaires, la salle froide, la salle tiède et la salle chaude. Au sein du bain d'Agadir, on ne connaît que l'emplacement de la salle chaude, toujours couverte d'une voûte en berceau, ainsi qu'une partie des dépendances du bain à l'ouest. Le premier enjeu a consisté avant tout à restituer la planimétrie du bain, et donc à définir l'emplacement de chaque salle.

Hypothèse I : Si le bain est annexé à la mosquée Idrisside, il doit probablement dater d'avant le X^e siècle ou l'arrivée de la dynastie Almoravide. Avec cette idée, nous nous référons donc aux types de bains antérieurs à la période Almoravide et bien conservés, comme ceux de la période byzantine ou ceux se trouvant en Espagne. Dans les bains islamiques primitifs, la succession des quatre salles est conservée, avec des surfaces et des largeurs plus ou moins identiques, suivant un parcours rétrograde. Dans notre bain, on ne connaît que l'emplacement

de la salle chaude **S1**, donc il nous reste à définir l'emplacement des autres espaces en se basant sur une étude comparative avec d'autres bains, et sur le rapport effectué par Alfred Bel.

Pour l'espace **S3**, et qui communique directement avec la salle chaude par le biais de la porte **P2**, il ne peut s'agir que d'une salle tiède (citée comme tel par Alfred Bel dans son rapport), respectant ainsi le respect du principe de progression de chaleur.

Reste à définir donc la fonction de la salle **S2**, qui communique avec :

- La salle chaude **S1** par la porte **P3**.
- La salle tiède **S3** par la porte **P4**.

Pour A. Bel cet espace **S2**, renfermerait soit une salle tiède, soit une deuxième salle chaude, ou bien un dépôt. Cependant cet espace ne pouvait contenir un dépôt à cet emplacement, qui communiquait directement avec la salle chaude par la porte **P3**, soigneusement décorée par rapport aux autres portes. Dans tous les exemples étudiés dans le chapitre II, aucun lien direct n'existe entre les espaces de service et les salles chaudes du bain. Elle ne peut contenir aussi la salle froide, car elle ne peut avoir un accès direct avec la salle chaude, et dans ce cas faire abstraction du principe de gradation de chaleur. On peut désormais déduire que l'espace **S2** renfermerait soit la salle tiède, soit une deuxième salle chaude.

Dans les bains étudiés en exemple dans le deuxième chapitre, et datant d'avant le X^e siècle, ces derniers pouvaient avoir dans certains cas une salle chaude plus vaste que les autres espaces comme le cas du bain de la *Kalaa des Benis Hammad*, ou bien une salle chaude avec des chambres ou alcôves séparées par des arcades (le bain d'*Oreto-Zuqueca*, ou *El banuelo* de Grenade en Espagne).

Nous avons vu aussi dans le deuxième chapitre, pour les bains religieux de l'époque byzantine en Afrique du Nord, présentés par Yvon Thébert, que ces derniers comportaient deux salles tièdes qui menaient à leur tour à la salle chaude. Mais ces bains de l'époque avaient la particularité de présenter des plans simples mais plus importants en surface par rapport à notre cas d'étude. Par sa surface réduite, le bain d'Agadir ne ressemble pas aux bains byzantins du Proche-Orient, ni ceux bâtis dans la même période en Afrique du Nord, mais plutôt aux premiers bains islamiques dans la péninsule ibérique ou au Maghreb, témoignant de ce type de plan : comme celui d'*Oreto-Zuqueca* à Ciudad Real, de la *Kalaa des beni Hamad*, ou encore du *baño árabe de Churriana de la Vega* à Grenade : Il ne peut donc contenir deux salles tièdes.

La forme et la décoration des trois portes encore existantes dans le bain, peuvent également nous orienter sur la fonction de l'espace **S2** : Les portes **P2** et **P4** sont identiques en largeur (1m) et en forme (rectangulaire). En revanche la porte **P3** est plus large (1,25m), et est couronnée par un arc en brique reposant sur deux petites colonnes à chapiteaux (disparues aujourd'hui). Pourquoi donc une décoration particulière attribuée à la porte **P3** et non aux autres portes ?

La porte **P2** qui mène de la salle tiède à la salle chaude est rectangulaire avec une largeur de 1m : On pourrait déduire que la porte **P4**, de forme et de largeur identiques, mènerait à un espace ayant la même fonction : donc dans notre cas une deuxième salle chaude. On peut à présent comprendre pourquoi un décor particulier fut donné à la porte **P3**, et non aux autres portes : Il s'agit peut-être d'une ouverture en forme d'arc qui sépare les deux salles chaudes (deux espaces ayant la même fonction).

Si dans le cas où l'espace **S2**, avait renfermé une deuxième salle tiède, pourquoi un traitement particulier donné à la porte **P3**, et non à la porte **P2** ? pourtant deux portes menant à un espace identique. Et pourquoi l'existence d'un mur qui contient la porte **P4**, et qui va séparer deux salles tièdes ? On peut déduire finalement que la salle renfermait bien une deuxième salle chaude.

Il reste à situer la salle froide et les vestiaires : Alfred Bel avait souligné la présence d'un mur en pisé à l'est du bain (le mur **M1**), qui marquerait peut-être la limite du bain de ce côté. A partir de cette donnée on a prétendu donc la présence des vestiaires et de la salle froide à ce niveau : le mur séparant la salle tiède des vestiaires et de la salle froide a donc totalement disparu (**M2**). Dans le bain de *Volubilis* au Maroc, et de la *Kalaa des Benis Hammad*, l'espace vestiaires et salle froide était confondu en un seul espace.

Pour le mur en pisé découvert à l'ouest du bain (**M3**) par Alfred Bel, et le fragment d'un autre mur (**M8**) découvert lors des travaux de restauration en 2003, cet espace aurait renfermé les dépendances (chaufferies, services...), chose probable dans le cas où cet espace est mitoyen à la salle chaude, et à un puits découvert aussi lors des travaux de restauration de 2003 (le puits devait être la source d'approvisionnement du bain en eau). On retrouve la même configuration pour les autres bains tel que le bain *Es Sabaghine* et celui de *Nedroma*, où un puits se situe au niveau des dépendances jouxtant la salle chaude.

Le tableau ci-dessous précise les largeurs des salles de quelques bains étudiés auparavant, choisis par rapport à la surface totale proche de notre cas d'étude :

Le bain/ Les espaces	Vestiaires	Salle froide	Salle tiède	Salle chaude
Le bain Cárcel San Vicente	2,50m	2,50m	3m	4m
Le bain de la tropa	3m	1,90m	2,30m	2,40m
Le bain torres torres		2,5m	3m	2,42m
Le bain de Churriana de la Vega	3m	2,20m	3m	3,20m

Tableau 7: Tableau récapitulatif des largeurs des salles de quelques bains. Source auteur

Pour le bain d'Agadir, on connaît déjà la largeur de la salle chaude qui est de 3m, celle de la deuxième salle chaude de 3m également, et pour définir la largeur de la salle tiède on a fait un prolongement du mur **M7**, et obtenu ainsi une largeur de 3,75m. Enfin, la largeur des vestiaires et salle froide est de 3,75m aussi, limitée entre le mur **M2** et le mur **M1**.

La restitution planimétrique déduite de la première hypothèse est représentée sur la figure ci-dessous.

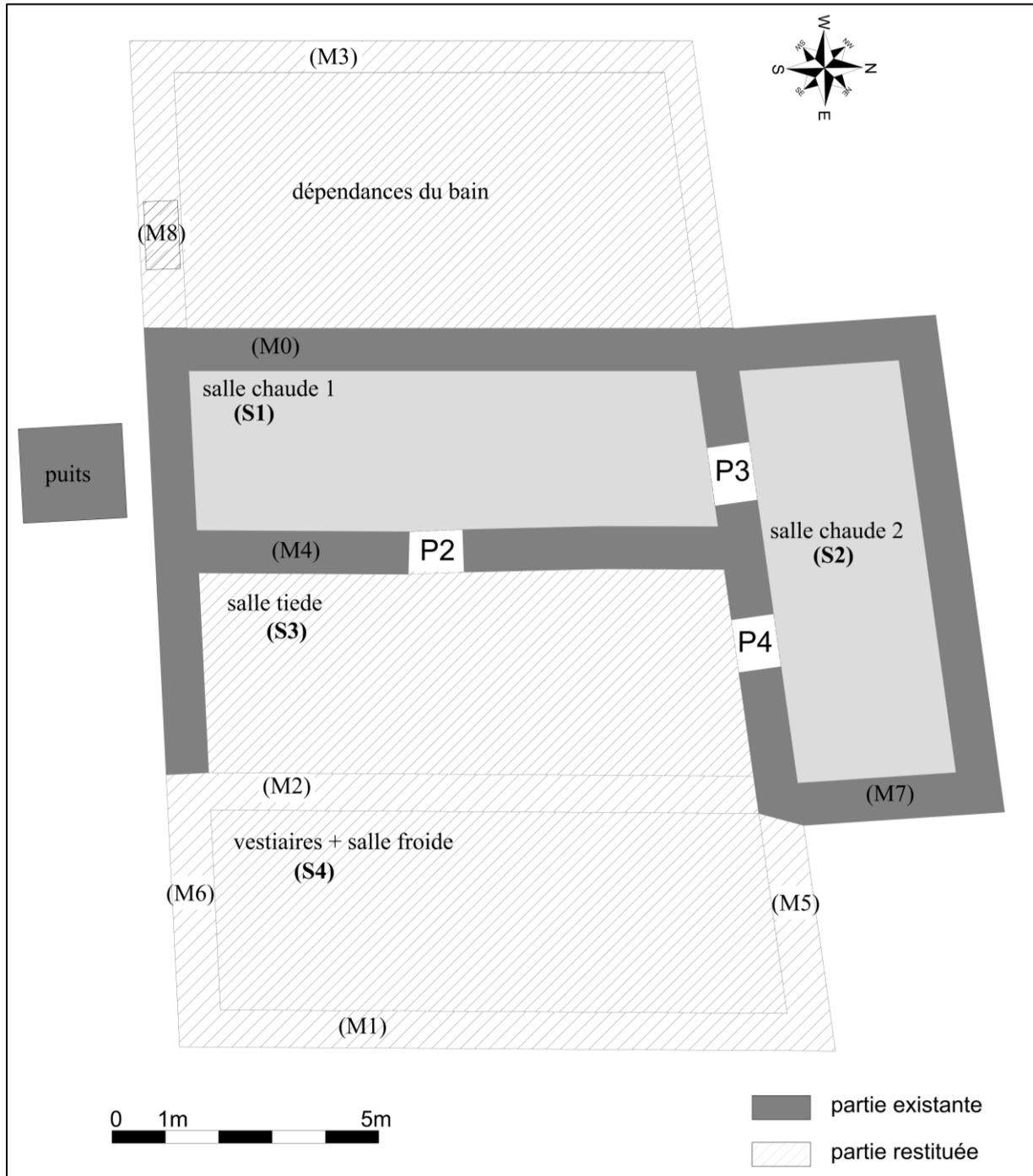


Figure 93 : Restitution planimétrique du bain d'Agadir(hypothèse I). Source auteur

Hypothèse II : Ne connaissant pas la datation exacte du bain, on pourrait supposer que ce dernier pourrait dater aussi d'une époque antérieure à la période Idrisside, et serait donc semblable aux bains datant du XI^e, XII^e ou même XIII^e siècle. En le comparant aux bains *Es Sabaghine*, de *Nedroma*, ou encore au bain de *Baza* et de *Jaén* en Espagne, il s'agirait donc d'un plan centralisé, où la salle tiède l'espace le plus vaste, occupe le centre du bain. Connaissant dans notre cas l'emplacement de la première salle chaude **S1**, et de la deuxième salle chaude **S2** (en suivant le même raisonnement que dans la première hypothèse), on suppose donc que l'espace restant occuperait la salle tiède **S3**, avec une position centrale, délimitée entre le mur **M4** et **M1**. On devait trouver au centre de cette salle un jet d'eau, comme ce fut le cas dans d'autres bains. On remarque cependant que cet espace fait 10,20 × 8,20 m, et ne serait donc pas de forme carrée parfaite, comme c'est le cas pour hammam *Es Sabaghine*.

Le tableau ci-dessous démontre les dimensions de la salle tiède de quelques bains de disposition centrale étudiés auparavant :

Le bain	Dimensions de la salle tiède	Surface de la salle tiède
El banuelo de Grenade	7 × 11m	77m ²
Le bain de Nedroma	7,45 × 7,45m	55,50m ²
Le bain de de Baza	8 × 8 m	64m ²
Le bain de Jaén	11,30 × 11,30m	127,69m ²
Le bain Es Sabaghine	12,30 × 11,20m	137,76m ²

Tableau 8 : Tableau récapitulatif des dimensions de la salle tiède de quelques bains. Source auteur

Reste donc à situer la salle froide et les vestiaires du bain, sont-ils confondus dans un même espace ? ou indépendants l'une de l'autre ? et où se situeraient-ils ? Aucun mur ou fragment de mur ne nous laisse supposer l'emplacement de ces deux salles. Par manque d'informations on préfère s'arrêter à cette restitution planimétrique pour cette deuxième hypothèse.

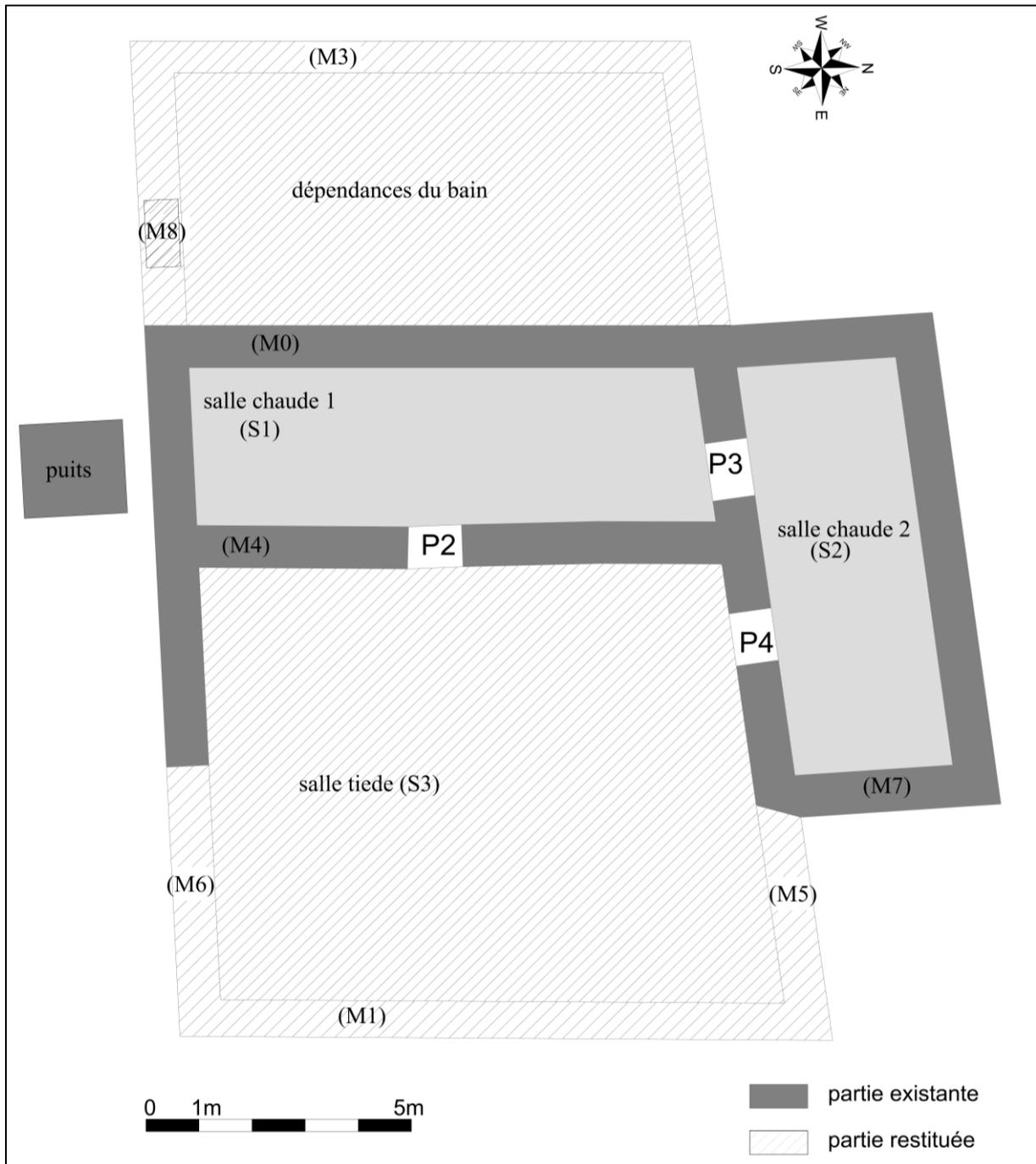


Figure 94 : Restitution planimétrique du bain d'Agadir (hypothèse II). Source auteur

Dans les deux hypothèses, la niche se trouvant au niveau du mur ouest de la deuxième salle chaude, a été supprimé, parce qu'inexistante au moment du relevé effectué en 1910.

3.2 Restitution des hauteurs des murs :

Les murs des bains été généralement épais, et faits en matériau résistant à l'humidité, et à la température élevée, mais leurs épaisseurs été dues aussi aux charges des couvertures, et aux cheminées qu'ils contenaient pour l'évacuation des fumées. Pour la hauteur des murs manquants, nous nous sommes basés sur la hauteur de ceux qui subsistent toujours dans la salle

chaude du bain, à savoir une hauteur extérieure de 3,25m, et intérieure de 2,65m au départ des voûtes (les murs M0, M4, M2, M1, M7 et M6).

Pour les dépendances du bain, on a constaté que dans la plupart des bains qui subsistent toujours, le niveau de sol des dépendances est inférieur à celui de la salle chaude et donc des autres espaces : ne connaissant pas dans notre cas le niveau exact des dépendances, on lui attribue la hauteur moyenne qui étaient donné aux hypocaustes, comprise entre 1,50m et 1,70m.

Pour les épaisseurs des murs, et vue la différence qui existe entre les épaisseurs identifiées au niveau du relevé d'Alfred Bel et les épaisseurs de l'état actuel du bain (1,30m actuellement), on préfère se référer encore une fois au relevé effectué par Alfred Bel, avec les épaisseurs suivantes :

- Pour les murs **M0** et **M4** : 0,80m.
- Pour le mur **M7** entourant la deuxième salle chaude : 0,70m.
- Pour le mur **M1** et **M3** : 0,70m.
- On attribue au mur **M2** la même épaisseur que le mur **M0** et **M4**.

Ci-dessous les différentes sections réalisées sur les planimétries du bain, selon les deux hypothèses émises.

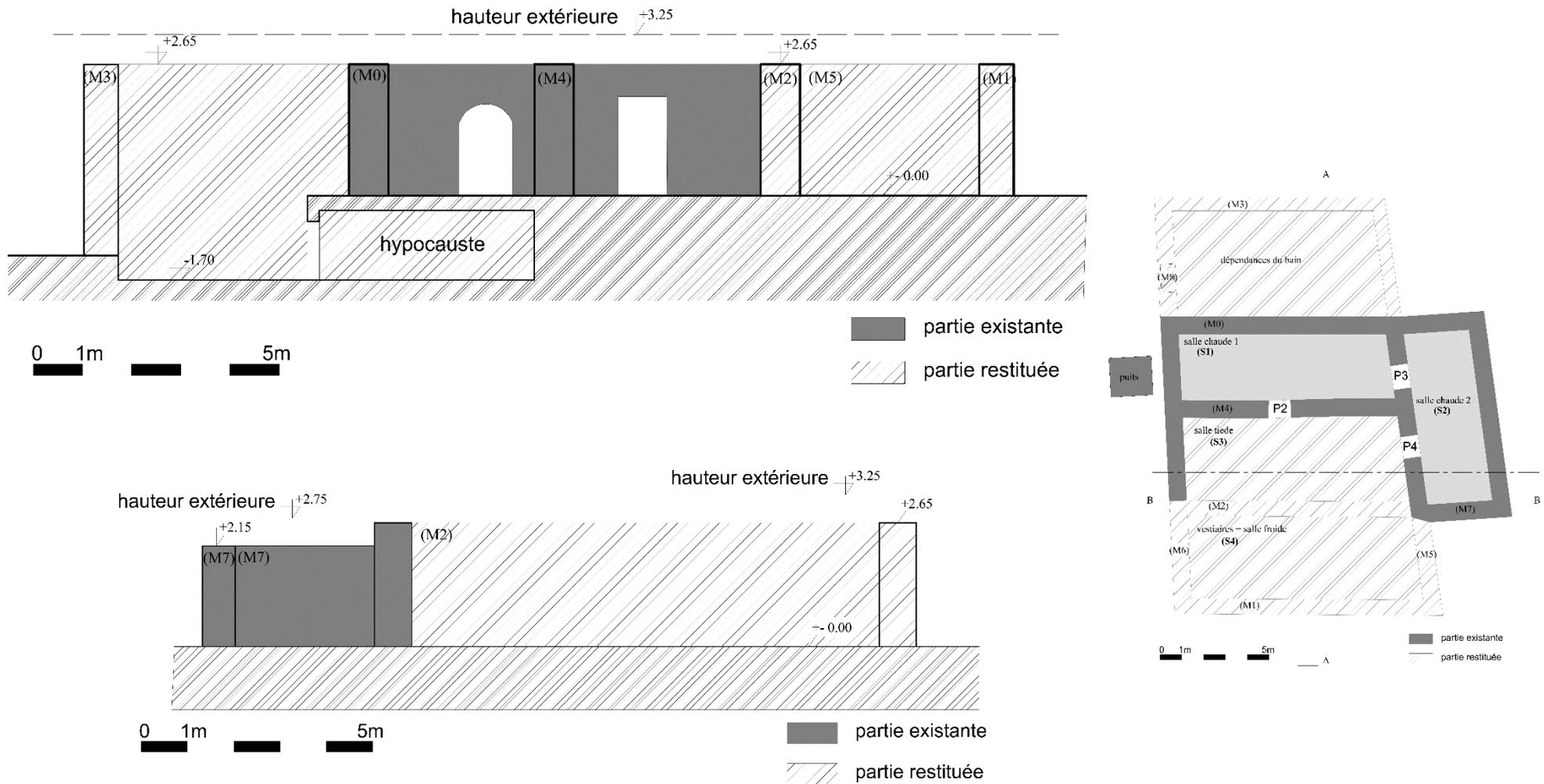


Figure 95 : Restitution des hauteurs intérieures et extérieures des murs du bain d'Agadir selon l'hypothèse I.
De haut en bas : coupe -AA- et coupe -BB-. Source auteur

