

L'UTILISATION DE LA RESTITUTION EN TROIS DIMENSIONS AU SERVICE ARCHÉOLOGIQUE DE LA VILLE DE CHARTRES

1. INTRODUCTION

Le service municipal d'archéologie de Chartres a été créé en 2005, mais une forte activité archéologique existait, dans cette ville, depuis les années soixante-dix. Rapidement les archéologues locaux ont cherché à valoriser les résultats de leurs fouilles en proposant au public chartrain et aux touristes des expositions, des panneaux et des ouvrages de vulgarisation.

Aujourd'hui le service dispose d'employés affectés exclusivement à la médiation vers le public adulte et les scolaires. Il est aussi associé à des manifestations culturelles telles que la Fête du Patrimoine, les Journées de la Science, etc. Les informations sont diffusées *via* le journal d'informations mensuel de la mairie («Votre ville») et grâce à l'édition irrégulière d'une plaquette spécialisée («Le petit journal de fouille»). Il s'avère que le public est très amateur de restitutions en trois dimensions, bien plus édifiantes que les documents produits lors des fouilles (plans, coupes stratigraphiques et photographies), notamment dans le cadre d'une archéologie rurale concernant essentiellement des structures en creux. Les services de la mairie, affectés au patrimoine ou à la communication ne s'y sont pas trompés et nous incitent de plus en plus à concevoir des restitutions 3D. Dans certains cas, la restitution a aussi des objectifs scientifiques

Cette présentation est découpée en quatre parties: la première dresse les différents moyens informatiques utilisés par le service municipal d'archéologie pour concevoir des restitutions en 3D. Les trois suivantes s'attachent chacune à un niveau de restitution: l'architecture, le site ou la ville, la structure archéologique. Ce découpage est lié à des commodités de présentation, plus qu'à de réelles différences de procédé (même si nous verrons que les différences d'échelle induisent certains choix: degré de précision et d'extrapolation notamment).

Sauf mention contraire, toutes les restitutions ont été effectuées par l'auteur.

2. LES MOYENS INFORMATIQUES À LA DISPOSITION DU SERVICE

Le traitement de l'information graphique issue du travail archéologique de terrain s'effectue avec les habituels logiciels: le logiciel Illustrator est utilisé pour la mise au net des relevés, Photoshop pour le redressement et le traitement des photographies numériques. Ces deux logiciels de la suite Adobe trouvant leurs pendants dans la catégorie des logiciels libres: Inkscape et Gimp. Auto-



Fig. 1 – Restitution d’une colonne du portique du complexe monumental de Saint-Martin-au-Val à partir des découvertes lapidaires (3D F. Fouriaux).

cad et d'autres logiciels liés au traitement des coordonnées topographiques complètent cette liste.

Les premières restitutions en trois dimensions ont été réalisées avec Illustrator. Ils s'agissaient de simples axonométries. Les résultats étaient appréciables, quoique limités (un seul point de vue disponible). Mais, surtout, leur conception était fastidieuse.

Puis l'utilisation de Blender, un logiciel libre, a considérablement accéléré le processus de restitution et apporté un gain qualitatif certain. Ce logiciel, assez rapide à prendre en main¹ permet à tout archéologue non spécialiste de l'infographie 3D de proposer des restitutions soignées des structures ou des sites qu'il a fouillés. Son avantage est de pouvoir multiplier les angles de vue et d'intégrer des textures réalistes.

Ces logiciels fonctionnent sur des ordinateurs de bureau (systèmes d'exploitation Windows ou Apple), avec cartes graphiques et performances standards.

3. LA RESTITUTION D'ARCHITECTURE

Des opérations de fouilles préventives en milieu rural, urbain, ainsi qu'une opération de fouille programmée en milieu péri-urbain ont apporté des informations sur des architectures antiques et médiévales fort différentes: de l'architecture monumentale en pierre à la construction légère en terre et bois. La modélisation a été utilisée aussi bien à des fins scientifiques qu'à des fins de valorisation auprès du grand public.

