



HAL
open science

Du relevé photogrammétrique à l'usage du BIM Étude et restitution de la basilique sainte Salsa (Tipasa/Algérie)

Mehdi Chayani, Sabah Ferdi, Robert Vergnieux

► To cite this version:

Mehdi Chayani, Sabah Ferdi, Robert Vergnieux. Du relevé photogrammétrique à l'usage du BIM Étude et restitution de la basilique sainte Salsa (Tipasa/Algérie). Virtual Retrospect 2013, Robert Vergnieux, Nov 2013, Pessac, France. pp.25-33. hal-01918962

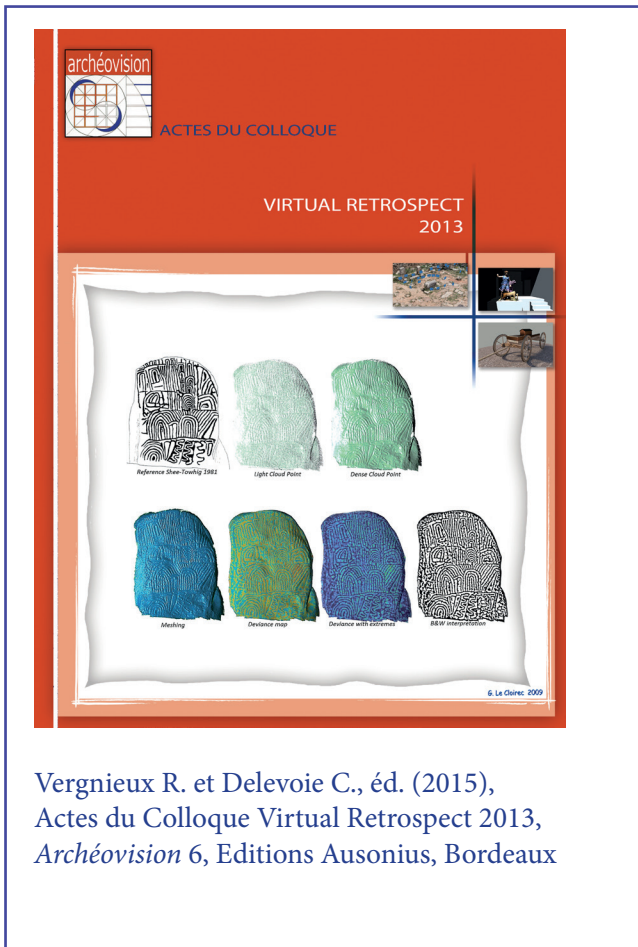
HAL Id: hal-01918962

<https://hal.science/hal-01918962>

Submitted on 26 Nov 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

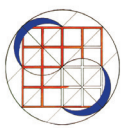
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Vergnieux R. et Delevoie C., éd. (2015),
Actes du Colloque Virtual Retrospect 2013,
Archéovision 6, Editions Ausonius, Bordeaux

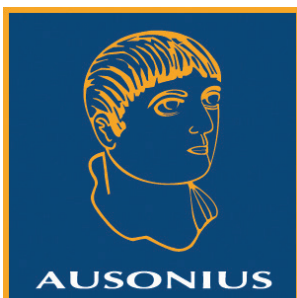
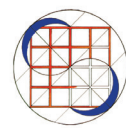
Tiré-à-part des Actes du colloque Virtual Retrospect 2013

Pessac (France) 27, 28 et 29 novembre 2013



M. Chayani, S. Ferdi, R. Vergnieux
Du relevé photogrammétrique à l'usage du BIM
Étude et restitution de la basilique sainte Salsa (Tipasa/Algérie)

pp.25-33



Conditions d'utilisation :
Utilisation du contenu de ces pages est limitée à un usage
personnel et non commercial.
Tout autre utilisation est soumise à une autorisation
préalable.
Contact : virtual.retrospect@archeovision.cnrs.fr



Du relevé photogrammétrique à l'usage du BIM

Étude et restitution de la basilique sainte Salsa (Tipasa/Algérie)

Mehdi Chayani, UMS 3657
mchayani@u-bordeaux-montaigne.fr

Sabah Ferdi, CNRA
sabah.ferdi@gmail.com

Robert Vergnieux, UMS 3657
Robert.Vergnieux@u-bordeaux-montaigne.fr

Resumé : Dans le cadre d'un projet de collaboration entre l'UMS SHS3D Archéovision et le Centre National de Recherche Archéologique Algérien (CNRA), un relevé 3D par photogrammétrie a permis une acquisition numérique de la basilique Sainte Salsa afin de proposer une première hypothèse de restitution tridimensionnelle.