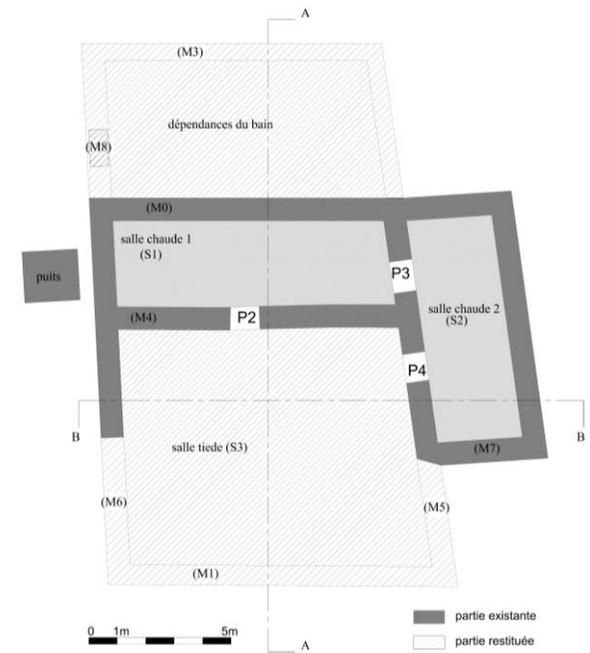
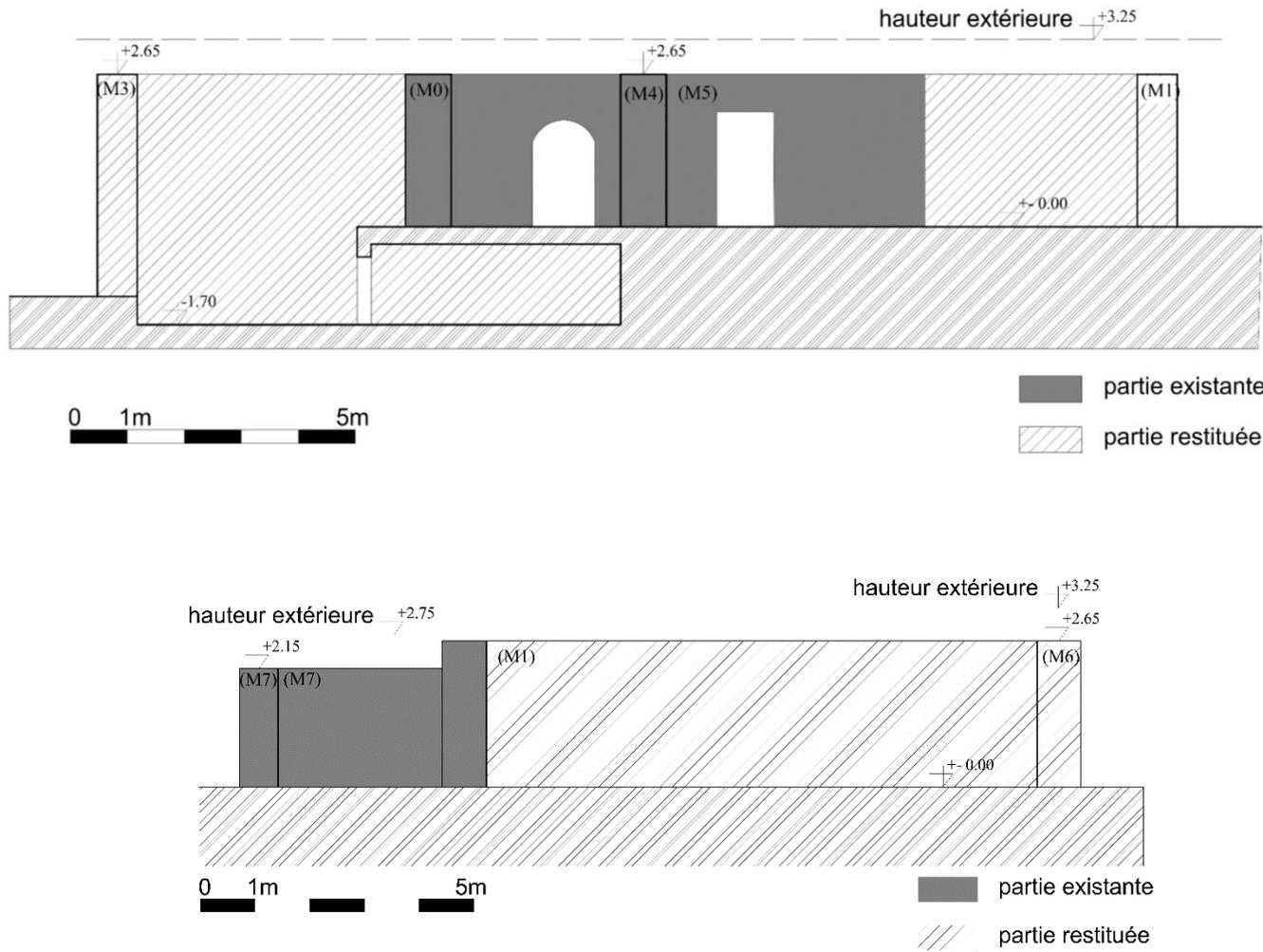


Figure 96 : Restitution des hauteurs intérieures et extérieures des murs du bain d'Agadir selon l'hypothèse II. De haut en bas : coupe -AA- et coupe -BB-. Source auteur

3.3 Restitution des formes et hauteurs des couvertures :

Deux solutions sont possibles dans la restitution du toit du bain, en lien avec sa datation et donc avec les deux hypothèses émises au départ :

Hypothèse I : Généralement dans les bains antérieurs au X^e siècle, où les salles sont rectangulaires et limitées par des murs épais, elles sont recouvertes par des voûtes en berceau, caractéristique qui a marqué les bains de cette époque : ce serait le cas donc aussi du bain d'Agadir à cette même période.

Dans le descriptif fait par Alfred Bel, il parle d'un départ de voûte visible au niveau de la salle parallèle à la salle chaude : il s'agirait donc de la salle tiède couverte d'une voûte en berceau. La deuxième salle chaude **S2**, et elle aussi couverte d'une voûte, encore visible à l'époque où Alfred Bel effectuait son rapport, mais inférieure par rapport à celle de la salle chaude de 50cm. Pour l'espace qui renfermait les dépendances du bain, il était généralement couvert d'une toiture plate.

Pour la restitution des couvertures au niveau de la première hypothèse, toutes les salles sont couvertes donc de voûtes en berceau, hormis les dépendances du bain :

- 3 voûtes parallèles entre elles pour les espaces **S1**, **S3** et **S4**, d'une hauteur intérieure de de 3,20m, et extérieure de 4,00m.
- une voûte plus basse de 50 cm pour l'espace **S2** : et donc une hauteur intérieure de 2,70m, et extérieure de 3,50m.

L'utilisation des voûtes a en effet, caractérisé les bains islamiques primitifs, et cela même depuis l'antiquité. Ci-dessous la restitution de la toiture du bain selon la première hypothèse.

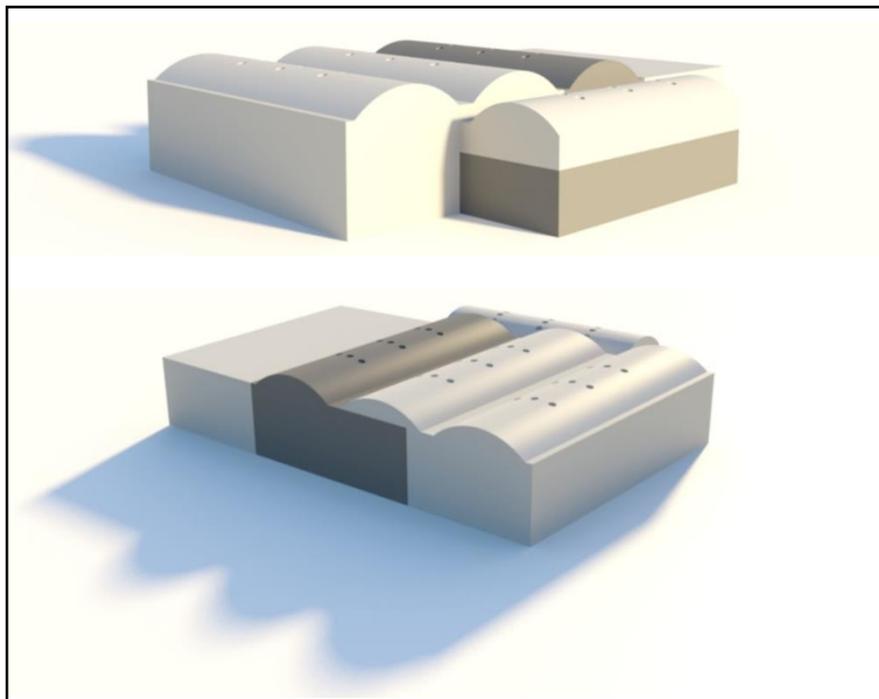


Figure 97 : Restitution des couvertures du bain d'Agadir selon l'hypothèse I. Source auteur

Hypothèse II : Parmi les bains étudiés en exemples et qui dataient entre le XI^e et XII^e siècle, c'est une nouvelle forme et taille qui fut attribué à la salle tiède.

Au niveau des bains de *Nedroma*, *Es Sabaghine* à Tlemcen, ou encore celui de *Jaén*, la salle tiède se trouve orné d'un espace central, et carrée, couvert d'une coupole généralement sans tambour, mais aussi d'un jeu de voûtes en berceau au niveau des galeries périphériques.

Le départ de voûte au niveau de la salle tiède **S3**, indique donc la présence d'une voûte à cet emplacement ; C'est sur cette base qu'on essaiera de restituer la forme de la couverture de la salle tiède, en situant d'abord l'espace central qui supportera la coupole, en plaçant les galeries périphériques tout autour, et enfin en finalisant la forme et la hauteur des couvertures.

On a ainsi cherché à faire ressortir dans le tableau qui suit, un rapport commun, s'il existe, entre la surface de la salle tiède et la surface de la forme dans laquelle s'insère la coupole dans d'autres exemples de bains similaires, ainsi que la hauteur de la coupole par rapport au niveau de la terrasse. La surface de la salle tiède ici équivaut aux dimensions intérieures de la salle.

Le bain	La surface de la salle tiède	La surface de la forme qui supporte la coupole	Le rapport entre les deux	La hauteur de la coupole
El banuelo de Grenade	77m ² (7×11m)	25m ² (5×5m)	1/3	2,50m
Le bain de Nedroma	55,50m ² (7,45×7,45m)	9,92 m ² (3,15×3,15m)	1/6	2m
Le bain de de Baza	57,40m ² (8,20×7m)	17,50m ² (5×3,50m)	1/3	2m
Le bain de Jaén	144m ² (12×12m)	30,25m ² (5,50×5,50m)	1/5	2m
Le bain Es Sabaghine	137,14m ² (11,15×12,30m)	32,49m ² (5,70×5,70m)	1/4	2m

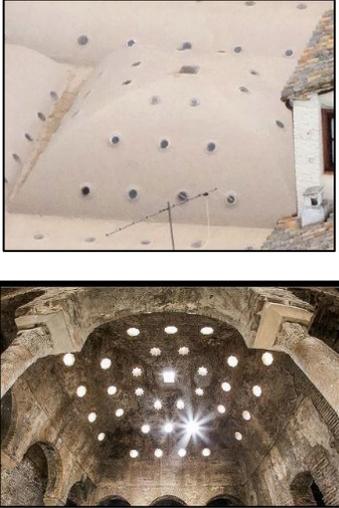
Tableau 9 : Tableau récapitulatif des dimensions de la salle tiède et la coupole de quelques bains. Source auteur

On remarque qu'il n'y a pas de relation commune, dans le rapport existant entre la surface de la salle tiède et la surface de la forme dans laquelle s'insère la coupole, et qu'elle diffère d'un bain à un autre. Cependant, la coupole s'insère dans une forme carrée pour les bains de *Grenade*, de *Nedroma*, et de *Jaén*, pour le bain *Es Sabaghine*, la coupole s'insère dans un octogone, et enfin pour le bain de *Baza* dans un rectangle.

Pour ce qui est de l'emplacement de la coupole, elle occupe aussi dans la majorité des cas l'espace central de la salle tiède : c'est le cas pour les deux bains d'*Es Sabaghine* et de *Nedroma* à Tlemcen.

La surface de la salle tiède du bain d'Agadir occupe une surface rectangulaire de 85m² (9,85×8,70m), elle s'approcherait donc de celle du *Banuelo* de Grenade : on s'est donc basé sur la proportion déduite pour ce bain pour faire ressortir la surface de l'espace central dans lequel s'insère la coupole (1/3), donc 28m².

En situant l'espace central et les galeries périphériques de la salle tiède, c'est l'aménagement de cette salle qui allait être modifié, et la pièce vue de l'intérieur comprendrait ainsi, quatre galeries agencées autour d'un espace central limité par des arcs reposant sur des colonnes. Le tableau ci-dessous résume la forme de la coupole et du dôme, de la colonne et des arcs la supportant, pour les bains suivants :

Le bain	Vue sur le dôme et la coupole	Fût	Chapiteau	Arcs
<p>El banuelo de Grenade</p>				
<p>Le bain de Nedroma</p>				

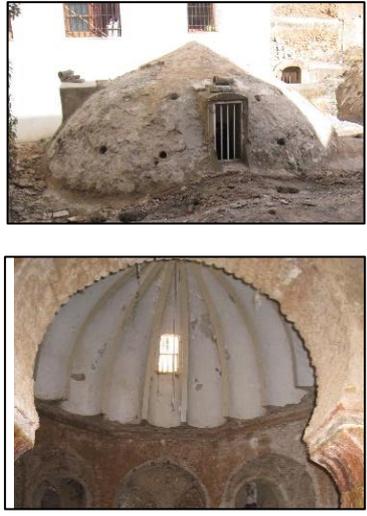
<p>Le bain de Baza</p>				
<p>Le bain de Jaén</p>				
<p>Le bain Es Sabaghine</p>				

Tableau 10: Tableau récapitulatif des éléments décoratifs de quelques bains. Source auteur

Du tableau on a fait ressortir les caractéristiques suivantes :

- Pour les dômes : un point commun subsiste au niveau des 5 bains, c'est celui de l'absence de tambour, ce mur qui supporte à sa base la coupole ou le dôme. A noter aussi la forme des coupoles pour les deux bains de *Baza*, et du *banuelo de Grenade* qui ne dévoilent pas une forme circulaire parfaite.

- Pour les coupoles : la coupole du bain de *Nedroma* est une coupole sur trompes⁴⁰⁶. Pour le bain de *Jaén* il s'agit d'une coupole sur pendentifs⁴⁰⁷, identique à celle du *banuelo de Grenade*, et à celle du bain *Es Sabaghine*, qui elle, est aussi cannelé de forme octogonale de seize arceaux.
- Pour les futs des colonnes : Généralement, la présence de colonne en pierre, en calcaire ou marbre dans le hammam dépendait du rang ou de la catégorie sociale de son propriétaire ou du destinataire⁴⁰⁸. Dans note cas celle du bain de *Jaén* et de *Baza* sont faits en calcaire, et les autres colonnes en pierre, de forme cylindrique, sans cannelures ni base, mis à part les colonnes du bain de *Nedroma* avec base. Leurs diamètres varient de 30 à 40cm.
- Pour les chapiteaux : Ils diffèrent d'un bain à un autre : chapiteaux à peine épannelés (le bain de *Nedroma* et le bain de *Baza*), chapiteau composite à une rangée de feuilles d'acanthé (le bain de *Jaen*), ou chapiteau composite inspiré de l'ordre corinthien (bain *Es Sabaghine* et *banuelo* de grenade). Ces chapiteaux pouvaient être quelquefois des chapiteaux antiques ou arabes de remploi.
- C'est l'arc brisé supportant la coupole, qui caractérise les 5 bains choisis en exemples.

Pour le bain d'Agadir, on a choisi d'abord de restituer les éléments en commun dans les 5 bains précédents, à savoir : la forme du dôme, la forme et le matériau de la colonne, et le type d'arc. Pour les autres éléments, et vue le manque d'informations dont on dispose, on choisit la forme et le décor le plus simple, à savoir : une coupole sur pendentifs, et un chapiteau sans ornements. Le plan ci-dessous représente l'aménagement de la salle tiède, suivant le modèle issu de la deuxième hypothèse.

⁴⁰⁶ Les trompes sont quatre arcs placés en biais dans les quatre angles qu'une pièce ou d'une tour de plan carré. Ces arcs supportent quatre petits murs, sur lesquels peut reposer la coupole.

⁴⁰⁷ Le pendentif consiste en un triangle incurvé dont la pointe part de l'angle du carré et qui s'évase pour assurer la forme parfaitement circulaire sur laquelle s'établit la coupole.

⁴⁰⁸ PAVON MALDONADO, Basilio. Tratado de arquitectura hispano-musulmana. Tomo I. Agua. Op cite. p 349.

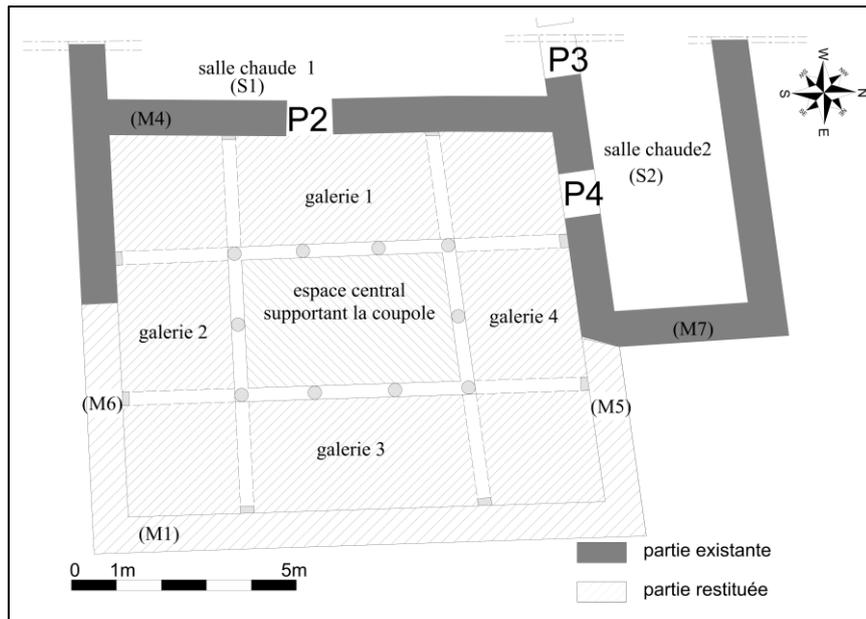


Figure 98 : Restitution de la salle tiède. Source auteur

Sur cette base, on a restitué la couverture de la salle tiède S3 : en projetant d'abord l'emplacement du carrée dans lequel s'insère la coupole au centre, de 28 m² de surface, ensuite en y insérant à l'intérieur la coupole sans tambour, et enfin en occupant le reste de la surface de voûtes en berceau. Pour la hauteur de la coupole, on l'a déduite des bains similaires à partir du tableau précédent, on lui attribuera donc une hauteur de 2m.

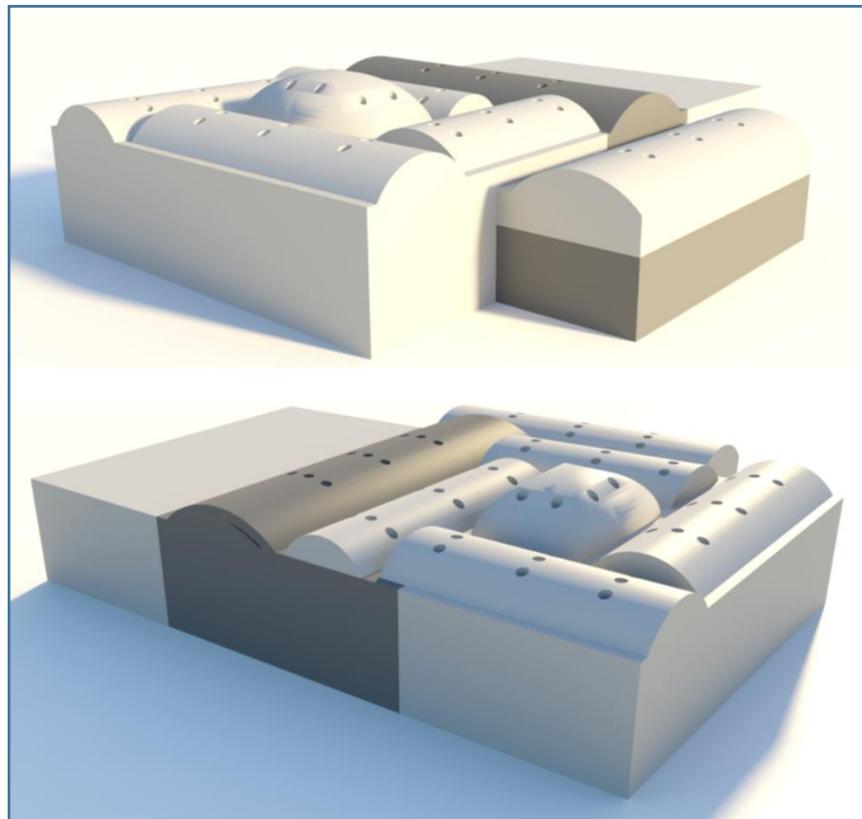


Figure 99 : Restitution des couvertures du bain d'Agadir selon l'hypothèse II. Source auteur

Malheureusement dans une construction ce sont les couvertures et sommets de mur qui se trouvent les plus exposés aux intempéries, d'où la disparition d'une bonne partie des couvertures des salles du bain d'Agadir.

Enfin pour l'éclairage, le bain était généralement éclairé par le biais de petites ouvertures au niveau de ses couvertures (au niveau de la voûte et de la coupole). Dans l'analyse des bains dans le deuxième chapitre, les couvertures des salles chaudes, tièdes et froides, mais aussi des vestiaires étaient ornées de lucarnes nécessaires à l'éclairage et à l'aération des espaces. Cette forme d'éclairage a été initialement héritée des thermes romains, et reconduite par les bâtisseurs arabes dans les bains primitifs, comme ceux des bains omeyyades de *Qusayr Amra*, ou *Al Sarah*.

Ces ouvertures étaient conçues comme des puits de lumière, nichées dans les voûtes et coupoles, avec des formes géométriques différentes et variées (en forme de tronc pyramidale, d'étoiles, polylobés, ou conique). L'aspect général de l'ensemble de la voûte avec ses puits de lumière était lié à la taille et à l'importance de la salle de bain. Pour les ouvertures et lucarnes au niveau des couvertures du bain d'Agadir, on se basera sur celles déjà existantes dans la salle chaude qui sont au nombre de 9, on répètera ce même nombre aux autres salles qui bénéficieront toutes de 9 lucarnes pour leurs voûtes, et de forme conique.