Saint-Martin-au-Val, le premier site dont il sera ici question fait l'objet d'une fouille programmée annuelle depuis 2006². Il s'agit d'un important complexe monumental antique (300 m par 190 m), situé à proximité directe de la ville gallo-romaine. L'implantation sur cet emplacement d'un édifice chrétien à l'époque mérovingienne laisse à penser que ce complexe renfermait un temple. Voici la restitution d'une colonne du portique effectuée à partir d'éléments lapidaires retrouvés sur le site (Fig. 1). Le plan général du site sera présenté plus loin.

Sur le site du Radray a été mis au jour une exploitation agricole antique, un petit habitat du début de l'époque mérovingienne (entre 480 et 550 de notre ère) et une nécropole légèrement postérieure. Ce site se trouve dans la zone d'activités de Chartres-Gellainville, à quelques kilomètres du centre de

¹ Néanmoins, l'auteur remercie chaleureusement ses collègues Antoine Louis et François Fouriaux d'avoir guidé ses premiers pas dans *Blender*, lui épargnant ainsi des heures de tâtonnements.

² Sous la direction de Bruno Bazin.

la cité de Chartres. Fouillé en 2007³, il a fait l'objet, comme le précédent site, de plusieurs présentations auprès du public (dans le journal mensuel d'informations, dans la plaquette spécialisée, dans des panneaux et un diaporama intégrés à une exposition autour des "artisans et paysans aux temps de Clovis et Charlemagne").

Bien que nous ayons proposé plusieurs restitutions de bâtiments antiques et mérovingiens, le travail de conception 3D a essentiellement porté sur des petits bâtiments semi-excavés d'époque mérovingienne (traditionnellement dénommés "fonds de cabanes": Fig. 2).

Plusieurs propositions de restitution des différents types de fonds de cabanes retrouvés sur le site de Gellainville ont été présentées lors d'un S.A.R.C (Séminaire d'Archéologie en Région Centre)⁴. Ces restitutions avaient pour objectif de définir les différents types de couvertures et de montrer l'habitabilité de ces constructions, dont certaines sont de dimensions très modestes (en mettant à la même échelle la cabane et un couple de personnages). Elles profitent de l'enseignement des reconstructions expérimentales à Orville (EPAUD, GENTILI 2009). Elles tiennent également compte des réserves de Frédéric Epaud, suite à une étude poussée sur un type de construction vernaculaire de l'Anjou (EPAUD 2009). Un des objectifs était de rappeler que la restitution de la charpente du toit ne doit pas exclusivement être tributaire du plan au sol découvert à la fouille. Pour les fonds de cabane en l'occurrence, il s'agissait de montrer que la disposition des trous de poteaux (dans les angles ou au milieu des petits côtés) ne dicte pas forcément le type de charpente. Il faut également prendre en compte les conceptions architecturales anciennes, la facilité de conception et l'adaptation à l'environnement et aux matériaux disponibles (soient des bois les plus courts possibles et de sections réduites).

Lors de la fête de la science 2008, une animation pour les enfants a utilisé la restitution 3D d'une cabane de Gellainville. Celle-ci consistait à la réalisation d'une maquette en carton. Modélisé avec Blender, le patron avait ensuite été retravaillé sous Illustrator.

Une autre animation régulièrement proposée à des scolaires consiste à la réalisation d'un puzzle représentant une domus chartraine du Haut Empire, fouillée en 1986. Simple axonométrie, elle renseigne sur la configuration et l'organisation d'une riche demeure urbaine antique.

Nous avons également proposé une restitution de la porte St-Michel et de sa barbacane qui figurera sur un des panneaux de la future exposition permanente (Fig. 3). Nous avons appliqué ici une texture réaliste aux maçon-

³ Sous la direction de David Wavelet.

⁴ Le Radray (Gellainville): Essai de restitution d'un habitat rural mérovingien, SARC Architecture à poteaux plantés: de la fouille à la restitution (sous la direction de S. Fichtl), Orléans, octobre 2009.