Mots-clés : photogrammétrie, nuage de point, restitution 3D, basilique, Tipasa

Abstract : As part of a collaborative project between the UMS SHS3D Archéovision and the National Algerian Center for Archaeological Research (CNRA), a 3D photogrammetric survey allowed a digital acquisition of the St Salsa Basilica to provide a preliminar 3D hypothesis of reconstruction.

Keywords : photogrammetry, point cloud, 3D reconstruction, basilica, Tipasa

Un projet de coopération universitaire a permis la collaboration entre deux équipes de recherche, l'UMS SHS 3D Archéovision (Université Bordeaux Montaigne/CNRS) et le Centre National de Recherche Archéologique Algérien (CNRA), dans le cadre d'un appel à projet lancé par l'IFA. L'objectif de ce projet pilote fut d'une part de former des chercheurs du CNRA 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.

À 70 km à l'ouest d'Alger sur la route du littoral, Tipasa occupe un site privilégié à peu de distance du massif du Chenoua

qui l'abrite du côté ouest. Sur 3 collines promontoires que découpent des criques profondes, la ville antique s'étendait le long de la mer sur environ 1500 m.

Les recherches archéologiques ont commencé scientifiquement vers 1891 et les premières fouilles méthodiques furent faites par S. Gsell et l'abbé Saint Gerant en 1891. Mais elles furent interrompues à la mort de ce dernier et, c'est en 1913 que le service des monuments historiques amorça de nouvelles recherches sur le site. Elles se sont poursuivies avec une certaine régularité jusqu'en 1961. Après l'Indépendance, elles se poursuivirent avec l'installation des directeurs des fouilles S. Lancel entre 1964-67 et M. Bouchenaki entre 1967-1984 ; à cette date la commune de Tipasa fut érigée en chef lieu de *wilaya*. À partir de 1985, l'urbanisation accélérée a impulsé la mise en place d'un programme de sauvegarde du site de Tipasa accompagné de sondages ponctuels à l'occasion de découvertes fortuites.

HISTORIQUE DE LA CITÉ

À l'origine simple comptoir punique, la ville de Tipasa devint une ville importante dès le v^e siècle a.C. La cité fut ensuite incluse dans les royaumes indépendants de Maurétanie. Tipasa devint municipale au I^{er} siècle, puis colonie au I^{er} siècle p.C. nommée Colonia Aelia Tipasensis. Tous les habitants de condition libre obtinrent les droits de citoyenneté romaine ; c'est de cette période que date l'accroissement de la ville avec une enceinte de 2,3 kilomètres de long.

Dès le III^e siècle, le christianisme est présent à Tipasa ; l'épithaphe de Rasinia Secunda, datant de 238, est l'inscription chrétienne la plus ancienne d'Afrique. Mais c'est au IV^e siècle que cette nouvelle foi se consolide. Tipasa souffrira non seulement du schisme donatiste mais elle devra aussi faire face aux attaques d'un chef berbère révolté contre Rome, Firmus.

C'est à la fin du IV^e siècle que la cité connut son plein épanouissement : le nombre d'habitants est alors estimé à 10000, répartis sur une superficie de 60 hectares. Au V^e siècle, la ville subit l'assaut des Vandales. En 455, l'enceinte est ainsi démantelée.