3.4 Restitution des ouvertures et de leurs formes :

Contrairement aux thermes romains, où les fenêtres embellissaient leurs façades, la grande majorité des bains byzantins ou islamiques primitifs ne comportaient pas de fenêtres. A part les bains omeyyades au Proche-Orient qui ont été pourvus de fenêtres, ce sont les lucarnes percées dans les toitures qui servaient à l'éclairage intérieur du bain, mais aussi à son aération.

Dans notre travail de restitution, on a d'abord repris la forme et l'emplacement des portes existantes dans le rapport d'Alfred Bel :

- La porte **P3** : couronnée par un arc en brique, reposant sur deux colonnes à chapiteaux. La largeur de cette porte est de 1,10m à la base, de 1,00m au départ de l'arc, et de 1,85m de hauteur (déduite de l'ancien relevé de la porte).

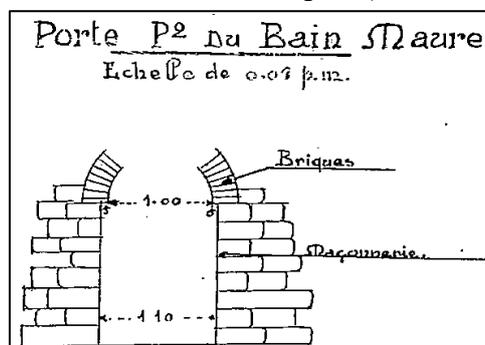


Figure 100 : Détail de la porte P3. Source BEL⁴⁰⁹

⁴⁰⁹ BEL, Alfred. fouilles faites sur l'emplacement de l'ancienne mosquée d'agadir 1910-1911. Op cite. p 33.

- La porte **P2** : rectangulaire, mesurant 1,00m de largeur, et sans encadrement en briques.
- La porte **P4** : rectangulaire, d'une largeur de 1,00m, et sans encadrement en briques aussi.

On a ensuite, sur la base des exemples étudiés, fait ressortir l'emplacement et la forme des autres portes :

Hypothèse I : Fréquemment les portes se trouvaient décalées les unes des autres, dans le cas où le plan du bain était linéaire avec des salles parallèles, afin d'éviter les courants d'air et de préserver l'intimité. On a donc décalé la porte **P1** (qui mène des vestiaires à la salle tiède) par rapport à la porte **P2** (parallèle à elle), en lui donnant aussi une largeur identique (1m), et de même forme rectangulaire.

Pour la porte d'accès aux dépendances (dépôt et four), aucune indication ne nous donne son emplacement, on a donc le choix soit de l'implanter sur le mur **M8** ou sur le mur lui faisant face. On pouvait même quelquefois trouver deux portes qui mènent aux dépendances, comme c'est le cas avec le bain d'*Oreto-Zuqueca*, ou les *bains califaux de Cordoue*. Dans notre cas on l'implantera du côté où un puits a été trouvé lors des travaux de restaurations en 2003 (**M8**), (la porte **P5**).

Pour la porte d'accès au bain, elle est en général désaxée par rapport aux autres portes par souci d'intimité, simple, sans ornement ni inscriptions spéciales. Elle se situe donc soit dans le mur parallèle aux autres murs (**M1**), soit dans ceux qui leurs sont perpendiculaires (**M5** ou **M6**) : pour reprendre le principe d'entrée en chicane présent dans la plupart des bains étudiés, et particulier de l'architecture islamique, on l'implantera dans le mur **M5** (la porte **P0**). Dans tous les exemples de bains étudiés et où les dépendances subsistent toujours, la porte d'accès au bain et la porte menant aux dépendances ne se trouvent pas sur la même façade, ou se trouvent très éloignés l'une par rapport à l'autre : donc d'où notre choix d'éliminer le mur **M6**.

Dans les bains de la péninsule ibérique, encore bien conservés, la hauteur des portes intérieures n'excédait pas les 2m de haut. Elles avaient une forme rectangulaire simple, ou étaient pourvues d'un arc en plein cintre ou d'un arc surbaissé. Sur la base des portes toujours existantes, on leur attribuera donc une forme rectangulaire, avec une hauteur de 2,00m pour toutes les portes.

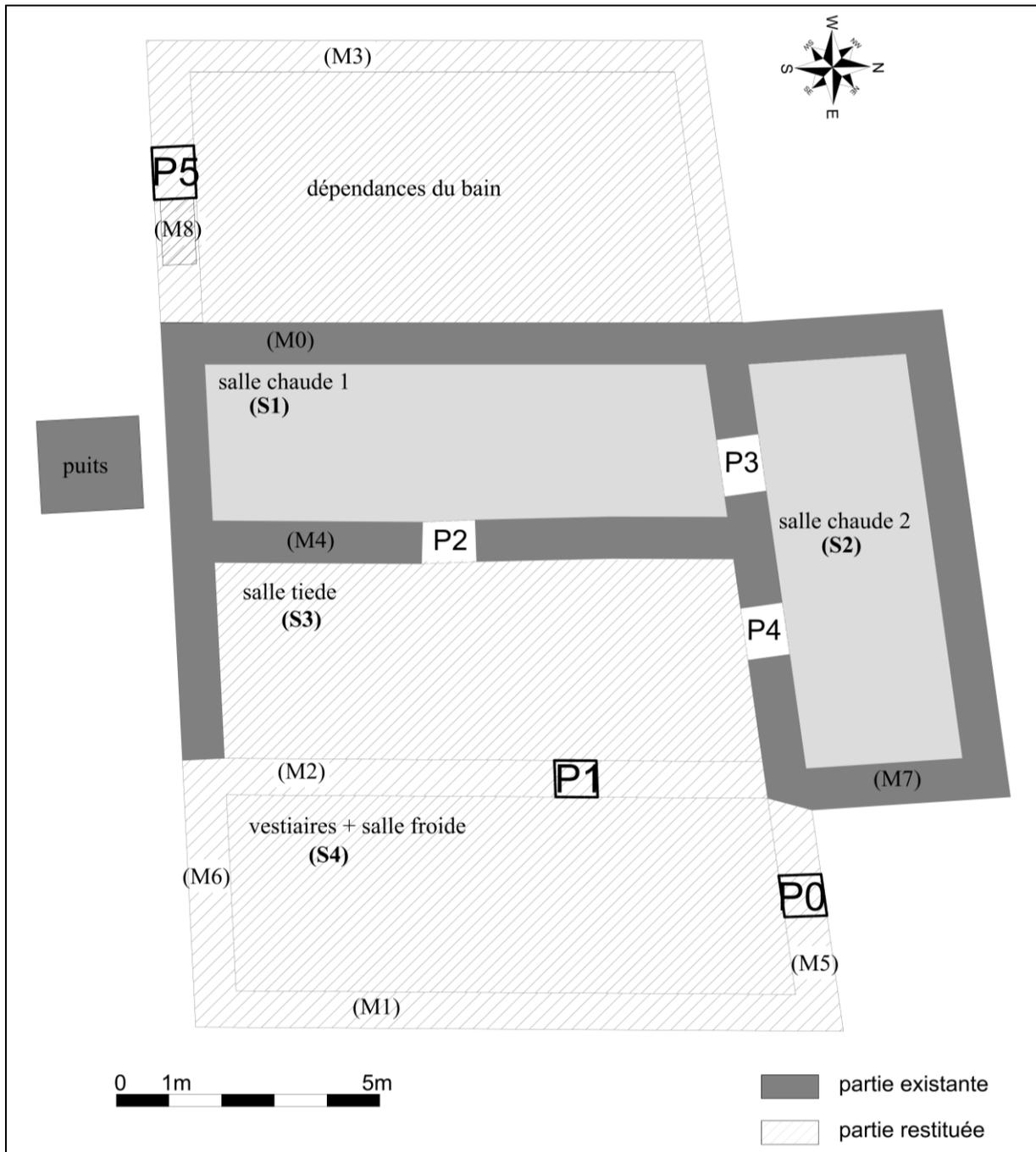


Figure 101 : Restitution de la position des portes du bain d'Agadir. Source auteur

Hypothèse II : Ne connaissant pas l'emplacement de la salle froide et des vestiaires, on ne peut définir dans cette partie l'emplacement des portes intérieures et extérieures. Mais dans le cas où l'espace **S3** renfermerait la salle tiède, et en se référant aux exemples de typologie similaire, la porte d'accès à cet espace se situerait soit dans le mur **M5**, soit dans le mur **M1**. Toujours dans un souci d'intimité on placerait donc la porte d'accès à la salle tiède dans le mur **M5**. Et pour les dépendances on suivra le même raisonnement que pour la première hypothèse. Pour les lucarnes, on attribuera également 9 ouvertures au niveau des voûtes en berceau, et 4 au niveau de la coupole.

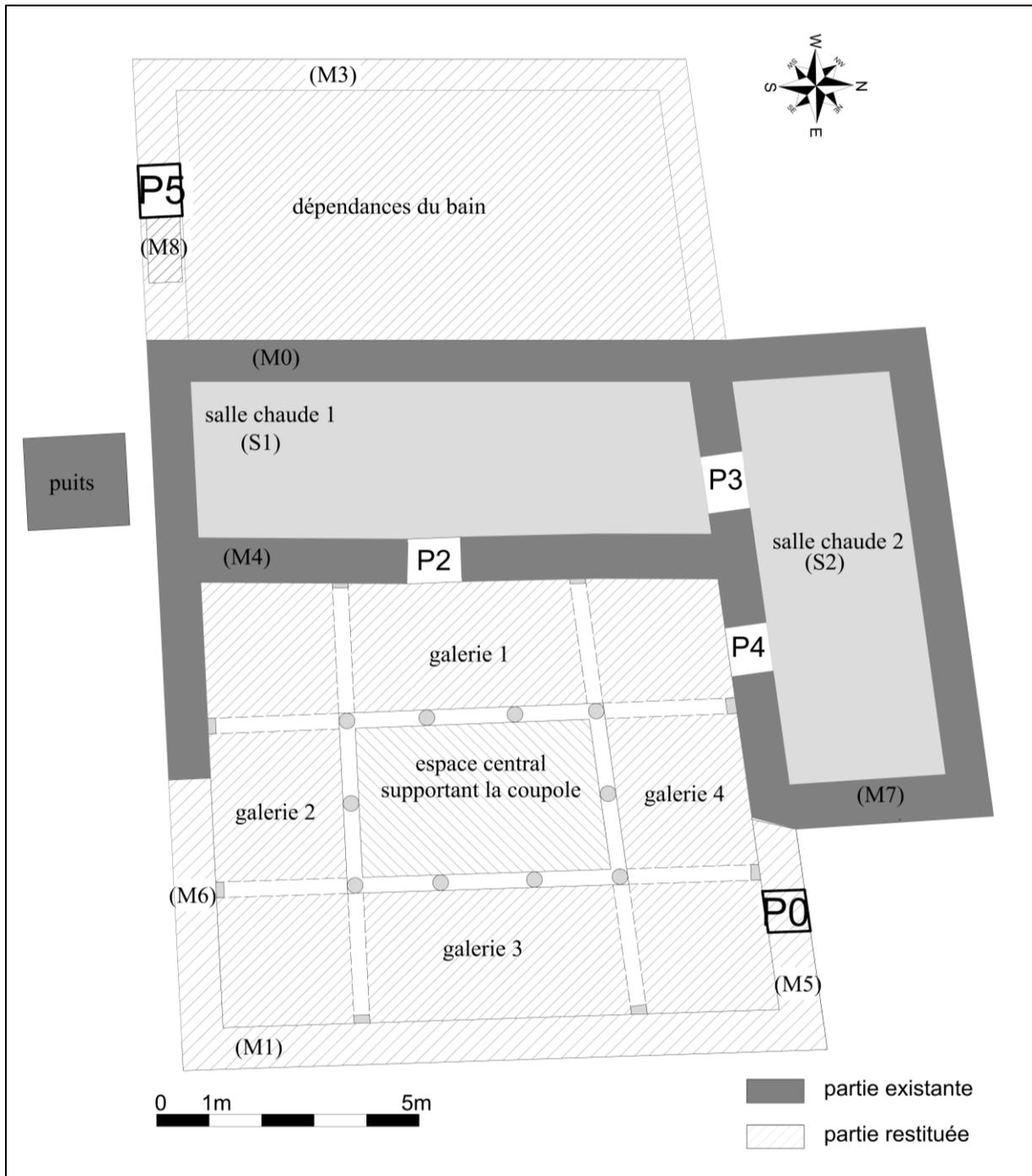


Figure 102 : Restitution des portes du bain d'Agadir. Source auteur

3.5 Matériaux et techniques de constructions :

On ne connaît pas la raison exacte de la disparition d'une partie du bain, mais si l'autre partie a été conservée c'est bien grâce aux matériaux résistants utilisés. Ces mêmes matériaux utilisés dans la construction des bains étaient nobles, résistants, et solides. Généralement c'est un matériau local que les constructeurs utilisaient pour l'édification de leurs bâtiments.

Les éléments constitutifs essentiels qui soutiennent la structure générale du bain étaient les murs, les colonnes ou piliers. L'épaisseur des murs variait de 40cm à 1,50m selon le matériau utilisé (briques, pisé ou maçonnerie) : pour le cas de murs en pisé l'épaisseur allait jusqu'à 1m de largeur.

Le bain d'Agadir comporte deux types de murs élevés différemment : ceux liés directement au bain sont réalisés à l'aide de maçonnerie de pierres de taille, jointes au mortier comme l'exemple du bain Idrisside de *Walila*. Le deuxième type de mur quant à lui, est celui fait en pisé, à l'ouest et à l'est du bain. Les murs épais en maçonnerie de pierre, sont conçus pour résister aux températures élevées, à l'humidité, à la vapeur, mais aussi porter les charges des toits formés par les voûtes. On remarque cependant une différence avec le matériau ayant servi pour l'édification des murs au niveau des bains de *Nedroma* et *Es Sebaghine*, faits eux exclusivement en pisé avec 1m de largeur.

Dans le rapport de fouilles sur l'emplacement de l'ancienne mosquée d'Agadir par Bel en 1910, des pans de murs découverts à proximité du minaret sont également façonné en maçonnerie de pierre de taille identique à celle du bain. Ces murs en maçonnerie de pierre, sont toujours visible de nos jours au niveau de la mosquée Idrisside. Il s'agit ici d'éléments qui pourront nous orienter vers l'hypothèse la plus probable.

Le sol de la salle chaude doit répondre à un souci d'imperméabilité et de conservation de la chaleur. Il était fait soit en pierre polie, en marbre, en brique, ou encore en carreaux de terre cuite. N'étant pas un bain palatial ni de grande importance, on peut déjà éliminer la présence de marbre au niveau du sol, mais on pensera plutôt à l'utilisation de la terre cuite, de la brique, ou de la pierre calcaire. Malheureusement Alfred Bel n'évoque pas le type de revêtement de sol existant dans le bain à l'époque de son rapport, mais l'utilisation de la pierre au niveau des murs et des voûtes laisserait penser à un revêtement avec ce même matériau.

Généralement aussi, dans les premiers bains islamiques, la décoration est presque inexistante et ne représente pas un élément essentiel des bains. L'intérieur des bains était plutôt austère, simple, sans dessins particuliers, et couvert d'un enduit à la chaux.

On n'a malheureusement que peu d'informations sur le système d'hypocauste du bain, sur l'emplacement du four, sur le principe de passage de la vapeur dans la salle chaude, et sur les zones de service disparus pour la plupart. Des fouilles et nouvelles données archéologiques nous permettraient d'en savoir plus sur le fonctionnement de cette partie du bain.

3.6 Le travail infographique :

La première étape a consisté à importer le modèle obtenu de la phase photogrammétrique, pour ensuite l'utiliser pour étudier les hypothèses de restitution. Le travail infographique nécessite le passage par trois phases :

- La création du modèle 3D : en passant par les différentes étapes de restitution ; la restitution des espaces, des hauteurs des murs, des couvertures et enfin des ouvertures.

- L'application de la texture sur le modèle 3D.
- L'éclairage.

Le travail avec le logiciel de modélisation Autodesk Auto CAD ⁴¹⁰ nous a permis de réaliser des sections, des perspectives, d'obtenir les vues en plan, mais surtout nous permettre de changer et de multiplier les données pour tester nos hypothèses. Quant à Autodesk 3DSMax⁴¹¹, il s'agit d'un logiciel de rendu d'images de synthèses, et des environnements de réalité virtuelle, il offre aussi un choix impressionnant de possibilités de textures.

La maquette virtuelle finale du bain, se devait d'être sous forme d'un modèle 3D simple, sans trop de détails, fonctionnelle et pratique, pour être surtout compréhensible par toutes les catégories du public, ce même public qui ne s'intéresse pas au bain d'Agadir. Passant par les différentes étapes, de la version V0 celle du bain à l'état actuel comme base de l'étude, jusqu'à la version définitive V1 élaborée sur la base de réflexions et d'hypothèses, on a été confronté à des questionnements tout au long de la démarche. A cet effet on a préféré émettre deux hypothèses, et faire ressortir par la suite les caractéristiques du bain selon les deux hypothèses émises au départ :

Hypothèse I : Le bain présente les caractéristiques suivantes :

- Un parcours du baigneur rétrograde (le baigneur doit revenir sur ses pas pour accéder aux différents espaces).
- Un plan orthogonal dans le sens où l'accès à la deuxième salle chaude se fait suivant un angle à 90°, et où les autres salles : vestiaires avec salle froide, salle tiède et salle chaude sont parallèles entre elles.
- La hiérarchie des salles est respectée.
- Le plan, la forme du bain, mais aussi la distribution des espaces et l'ampleur des salles, ressemblent au modèle des bains islamiques primitifs (avant le Xe siècle), au Maghreb et dans la péninsule ibérique.
- Les murs du bain sont faits en maçonnerie de pierre de taille.
- La voûte en berceau caractérise toutes les couvertures du bain.

Hypothèse II : Le bain présente les caractéristiques suivantes :

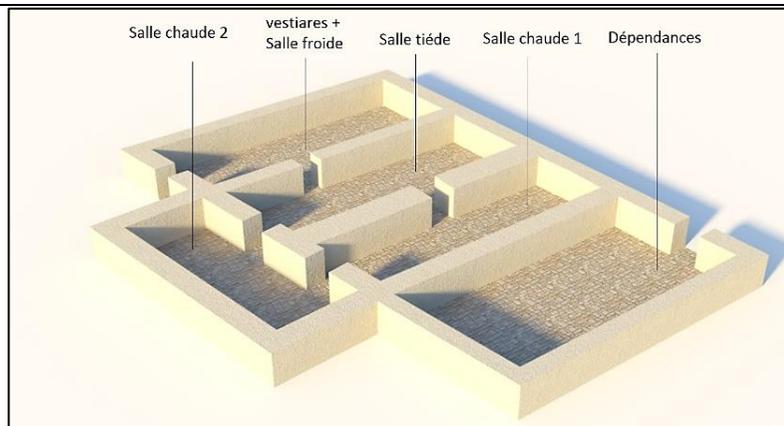
- Un parcours du baigneur également rétrograde.
- Une conception spatiale du bain centralisé, où le tout s'agence autour de la salle tiède.
- Les murs du bain sont faits en maçonnerie de pierre.
- L'emplacement des vestiaires et de la salle froide n'a pu être défini.
- Une coupole orne l'espace central de la salle tiède, avec voûtes en berceau dans les galeries périphériques.

⁴¹⁰ Autodesk AutoCAD version 2010.

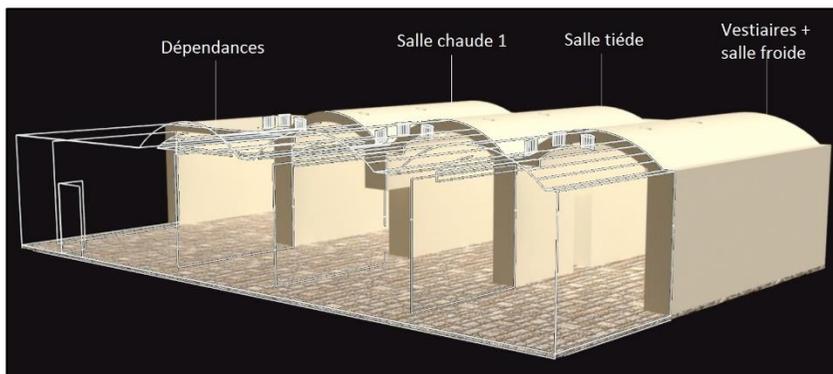
⁴¹¹ Autodesk 3ds Max version 2013.

N'ayant aucun indice archéologique, restituer le bain partiellement en ruine, a été laborieux pour nous, il a fallu nous baser sur des indices indirects issus d'archives, ou d'exemples similaires, et donc ce travail reste toujours sujet à interprétation : nous avons donc préféré nous arrêter à ces deux hypothèses émises au départ.