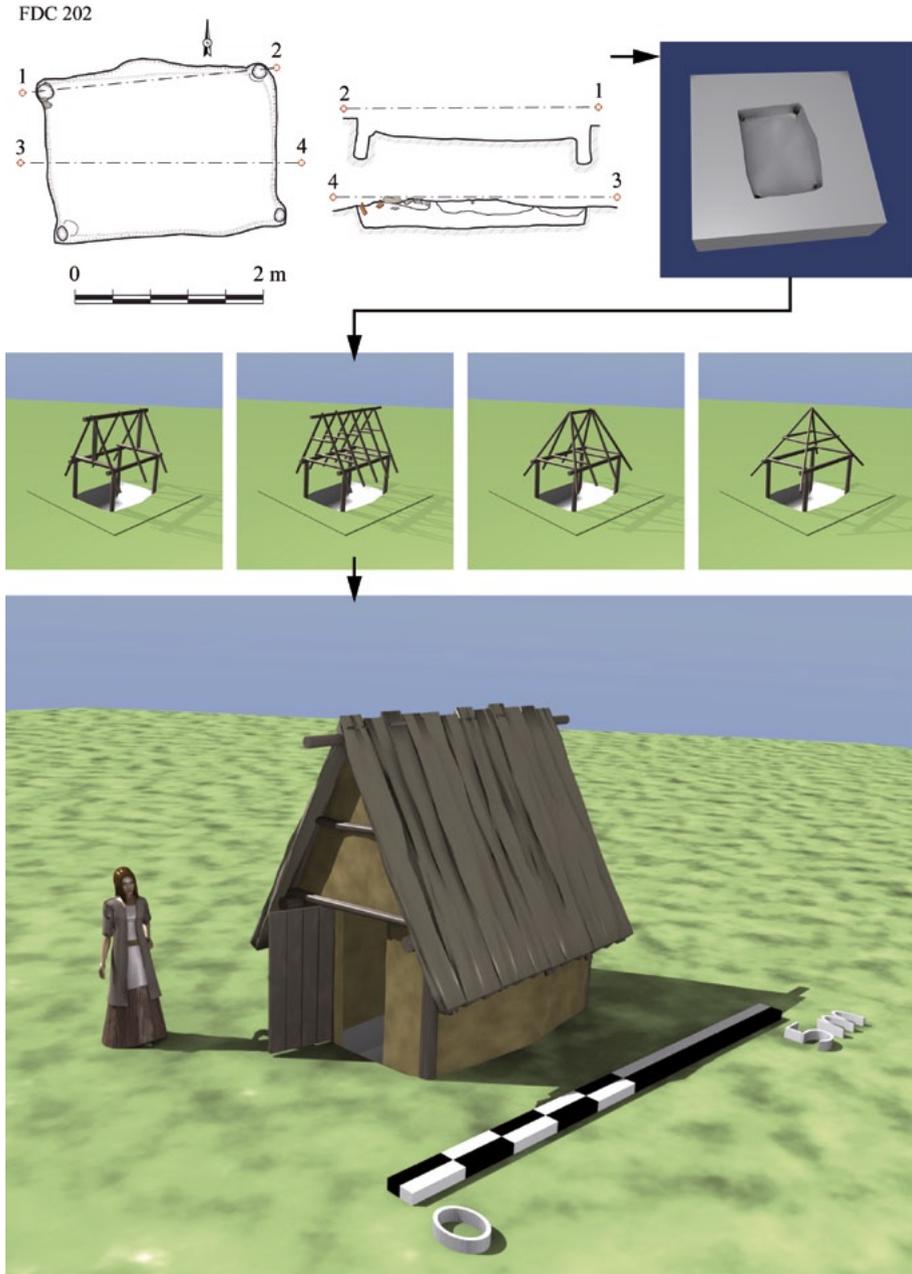


Fig. 2 – Une proposition de restitution d'une cabane semi-excavée à quatre poteaux corniers retrouvée sur le site Le Radray (Gellainville).