Un siècle plus tard, les Byzantins reprennent Tipasa et le catholicisme est rétabli. La cité semble retrouver une certaine prospérité, en témoignent des réfections effectuées, notamment à la basilique de sainte Salsa. Mais Tipasa ne fait, en réalité, que survivre avant d'être définitivement abandonnée et de sombrer dans l'abîme du temps et son ensevelissement par les alluvions des oueds et les dunes de sable.

L'histoire du site commence par une nécropole païenne avec mausolées, sépultures et columbariums. Au fil du temps, des tombes chrétiennes prirent place en ces lieux. La nécropole est une étendue de sarcophages de différentes périodes qui se rassemblent comme un troupeau de moutons autour des vestiges d'une basilique dédiée précisément à une enfant de la cité maurétanienne : Salsa.

L'ancienne église, qui date de la seconde moitié du IV^e siècle a été construite pour agrandir une chapelle existante érigée à la mémoire de la Sainte. Jusqu'aux années 1889, année ou fut publiée la *Passio Sanctae Salsae* dans le codicum catalogus Hagiographicum latinorum (Bruxelles) par les pères bollandistes, le nom de la sainte tipasienne était seulement cité par le martyrologe hieronymien avec pour seule indication le lieu de son martyre : Tipasa.

Quelques années après l'édition du texte hagiographique, Louis Duchesne présenta à l'académie des inscriptions et belles lettres l'inscription en mosaïque découverte par S. Gsell et qui fait clairement référence au culte de sainte Salsa.

Les travaux de Gsell et de Grandidier ont permis la mise au jour de la basilique et de l'area funéraire qui l'entoure. Autour des années 70, Jurgen Christern a approfondi l'investigation et a indiqué les différentes phases de construction du petit martyrium et de la basilique dédiée à la martyre. Les travaux de Lancel, de Février, d'Y. Duval et N. Duval ont complété le dossier.

LA PASSION

La martyre Salsa vécut et mourut à Tipasa, ville côtière de la province romaine de Maurétanie, au cours du quatrième siècle. Son nom est resté dans la pénombre pendant des siècles après avoir connu, au lendemain de son martyre, une vénération étonnante, attestée par la présence d'un des plus grands cimetières du monde antique. La biographie de la

martyre, tirée à partir du texte hagiographique, est réduite à l'exception de l'indication de son âge – Annis XIII –, de son origine tipasienne, de l'éducation reçue – primae Aetatis rudimentis imbuta –, de sa foi chrétienne et de ses parents païens.

La passion de salsa fournit également des informations utiles, non seulement sur l'aspect urbanistique de la ville et sur la morphologie du territoire, mais aussi sur son histoire économique, sociale, religieuse et politique.

Outre la passion et les inscriptions, les seules sources relatives à la martyre tipasienne sont des documents liturgiques attestant de son dies natalis : Le martyrologe hieronymien (20 mai, 9/10 Octobre) et les calendriers mozarabes (entre le 29 Avril et le 2 mai).

L'HISTOIRE DU MARTYRE EST FACILE À RÉSUMER

Les Païens de la ville ont organisé une solennité majestueuse en l'honneur du serpent *Draco* dont le temple était situé sur le promontoire central surplombant la mer. À l'occasion de cette célébration, les parents de Salsa obligèrent leur fille à les accompagner à cette manifestation religieuse et à participer au culte du dragon et au banquet. Alors que ses parents et tous les participants faisaient une sieste après leurs orgies, la jeune adolescente entra dans le temple et décapita la statue à tête de serpent et jeta les morceaux du haut de la falaise. Quand les païens se réveillèrent, ils constatèrent le sacrilège et déchainés se saisirent de la jeune Salsa et la lapidèrent et la précipitèrent à son tour du haut de la falaise. Aussitôt, nous dit l'hagiographe, la mer se déchaina.

Trois jours plus tard, un navire commandé par un gaulois nommé Saturninus était en perdition à l'entrée du port. Il eut un songe qui lui commandait de plonger dans les eaux pour repêcher le corps d'une martyre. Le rêve a été répété trois fois, il se jeta à la mer et a trouvé le corps, intact, qu'il transporta à bord, aussitôt, la tempête se calma, il porta le corps de la martyre sur la colline au dessus du port et le déposa dans une modeste chapelle.