HYPOTHESE I

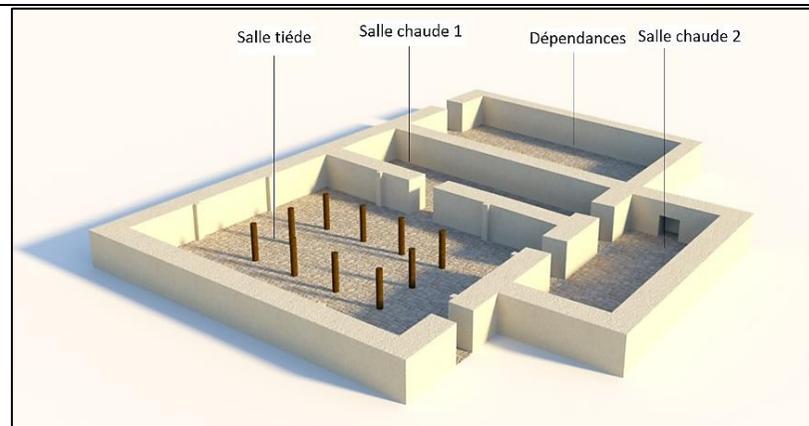


Coupe axométrique horizontale

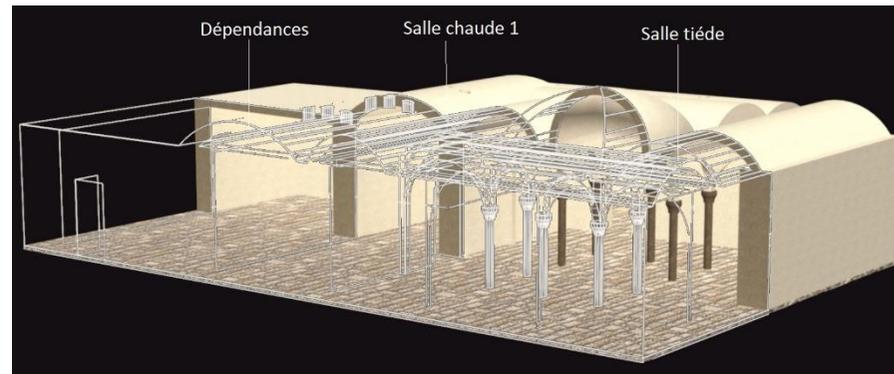


Coupe axométrique

HYPOTHESE II



Coupe axométrique horizontale



Coupe axométrique

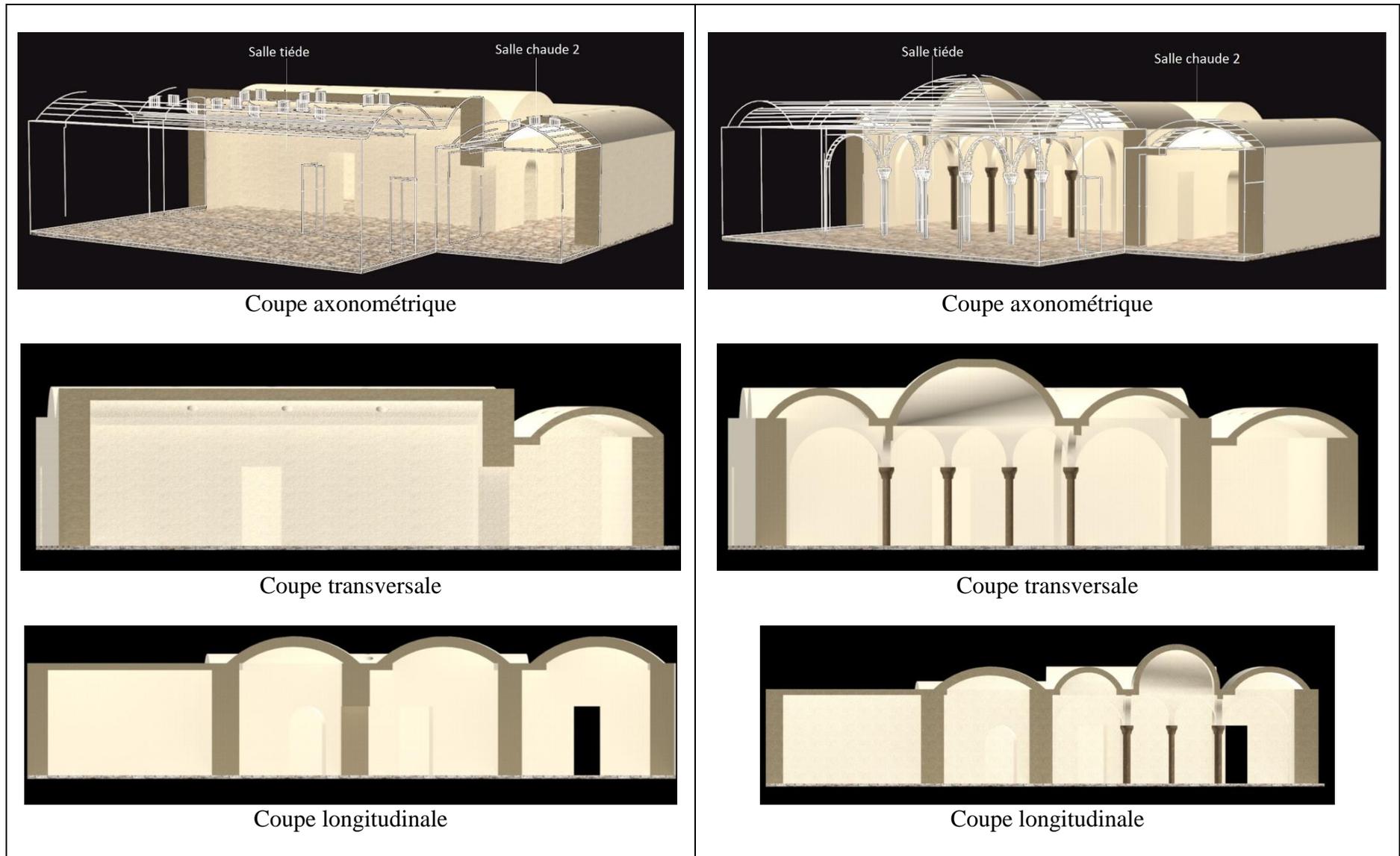


Tableau 11: La maquette finale du bain d'Agadir suivant les deux hypothèses. Source auteur

4 Perception de la représentation numérique du bain d'Agadir par la population :

Nous proposons à la fin de notre travail, dans un objectif de vérification de l'hypothèse, une enquête sous forme d'un questionnaire afin de connaître l'avis du grand public, sur l'efficacité des représentations numériques pour "visiter" les sites et les monuments disparus, inaccessibles ou trop éloignés. Ce questionnaire s'effectuera par un entretien non directif, et n'aura pas pour objectif de brosser un portrait précis et représentatif de la population tlemcénienne, car cela demanderait plus de temps et de moyens.

Le questionnaire construit, nous servira de support pour mener l'enquête et récolter les réponses dans l'objectif de notre enquête. Les questions ne sont pas placées dans n'importe quel ordre, mais en commençant par les questions d'ordre général, pour passer ensuite aux questions importantes de l'enquête suivant un enchaînement logique, ce qu'appellent les spécialistes la "méthode de l'entonnoir". Les types d'interrogations dans notre questionnaire sont :

- Des questions fermées à choix unique.
- Des questions fermées à choix multiples.
- Une question ouverte.

Il s'agit ensuite de définir la catégorie de population à interroger, par des critères sur lesquelles on se basera pour constituer l'échantillon qui la représentera. Dans le premier chapitre, on a vu que les images issues des restitutions étaient destinées non seulement aux spécialistes du domaine du patrimoine et scientifiques, mais aussi au grand public dans un objectif de médiation et de sensibilisation.

La méthode d'échantillonnage quantitatif utilisée est donc une méthode non-probabiliste (non aléatoire) par quotas⁴¹² : il s'agit de la méthode la plus appropriée dans notre cas pour tester nos hypothèses de départ, et la plus utilisée pour construire un échantillon "représentatif". Pour définir donc la taille de l'échantillon, on a utilisé la formule de Cochran⁴¹³ :

$$n = z^2 \times p (1 - p) / m^2$$

n = taille de l'échantillon.

z = niveau de confiance selon la loi normale centrée réduite (pour un niveau de confiance de 95%, **z** = 1.96, pour un niveau de confiance de 99%, **z** = 2.575).

⁴¹² PIRES, Alvaro. Echantillonnage et recherche qualitative : essai théorique et méthodologique. Edition électronique. Québec.2007. p 12. http://www.dphu.org/uploads/attachements/books/books_1837_0.pdf consulté le 20/01/2020.

⁴¹³ BARTLETT, James et al. Organizational Research: Determining Appropriate Sample Size in Survey Research. *Information Technology, Learning, and Performance Journal*. N°19 (1). 2001. 43-50 p. https://www.academia.edu/5521356/Determining_appropriate_sample_size. Consulté le 20/01/2020.

p = proportion estimée de la population qui présente la caractéristique (lorsque inconnue, on utilise **p** = 0.5 ce qui correspond au cas le plus défavorable c'est-à-dire la dispersion la plus grande).

m = marge d'erreur tolérée (par exemple on veut connaître la proportion réelle à 10% près dans notre cas).

Cette formule détermine le nombre de personnes **n** à interroger en fonction de la marge d'erreur **m** que l'on peut tolérer sur une proportion de réponses **p**.

Dans notre cas : $n = (1.96)^2 \times (0.5) (1-0.5) / (0.1)^2 = 96$ personnes à interroger.

La catégorie interviewée se compose d'un panel de deux groupes, (de 18 à 50 ans et de 50 à 70 ans), liée à notre thème. C'est un questionnaire destiné uniquement aux habitants de Tlemcen, les premiers à être concerné par leur patrimoine. Le questionnaire mené était donc non directif et portait sur deux objectifs principaux :

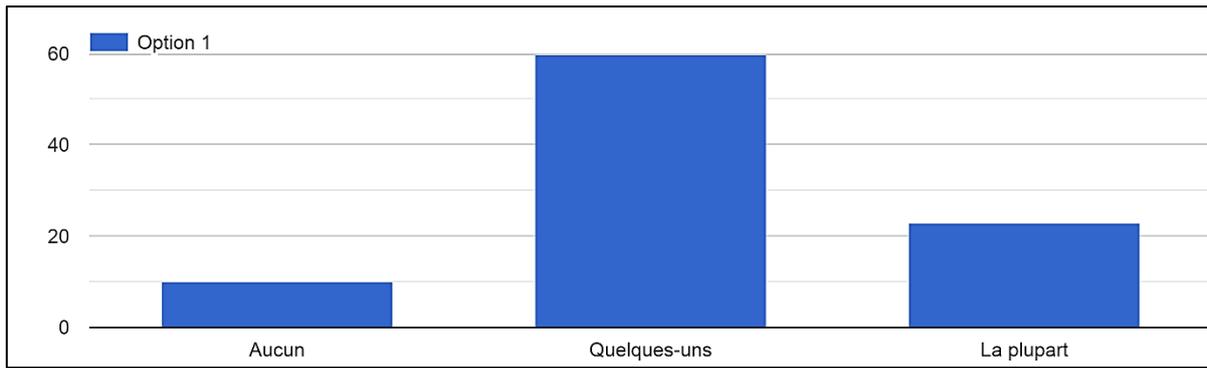
- Connaissance sur le patrimoine balnéaire à Tlemcen en général, et sur son importance historique et culturelle, afin d'évaluer le degré de sensibilisation des habitants envers ce type d'édifices.
- Connaissance sur le bain d'Agadir, et l'impact de sa représentation virtuelle.

Optant pour notre part à un questionnaire non directif, donc impossibilité de travailler sur le terrain, le questionnaire a été diffusé auprès d'une communauté d'internautes, et envoyés par emails via le logiciel gratuit de google Forms⁴¹⁴. Pour les critères de choix des participants au questionnaire, ce sont d'abord des critères qui reflètent les objectifs de notre étude, et donc il s'agit dans notre cas d'un échantillon ciblé (habitants de Tlemcen, habitants du quartier d'Agadir et experts intervenants), et en même temps aléatoire pour le choix des personnes, mais disponibles pour répondre au questionnaire. Ici on analysera les résultats des réponses. D'abord celles relatives au bain en général, ensuite celles relatives à la représentation du bain d'Agadir. Les questions sont :

Demandez au public s'ils connaissent d'anciens bains médiévaux à Tlemcen ?

On remarque, que seulement 10 des personnes interrogées sur les 96 ne connaissent aucun bain médiéval à Tlemcen : il s'agit de personnes actifs, résidentes à Tlemcen, appartenant à la première tranche d'âge, et ne présentant pas de caractéristiques communes. 26 des personnes interrogées connaissent la plupart des bains médiévaux, ils sont pour la plupart des professionnels du patrimoine, ou étudiants. Et enfin 60 personnes en connaissent quelques-uns au niveau de l'ancienne médina de Tlemcen.

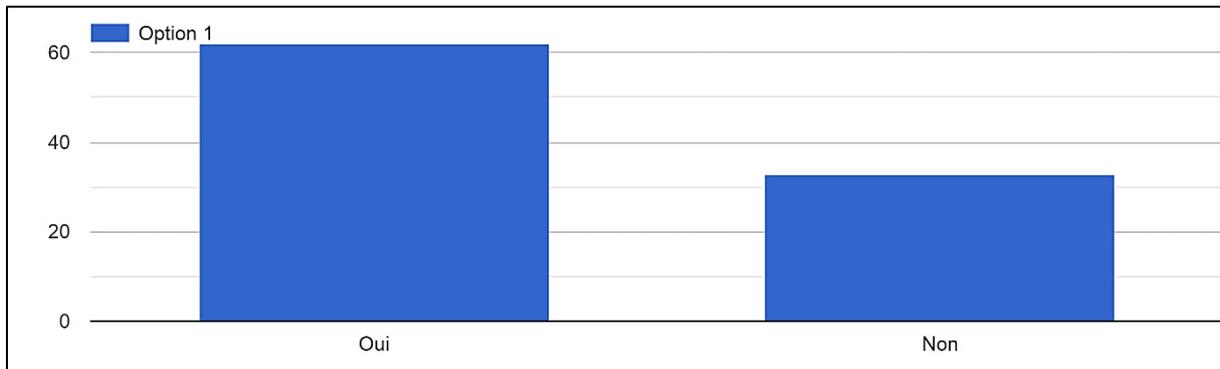
⁴¹⁴ Google Forms, permet de créer des enquêtes et des questionnaires en ligne et de les envoyer à d'autres personnes. Très simple d'utilisation, il permet aussi l'analyse des données avec une grande précision.



Graphique 1 : Avoir connaissance des bains médiévaux à Tlemcen. Source auteur

Demandez au public s'ils connaissent le bain d'Agadir ?

A cette question, 34 personnes ne connaissent pas le bain d'Agadir, répartis entre quelques étudiants, et quelques habitants de Tlemcen. Par contre, tous les habitants du quartier d'Agadir eux connaissent bien le bain.



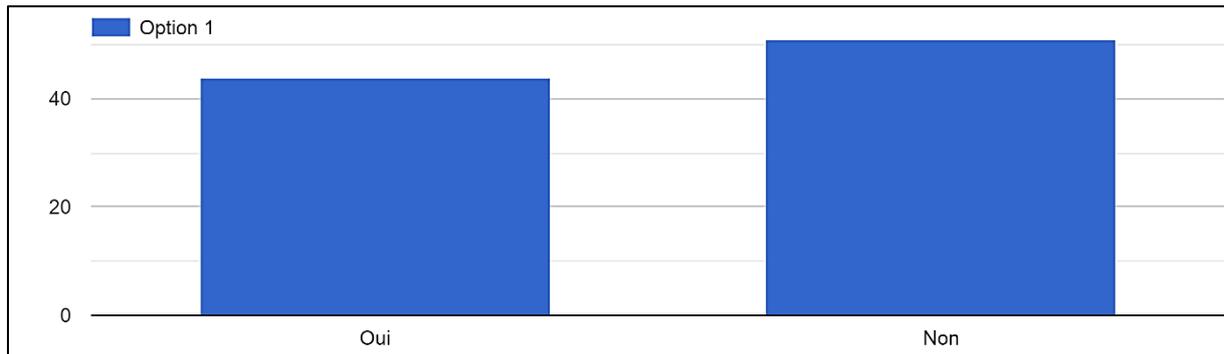
Graphique 2 : Avoir connaissance du bain d'Agadir. Source auteur

Demandez au public s'ils ont eu l'occasion de visiter le site ?

Sur les 96 personnes interrogées c'est à peu près la moitié (45 personnes), qui ont déjà eu l'occasion de visiter le bain d'Agadir, et là aussi c'est réparti entre les différentes tranches d'âge et les différentes catégories. Pour ceux n'ayant pas eu l'occasion de visiter le bain, les réponses étaient multiples et variées :

- La majorité se sont plaint tout simplement de n'avoir jamais pris connaissance de l'existence du bain, qu'il passait inaperçu, et qu'il ne faisait partie d'aucun circuit touristique de la ville.
- L'autre majorité, ont tout simplement préconisé le fait que l'occasion ne s'est pas présenté à eux afin de le visiter.
- Quelques-uns se sont plaint aussi de l'état de dégradation et de délabrement du bain, qu'il n'est pas assez mis en valeur (pas de panneaux d'informations) et donc qui ne donnait pas envie d'être visiter.

- Et enfin, quelques-uns n'ont eu l'occasion de le voir que de l'extérieur, pensant qu'il n'était pas accessible au public, et par soucis d'insécurité.

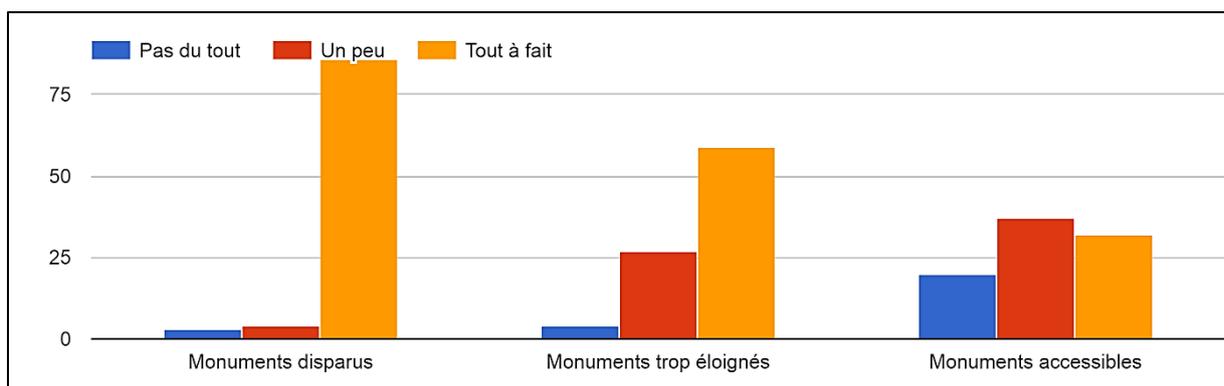


Graphique 3 : Visite du bain d'Agadir. Source auteur

La deuxième partie de notre questionnaire, concernait l'introduction des nouvelles technologies et du numérique dans la représentation du bain d'Agadir. Cela nous orientera vers les futures possibilités de visite virtuelle, et de diffusion des données et connaissances concernant le bain.

Connaitre d'abord l'avis du public sur les visites virtuelles des monuments historiques (disparus, trop éloignés, ou accessibles) ?

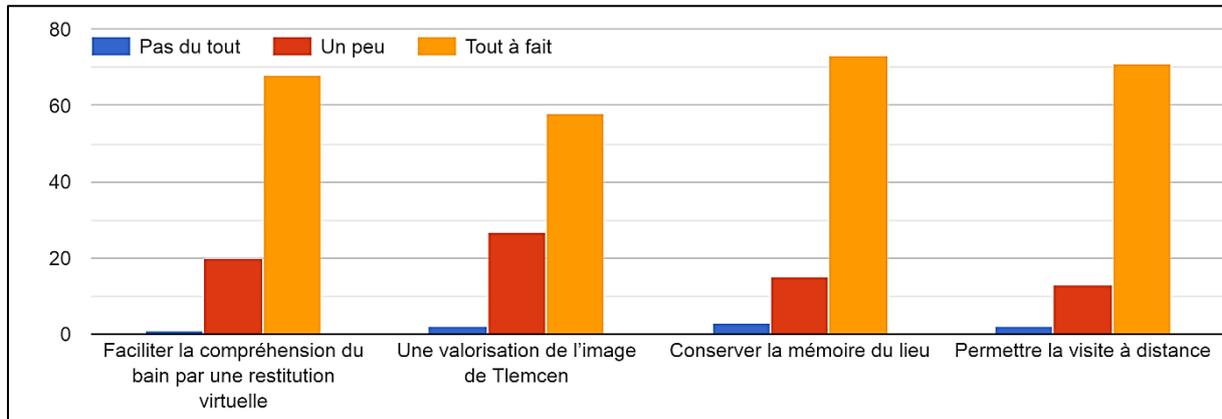
La majorité des personnes (86 pour la première question, 60 pour la deuxième question), pensent que le recours à la maquette numérique et aux images de synthèse est une bonne alternative pour « visiter » les monuments disparus ou trop éloignés. En revanche seulement 33 personnes sont pour la visite virtuelle pour le cas de monuments accessibles, et sont plutôt réticents vis à vis à ça. N'empêche que ces chiffres sont très représentatifs, et expriment la volonté du public de voir introduire le numérique dans le domaine du patrimoine, leur permettant ainsi de renouer avec leur identité patrimoniale.



Graphique 4 : Introduction du numérique dans les visites des monuments. Source auteur

Avoir l'avis du public sur l'apport de la représentation numérique du bain d'Agadir ?

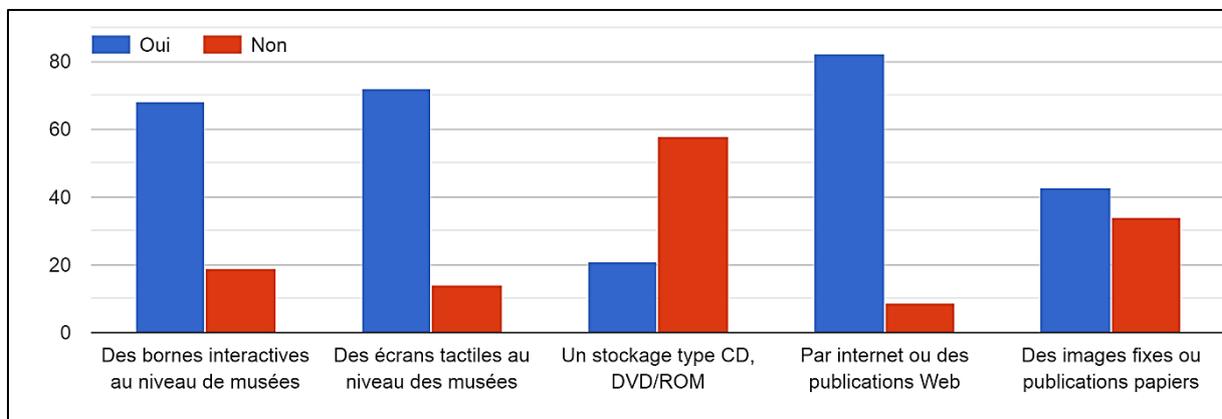
La majorité des personnes interrogées (68 pour la première question, 58 pour la deuxième, 73 pour la troisième, et 71 pour la quatrième) pensent qu'une représentation numérique du bain permettrait de mieux connaître le bain, de le valoriser et de conserver un pan de notre histoire. Cela ne fait que prouver une autre fois l'attachement du public à leur patrimoine.



Graphique 5 : Impact de la représentation numérique du bain d'Agadir. Source auteur

Enfin la dernière question porte sur les supports de consultation et de visualisation de la représentation numérique du bain ?

Pour consulter les représentations numériques des monuments historiques plusieurs possibilités s'offrent à nous, par cette question on a essayé d'arrêter les types de supports les plus accessibles et proches au public. La majorité voient les bornes interactives et les écrans tactiles au niveau des musées, ou encore les sites web comme les moyens les plus appropriés à la visualisation du bain d'Agadir. En revanche peu sont ceux qui optent pour une consultation via un CD ou DVD/ROM, ou encore des publications papiers. Apparemment le public est plutôt attiré par tout ce qui attrait aux techniques innovantes de muséographie moderne, plus ludiques et moins ennuyeuses.



Graphique 6 : Types de supports de consultation. Source auteur

Au terme de traitement des données issues du questionnaire, nous sommes arrivés à la conclusion que le bain d'Agadir est un témoin majeur du passé de la ville et que les modèles numériques ne peuvent que contribuer à la compréhension et à la mise en valeur du monument. Malheureusement peu de personnes connaissent ou ont déjà eu l'occasion de visiter le bain, ceci s'explique par le manque d'informations, de panneaux signalétiques à son égard, ou tout simplement que les gens se désintéressent du bain qui passe inaperçu. L'introduction du numérique dans le domaine du patrimoine, est un élément essentiel à prendre en considération dans la transmission des connaissances et dans la sensibilisation de la population.