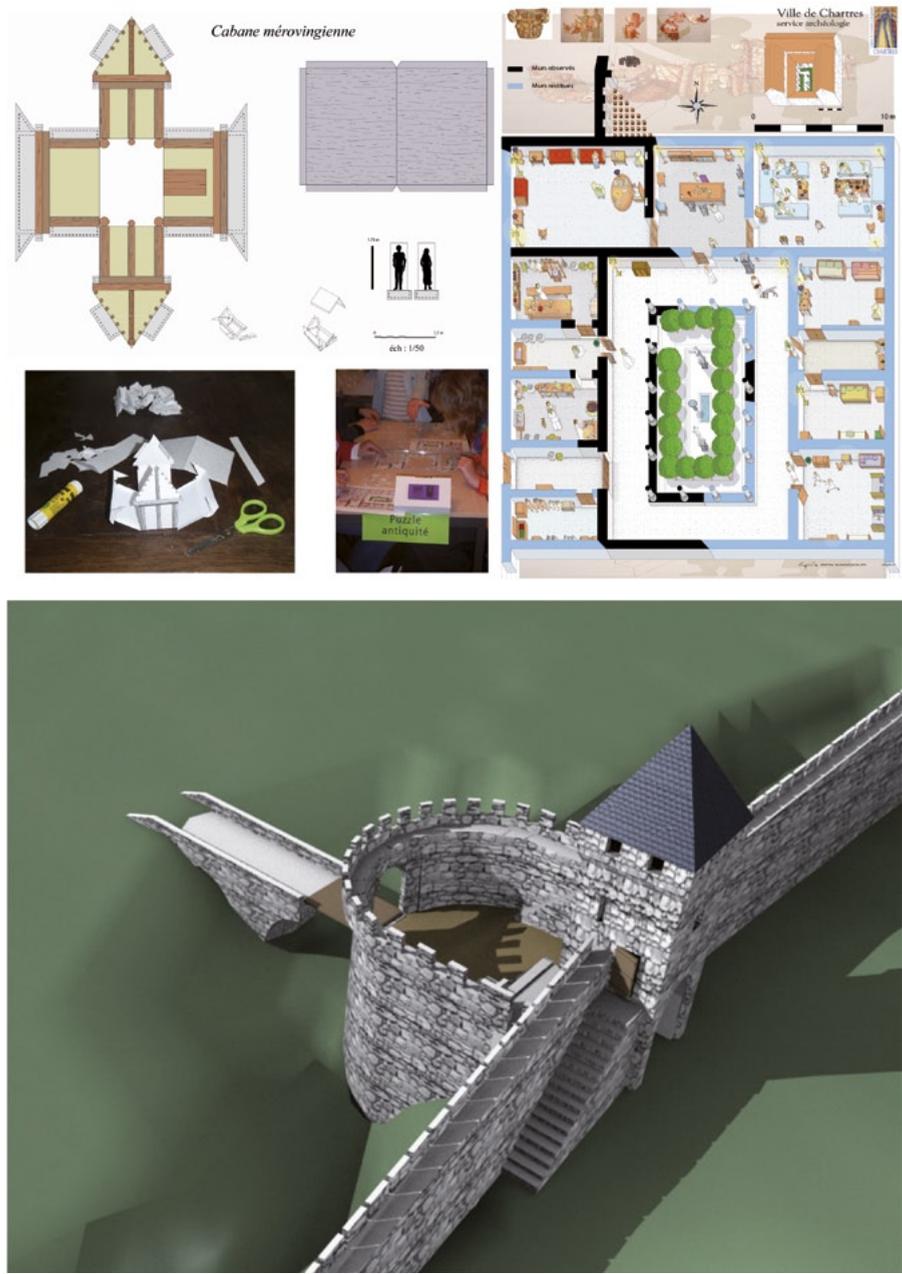


Fig. 3 – Matériel pédagogique proposé aux enfants: maquette de cabane mérovingienne et puzzle d'une domus gallo-romaine chartraine. Restitution de la barbancane de la porte Saint-Michel.

neries. L'illustration ainsi produite est plus une évocation qu'une restitution d'après vestiges, cette structure n'ayant pas fait l'objet d'une fouille.