LA BASILIQUE DE SAINTE SALSA

L'actuelle basilique (fig. 1 et 2) offre un plan clair avec ses trois vaisseaux ; celui du milieu est terminé par une abside débordante.

Les fouilles menées il y plus de 100 ans ont permis la découverte, d'une part, d'un caisson funéraire de Fabia Salsa, matrone âgée de 63 ans qui, vraisemblablement, était parente de la jeune martyre, et, d'autre part, d'une inscription en mosaïque ; cette mosaïque confirme que c'était à cet endroit précisément que reposait "la martyre Salsa, plus douce que le nectar". C'est un des sites défini comme "l'un des lieux choisis de toute éternité pour être le siège de l'émotion religieuse".

Reconstituer l'histoire de la basilique est relativement aisé ; en effet, la jeune martyr fut enterrée dans un caveau familial ; plus tard, une petite chapelle (de 15 m de côté) fut

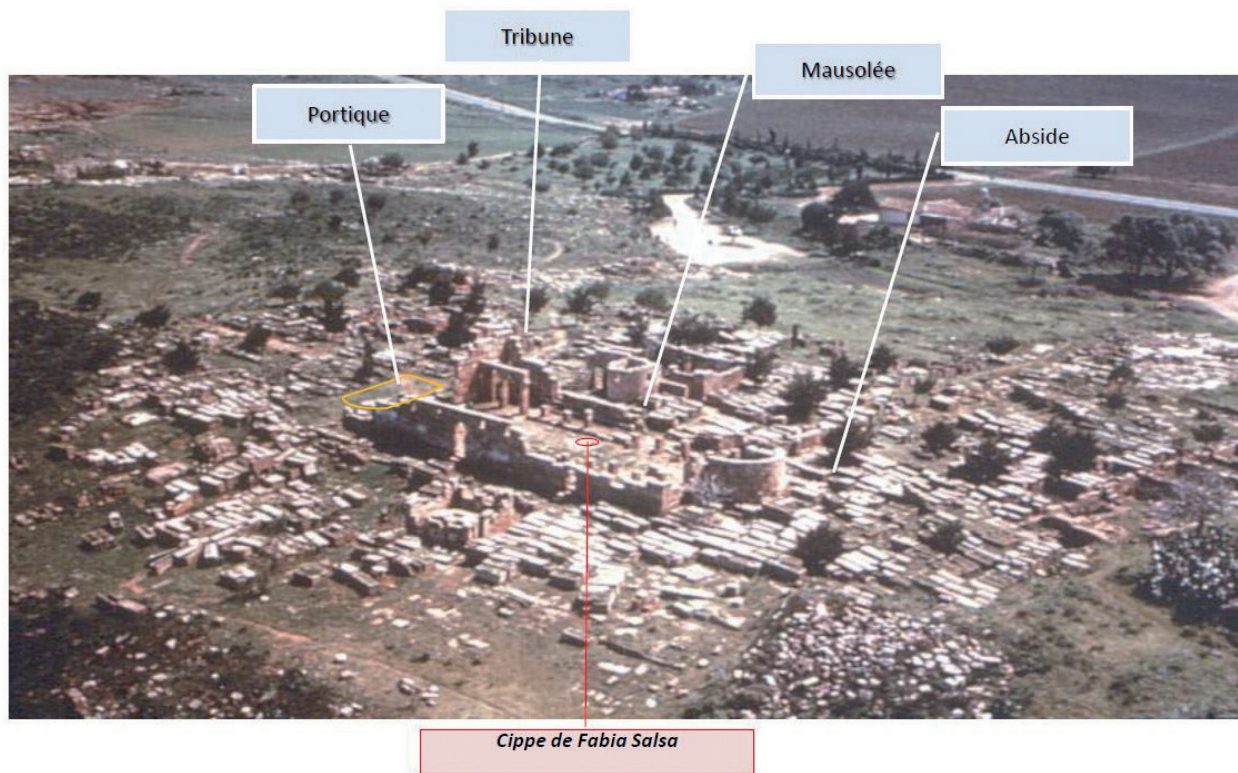


Fig. 1. Ensemble architectural de la basilique Sainte Salsa.