5 Création d'un corpus de connaissance par *Wiki* :

On ne pouvait conclure ce travail sans communiquer les informations et données obtenus par l'étude du bain d'Agadir, riche en patrimoine, et de les mettre à disposition de la communauté scientifique et d'un large public : Dans un objectif et une volonté de faciliter le partage des connaissances acquises, de diffuser les hypothèses émises, et les résultats des réflexions.

Pour cela nous avons d'abord penser à intégrer le projet de numérisation du bain dans une plateforme genre *Aluka* ou *Memo*, qui représentent des bases de données documentaires sur le patrimoine culturel en Afrique et dans le monde. Cela n'étant pas possible pour nous, car ces plateformes se développent en collaboration avec des institutions ou universités, et risquerait de nous prendre énormément de temps.

Presque tous les projets de numérisations ou de restitutions de monuments historiques s'inscrivent dans des programmes de recherche soit en informatique, en architecture, ou en archéologie, et donc se font en collaboration avec les laboratoires de recherche de différentes universités. Citons à titre d'exemples : le CERLAM (le centre de recherche de l'université de Caen-Basse-Normandie), le service des Systèmes Logiques et Numériques (SLN) de l'université de Bruxelles, le laboratoire EVCAU (EnVironnements numériques, Cultures Architecturales et Urbaines) de l'école d'architecture de Paris, ou encore le programme de recherche de l'université de Bordeaux³ 3D d'Ausonius.

L'idée nous est venue donc, de penser à un moyen de mettre à disposition les données du bain en notre possession et de permettre l'enrichissement de ces informations par ceux qui le souhaitent, par une page web. C'est alors que l'option *Wiki* est apparue comme une réponse à notre objectif, et permettre ainsi la construction continue du site. Un *wiki* est « un site Internet que tout le monde a le droit de modifier à sa guise. C'est un site que l'on ne se contente pas de lire, mais sur lequel on a le droit d'écrire. Son nom provient de l'hawaïen *WikiWiki* qui signifie « rapide »⁴¹⁵. Le site géré par *wiki* le plus consulté est Wikipédia⁴¹⁶.

⁴¹⁵ EL-KHOURY, Nada. Proposition et simulation de modèles numériques de compréhension d'un patrimoine : le théâtre romain de Byblos au Liban. Op cite. P303.

⁴¹⁶ Le mot Wikipédia, se compose de *wiki* qui signifie système de gestion de contenus de sites web, et de *pédia*, qui provient du mot encyclopédie.

Il s'agit donc dans notre cas, de proposer un modèle sur la base d'un *wiki* et en l'appliquant à notre cas d'étude ; Nous avons donc suivi les étapes de création gratuite d'un article sur Wikipédia, l'encyclopédie libre, universelle et accessible à tout le monde. Toutes les étapes de création de l'article sont énumérées et expliqués en annexes (Annexe 3). Et ainsi un article s'intitulant « le bain d'Agadir » a été créé, pouvant être enrichie par d'autres informations continuellement, et par d'autres personnes.

6 Synthèse sur la démarche de valorisation du bain d'Agadir :

Deux points essentiels ont dicté notre méthodologie de recherche, ainsi que la démarche de restitution numérique du bain, à savoir :

- Les outils en notre possession, et les conditions de leurs utilisations.
- Les caractéristiques de l'objet étudié, et l'objectif final.

1. Le contexte :

- Le terrain d'expérimentation : Le bain d'Agadir. Il s'agit d'un monument partiellement en ruine, dont des vestiges subsistent toujours.
- La Problématique et les objectifs.

Il ne reste aujourd'hui que quelques fragments du bain, pourtant élément essentiel et emblématique de la vie des habitants de Tlemcen à une époque de son histoire.

L'objectif de la restitution numérique du bain, d'abord en le numérisant ensuite en proposant des restitutions hypothétiques, est avant tout sa mise en valeur.

2. Acquisition des données :

- Par photogrammétrie : données 3D.
- Sources architecturales : plans, coupes et façades.
- Sources archivistiques.

3. Traitement et fusion des données :

- Consolidation du nuage de points : PhotoScan.
- Superposition des données et vérification par rapport aux photos.

4. L'élaboration de la maquette 3D du bain :

- Maillage automatique : PhotoScan.
- Enrichissement visuel et plaquage de texture d'après les photographies : PhotoScan.

5. Restitution hypothétique du bain sur la base d'indices directs et indirects :

- Modèle 3D hypothétique du bain : Autocad.
- Enrichissement de la maquette numérique par l'ajout d'informations complémentaires (lumière, texture...) : 3ds Max.

6. Dispositif de présentation et de visualisation :

- Maquette 3D.
- Base de données 3D pour une recherche multi critères et scientifique.
- Orthophotographies.
- Documentations 2D.

7. Support de consultation et de diffusion destiné à un public mixte (grand public et communauté scientifique) :

- Stockage CD-ROM.
- Eventuelle publication scientifique.
- Création d'un article Wikipédia sur une présentation générale du bain d'Agadir.
- Possible réalisation dans le futur d'un site internet avec visite virtuelle, ou d'applications de visualisation des modèles 3D du bain au sein d'un parcours muséographique.

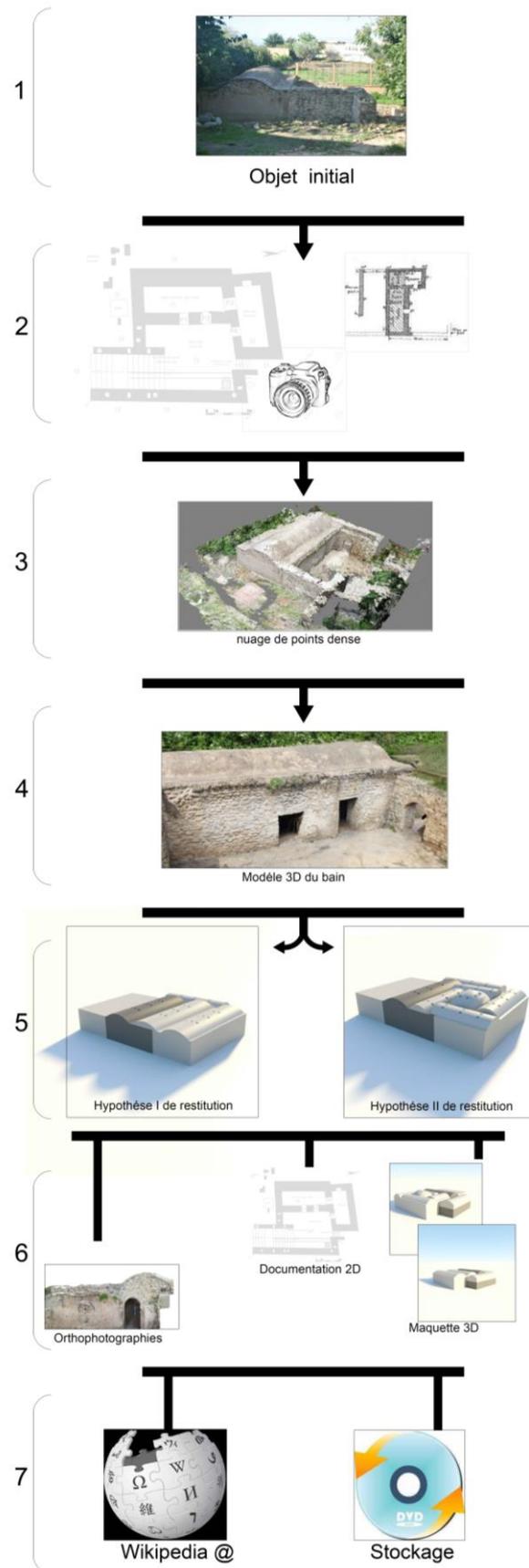


Figure 103 : Processus de valorisation du bain d'Agadir. Source auteur

7 Conclusion

Au cours de ce travail de recherche, nous avons tenté par l'assemblage d'éléments épars, et sur la base de l'élaboration d'hypothèses de travail de proposer une restitution du bain partiellement en ruine, et présenter un modèle 3D expérimental. Le bain d'Agadir, est mitoyen à l'ancienne mosquée Idrisside de Tlemcen, cette même mitoyenneté a dû fortement influencer son emplacement à l'époque.

En débutant d'abord notre travail par un relevé photogrammétrique, on a pu créer une base de données qui servira d'archivage de ce patrimoine culturel menacé de jours en jours, mais qui nous conduira aussi à la restitution hypothétique du bain. En effet, en exploitant informatiquement les données issues du relevé avec des logiciels de modélisation, on a pu modéliser et simuler pour comprendre et mettre en valeur cette œuvre patrimoniale virtuellement.

La numérisation 3D du bain, est passé par l'acquisition des données 3D par photogrammétrie, ensuite par le traitement des données (consolidation du nuage de points, reconstruction par maillage, et enfin texturage) avec le logiciel de photogrammétrie PhotoScan, où des mesures peuvent être effectuées. Très répondeur de nos jours, l'utilisation des modèles 3D, est un enjeu technologique, un domaine de recherche actif, et un outil essentiel pour la conservation et la promotion du patrimoine historique de nos villes, il s'agit donc d'une technologie de documentation.

Dans notre démarche de restitution, nous avons combiné anciens documents (textuels et graphiques), informations in-situ, mais aussi par analogie avec d'anciens bains toujours existants et présentant un meilleur état de conservation. Nos choix et sources, devaient à chaque fois être justifiés et démontrés, pour un cheminement logique de notre démarche. Après l'utilisation des documents anciens sur le bain, et l'intérêt porté à ce dernier, a émergé la nécessité de l'utilisation des outils numériques et des simulations possibles pour rassembler l'ensemble dans une maquette numérique du bain, qui servira de support à l'élaboration d'hypothèses et à la présentation à un public spécialisé mais aussi au grand public. Elle servira aussi de support évolutif en cas de nouvelles découvertes, et de nouvelles fouilles faites sur le bain au sein de la communauté scientifique.

Le bain d'Agadir probablement l'un des plus anciens bains d'Algérie et peut être en exemplaire unique, mériterait une mise en valeur aux yeux des spécialistes mais aussi du public, afin de mettre en lumière toute la richesse culturelle que renferme l'Algérie. La restitution 3D dans notre cas reste hypothétique, née d'extrapolation, et devrait faire l'objet d'un meilleur contrôle du monument, notamment au moyen d'études appropriées tant dans le sous-sol que dans les structures émergentes.

Bien que cette restitution hypothétique ne puisse être considérée comme absolument certaine, elle est suffisamment convaincante dans son approche générale pour qu'elle soit prise en compte si, à l'avenir, des travaux sont entrepris sur le bâtiment pour sa restauration, afin que de

nouvelles données puissent être obtenues et qui valideraient les hypothèses émises, ou permettraient d'avoir une meilleure connaissance des détails du bâtiment. Quoi qu'il en soit, on espère qu'elle servira de base à un débat plus approfondi sur ce bâtiment unique qui, malgré sa notoriété, mérite bien de continuer à faire l'objet de recherches et de soins.

La maquette numérique obtenue nous a permis de :

- Créer un modèle de l'état existant du bain.
- Créer un support de travail et de recherche pour la restitution des parties manquantes de notre bain, à savoir l'espace tiède, froid, et les vestiaires, mais aussi de restituer les couvertures sur la base d'hypothèses de recherche, faite par l'étude de bains similaires.
- Pouvoir proposer dans le futur le modèle 3D du bain restitué pour une médiation culturelle sous différentes formes : expositions, visites virtuelles, animation culturelle...
- De distinguer les parties existantes du bain des parties hypothétiques.
- D'être un « lieu » de dialogue entre experts, pour aider à la recherche en formulant des hypothèses, mais aussi d'espace d'expérimentation et outil de démonstration.

La restitution consiste donc à aboutir à un processus qui nous permet d'étudier le moyen d'arriver à un modèle fini de notre édifice : c'est le fruit d'une méthode exploratoire dans laquelle on a émis des hypothèses et présenté un modèle 3D du bain, n'étant pas possible pour nous de réaliser un modèle "hyperréaliste" par manque d'informations. Le travail de restitution du bain nous a permis d'étudier mais aussi de comprendre l'architecture balnéaire en général et à Tlemcen en particulier, par la création d'un support qui servira aux réflexions scientifiques : ce travail ne constitue qu'une première approche.

La restitution 3D hypothétique du bain, présente un document virtuel destiné aux scientifiques, mais qui pourra être présenté dans le futur à un large public, pour au moins leur rappeler l'existence de cet édifice aujourd'hui tombé dans l'oubli, et comprendre l'importance architecturale de cet édifice. Ce travail a favorisé aussi la multiplication de nos questionnements et de nos approches, et pourra être amélioré et corrigé à la lueur de futures découvertes par la communauté scientifique.

Conclusion générale

Travailler encore une fois sur le thème du patrimoine, un domaine aussi passionnant et complexe, et en lui intégrant cette fois-ci les nouvelles technologies fut pour nous un vrai défi à relever. La compréhension d'un patrimoine doit intéresser tout le monde, de l'expert au simple étudiant mais aussi les visiteurs, et les habitants d'un lieu qui désirent mieux connaître leur espace et leur identité. L'évolution d'une ville ne peut faire table rase ou abstraction de son passé et de son héritage, car ce legs personnalise et différencie chaque ville dans son évolution, mais trouver au contraire le moyen d'intégrer ce témoignage représentatif de notre identité, et par conséquent assurer sa protection et sa mise en valeur.

Aujourd'hui les monuments historiques, vestiges considérables de notre passé, sont des éléments du patrimoine national d'un pays susceptible de participer à son attractivité touristique, et donc représenter pour un pays un capital économique, mais aussi symbolique et sociale. Le patrimoine n'est généralement pas perçu de la même manière par les archéologues, architectes et spécialistes du patrimoine d'un côté, et par le public d'un autre côté ; Les premiers le perçoivent comme un écrin de mémoire par excellence, les deuxièmes plutôt comme des vestiges abandonnés, sans aucune valeur. Le défi aujourd'hui de chaque nation, est d'identifier son patrimoine, de le distinguer, de lui redonner sa place au sein d'une ville, et de permettre ainsi au public de s'approprier les clés de la connaissance du patrimoine afin qu'il puisse mieux le comprendre.

De nos jours de plus en plus de pays intègrent les nouvelles technologies dans leurs politiques de promotion culturelle et touristique, et se tournent vers les universités et laboratoires de recherches, nécessitant ainsi une véritable approche pluridisciplinaire ; la connivence du numérique et du patrimoine est devenue une évidence. Les outils numériques actuelles sont au cœur des dynamiques culturelles et de valorisation du patrimoine, ils sont considérés comme moyens efficaces pour répondre au mieux aux attentes du public, de leur offrir ainsi de nouvelles possibilités de visualisation, et sont perçues comme outils de sensibilisation, pédagogique mais aussi de diffusion. On voit ainsi l'émergence de projets, ou de sites web en ligne regroupant sur un même portail ou plateforme un fonds important de monuments historiques numérisés ou pas, mais aussi de collections de musées, et de fonds documentaires dans un objectif de médiation par l'internet.

L'Algérie possède un riche patrimoine culturel et naturel, témoignant du passage de plusieurs civilisations, et le concept de patrimoine a pas mal évolué depuis l'indépendance, consistant surtout à un classement ou inscription sur l'inventaire des monuments et sites historiques, en continuité avec la politique coloniale déjà mise en place. Cependant l'identification et la mise en valeur des sites et monuments historiques, reste une lourde charge, et malheureusement on assiste aujourd'hui à un spectacle désolant en voyant nos monuments historiques. Pourtant le patrimoine culturel algérien représente un intérêt majeur pour la promotion culturelle et identitaire du peuple algérien, et les spécialistes du patrimoine se doivent aujourd'hui de tirer référence des expériences internationales en matière de mise en valeur des monuments, pour une meilleure prise en charge.

C'est dans cet objectif de conservation du patrimoine culturel que ce travail de recherche est né ; d'abord en exploitant de nouvelles méthodes et approches de compréhension et de mise en valeur du patrimoine utilisées actuellement, ensuite en appliquant une méthodologie de restitution à notre cas d'étude, qui se résume en trois étapes : L'acquisition des données, le traitement et la restitution, et enfin la présentation des résultats.

On assiste à une détérioration de nos monuments de jours en jours, dues soit à des risques endogènes ou exogènes, et nous risquons donc à chaque fois de perdre un témoin de notre histoire. En plus des rares travaux de restaurations ou d'entretien qui se font, et qui quelquefois nuisent et altèrent le monument au lieu de le protéger. Par les nouvelles technologies actuelles, il s'agit de promouvoir notre patrimoine, trace indélébile ancré dans notre histoire, de le protéger, et contribuer à renforcer notre identité culturelle dans une ère de mondialisation qui ne fait qu'altérer l'identité culturelle des sociétés.

Parmi les nombreux monuments que recèlent Tlemcen, subsistent les bains ou *hammams*, ces anciens édifices ancrés dans la culture maghrébine et tlemcénienne, et qui longtemps ont participé à la vie quotidienne des habitants. Puisant ses origines dans les thermes grecs et romains, le bain a évolué à la faveur de l'expansion de l'islam, du moyen orient jusqu'en péninsule ibérique et au Maghreb, pour se développer après dans l'empire ottoman. L'études de l'architecture des bains, de leurs formes, tailles, mais aussi usages ont évolués avec le temps ; plus importants étaient les thermes romains où des milliers de personnes se retrouvaient pour leurs bains quotidiens, en pratiquant divers sports et en changeant les dernières nouvelles. Chez les musulmans, il représentait un lieu de purification avant tout, conforme aux règles que prônait la religion islamique.

L'étude sur l'architecture des bains, et nos recherches effectuées sur le thème nous a permis de dresser un inventaire sur ce type d'édifice, de comprendre leur fonctionnement, ainsi que leur évolution, et de répondre par la même occasion à des questionnements concernant leur évolution typologique. De ces exemples, on a pu tirer un certain nombre de caractéristiques communes de chaque époque et à chaque région, et de faire la lumière sur l'évolution du bain. C'est par la suite qu'on a pu se pencher sur le cas de Tlemcen, et plus exactement sur le bain d'Agadir, en dressant d'abord un petit aperçu sur les bains existant au niveau de l'ancienne médina, ensuite en réunissant toutes les informations existantes sur notre cas d'étude. Pour mieux appréhender la restitution du bain d'Agadir, on a essayé de répondre à des interrogations concernant l'architecture balnéaire, à schématiser la typologie des différents bains étudiés, et surtout à l'interprétation des données du bain d'Agadir en notre possession, pour arriver finalement à proposer des restitutions en formulant des hypothèses, et essayer de modéliser le tout sous forme de restitution virtuelle. C'est le rôle du numérique comme outil d'investigation.

Aujourd'hui l'informatique apparait comme une véritable révolution dans le domaine de transmission du patrimoine, et remplace les peintures, sculptures ou écriture laissés par les hommes d'autrefois. S'ajoute à cela le développement du réseau d'internet et des nouvelles méthodes d'informations, qui ouvrent les possibilités d'échanges de données, d'informations et de partage des connaissances. Une ressource captivante tant pour la conservation que comme

support scientifique, la restitution 3D des monuments, offre en effet aux acteurs du patrimoine des représentations séduisantes pouvant sensibiliser le grand public, les meilleurs ambassadeurs de leur territoire.

C'est dans cette même optique, que la première partie de notre travail, fut consacrée au concept de la restitution et de son évolution à travers les temps ; depuis son apparition jusqu'aux restitutions virtuelles de nos jours en introduisant les outils informatiques. Ensuite ce sont les nouvelles techniques de numérisation des monuments qui fut abordé, en traitant tous les concepts relatifs à la numérisation, ainsi que leurs principes et modes de fonctionnements : la photogrammétrie et la lasergrammétrie qui reposent sur la maîtrise de nombreux champs de connaissances. On a constaté dans ce chapitre, que les concepts et techniques actuelles, ne cessent d'évoluer parallèlement à l'évolution de la technologie, qu'ils dépendent de certains paramètres et objectifs, et qu'ils ne se limitent plus aux professionnels du patrimoine mais sont bien à la portée du grand public. Les nouvelles méthodes numériques d'acquisition des données, ne remplaceront jamais l'observation directe, l'imprégnation au site, et le travail du terrain, mais permettent de les compléter par des observations millimétriques quelques fois indispensables dans un relevé, en plus du modèle 3D produit. Le numérique peut être abordé dans le cas de valoriser un monument disparu par des restitutions virtuelles, ou pour numériser un monument existant, et est devenu donc une priorité culturelle, politique, et économique.

C'est dans ce sens que les spécialistes du patrimoine, gestionnaires, techniciens, restaurateurs...etc. impliqués dans la conservation des monuments doivent s'adapter à ces nouveaux instruments de documentation numérique du patrimoine, et surtout dans les endroits où des événements menacent leurs protections (guerres, désastres naturels, changements climatiques...etc.). Il existe aujourd'hui un peu partout dans le monde des campagnes de numérisation des monuments, ayant pour objectifs :

- Un archivage numérique de monuments ou d'éléments risquant de disparaître.
- Une valorisation du patrimoine auprès des publics, en proposant des maquettes ou des restitutions virtuelles accessibles par différents moyens ou dans différents endroits.
- Un outil d'aide à la recherche scientifique, en proposant des hypothèses de travail.

En nous basant sur l'objectif à atteindre dans notre recherche, et en rapport avec les conditions et moyens accessibles, on a opté pour la numérisation du bain d'Agadir par photogrammétrie architecturale terrestre. C'est à ce moment qu'on a pu fixer les protocoles d'acquisition et de traitement des données nécessaires avant toute numérisation, en suivant ceux dictés par le logiciel à utiliser, à savoir le logiciel Agisoft PhotoScan. Le logiciel s'est avéré être facile d'utilisation, efficace, et a pu démontrer ses performances au travers des études menées. A partir d'une série de photographies, un modèle 3D de haute qualité a pu être créé, et donc généré sous différents formats : nuage de points dense, maillage, maillage texturé, orthophotographies, et vues en perspectives, qui pourra être exploité à tout moment en fonction des recherches. Ce travail constitue un document précieux qui enregistre le bain dans son état actuel, et qui pourra par la suite servir de base d'un travail de recherche ou de futures études de restaurations ou d'interventions sur le bain.

Dans notre cas le modèle 3D généré nous a servis à approfondir notre travail de recherche, et à proposer des restitutions hypothétiques de l'état initial du bain, aujourd'hui partiellement en ruine. Les restitutions virtuelles, comme abordés dans le premier chapitre, nécessitent une approche et une méthodologie bien précise, et soulèvent de nombreuses questions relatives à la restitution des éléments manquants où nous n'avons que peu ou aucune information. On s'est basé à cet effet, sur les anciens documents existants sur le bain, et sur une analogie avec d'autres bains existants et bien conservés. La souplesse et la malléabilité de l'outil informatique, nous a permis de proposer des hypothèses de travail, amenés à évoluer au fur et à mesure de recherches et de fouilles archéologiques, qui nous permettra d'affirmer les résultats obtenus et donc de prétendre à la validité scientifique de notre travail.