Suites à une opération dans le chœur de la cathédrale, une modélisation des parties hautes (fenêtres hautes, rosaces et voûtes) a également été effectuée (voir l'article de F. Fouriaux dans le présent ouvrage).

4. LA RESTITUTION À L'ÉCHELLE D'UN SITE

Les deux sites déjà mentionnés de Gellainville et Saint-Martin ont également donné lieu à des restitutions de plus grande envergure. Déjà proposées au public *via* des expositions et des articles de vulgarisation, ces modélisations de site seront intégrées à la future exposition permanente de la Maison de l'Archéologie (sous forme d'images fixes imprimées sur les panneaux et de petits films sur une borne interactive).

La restitution de l'habitat mérovingien de Gellainville présenté ici est centrée sur le noyau principal: à savoir un enclos pentagonal qui comporte en son sein et sur son pourtour la majorité des structures de cette période (Fig. 4). Si certaines structures (bâtiments sur poteaux, fosses et fossés) clairement antérieures ou postérieures à l'enclos pentagonal n'apparaissent pas – à juste titre – sur cette restitution, il est certain que toutes les structures représentées ne sont pas exactement synchrones. À l'opposé, il est incontestable que d'autres structures, non observées à la fouille (pour diverses raisons) coexistaient à la même époque. De manière générale, il se dégage de l'observation des vestiges un faible corpus de constructions aériennes sur poteaux dont le plan est attesté. Des nébuleuses de négatifs de poteaux ainsi que des blocs de grès ayant potentiellement servi de calage de poteaux ont été observés, sans toujours réussir à lire les plans géométriques des structures qu'ils constituaient. Cela est dû, à la fois à la mauvaise lisibilité du substrat et peut-être aussi à la mauvaise conservation des structures (à cause notamment de l'arasement agricole). Il ne faut donc pas préjuger de la rareté des constructions aériennes et survaloriser l'existence des fonds de cabanes.

Le site de Saint-Martin-au-Val, mentionné plus haut, a fait l'objet d'une modélisation par F. Fouriaux (Fig. 5). Celle-ci se base sur les résultats provisoires de la fouille programmée (en cours) et de diverses opérations archéologiques antérieures. Il a choisi de montrer la galerie du portique extérieur en cours de construction, suivant une des hypothèses, émise au cours de la fouille: à savoir que ce monument n'a jamais été achevé.

Il a également été jugé opportun de proposer au public des restitutions à l'échelle de la ville. Ces restitutions restent des propositions, des interprétations mais profitent de l'ensemble des découvertes archéologiques faites depuis le XIX^e siècle, d'analyses d'illustrations et de plans anciens, ainsi que des schémas éprouvés pour d'autres villes.