Fig. 2. Basilique Sainte Salsa.

construite ; l'église fut agrandie et décorée d'un pavement de mosaïque, hélas, entièrement disparue, à l'exception de quelques fragments qui furent transportés au Musée national des antiquités ; c'est dans cette église que l'on déposa les restes de Salsa dans un sarcophage de marbre à sujet mythologique.

En 1932, furent dégagées des centaines de tombes qui, au cours des siècles, avaient étroitement encerclées l'église. Ces sarcophages en pierre, primitivement ornés de mosaïques

à sujets et à inscriptions, sont d'une sobriété et d'une grandeur impressionnante.

La basilique a fait l'objet de nombreux réaménagements au cours des siècles. Aujourd'hui, elle offre à notre regard 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.

Quelques inscriptions nous apprennent que les défunts qui dorment là leur dernier sommeil étaient venus parfois de très loin : d'Afrique, d'Italie et même d'Asie Mineure. Au milieu d'eux, une chambre d'agapes conserve, intacts ; ses murs percés de fenêtres, sa table en maçonnerie est érigée sur un sarcophage inviolé ; sa porte est surmontée d'une inscription grecque symbolique : *Ichtus*. Des tombes de types divers descendent jusqu'à la falaise qui surplombe la mer ; d'autres chapelles funéraires se dressent à proximité. Ce

cimetière n'est d'ailleurs pas entièrement dégagé.

Les sources archéologiques et épigraphiques attestent le culte de Salsa dans la ville de Tipasa à partir du quatrième siècle ; ces sources fournissent des informations utiles à la reconstitution historique de la vie de cette jeune sainte. Les témoignages de ce culte ont été trouvés dans la nécropole située sur le promontoire de Kouidiat Zarour. En effet, une area cimériale

remontant à l'époque punique s'est organisée autour de la basilique de Sainte Salsa ; c'est la plus grande concentration de sépultures chrétiennes ad sanctos d'Afrique.

Selon les identifications archéologiques de Christern, la basilique a été construite entre la fin du IV^e et au début du V^e siècle.

Vers le milieu du cinquième siècle, l'église fut agrandie par l'évêque Potentius ; ce dernier est identifié comme l'évêque chargé par le pape Léon le Grand d'instruire le dossier des élections épiscopales truquées en Maurétanie.

Par ailleurs, l'église a fait l'objet d'autres transformations dans les siècles suivants ; au demeurant, lorsque la ville de Tipasa perdra de son importance, le sanctuaire restera néanmoins un lieu de pèlerinage très fréquenté, jusqu'à la destruction complète de la ville au moment des invasions arabes.

À l'intérieur de la basilique, devant l'abside, sur le sol en mosaïque de la nef centrale, Gsell a mis au jour, en 1891, une inscription sur onze lignes en lettres capitales classiques et élégantes ; on y rappelle la depositio de la martyre "Salsa plus douce que le nectar".

L'inscription commémore l'exécution des travaux effectués par Potentius témoignant ainsi que l'embellissement de la basilique est réalisé sur la ferme conviction de la présence

des reliques de la sainte dans le site même. Entre autre, l'inscription révèle le lieu de l'inhumation ("hic est").

Dans les dernières lignes de ladite inscription, le terme "*reciprocum* ..." suggère la croyance en l'intercession des martyrs, intercession qui se réalise par l'échange d'offrandes.

Sur une seconde tombe, située entre les piliers et le sol en mosaïque de la basilique, une autre inscription, très abîmée, fut découverte par Leschi en 1947 ; cette inscription fait référence au corps de la sainte près duquel un défunt a été enterré. Toujours à l'intérieur de la basilique, on peut observer le cippe funéraire du III^e siècle sur lequel est gravé l'épithaphe de Fabia Salsa, une matrone païenne de 63 ans.