La maquette numérique proposé nous offre la possibilité du dialogue entre experts, mais représente aussi une archive, et une bonne alternative en Algérie, dans le sens où cela ne demande pas de grands moyens et permet de concilier la population avec son patrimoine. Elle regroupe aussi l'ensemble des données sur le bain en notre possession, nous apportent une autre perception de l'espace et des lieux, mais nous permet surtout de valoriser et de comprendre ce type d'édifices. C'est ce qu'affirme Paolo Galluzzi, directeur de l'institut et du musée de l'histoire des sciences de Florence, dans une citation : « *Rien ne remplacera jamais ces trésors détruits. Mais nous avons le choix entre le néant et ces reconstitutions* ».

L'intérêt de cette étude, n'est donc pas seulement de présenter une restitution hypothétique du bain, mais aussi de comprendre l'architecture balnéaire, et son fonctionnement, où il deviendra pour nous par la suite plus facile de présenter le lieu à un large public et lui faire saisir au moins l'importance architectural du bain. Les bains ont depuis toujours fait partie de la vie des habitants de Tlemcen, chose qui se perpétue jusqu'à nos jours, quand on voit encore certains bains qui continuent à fonctionner au sein de l'ancienne médina. Mais avec la modernisation qui touche pratiquement toutes les villes, on risque de voir ces édifices si emblématiques disparaître un jour et se faire remplacer par les salles de bains privés.

Les bains symbolisent des valeurs matériels et immatériels importantes, doivent être transmises aux générations futures, et bénéficier donc d'une protection et d'une mise en valeur. Par ce travail sur le bain d'Agadir, nous pensons et souhaitons encourager à d'autres études sur les bains de Tlemcen ; En effet, il est possible d'enrichir ce travail dans le futur par une étude et un inventaire de tous les bains encore existants au sein de l'ancienne médina, et créer par la même occasion une banque de données qui regroupera toutes les informations.

Le bain d'Agadir, se trouve aujourd'hui dans un état d'abandon, et ne bénéficie ni de travaux d'entretien, ni de travaux de mise en valeur. On a pu constater aussi l'absence de panneaux d'informations, ainsi que son non-intégration dans un circuit touristique, et pourtant il privilégie de la mitoyenneté par rapport à l'ancienne mosquée Idrisside d'Agadir. Notre manière de le protéger et de le mettre en valeur a été présenté dans ce travail de recherche, par la création d'un modèle 3D, toujours discutable et accessibles pour de futures recherches pour parvenir à l'hypothèse la plus probable, et prolonger ainsi la réflexion.

Les hypothèses de restitution, s'adressant avant tout à la communauté scientifique, peuvent être utilisées dans des expositions temporaires, des publications papiers ou web, ou dans des travaux universitaires, en attendant de les proposer dans des musées virtuels et intégrer à de nombreux supports. On se rend compte aujourd'hui et avec l'avancé de la technologie, à quel point il est devenu aisé et possible, de rendre le patrimoine plus accessible au grand public, et par la même occasion les aider à sa compréhension et ainsi sensibiliser les habitants envers leur richesse identitaire. Cette première étude et recherche qu'on propose sur le bain d'Agadir est une, parmi les étapes de mise en valeur et représente donc une première protection du monument.

Cette étude se veut d'être une prise de conscience et un encouragement pour de futures travaux sur les bains de Tlemcen qui risquent de disparaître un jour, et disparaître ainsi avec eux toute la mémoire qu'elle englobe, et ouvre de nouvelles interrogations et perspectives susceptibles d'orienter un travail futur. Elle consiste aussi à attribuer une valeur historique, architecturale, artistique et mémorielle à ce type d'édifices, suivant un processus commençant par une étude du monument et finissant par sa mise en valeur. Il s'agit d'exprimer une expérience personnelle d'acquisition des données, et de modélisation 3D d'un monument partiellement en ruine suivant une démarche précise. Cette même démarche qui nous permet de vérifier notre hypothèse de recherche, qui consistait à dire que l'introduction de l'outil informatique et la production de modèles 3D, ne fera que nous aider à une meilleure compréhension d'un patrimoine.

La transmission des savoirs et des compétences est un élément fondamental de la démarche, qui pourra être appliquée à d'autres monuments. Enfin, ce travail a été passionnant par son contexte, mais aussi par la diversité des thèmes abordés, et constitue la synthèse provisoire d'une réflexion qui est loin d'être close.

Bibliographie

1. Ouvrages :

ADAM, Jean-Pierre ; FRIZOT, Michel. Dégénération et restauration de l'architecture pompéienne. Éditions du Centre national de la recherche scientifique. Paris. 1983. 112 p.

ADAM, Jean-Pierre. La Construction romaine. Matériaux et techniques. Editions A&J Picard. Paris. 1984. 368 p.

ALMAGRO, Antonio. Diálogos de Arte Homenaje al profesor Domingo Sánchez-Mesa Martín : una hipótesis sobre la forma original del banuelo de granada. Editeur Universidad de Granada, Campus Universitario de Cartuja Granada. Grenade. 2014. 89-94 p.

BABELON, Jean Pierre ; CHASTEL, André. La notion de patrimoine. Editeur Liana Levi. Paris. 2008. 141 p.

BARGES, Jean-Joseph-Léandre. Tlemcen ancienne capitale du royaume de ce nom. Editeur القافلة. Alger. 2011. 473 p.

Bel, Alfred. Guide illustré du tourisme. Tlemcen et ses environs. Editeur L. fouque. Oran. 1908. 170 p.

BERGER, Albrecht. Das Bad in der byzantinischen Zeit. Éditeur Institut für Byzantinistik und Neugriechische Philologie der Universität. Köln. 1982. 172 p.

BREHIER, Louis. Le Monde byzantin, tome 3 : La Civilisation byzantine. Editeur Albin Michel. Paris. 1950.

CHOAY, Françoise. L'allégorie du patrimoine. Editions du seuil. Paris. 1996. 270 p.

CHOAY, Françoise. Le Patrimoine en question. Anthologie pour un combat. Editions du seuil. Paris. 2009. 272 p.

DE BEYLIE, Leon. La Kalaa des Beni-Hammad : une capitale berbère de l'Afrique du nord au XIe siècle. Editeur Forgotten Books. Paris. 2018. 224 p.

DE LUCA, Livio. La photo modélisation architecturale. Edition Eyrolles. Paris. 2009. 264p.

FOURNIER, Caroline. Les bains d'al-Andalus : VIIIe-XVe siècle. Editeur Presses Universitaires de Rennes. Rennes. 2016. 335 p.

FROMMEL, Sabine ; TASSIN, Raphael. Les maquettes d'architecture. Fonction et évolution d'un instrument de conception et de réalisation. Editeur Picard. Rome. 2015. 325 p. Disponible sur : https://www.academia.edu/13912995/Les_maquettes_darchitecture. Consulté le 06/03/2018.

GINOUVES, René ; MARTIN, Roland. Dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine, III : éléments espaces architecturaux, bâtiments et ensembles. Editeur : École française d'Athènes - École française de Rome. Rome. 1998. 303 p.

- GOLVIN, Jean Claude ; GROS DE BELER, Aude. L'antiquité retrouvée. Editions errance. Paris. 2015. 223 p.
- GSELL, Stéphane. Les monuments antiques de l'Algérie. Tome I. Editeur A. Fontemoing. Paris. 1901. 224 p.
- IBN KHALDOUN, Abd-Er-Rahman. Histoire des Berbères et des dynasties musulmanes de l'Afrique septentrionale. Tome 3. Traduite de l'arabe par M. le baron de Slane. Imprimerie du Gouvernement. Alger. 1856. 544 p.
- KHELIFA, Abderrahmane. Tlemcen. Capitale du Maghreb central. Edition Colorset. Alger. 2011. 421 p.
- KRAUS, Karl ; WALDHAUSL, Peter. Manuel de photogrammétrie : principes et procédés fondamentaux. Editeur Hermes. Paris. 1998. 407 p.
- KRENCKER, Daniel ; KRÜGER, Anne.H ; LEHMANN, Joseph.H ; WACHTIER, Hans. Die Trierer Kaiserthermen : Ausgrabungsbericht u. grundsätzl. Untersuchgn röm. Thermen. Éditeur Dr. B. Filser. Augsburg. 1929. 344 p.
- KRIM, Fadela. Les hammamates. Edition Dalab. Alger. 2007. 81 p.
- KUNSTBIBLIOTHEK, Berliner ; BIERMANN, Veronica ; BORNGÄSSER, Barbara. Théorie de l'architecture : De la Renaissance à nos jours. Editeur Taschen. Berlin. 2006. 576 p.
- LASSUS, Jean. Sanctuaires chrétiens de Syrie : Essai sur la genèse, la forme et l'usage liturgique des édifices du culte chrétien, en Syrie, du IIIe siècle à la conquête musulmane (Bibliothèque archéologique et historique). Editeur P. Geuthner. Paris.1947. 329 p.
- MARÇAIS, Georges. Tlemcen. Editions du Tell. Blida. 2003. 98 p.
- MARÇAIS, William ; MARÇAIS, Georges. Les monuments arabes de Tlemcen. Editeur Albert Fontemoing. Paris. 1903. 358 p.
- MARFÍL RUIZ, Pedro. Los Baños del Alcázar Califal de Córdoba : resultados de la intervention arqueologica desarrollada en el ano 2000. Editeur Asociacion"Arte, Arqueologia e Historia". Cordoue. 2004. 49-75 p.
- MARTIN, Raymond. Notions de photogrammétrie. Edition Eyrolles. Paris. 1968. 331 p.
- PAVON MALDONADO, Basilio. Tratado de arquitectura hispano-musulmana. Tomo I. Agua. Edition Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. 2004. 792 p.
- PEROUSE DE MONTCLOS, Jean Marie. Architecture. Méthode et vocabulaire. Edition du patrimoine. Paris. 2009. 674 p.

PIRES, Alvaro. Echantillonnage et recherche qualitative : essai théorique et méthodologique. Edition électronique. Québec. 2007. 88 p. Disponible sur : http://www.dphu.org/uploads/attachements/books/books_1837_0.pdf. Consulté le 20/01/2020.

REVITHIADOU, Fani ; RAPTIS, Konstantinos. Restoration - Consolidation of the Byzantine Bath in Thessaloniki. Editeur Hellenic Ministry of Culture and Sports - Ephorate of Antiquities. Thessaloniki. 2014. 31 p. Disponible sur : <http://www.ziti.gr/>.

THEBERT, Yvon. Thermes romains d'Afrique du Nord et leur contexte méditerranéen : Etudes d'histoire et d'archéologie. Editeur : Ecole Française de Rome. Rome. 2003. 733p.

Tlemcen. Collection "art et culture". Editeur ministère de l'information. Alger. 1971. 85p.

TOURNEFORT, Joseph. Voyage d'un Botaniste. Tome2, La Turquie, la Géorgie, l'Arménie. Editeur La Découverte. Paris. 1982. 330 p.

2. Articles scientifiques :

ALMAGRO, Antonio. Photogrammétrie pour la recherche architecturale : vingt ans d'expérience à l'Ecole d'Etudes Arabes. *Revue française de photogrammétrie et de télédétection*. N°196. Société française de photogrammétrie et de télédétection. 2014. 10-20 p.

AL-SHARE, Raed.R. ; AWWAD, Mohammad.T. Hammam al-sarah an applied study. *Journal of Engineering Sciences*. N°35(5). 2007. 1129-1138 p. Disponible sur : <https://pdfs.semanticscholar.org/f5d9/eebf8d340e750a02791486afd675a8f08ae8.pdf>. Consulté le 19/05/2019.

ARCE, Ignacio. The Umayyad baths at Amman Citadel and Hammam al-Sarah. *Syria. Archéologie, Art et histoire*. N°92. 2015. 133-168 p. [Doi : 10.4000/syria.3028](https://doi.org/10.4000/syria.3028). Consulté le 25/11/2019.

ARTHUR, Paul. Naples : a case of urban survival in the early Middle Ages ? *Mélanges de l'école française de Rome*. N°103(2). 1991. 759-784 p. Disponible sur : https://www.persee.fr/doc/mefr_1123-9883_1991_num_103_2_3200. Consulté le 28/04/2019.

ARTHUR, Paul. The Byzantine baths at Santa Chiara, Naples. *Journal of Roman Archaeology*. Supplement N°37. 1999. 135-146 p. Disponible sur : https://www.academia.edu/1233320/The_Byzantine_baths_at_Santa_Chiera_Naples. Consulté le 28/04/2019.

ASSALI, Pierre. Mise en valeur numérique et reconstruction 3d du théâtre gallo-romain de Mandeur. *XYZ*. N°126. Editorial Info-Topo. 2011. 15-19 p.

BARTLETT, James ; KOTRLIK, Joe ; HIGGINS, Chadwick. Organizational Research: Determining Appropriate Sample Size in Survey Research. *Information Technology, Learning, and Performance Journal*. N°19 (1). 2001. 43-50 p. Disponible sur : https://www.academia.edu/5521356/Determining_appropriate_sample_size. Consulté le 20/01/2020.

BEL, Alfred. fouilles faites sur l'emplacement de l'ancienne mosquée d'agadir 1910-1911. *Revue africaine*. N°57. 1913. 27-47 p.

BERTRAND, Maryelle ; PEREZ CRUZ, María.A ; SANCHEZ QUIRANTE, Lorenzo. Los banos arabes de Baza. 1a intervencion de urgencia en apoyo a la restauracion. *Anuario arqueologico de andalucia2000*. N°3(1). 2003. 598-616 p. Disponible sur : https://www.academia.edu/30554540/LOS_BA%C3%91OS_%C3%81RABES_DE_BAZA.1a_INTERVENCION_DE_URGENCIA_EN_APOYO_A_LA_RESTAURACION_DE_1910-1911. Consulté le 26/11/2019.

BIERS, Jane. Lavari est Vivere : Baths in Roman Corinth. *Corinth*. N°20. 2003. 303-319 p. Doi :10.2307/4390730. Consulté le 15/03/2019.

BITELLI, Gabriele ; GIRELLI, Valentina ; REMONDINO, Fabio ; VITTUARI, L. Surface modelling of complex archaeological structures by digital close-range photogrammetry. *British Archaeological Reports International Series*. N°1568. 2006. 1-7 p. Disponible sur : https://www.academia.edu/10159776/Surface_modelling_of_complex_archaeological_structures_by_digital_close-range_photogrammetry. Consulté le 05/12/2018.

BOCCON-GIBOD, Henri ; GOLVIN, Jean-Claude. Le grand temple d'Amon-Rê à Karnak reconstruit par l'ordinateur. *Dossiers d'archéologie*. N°153. Edition Faton. 1990. 8-19 p.

BORRA, Davide. La modellazione virtuale per l'architettura antica : un metodo verso l'isomorfismo percettivo. *Archeologia e Calcolatori*. N°11. 2000. 259-272 p. Disponible sur : <https://www.semanticscholar.org>. Consulté le 20/11/2018.

BOUET, Alain ; FOLLAIN, Éric. Thermes et pratique balnéaire en Gaule romaine. *Dossiers d'Archéologie*. N°323. Edition Faton. 2007. 2-3 p.

BRYANT, Simon. Relevé et restitution en 3D. Quel intérêt pour l'archéologie ? *Archéopages*. N°35. 2014. 84-87 p. Doi :10.4000/archeopages.315. Consulté le 23/07/2018.

CARLIER, Omar. Les enjeux sociaux du corps. Le hammam Maghrébin (XIXe-XXe siècle), lieu pérenne, menacé ou recréé. *Annales. Histoire, Sciences Sociales*. N°6. 2000. 1303-1333 p. Disponible sur : https://www.persee.fr/doc/ahess_0395-2649_2000_num_55_6_279917. Consulté le 18/04/2018.

CHARPENTIER, Gérard. Les bains de Sergilla. *Syria. Archéologie, Art et histoire*. N°71(1-2). 1994. 113-142 p. Disponible sur : https://www.persee.fr/doc/syria_0039-7946_1994_num_71_1_7369 . Consulté le 20/03/2019.

CHERIF-SEFFADJ, Nabila. The medieval and ottoman hammams of algeria ; elements for a historical study of baths architecture in north africa. *Archnet-IJAR*. N°3 (1). 2009. 157-170 p. Doi : [10.26687/archnet-ijar.v3i1.260](https://doi.org/10.26687/archnet-ijar.v3i1.260). Consulté le 15/04/2018.

DE BIDARAN, Jessica. Les précurseurs de la restitution. *Dossiers d'archéologie*. N°361. Edition Faton. 2014. 6-9 p.

DE MAUSSION DE FAVIÈRES, Jacques. Note sur les bains de damas. *Bulletin D'études Orientales*. N°17. 1961. 121-131 p. Disponible sur: <https://www.jstor.org/stable/41585284>. Consulté le 25/04/2018.

DELEVOIE, Caroline ; DUTAILLY, Bruno ; MORA, Pascal ; VERGNIEUX, Robert. Un point sur la photogrammétrie. *Archéopages*. N°34. 2012. 86-89 p. Doi : <https://doi.org/10.4000/archeopages.410>. Consulté le 09/03/2020

DEMOULE, Jean-Paul ; JACOB, Jean-Paul. Prologue. La vocation scientifique de l'Inrap. *Archéopages*. Hors-série N°3. 2012. 4-13 p. Doi : [10.4000/archeopages.441](https://doi.org/10.4000/archeopages.441). Consulté le 20/11/2018.

EL HABASHI, Alaa ; MOUJOURD, Tarik ; ZIZOUNI, Abdessalam. The Conservation and Reconstruction of the Islamic Bath at Volubilis, Morocco. *The Journal of Fasti Online : Archaeological Conservation Series (ISSN 2412-5229)*. Editeur ICCROM. Rome. 2016. 1-11 p. Disponible sur : <http://www.fastionline.org/docs/FOLDER-con-2016-4.pdf>. Consulté le 21/02/2019.

EL KHAYARI, Abdelaziz. Les Thermes extra muros à Volubilis. *L'Africa Romana*. Editeur Archivio Fotografico Sardo. Sassari. 1992. 301-312 p. Disponible sur : https://www.academia.edu/28279475/Les_Thermes_extra_muros_%C3%A0_Volubilis._L_Africa_Romana_1992. Consulté le 21/02/2019.

FAGNAN, Edmond. L'Afrique septentrionale au XII^e siècle de notre ère description extraite du "Kitab-el-Istibçar". *Recueil de notices et mémoires de la société archéologique de Constantine*. N°33. 1899. 115-116 p.

FALKINGHAM, Peter-L. Acquisition of high-resolution three-dimensional models using free, open source, photogrammetric software. *Palaeontologia Electronica*. N°15(1). 2012. 2-15 p. Doi : [10.26879/264](https://doi.org/10.26879/264). Consulté le 05/12/2018.

FOURNET, Thibaud ; REDON, Bérangère. Le bain grec à l'ombre des thermes romains. *Dossiers d'Archéologie*. N° 342. Edition Faton. 2010. 56-63 p.

FUCHS, Alain ; ALBY, Emmanuel ; BEGRICHE, Réda ; GRUSSENMEYER, Pierre ; PERRIN, Jean-Pierre. Confrontation de la lasergrammétrie aux techniques de relevé conventionnelles et développement d'outils numériques pour la restitution architecturale. *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*. N°173/174. Société française de photogrammétrie et de télédétection. 2004. 36-47 p.

GILOTTE, Sophie ; SUAREZ MARQUEZ, Ángela ; ALCALA LIRIO, Francisca ; ARIAS DE HARO, Francisco. Los baños de la tropa de la alcazaba de almería : resultados preliminares de la intervención arqueológica. *Cuadernos de Madīnat al-Zahrā'*. N°7. 2010. 219-238 p. Disponible sur : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00804452>. Consulté le 25/11/2019.

GINOUVES, René ; GUIMIER-SORBETS, Anne-Marie. L'image dans l'archéologie. *Bulletin du CTHS, L'image et la science*. 1992. 231-248 p. Disponible sur : <http://web.mae.u-paris10.fr/ginouves/texteimpr/AR17.html>. Consulté le 23/05/2018.

GINOUVES, Roland. Sur un aspect de l'évolution des bains en Grèce vers le IV^e siècle de notre ère. *Bulletin de correspondance hellénique*. N°79. 1955. 135-152 p. Disponible sur : https://www.persee.fr/doc/bch_0007-4217_1955_num_79_1_2426. Consulté le 19/03/2019.

GOLVIN, Jean Claude ; AZEMA, Marc. La restitution aujourd'hui. *Dossiers d'archéologie*. N°361. Edition Faton. 2014. 2-5 p.

GRABAR, Oleg. Claude VIBERT GUIGUE, Les peintures de Qusayr 'Amra. Un bain omeyyade dans la bâdiya jordanienne. *Syria. Archéologie, Art et histoire*. N°86. 2009. 390-392 p. Disponible sur : <http://journals.openedition.org/syria/625>. Consulté le 19/05/2019.

GUHRING, Jens. Dense 3-D surface acquisition by structured light using off-the-shelf components. *Photonics West, Videometrics VII*. N°4309. 2001. 220-231 p. Disponible sur : <http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/2001/Videometrics01-Guehring-4309-24.pdf>. Consulté le 10/12/2018.

HENO, Raphaëlle. Archéologie et photogrammétrie : les nouveaux potentiels. *Géomètre*. N°2075. 2010. 26-40 p. Disponible sur : http://www.ensg.eu/IMG/pdf/REVUE-GEOMETRE_colloque_09-10_sfpt-cipa.pdf. Consulté le 26/12/2018.

IMBERT, Frédéric. Le prince al Walīd et son bain : itinéraires épigraphiques à Qusayr 'Amra. *Bulletin d'études orientales*. N° LXIV. 2016. 321-363 p. [Doi : 10.4000/beo.4723](https://doi.org/10.4000/beo.4723). Consulté le 27/06/2019.

JAUREGUI, Luis-M. ; JAUREGUI, Manuel. Terrestrial photogrammetry applied to architectural restoration and archaeological surveys. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. N° XXXIII. 2000.401-405 p. Disponible sur : https://www.isprs.org/proceedings/XXXIII/congress/part5/401_XXXIII-part5.pdf. Consulté le 05/12/2018.

KARATOSUN, Müjgan Bahtiyar; BAZ, Tuba Nur. Sustainability by Protecting of Traditional Heating Systems in Turkish Baths. *Architecture Research*. N°7(2). 2017. 41-48 p. [Doi: 10.5923/j.arch.20170702.02](https://doi.org/10.5923/j.arch.20170702.02). Consulté le 08/07/2018.

KENNEDY, Hugh. From Polis to Madina: Urban Change in Late Antique and Early Islamic Syria. *The Past & Present Society*. N°106. 1985. 3-27 p. Disponible sur : <http://www.jstor.org/stable/650637>. Consulté le 08/05/2019.