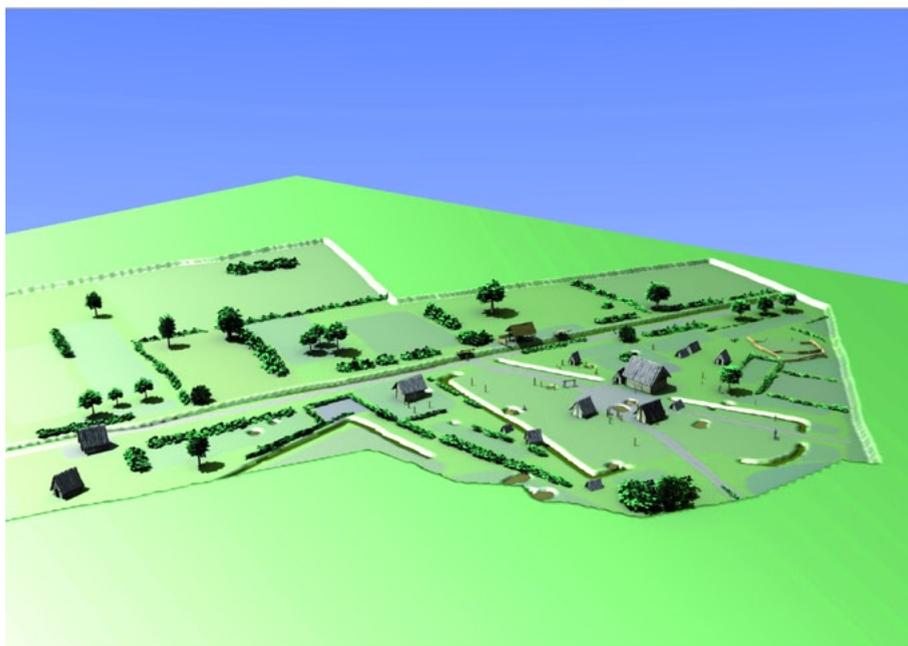


Fig. 4 – Plan et restitution de l'habitat mérovingien du site Le Radray (Gellainville).

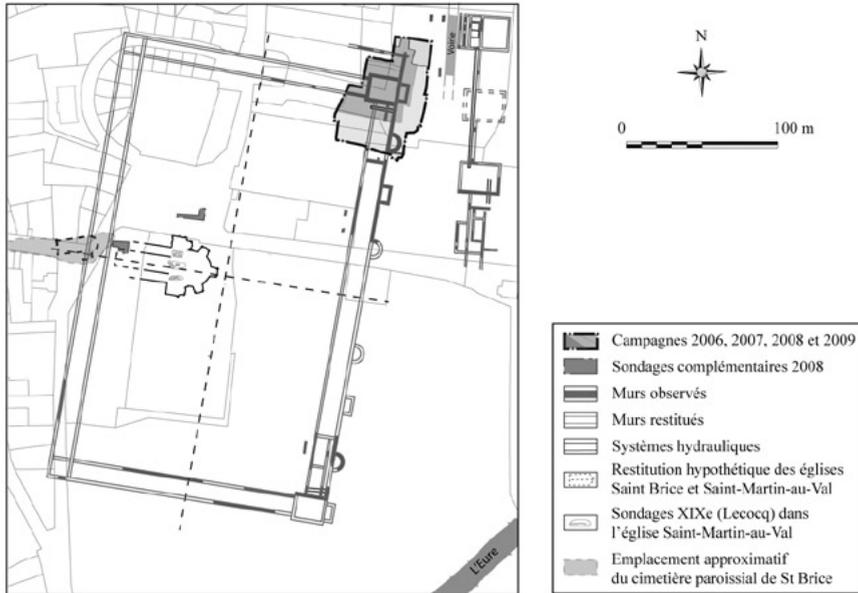


Fig. 5 – Plan du complexe monumental de Saint-Martin-au-Val et restitution de son angle Nord-Ouest (3D F. Fouriaux).



Fig. 6 – Evocation de Chartres (Autricum) au II^e siècle.



Fig. 7 – Evocation de Chartres au XIII^e siècle.

La modélisation d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) sous Blender est une opération relativement aisée. Il suffit d'appliquer comme texture à un plan préalablement subdivisé⁵ une image avec courbes de niveaux dégradées (en nuances de gris) ayant subi un flou gaussien (pour limiter l'effet "escalier") et d'utiliser la fonction "displace". Ensuite, il est possible de modifier l'échelle verticale de l'objet ainsi constitué pour obtenir un relief réaliste (ici volontairement légèrement exagéré). Pour restituer les rues et les bâtiments, des cartes synthétisant les découvertes archéologiques et les données historiques disponibles ont été importés dans le logiciel. A partir de ces plans masses localisés précisément par rapport au MNT, il a suffi de "monter" les différents édifices (c'est-à-dire leur donner de l'épaisseur, ou plutôt de la hauteur). Certains sont rigoureusement modélisés à partir des observations archéologiques, d'autres sont conçus de manière à combler les lacunes, toujours en veillant à respecter l'échelle.