Les études menées par Christern sur l'ensemble du complexe cimétierial ont résolu la problématique des deux Salsa ; et ce, sur la base des données archéologiques. Les deux femmes ont été, toutes les deux, enterrées dans la nécropole orientale.

Sur le tombeau de la jeune martyre, dans la seconde moitié du IV^e siècle ou au début du V^e siècle fut construite la première église dans laquelle ont été transférées les reliques de la sainte dans un sarcophage ; c'est là qu'a été placé le cippe de Salsa Fabia.

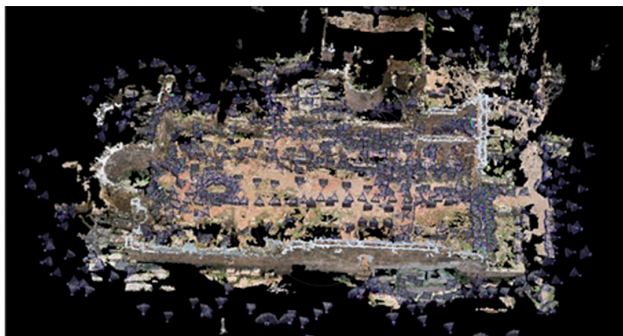


Fig. 3. Relevé photogrammétrique de la basilique Sainte Salsa et relevé de détail du cippe.



Fig. 4. Juxtaposition du nuage de point et de la modélisation 3D (M.Chayani/Archéovision).



Fig. 5. Intégration d'un nuage de point maillé dans la scène 3D (M.Chayani/Archéovision).

Plus tard, au ^{vi} siècle, les deux sépultures ont été incorporées dans une même construction en maçonnerie ; cette construction fut agrémentée d'un sarcophage païen représentant le mythe d'Endymion ; c'est donc là que l'on a transféré à nouveau, les reliques de la sainte. Le culte de la sainte est donc resté étroitement lié à la sépulture.

DU RELEVÉ EN PHOTOGRAMMÉTRIE À LA RESTITUTION TRIDIMENSIONNELLE DE LA BASILIQUE SAINTE SALSA

La campagne photographique de numérisation de la basilique Sainte Salsa a nécessité la prise de près de 1300 photos avec un Nikon D700. Notre méthodologie de relevé a exigé un protocole d'acquisition de prises de vue fractionné en 2 étapes : la première phase a eu pour principal objectif d'établir un relevé architectural d'ensemble du monument (fig. 4) segmenté en plusieurs zones pour faciliter le traitement informatique avec une résolution centimétrique tandis que la seconde phase était consacrée à relever les éléments architecturaux de plus petites dimensions (chapiteaux, corniche, bases de colonne, etc.) avec une résolution millimétrique (fig. 3).

Le traitement informatique a été réalisé avec le logiciel développé par l'UMS SHS 3D Archéovision, qui intègre des algorithmes libres de droit (Sift, Bundler, CmvS, Pmvs). Au final, un nuage de point 3D de grande densité des vestiges de la basilique fut généré (13 millions de points).

DOCUMENTATIONS, MODÉLISATION ET RESTITUTION 3D

Avant toute démarche à une restitution 3D d'un édifice ancien, il est indispensable de faire une étude des sources archéologiques, littéraires et iconographiques. Pour cela, nous avons analysé les textes et ouvrages de l'abbé Grandidier, Stern, S. Lancel, P.-A. Février, Y. Duval, N. Duval, S. Gsell et Jurgen Christern (fig. 14-17).

Pour la modélisation de l'édifice (fig. 6-13), nous avons fait le choix d'utiliser un logiciel 3D paramétrique de type BIM (Building Information Modelling) car ce type de logiciel présentait de nombreux avantages pour la conception assistée

par ordinateur et présentait une logique de construction tridimensionnelle différente des autres programmes de modélisations traditionnels.

En effet, la modélisation par le biais de ce logiciel¹ est dynamique c'est-à-dire que chaque élément créé dans notre scène 3D est lié à d'autres éléments de telle sorte que lorsque nous modifions par exemple une hauteur ou une largeur de mur, cette modification aura une répercussion automatique sur l'ensemble des éléments rattachés à ce mur. De plus, une base de données relationnelle est générée parallèlement à la création de notre modèle 3D.