KHELIFA, Abderrahmane ; DAHMANI, Said. Les fouilles d'Agadir. Rapport préliminaire 1973-1974. *Bulletin d'archéologie algérienne*. N° VI. 1980. 243-265 p.

LASSUS, Jean. La forteresse byzantine de Thamugadi, 1. Fouilles à Timgad 1938-1956. *Études d'Antiquités africaines*. N°1. 1981. 1-247 p. Disponible sur : https://www.persee.fr/doc/etaf_0768-2352_1981_mon_1_1#etaf_0768-2352_1981_mon_1_1_T1_0123_0000. Consulté le 26/04/2019.

LE BOMIN, Joachim ; MARCHAND, julie ; VANPEENE, matthieu. Se baigner à l'aube de la conquête arabo-musulmane. Les thermes byzantins de Taposiris Magna. *Bulletin de l'Institut Français d'Archéologie Orientale*. N°119. 2019. 181-223 p. Disponible sur : <https://www.ifao.egnet.net>. Consulté le 25/04/2019.

LENOIR, Eliane. Thermes et palestres à l'époque romaine. *Bulletin de l'Association Guillaume Budé*. N°01. 1995. 62-76 p. Disponible sur : https://www.persee.fr/doc/bude_0004-5527_1995_num_1_1_1821. Consulté le 15/01/2019.

LEPAON, Thomas. Les bains de Placcus de Gérasa de la Décapole. *Syria. Archéologie, Art et histoire*. N°92. 2015. 105-121 p. Disponible sur : <https://doi.org/10.4000/syria.3094>. Consulté 24/04/2019.

LEPAON, Thomas. Les édifices balnéaires de Gérasa de la décapole : premières observations. *Syria. Archéologie, Art et histoire*. N°85. 2008. 51-70 p. Disponible sur : <https://doi.org/10.4000/syria.454>. Consulté le 24/04/2019.

LESCHI, Louis. Découvertes récentes à Timgad : Aqua Septimiana Felix. *Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*. N°91(1). 1947. 87-99 p. Disponible sur : https://www.persee.fr/doc/crai_0065-0536_1947_num_91_1_78067. Consulté le 26/04/2019.

LÓPEZ OSORIO, José-manuel ; TORRES CARBONELL, José-manuel. El análisis estratigráfico del baño árabe de Churriana de la Vega (Granada) : síntesis del conocimiento como base del proyecto de restauración. *Arqueología de la arquitectura*. N°5. 2008. 188-206 p. Disponible sur : <https://doi.org/10.3989/arq.arqt.2008.95>. Consulté le 30/11/2019.

LOWE, David.G. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. *International Journal of Computer Vision*. N°60(2). 2004. 91-110 p. Doi : [10.1023/B:VISI.0000029664.99615.94.94](https://doi.org/10.1023/B:VISI.0000029664.99615.94.94). Consulté le 05/12/2018.

MARTÍN GARCÍA, Mariano. Baños árabes de la provincia de Granada : el baño de la Zubia. *Andalucía islámica*. N°IV-V. 1986. 307-315 p.

MAUMONT, Michel. L'espace 3D : de la photogrammétrie à la lasergrammétrie. *In Situ*. N°13. 2010. Doi : <https://doi.org/10.4000/insitu.6413>. Consulté le 01/12/2018.

MICHEL, Vincent. Nouvelles recherches en Cyrénaïque (Libye). *Les nouvelles de l'archéologie*. N°123. 2011. 28-34 p. Disponible sur : <https://doi.org/10.4000/nda.1467>. Consulté le 22/04/2019.

PAUTY, Edmond. Vue d'ensemble sur les hammamas de Rabat-Salé. *Revue africaine (Société historique algérienne)*. N°88. Office des publications universitaires. Alger. 1944. 202-226 p.

PIRAUD-FOURNET, Pauline. Les fouilles du « Palais de Trajan » à Bosra (2007-2009) - Rapport préliminaire et perspectives de recherche. *Syria. Archéologie, Art et histoire*. N°87. 2010. 281-300 p. Doi : [10.4000/syria.686](https://doi.org/10.4000/syria.686). Consulté le 25/03/2018.

RAUTENBERG-CELIE, Bettina ; GOLVIN, Jean-Claude ; BREUIL, Jean-Yves ; DORMONT, Paul ; CELIE, Marc ; AZEMA, Marc. De deux à trois dimensions. La restitution de Nîmes antique. *Dossiers d'archéologie*. N°361. Edition Fatou. 2014. 68-71 p.

RIEDINGER, Christophe ; JORDAN, Michel ; TABIA, Hedi. Restitution 3D de monuments historiques à partir de plans anciens. Traitement du signal. N°32 (1). 2015. 87-108 p. Doi : [10.3166/ts.32.87-108](https://doi.org/10.3166/ts.32.87-108). Consulté le 20/07/2018.

ROLLIER-HANSELMANN, Juliette ; SCHOTTE, Guillaume ; LANDRIEU, Jérémie ; POUPART, Nicolas. La reconstitution 3D du chevet de Cluny III : clôture de chœur, stalles, pavement, peintures murales et vitraux. *Bulletin du centre d'études médiévales d'Auxerre, BUCEMA*. N°15. 2011. 183-201 p. Doi : [10.4000/cem.11962](https://doi.org/10.4000/cem.11962). Consulté le 31/10/2018.

SALVI, Joaquim ; PAGES, Jordi ; BATTLE, Joan. Pattern codification strategies in structured light systems. *Pattern Recognition*. N°37 (4). 2003. 827-849 p. Disponible sur : <http://eia.udg.es/~jpages/ReportCodedLight03.pdf>. Consulté le 10/12/2018.

SAUDRAY, Nicolas. L'expédition d'Égypte : une folie ou un investissement ? *Bulletin de la Sabix*. N°20. 1999. 43-52 p. Disponible sur : <https://www.journals.openedition.org/sabix/87>. Consulté le 05/03/2018.

SCHULUMERGER, Daniel. Les fouilles de Qasr el-Heir el-Gharbi (1936-38). *Syria. Archéologie, Art et histoire*. N°20(3). 1939. 195-238 p. Disponible sur :

https://www.persee.fr/doc/syria_0039-7946_1939_num_20_3_4138#syria_0039-7946_1939_num_20_3_T1_0213_0000. Consulté le 22/05/2019.

SELKA OUSSADIT, Imene ; SELKA, Chihab ; OUISSI, Mohammed Nabil ; BOUET, Olivier. Comparative study and analysis of two medieval baths in western Algeria : Sabaghine bath in Tlemcen and El Bali bath in Nedroma. *A/Z ITU Journal of the Faculty of Architecture*. N°16(3). 2019. 49-58 p. [Doi: 10.5505/ituja.2019.47855](https://doi.org/10.5505/ituja.2019.47855). Consulté le 25/11/2019.

SIBLEY, Magda. the pre-ottoman public baths of damascus and their survival into the 21 st century: an analytical survey. *Journal of Architectural and Planning Research*. N° 24(4). 2007. 271-288 p. Disponible sur : <https://www.jstor.org/stable/43030808>. Consulté le 28/12/2019.

TORRES BALBAS, Leopoldo. El baño de Torres Torres (Valencia) y otros levantinos. *Al-Andalus*. N° XVII. 1952. 176-186 p. Disponible sur : <http://oa.upm.es/34293/>. Consulté le 25/11/2019.

VERGNIEUX, Robert ; TARTESSOS, Premio. L'usage scientifique des modèles 3D en archéologie. De la validation à la simulation. *Virtual Archaeology Review*. N°4. 2011. 39-43 p. [Doi : 10.4995/var.2011.4546](https://doi.org/10.4995/var.2011.4546). Consulté le 13/10/2018.

VERGNIEUX, Robert. Restituer en trois dimensions. De la fouille à son interprétation par les chercheurs. *Dossiers d'archéologie*. N°361. Edition Faton. 2014. 20-25 p.

VERHOEVEN, Geert ; DONEUS, Michael ; BRIESE, Christian ; VERMEULEN, Frank. Mapping by matching: a computer vision-based approach to fast and accurate georeferencing of archaeological aerial photographs. *Journal of Archaeological Science*. N°39 (7). 2012. 2060-2070 p. [Doi : 10.1016/j.jas.2012.02.022](https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.02.022). Consulté le 18/10/2019.

3. Mémoires et thèses :

BAHLOUL GUERBABI, Fatima Zohra. Etude et mise en valeur des thermes publics romains de Thamugadi-Timgad, Lambaesis-Lambese et Cuicul-Djemila. *Thèse de doctorat en architecture*. Université de Biskra. 2016. 387 p.

BELOUAAR, Alaeddine. La restitution numérique de la forteresse byzantine de Thamugadi. *Mémoire de magister en architecture*. Université de Biskra. 2018. 179 p.

BEN ABDALLAH, Yasmine. Conception architecturale et modélisation paramétrique. *Mémoire de master en Architecture, aménagement de l'espace*. École nationale supérieure d'architecture de Toulouse. 2017. 74 p.

BUSAYARAT, Chawee. La maquette numérique comme support pour la recherche visuelle d'informations patrimoniales. Définition d'une approche pour la sémantisation de sources

iconographiques par référencement spatial. *Thèse de doctorat*. Institut des sciences et technologies de Paris. 2010. 125 p.

CALLEGARO, Cyril. Relevé lasergrammétrique et traitement des nuages de points de moulages de la gypsothèque. *Mémoire de Master Design Global*. Université de Strasbourg. 2007. 193 p.

CHARPENTIER, Gérard. Les bains protobyzantins de la Syrie du nord : une transition entre thermes et hammâms. *Thèse de doctorat en histoire*. Université de Versailles. 2000. 244 p.

DE BIDERAN, Jessica. Infographie, images de synthèse et patrimoine monumental. Espace de représentation, espace de médiation. *Thèse de doctorat en histoire de l'art*. Université Bordeaux 3. 2012. 470 p.

DE LUCA, Livio. Relevé et multi-représentations du patrimoine architectural : définition d'une approche hybride de reconstruction 3D d'édifices. *Thèse de doctorat en conception*. Université Aix en Provence. 2006. 207 p.

EL-KHOURY, Nada. Proposition et simulation de modèles numériques de compréhension d'un patrimoine : le théâtre romain de Byblos au Liban. *Thèse de doctorat en aménagement*. Université de Montréal. 2008. 347 p.

ESCOYEZ, Martin. La restitution du patrimoine architectural par la représentation virtuelle tridimensionnelle. *Mémoire de fin d'études en architecture*. Université de Louvain. 2016. 93 p.

FOURNIER, Caroline. Les bains d'Al-Andalus : espaces, formes et fonctions (VIIIe-XVe siècles). *Thèse de doctorat en archéologie islamique*. Université de Nantes. 2010. 728 p.

FUCHS, Alain. Outils numériques pour le relevé architectural et la restitution archéologique. *Thèse de doctorat en architecture*. Université de Nancy. 2006. 252 p.

GENEQUAND, Denis. Les élites omeyyades en Palmyrène : contribution à l'étude des aspects fonctionnels et économiques des établissements aristocratiques omeyyades du Bilad al-Sham. *Thèse de doctorat en archéologie*. Université de Paris1. 2010. 462 p.

IZZA, Fatiha. Les nouveaux modèles de la muséologie active appliqués à la présentation des sites archéologiques. Cas du site archéologique de Tipasa (Algérie). *Mémoire de magister en architecture*. Université de Tizi-Ouzou. 2011. 161 p.

JAQUET, Amelie. Valorisation du patrimoine sur Internet : des visites virtuelles pour l'Inventaire ? *Diplôme national de master en sciences de l'information et des bibliothèques*. Université de Lyon. 2011. 78 p.

KAYALI, Fawaz Kayali. La tipologia del bano arabe como edificio publico entre oriente y occidente. *Thèse de doctorat en histoire*. Université de Madrid. 1995. 730 p.

- KHERBOUCHE, Soumia. Promouvoir l'image d'une ville historique pour une mise en tourisme culturel durable-Cas de la ville de Tlemcen-. *Thèse de doctorat en architecture*. Université de Tlemcen. 2019. 237 p.
- LANZI, Lorenzo. La photogrammétrie numérique combinée avec la modélisation 3D : applications aux sciences forensiques. *Thèse de doctorat en sciences forensiques*. Université de Lausanne. 2009.238 p.
- MEROUANE, Mustapha. Etudes des monuments historiques dans la ville de Nedroma (دراسة المعالم الأثرية في مدينة ندرومة). *Mémoire de magister en culture Populaire*. Université de Tlemcen. 2005. 147p.
- MOUSSAOUI, Arbiya Salima. --الحمامات الجزائرية من العهد الإسلامي الى نهاية العهد العثماني. *Mémoire de magister en archéologie*. Université d'Alger. 1991. 245 p.
- OUSSADIT, Imène. Impacts de la réhabilitation et la revalorisation des fondouks sur le devenir des médinas-cas de la médina de Tlemcen-. *Mémoire de magister en architecture*. Université de Tlemcen. 2010. 180 p.
- POUX, Florent. Vers de nouvelles perspectives lasergrammétiques : optimisation et automatisé de la chaîne de production de modèles 3D. *Diplôme d'ingénieur en géomètre et topographe*. Ecole supérieure des géomètres et topographes du Mans. 2013. 85 p.
- RIBON, Ludivine. Christianisation et hygiène dans le monde byzantin (IVe-Xe siècle) : enjeux, perceptions et pratiques du bain. *Master 1 en histoire byzantine*. Université Paris IV. 2013. 161 p.
- SAID, Abderrahman. La question du relevé et de l'état des lieux de la ville de Gabès : essai de topoétique architecturale. *Thèse de doctorat en arts appliqués*. Université Toulouse. 2012. 320 p.
- SELKA, Chihab. Evolution de l'architecture défensive de Tlemcen à l'époque médiévale : techniques, matériaux et critères d'intervention. *Thèse de doctorat en architecture*. Université de Tlemcen. 2019. 418 p.
- SEMLALI, Anis. Moyens Informatiques de restitution en archéologie monumentale : Cas du temple de Karnak. *Thèse de doctorat en aménagement*. Université de Montréal. 2012. 413p.
- SPECHT, Juan Andres Restrepo. Modélisation d'objets 3D par construction incrémentale d'un maillage triangulaire, dans un contexte robotique. *Thèse de doctorat en système informatique*. Université Toulouse. 2005. 149 p.

4. Publications dans des Actes de congrès et de colloques :

BOREL, Laurent ; CABARROU, Magali ; DUBOURG, Sandrine ; EGELS, Yves. D’X,Y à X,Y,Z, de nouveaux outils pour l’étude architecturale et archéologique. Restitution 3D, lasergrammétrie et photogrammétrie : le cas de la citerne el-Nabih à Alexandrie. *Actes du colloque Virtual Retrospect*. Pessac. 2009. 215-228 p. Disponible sur : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/hal-01373420>. Consulté le 05/02/2019.

BOUSSAC, Marie-Françoise ; FOURNET, Thibaut ; REDON, Bérangère. Introduction (25 siècles de bain collectif en Orient). *Actes du 3^e colloque international Balnéorient*. Damas. 2009. 1243 p. Disponible sur : https://www.academia.edu/9196091/Introduction_25_si%C3%A8cles_de_bain_collectif_en_Orient. Consulté le 25/04/2019.

CHAYANI, Mehdi ; FERDI, Sabah ; VERGNIEUX, Robert. Du relevé photogrammétrique à l’usage du BIM. Étude et restitution de la basilique sainte Salsa (Tipasa/Algérie). *Actes du colloque Virtual Retrospect*. Pessac. 2013. 25-33 p. Disponible sur : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01918962/document>. Consulté le 05/02/2019.

CHAYANI, Mehdi. Essai de restitution virtuelle de la Maison des Fresques à Tipasa. *Actes du colloque Virtual Retrospect*. Pessac. 2009. 47-51 p. Disponible sur : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01864109/document>. Consulté le 30/01/2019.

DE BIDARAN, Jessica. Des restaurations de papier aux restitutions virtuelles, construction d’une reconnaissance scientifique et d’une mémoire patrimoniale. *De la médiation des savoirs : Science de l’information-documentation et mémoires - Colloque international*. Toulouse. 2016. 13 p. Disponible sur : <https://www.hal.archives-ouvertes.fr/hal-01855674/document>. Consulté le 15/02/2018.

DE BIDERAN, Jessica. Premier aperçu de l’histoire des images de synthèse patrimoniales : retour sur quelques expériences de restitution infographique. *La visualisation architecturale et patrimoniale*. Paris. 2012. Disponible sur : <https://www.lageduvirtuel.hypotheses.org/384>. Consulté le 14/03/2018.

DE LUCA, Livio. Imagerie 3D en architecture et archéologie. *Colloque I M A G E R I E – CNRS*. Paris. 2014. 1-38 p. Disponible sur : https://www.cnrs.fr/mi/IMG/pdf/deluca_imagerie_mi_cnrs.pdf. Consulté le 10/12/2018.

DESSALES, Hélène ; CREPIN-LEBLOND, Thierry. Représentation et transmission des connaissances. *Atelier interdisciplinaire. Patrimonialisation du numérique et numérisation du patrimoine : regards croisés*. Paris. 2014. 17 p. Disponible sur : http://www.cnrs.fr/mi/IMG/pdf/synthesepatrimoine_numeriquevf.pdf. Consulté le 29/11/2018.

FASSI, Francesco. 3D modeling of complex architecture integrating different techniques - a critical overview. *Colloque 3D Modeling of complex objects*. Suisse. 2007. Disponible sur : https://www.academia.edu/2214518/3D_Modeling_Of_Complex_Architecture_Integrating_Different_Techniques_A_Critical_Overview. Consulté le 12/12/2018.

GHADERI, Sahar ; BOUET, Olivier ; CHOPIN, Franck ; KINJO ONO, Elham Andaroodi. Utilisation et adaptation de références architecturales en présence de données incomplètes et hétérogènes. Modélisation d'un édifice en terre partiellement effondré. *Actes du colloque Virtual Retrospect*. Pessac. 2009. 99-106 p. Disponible sur : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01864335/document>. Consulté le 12/01/2019.

GONZO, Lorenzo ; VOLTOLINI, F ; GIRARDI, Stefano ; RIZZI, Alessandro ; REMONDINO, Fabio ; EL-HAKIM, Sabry F. Multiple techniques approach to the 3d virtual reconstruction of cultural heritage. *Eurographics Italian Chapter Conference*. Trento. 2007. 213-216 p. Doi: [10.2312/LocalChapterEvents/ItalChap/ItalianChapConf2007/213-216](https://doi.org/10.2312/LocalChapterEvents/ItalChap/ItalianChapConf2007/213-216). Consulté le 12/12/2018.

HEINZ, Guido ; MÜLLER, Hartmut. Surveying of Pharaohs in the 21st Century. *Proceedings of the FIG Working Week 2005, i3mainz*. Le Caire. 2005. Disponible sur : http://www.i3mainz.fh-mainz.de/publicat/mueller05/fig05_heinz_mueller.pdf. Consulté le 05/12/2018.

LE BOMIN, Joachim. Les thermes byzantins de Taposiris Magna : campagne 2015. *Actes du colloque international Balnéorient : 25 siècles de bain collectif en Orient*. Paris. 2015. Disponible sur : <https://balneorient.hypotheses.org/2946>. Consulté le 25/04/2019.

PERE, Christian. Cluny : de la gestion de données à la réalité augmentée. *Actes du Colloque Virtual Retrospect 2007, Archéovision 3*. Editions Ausonius. Bordeaux. 2008. 292 p.

REMONDINO, Fabio ; GUARNIERI, Alberto ; VETTORE, Antonio. 3D modeling of close-range objects: photogrammetry or laser scanning? *Conference of The International Society for Optical Engineering*. USA. 2005. 216-225 p. Doi: [10.1117/12.586294](https://doi.org/10.1117/12.586294). Consulté le 13/12/2018

RENAUDIN, Noémie. Exemple de valorisation du patrimoine : l'église Saint-Louis (Mont-Dauphin) Monuments d'hier, outils d'aujourd'hui. *Actes du colloque Virtual Retrospect*. Pessac. 2007. 207-213 p. Disponible sur : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01773888/document>. Consulté le 25/01/2019

ROCHELEAU, Mathieu. La modélisation 3D comme méthode de recherche en sciences historiques. *Actes du 10e colloque international étudiant du département d'histoire*. Canada. 2010. 245-265 p. Disponible sur : https://www.academia.edu/876102/La_mod%C3%A9lisation_3D_comme_m%C3%A9thode_de_recherche_en_sciences_historiques. Consulté le 30/11/2018.

SANTACANA I MESTRE, Joan ; CARME BELARTE FRANCO, Maria. La restitution archéologique comme modèle : le cas espagnol. *Colloque international de la restitution en archéologie et la présentation au public*. Béziers. 2005. 11 p. Disponible sur : <https://www.editions-du-patrimoine.fr/Librairie/Idees-et-debats/De-la-restitution-en-archeologie> . Consulté le 20/02/2018.

SIBLEY, Magda. The Historic Hammāms of Damascus and Fez: Lessons of Sustainability and Future Developments. *The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture*. Genève. 2006. 6 p. Disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/242180069_The_Historic_Hammams_of_Damascus_and_Fez_Lessons_of_Sustainability_and_Future_Developments. Consulté le 27/06/2019.

WALDHÄUSL, Peter ; OGLEBY, Cliff. 3-by-3-Rules for Simple Photogrammetric Documentation of Architecture, Close Range Techniques and Machine Vision. *Proceedings du Symposium de la Commission V de l'ISPRS*. Melbourne. 1994. 426-429p.

5. Sites web :

<https://www.universalis.fr/encyclopedie/andrea-palladio/>. Consulté le 04/03/2018.

<https://www.gallica.bnf.fr>. Les quatre livres de l'architecture d'André Palladio. Consulté le 04/03/2018.

JOMARD, Edme François. <https://www.alamy.com>. Consulté le 05/03/2018.

D'ALBENAS, Poldo. <https://www.nemausensis.com/Nimes/MaisonCarree/450ansIconographie/450ansIconographiesMaisonCarre.html>. Consulté le 06/03/2018.

https://www.unicaen.fr/cireve/rome/pdr_maquette.php?fichier=maquettesCompletes. Consulté le 06/03/2018.

<https://www.citedelarchitecture.fr/fr/article/maquettes-historiques>. Consulté le 04/11/2018.

https://www.icomos.org/charters/interpretation_e.pdf. Consulté le 12/03/2018.

<https://www.dailymotion.com/video/x9jnwj>. Consulté le 16/03/2018.

DROUX, Jean-Philippe. Base de données *AnArchis*. <https://www.archimede.unistra.fr/services>. Consulté le 15/11/2018.

TRINQUIER, Jean-Paul. <https://www.musee21.com/le-pont-davignon-reconstitue-en-3d-2/>. Consulté le 25/12/2018.

<https://www.map.cnrs.fr/?p=37842>. Consulté le 25/12/2018.