La restitution de la ville antique, dans le courant du II^e siècle, au moment de son extension maximale est essentiellement basée sur les découvertes archéologiques. Les éléments marquants sont le fossé périphérique de la ville, l'amphithéâtre, un forum présumé, certaines grandes demeures (domus) et la trame viaire (Fig. 6). Le rendu 3D, plus qu'un plan avec courbes de niveau, montre le total affranchissement de la ville antique vis-à-vis du relief (notamment le fossé périphérique). On distingue également l'organisation des rues avec plusieurs systèmes orthonormés qui coexistent⁶. Le complexe monumental de Saint-Martin, qui ne figure pas sur l'illustration, est à l'extérieur de la ville.

La restitution de la ville à l'époque médiévale (dans le courant du XIII^e siècle) est, elle, essentiellement basée sur les structures encore existantes (églises, fortifications, rues), l'iconographie ancienne (dont une vue cavalière relatant le siège de la ville en 1568⁷) ou plus récente (la Porte Guillaume fut seulement détruite en 1944, par des torpilles allemandes).

La confrontation avec l'illustration précédente, dont elle adopte le même point de vue, est édifiante quant à la rétractation du tissu urbain et au changement d'organisation des voiries (Fig. 7).

5. LA RESTITUTION DE STRUCTURE OU D'OBJET

À Chartres, le recours à ce type de restitution est moins fréquent. Quelques structures en ont néanmoins fait l'objet.

⁵ Le nombre de subdivisions conditionne la qualité de la résolution... mais aussi le poids du fichier, et donc le temps de calcul.

⁶ Des incertitudes demeurent cependant quant à la contemporanéité des différents systèmes.

⁷ Conservée au Musée des Beaux-Arts de Chartres.

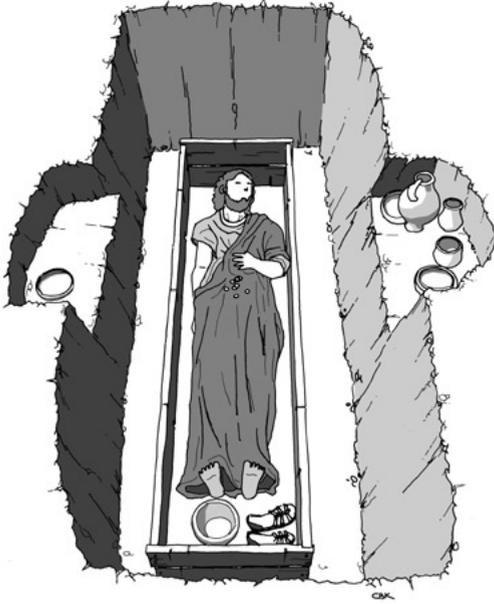


Fig. 8 – Restitution de la tombe 728 de la nécropole de Saint-Bartélémy.

Premièrement, une restitution fidèle d'une tombe à inhumation du Bas-Empire avec mobilier associé⁸ a été réalisée (pour être intégrée à l'exposition permanente). Il s'agit d'un vaste et profond creusement comportant deux niches latérales, abritant une inhumation en coffre. Cette restitution est destinée à être collée sur le sol, à l'échelle 1/1, donnant l'illusion de la réalité. La perspective adoptée est donc celle des yeux d'un observateur d'environ 1,60 m. Réalisée avec Blender d'après les relevés et les photographies de fouille, la modélisation a ensuite été redessinée avec Illustrator pour un rendu en quatre nuances de gris, de type bandes dessinées (Fig. 8).

Un diagnostic réalisé en 2007 à la périphérie actuelle de la ville a révélé la présence d'un four de tuilier d'époque moderne. Celui-ci est construit intégralement en petites tuiles plates rectangulaires. L'illustration proposée est une modélisation des vestiges observés (Fig. 9).

François Fouriaux a proposé la modélisation d'une inhumation d'un nouveau-né dans un vase à partir de la fouille minutieuse de celui-ci⁹ (Fig. 10). Cette pratique est bien attestée à Chartres sur plusieurs sites péri-urbains (rue de Reverdy, rue Hubert Latham, rue de Sours).

⁸ Sépulture 728, nécropole Saint-Barthélémy.