Le logiciel dynamique nous offre de nombreux outils pertinents pour notre restitution 3D. En effet, il est possible de charger un nuage de point colorisé servant de référence visuelle (fig. 4-5), le fichier étant indexé, son poids est fortement réduit ce qui permet une meilleure exploitation et manipulation du nuage de point. Il sera alors facile de s'appuyer sur la géométrie de notre nuage de points pour tenter de reconstituer les parties existantes et manquantes de notre basilique tout en respectant les dimensions architecturales.

Enfin, le relevé en photogrammétrie couplé à un logiciel BIM permet de créer de nombreux documents servant de support à notre réflexion : à partir de l'exploitation du nuage de point 3D, nous pouvons générer des ortho-images des différentes façades de la basilique, réaliser des sections, des coupes, des plans ainsi que des prises de mesure.

CONCLUSION

Grâce à l'acquisition numérique par photogrammétrie et à l'analyse des sources archéologiques, un premier modèle théorique cohérent de la basilique sainte Salsa fut créé. Ce modèle 3D ne cessera d'évoluer et pourra être exploité à tout moment en fonction des nouvelles recherches et études archéologiques.

1. Logiciel revit architecture (Autodesk).



Fig. 6. État I hypothèse de restitution du Martyrium (IV^e siècle p.C.) (M.Chayani/Archéovision).

Fig. 7. État II hypothèse de restitution de l'église primitive (seconde moitié du IV^e siècle p.C.) (M.Chayani/Archéovision).

Fig. 8. État III hypothèse de restitution de l'église nouvelle (V^e-VI^e siècle p.C.) (M.Chayani/Archéovision).

Fig. 9. Hypothèse de restitution, vue de la nef centrale de la basilique Sainte Salsa (M.Chayani/Archéovision).

Fig. 10. Hypothèse de restitution, vue des tribunes de la basilique Sainte Salsa (M.Chayani/Archéovision).

Fig. 11. Hypothèse de restitution, vue des nefs latérales de la basilique Sainte Salsa (M.Chayani/Archéovision).



Fig. 12. Hypothèse de restitution, vue de l'abside de la basilique Sainte Salsa (M.Chayani/Archéovision).

Fig. 13. Vue de l'emplacement du cippe et du sarcophage (M.Chayani/Archéovision).

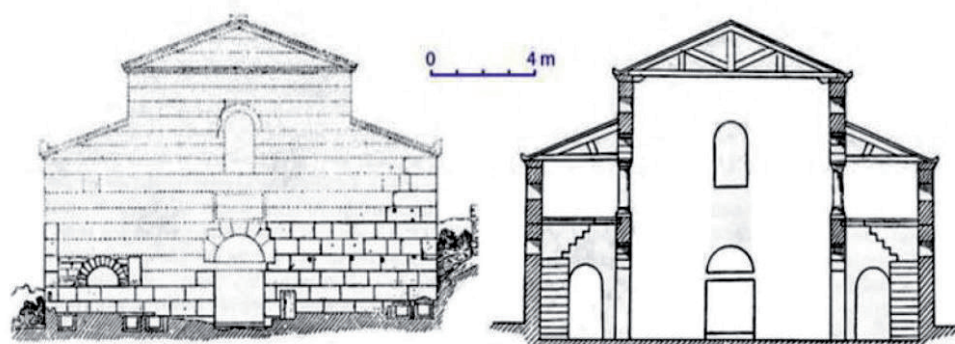


Fig. 14. Coupe restituée de l'élévation avec tribune de la basilique Sainte Salsa d'après S. Gsell.



Fig. 15. Mosaïque de l'Ecclesia mater (Tabarka/ Tunisie).



Fig. 16. Aquarelle de J.-C. Golvin : vue du promontoire de Sainte Salsa.