- https://www.gamsau.map.cnrs.fr/3D-monuments/sous_site/montdauphin/Topographie_3D.php. Consulté le 25/01/2019.
- https://www.cealex.org/sitecealex/navigation/FENETR_NAVpatr_F.htm. Consulté le 05/02/2019.
- GUERRIERO, Emmanuel. <https://www.economiematin.fr/news-le-futur-de-la-realite-virtuelle-sera-multi-user>. Consulté le 05/05/2019.
- <https://www.studiogardere.com/fr/projets/design/on-situ-ray-on/>. Consulté le 30/01/2019.
- <https://www.slideshare.net/AurelienGuillois/le-guide-valorisation-numrique-des-patrimoines>. Consulté le 02/02/2019.
- BOUCHAREB, Abdel. <http://numidiaantiqua.over-blog.com/2016/07/thermes-sud-de-timgad.html>. Consulté le 05/07/2018.
- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Hypocauste>. Consulté le 15/06/2019.
- <https://www.alamyimages.fr/photos-images/sergilla.html>. Consulté le 20/04/2019.
- <https://docplayer.fr/45354250-Les-palais-residentiels.html>. p127-128. Consulté le 19/05/2019.
- AYUNTAMIENTO DE CORDOBA. <https://banosdelalcazarcalifal.cordoba.es/?id=2>. Consulté le 28/11/2019.
- <http://www.juntadeandalucia.es/cultura/blog/los-banos-de-la-tropa-un-espacio-sin-visitar-en-la-alcazaba-de-almeria/>. Consulté le 25/11/2019.
- https://www.balansiya.com/xarq_torrestorres.html. Consulté le 25/11/2019.
- https://www.juntadeandalucia.es/cultura/aaicc/sites/default/files/aaicc/folleto_banos_arabes_baza_web_fra.pdf. Consulté le 26/11/2019.
- <https://www.alamyimages.fr/>. Consulté le 25/12/2019.
- <https://fr.mapsofworld.com/afrique/algerie/>. Consulté le 03/09/2019.
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Da%C3%AFras_de_la_wilaya_de_Tlemcen. Consulté le 03/09/2019.
- <https://fr.climate-data.org/>. Consulté le 05/09/2019.
- <https://www.joradp.dz/JRN/ZF1982.htm>. Journal officiel N° 18 du 04/05/1982.
- <https://www.m-culture.gov.dz/index.php/fr/liste-des-biens-culturels>. Consulté le 10/09/2019.

ZAOUI, Koussay. <http://tlemcenetandalouspromis.blogspot.com/>. Consulté le 10/09/2019.

<https://www.pinterest.com/pin/321937073337841802/?lp=true>. Consulté le 16/09/2019.

<https://www.culture.gouv.fr/>. Consulté le 25/09/2019.

<https://www.sites-vauban.org>. La signalisation d'animation et d'information culturelle et touristique et le Patrimoine mondial. Consulté le 25/09/2019.

<https://www.asmtunis.com>. Consulté le 25/09/2019.

http://www.rehabimed.net/Publicacions/Metode_Rehabimed/II.%20Rehabilitacio_Ledifici_FR/2e%20partie.%20Outil4.pdf. Consulté le 17/10/2019.

CHANDELIER, Laure. Cours de Photogrammétrie rapprochée pour l'architecture. Ecole Nationale des Sciences Géographiques. <http://cours-fad-public.ensg.eu/course/view.php?id=90>. Consulté le 17/10/2019.

<http://logiciels.ign.fr/?-Micmac,3->

<http://recap.autodesk.com/>

<http://www.pix4d.com>

<http://www.agisoft.ru/>

Laboratoire EVCAU, EnVironnements numériques, Cultures Architecturales et Urbaines. <https://www.evcau.archi.fr>

<https://www.lesnumeriques.com/appareil-photo-numerique/nikon-d3000-p6248/test.html>. Consulté le 20/10/2019.

C3DC. Culture 3D Cloud. http://www.tapenade.gamsau.archi.fr/Culture3DCloud_UsersGuideline.pdf. p 6. Consulté le 23/10/2019.

<https://tuto-photos.com/regler-ouverture-du-diaphragme/>. Consulté le 23/10/2019.

https://www.agisoft.com/pdf/manuals_other/pscan_pro_fr_1_1.pdf. p Consulté le 29/10/2019.

6. Chartes et conventions :

" Charte internationale pour la gestion du patrimoine archéologique". 1990. Disponible sur le site de l'Icomos : <https://www.icomos.org>. Consulté le 08/02/2018.

"Charte internationale sur la conservation et la restauration des monuments et des sites" ou la "Charte de Venise". 1964. Disponible sur le site de l'Icomos <https://www.icomos.org>. Consulté le 10/02/2018.

"Convention pour la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel". 1972. Disponible sur le site de l'Unesco : <https://www.unesco.org>. Consulté le 08/02/2018.

"Convention pour la sauvegarde du patrimoine culturel immatériel". 2003. Disponible sur le site de l'Unesco : <https://www.unesco.org>. Consulté le 08/02/2018.

La "charte de Burra". 1979. Disponible sur le site de l'Icomos : <https://www.international.icomos.org>. Consulté le 10/02/2018.

La "Charte pour la préservation du patrimoine numérique". 2003. Disponible sur le site de l'Unesco : <https://www.portal.unesco.org/fr/ev.php>. Consulté le 18/10/2018.

Le "Comité international de photogrammétrie architecturale". 1968. Disponible sur le site de l'Icomos : <http://www.cipa.icomos.org/>. Consulté le 20/10/2019.

7. Comptes rendus :

BONATO-BACCARI, Stéphanie. Yvon THÉBERT, Thermes romains d'Afrique du Nord et leur contexte méditerranéen. *Études d'histoire et d'archéologie. L'Antiquité Classique*. N°74. 2005. 653-654 p. Disponible sur : https://www.persee.fr/doc/antiq_0770-2817_2005_num_74_1_2584_t2_0653_0000_3. Consulté le 16/06/2019.

BOURDIEU, Pierre ; DARBEL, Alain. L'amour de l'art : les musées et leur public. *L'homme et la société*. N°3. 1966. 220-222 p. Disponible sur : http://www.persee.fr/doc/AsPDF/homso_0018-4306_1967_num_3_1_1014.pdf. Consulté le 11/03/2018.

CHARPENTIER, Gérard. Les petits bains proto-byzantins de la Syrie du Nord : A propos de F. Yégu, Baths and bathing in classical Antiquity 1992. *Topoi. Orient-Occident*. N°5(1). 1995. 219-247 p. Disponible sur : https://www.persee.fr/doc/topoi_1161-9473_1995_num_5_1_1564. Consulté le 20/03/2019.

8. Cours en ligne :

BOUET, Olivier. Cours : Photogrammétrie, modélisation et drones. 51 p. Disponible sur : http://numerique.tech.fr/Resum_Photogrammetrie_modelisation-et-drones_OB_mai2018.pdf. Consulté le 15/11/2019.

GOLVIN, Jean Claude. Cours : L'image de restitution et la restitution de l'image. V.I. 2005. 53 p. Disponible sur : <https://www.unicaen.fr/services/cireve/rome/pdf/COURS1.pdf>. Consulté le 16/02/2018.

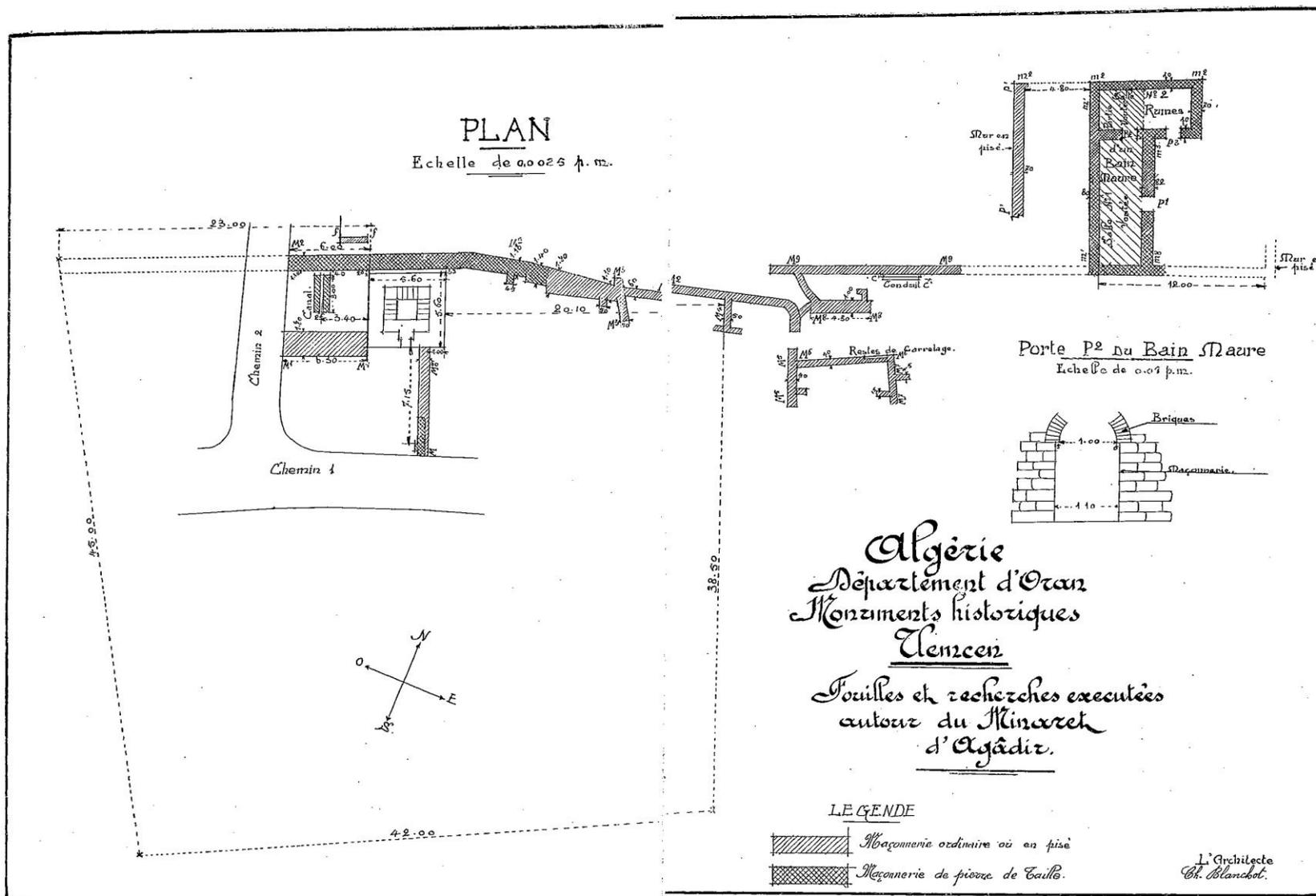
9. Logiciels utilisés :

PhotoScan d'Agisoft version V 1.2.6.

Autodesk Auto CAD 2010.

Autodesk 3ds Max 2013.

Annexes



Annexe I : Relevé autour du minaret d'agadir et du bain. Source Bel

Questionnaire sur la représentation du bain d'Agadir

Madame, monsieur.

Pouvez-vous participer par le biais de ce court questionnaire à une étude qui vise l'impact des images et outils numériques pour la représentation et l'exposition des éléments du patrimoine ? Dans notre cas il s'agit de la représentation virtuelle d'un bain public à Tlemcen.

*** Qui êtes-vous ?**

Actif	Etudiant(e)	Autre
Retraité	Professionnel du patrimoine	

*** Connaissez-vous d'anciens bains médiévaux publics à Tlemcen ?**

Aucun	Quelques-uns	La plupart
-------	--------------	------------

*** Connaissez-vous l'ancien bain d'Agadir ?**

Oui	Non
-----	-----

*** Avez-vous eu la chance de visiter les vestiges du bain d'Agadir ?**

Oui	Non
-----	-----

Si non, pour quelle raison n'avez-vous jamais visiter l'ancien bain ?

.....

*** Pensez-vous que l'utilisation du numérique et des images de synthèse pourrait être une bonne alternative pour « visiter » des sites et monuments ?**

· Monuments disparus :

Pas du tout	Un peu	Tout à fait
-------------	--------	-------------

· Monuments trop éloignés

Pas du tout	Un peu	Tout à fait
-------------	--------	-------------

· Monuments accessibles :

Pas du tout	Un peu	Tout à fait
-------------	--------	-------------

*** A votre avis qu'elles sont les apports d'une représentation numérique du bain d'Agadir pour le public ?**

· Faciliter la compréhension du bain par une restitution virtuelle

Pas du tout	Un peu	Tout à fait
-------------	--------	-------------

· Une valorisation de l'image de Tlemcen

Pas du tout	Un peu	Tout à fait
-------------	--------	-------------

· Conserver la mémoire du lieu

Pas du tout	Un peu	Tout à fait
-------------	--------	-------------

· Permettre la visite à distance

Pas du tout	Un peu	Tout à fait
-------------	--------	-------------

*** Sur quels types de supports pensez-vous le mieux pouvoir consulter le site ?**

· Des bornes interactives au niveau de musées	Oui	Non
---	-----	-----

· Des écrans tactiles au niveau des musées	Oui	Non
--	-----	-----

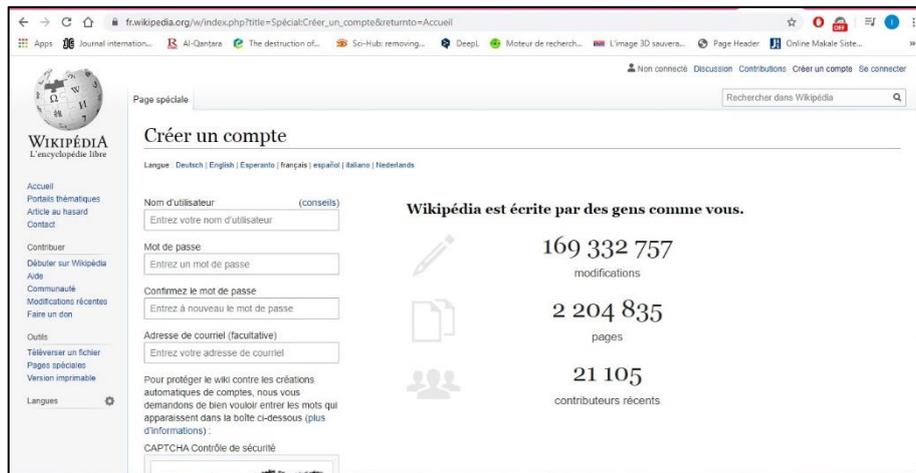
· Un stockage type CD, DVD/ROM	Oui	Non
--------------------------------	-----	-----

· Par internet ou des publications Web	Oui	Non
--	-----	-----

· Des images fixes ou publications papiers	Oui	Non
--	-----	-----

Merci de votre participation

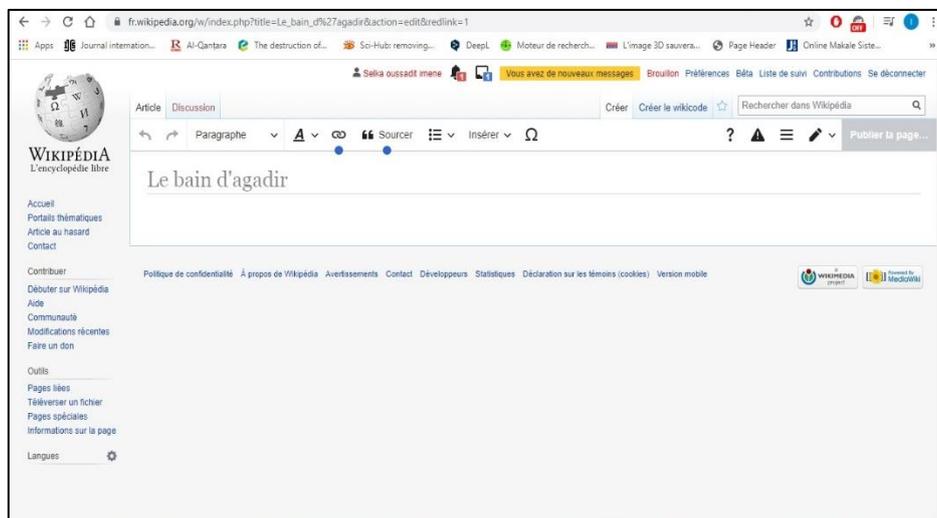
Etape 1 : Créer un compte Wikipédia.



Etape 2 : Vérifier si le sujet a déjà été traité. Dans notre cas cela n'a pas été fait.



Etape 3 : Commencer la rédaction de l'article sur le bain.



fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Le_bain_d%27agadir&action=edit&redlink=1

WIKIPÉDIA
L'encyclopédie libre

Accueil
Portails thématiques
Article au hasard
Contact

Contribuer
Démarrer sur Wikipédia
Aide
Communauté
Modifications récentes
Faire un don

Outils
Pages liées
Téléverser un fichier
Pages spéciales
Informations sur la page
Langues

Article Discussion

Créer le wikicode Rechercher dans Wikipédia

Paragraphe Sourcing Insérer Publier la page...

Le bain d'agadir

Faisant partie de l'ancien quartier *Idrisside* de *Tlemcen*, à l'est de la ville, quelques vestiges du bain d'Agadir subsistent toujours au niveau du site. L'importance du site, son occupation au fil des siècles et son histoire ont été cités dans différentes sources et ouvrages. On cite à cet effet comme exemple le texte de l'auteur de « *al-Isfahar* » qui dit : « *Tlemcen est une grande et ancienne ville où de nombreux restes de monuments antiques attestent qu'elle a servie de capitale à des peuples qui ne sont plus...* »^[1]

De l'ancienne mosquée d'Agadir il ne subsiste **aujourd'hui** que quelques pans de muraille, avec des inscriptions latines trouvées au niveau de la niche du mihrab. D'après *El Bekri* dans son *Messalik* : « *Agadir est une ville entourée de murs, située au pied d'une montagne, elle a cinq portes, dont trois dans le midi (sud) Bab El Hmam, Bab Wahib, Bab El Khoukha, une dans l'ouest Bab Ali Kora, et une à l'est Bab Al Akba* »^[2]

Aujourd'hui la date de fondation du bain n'est attesté sur aucun document, certains le rattache à la période *Idrisside*, d'autres à une époque ultérieure. Le bain a été mentionné pour la première fois dans la littérature en 1908 par Alfred Bel, où l'auteur cite le bain brièvement : « *...il existe encore quelques vestiges d'un ancien bain maure, dont l'emplacement est marqué par des pans de mur en pisé. L'étuve rectangulaire est bien conservée, avec son toit en forme de voûte en plein cintre. Des tuyaux en terre cuite, retrouvés récemment dans les jardins voisins devaient amener l'eau courante à ce bain maure* »^[3]. C'est seulement en 1910 et en effectuant des fouilles sur l'ancienne mosquée d'Agadir, que l'auteur donna une description plus détaillée du bain qui **jusqu'alors** été passé inaperçu et n'avait attiré l'attention des archéologues.

Un relevé exact des constatations faites sur le bain a été établi par l'auteur sans avoir eu recours à des fouilles. Les ruines du bain comprenaient ainsi 3 espaces distincts : une première salle voûtée en berceau encore bien conservée, la deuxième salle où ne subsistent que les murs et une partie de la voûte en berceau qui la recouvrait, et enfin quelques vestiges de murs en pisé. Un plan de la zone fouillée par Bel, qui comprend mosquée et bain a été publié dans la revue africaine^[4].

Présentation des structures du bain toujours en place:

Etape 4 : Valider la création de l'article.

fr.wikipedia.org/wiki/Le_bain_d%27agadir

WIKIPÉDIA
L'encyclopédie libre

Accueil
Portails thématiques
Article au hasard
Contact

Contribuer
Démarrer sur Wikipédia
Aide
Communauté
Modifications récentes
Faire un don

Outils
Pages liées
Suivi des pages liées
Téléverser un fichier
Pages spéciales
Lien permanent
Informations sur la page
Citer cette page
Imprimer / exporter
Créer un livre

Article Discussion

Lire Modifier Modifier le code Voir l'historique Rechercher dans Wikipédia

Le bain d'agadir

Faisant partie de l'ancien quartier *Idrisside* de *Tlemcen*, à l'est de la ville, quelques vestiges du bain ou *hammam* d'Agadir subsistent toujours au niveau du site. L'importance du site, son occupation au fil des siècles et son histoire ont été cités dans différentes sources et ouvrages. On cite à cet effet comme exemple le texte de l'auteur de « *al-Isfahar* » qui dit : « *Tlemcen est une grande et ancienne ville où de nombreux restes de monuments antiques attestent qu'elle a servie de capitale à des peuples qui ne sont plus...* »^[1]

De l'ancienne mosquée d'Agadir il ne subsiste **aujourd'hui** que quelques pans de muraille, avec des inscriptions latines trouvées au niveau de la niche du mihrab. D'après *El Bekri* dans son *Messalik* : « *Agadir est une ville entourée de murs, située au pied d'une montagne, elle a cinq portes, dont trois dans le midi (sud) Bab El Hmam, Bab Wahib, Bab El Khoukha, une dans l'ouest Bab Ali Kora, et une à l'est Bab Al Akba* »^[2]

Aujourd'hui la date de fondation du bain n'est attesté sur aucun document, certains le rattache à la période *Idrisside*, d'autres à une époque ultérieure. Le bain a été mentionné pour la première fois dans la littérature en 1908 par Alfred Bel, où l'auteur cite le bain brièvement : « *...il existe encore quelques vestiges d'un ancien bain maure, dont l'emplacement est marqué par des pans de mur en pisé. L'étuve rectangulaire est bien conservée, avec son toit en forme de voûte en plein cintre. Des tuyaux en terre cuite, retrouvés récemment dans les jardins voisins devaient amener l'eau courante à ce bain maure* »^[3]. C'est seulement en 1910 et en effectuant des fouilles sur l'ancienne mosquée d'Agadir, que l'auteur donna une description plus détaillée du bain qui **jusqu'alors** été passé inaperçu et n'avait attiré l'attention des archéologues.

Un relevé exact des constatations faites sur le bain a été établi par l'auteur sans avoir eu recours à des fouilles. Les ruines du bain comprenaient ainsi 3 espaces distincts : une première salle voûtée en berceau encore bien conservée, la deuxième salle où ne subsistent que les murs et une partie de la voûte en berceau qui la recouvrait, et enfin quelques vestiges de murs en pisé. Un plan de la zone fouillée par Bel, qui comprend mosquée et bain a été publié dans la revue africaine^[4].

Présentation des structures du bain toujours en place: [modifier | modifier le code]

Le bain, construit sur une superficie de 243m², est limité par des habitations et des terres agricoles. Approximativement orthogonale de 16x15,20 m, il se compose **aujourd'hui** de 3 espaces avec des épaisseurs de murs qui varient **aujourd'hui** entre 2,10 m, 1,30 m et 1,40 m.