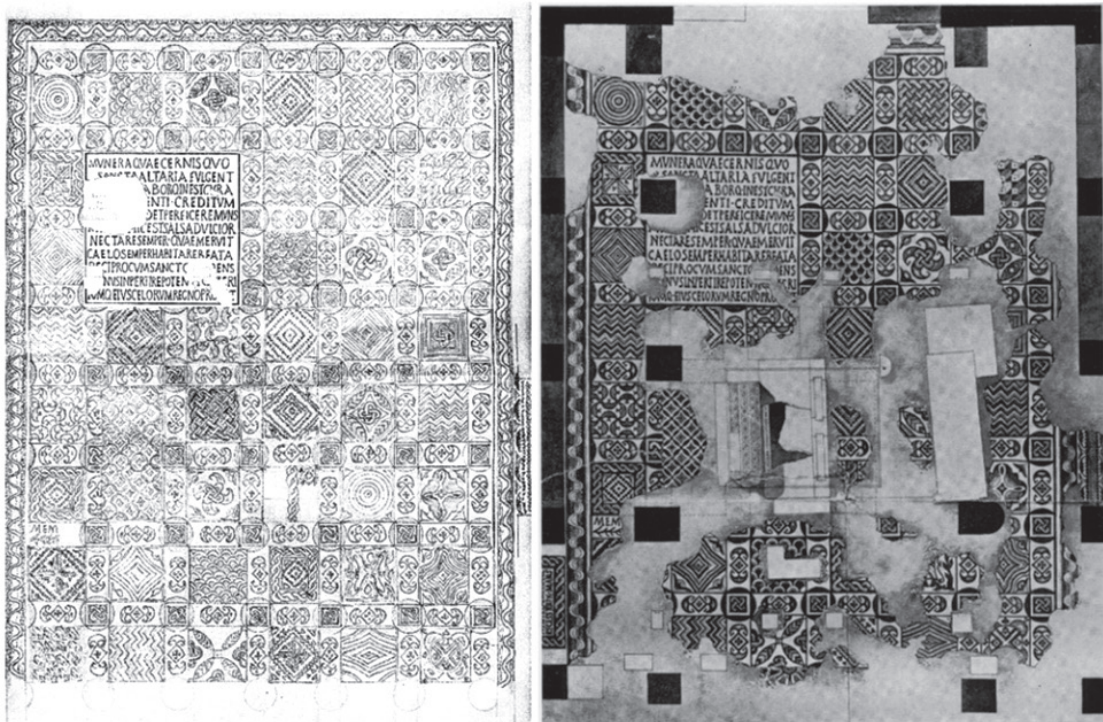


Fig 17. Étude et essaie de restitution 2D de la mosaïque de la basilique Sainte Salsa (restaurateur S.Arab/ CNRA).

Bibliographie

- Dalvit, M. (2011) : *Salsa di Tipasa: Passione, testimonianze icono-epigrafiche e ricezione martirologica*. (http://gesta.scuoladottorato.it/IMG/pdf/Paper_Dalvit.pdf), Corso di Dottorato in Studi Storici, Geografici, Antropologici.
- Furukawa, Y. et J. Ponce (2009) : Accurate, Dense, and Robust Multi-View Stereopsis, *IEEE Trans, on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.
- Gui, I., N. Duval et J.-P. Caillet (1992) : *Basiliques chrétiennes d'Afrique du Nord*, I, Inventaire de l'Algérie, Paris, 37-43.
- Lancel, S. (1997) : "Modalités de l'inhumation privilégiée dans la nécropole de Sainte-Salsa à Tipasa (Algérie)", in *Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, 141^e année, N. 3, 791-814.
- Lowe, D. G. (2004) : "Distinctive image features from scale-invariant keypoints", *International Journal of Computer Vision*, 60, 2, 91-110.
- Menard, H. (2013) : "Discours de la violence ; violence du discours : réalités et stéréotypes dans la Passion de Sainte Salsa de Tipasa", in : halshs-00807045, version 1-5, avril 2013.
- Snavely, N. : bundler (structure from motion software) (<http://www.cs.cornell.edu/~snavely/bundler/>)