⁹ Plusieurs dizaines de ces vases retrouvés sur le site de Reverdy ont été fouillés par Emilie Portat (anthropologue).

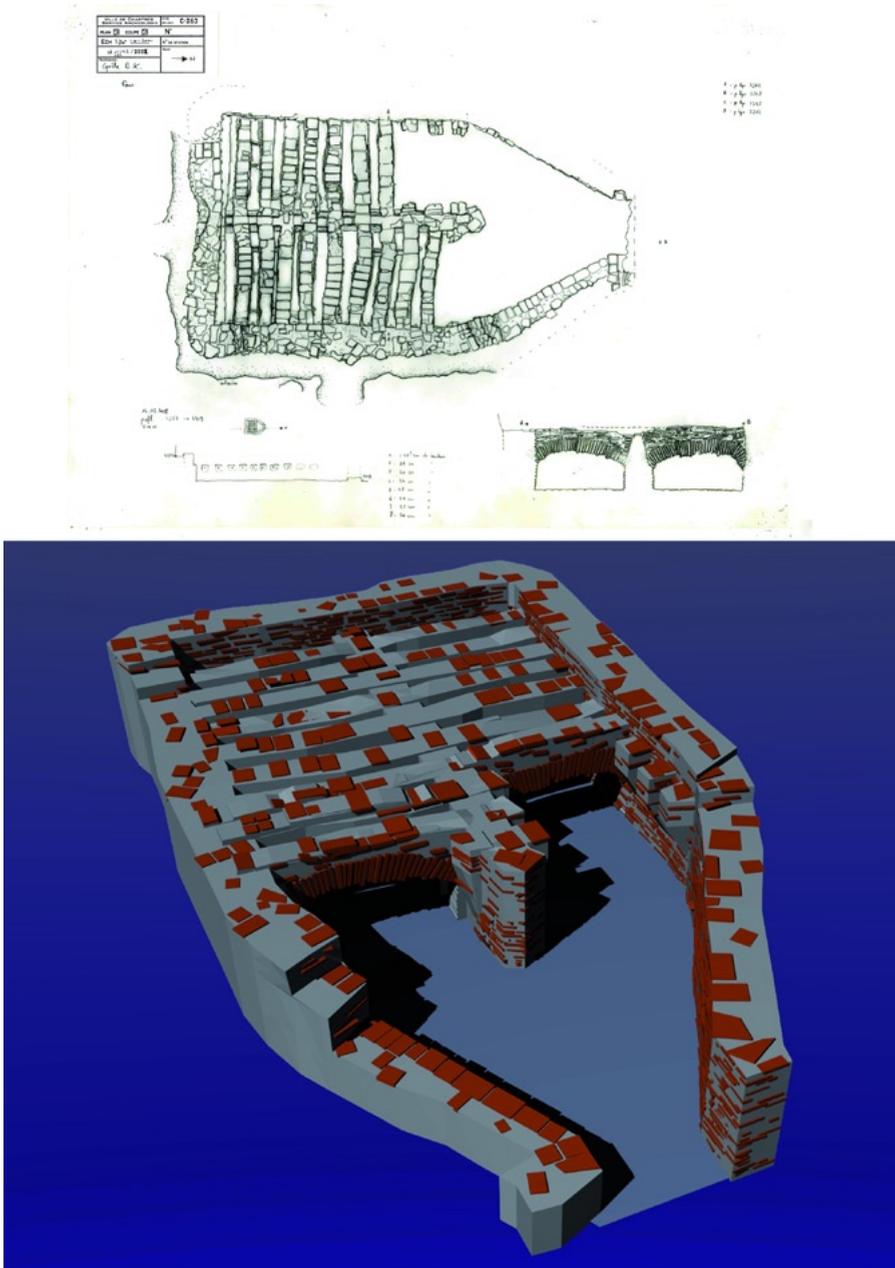


Fig. 9 – Relevé et modélisation en 3D des vestiges d'un four de tuilier moderne (XVII^e-XVIII^e s.).

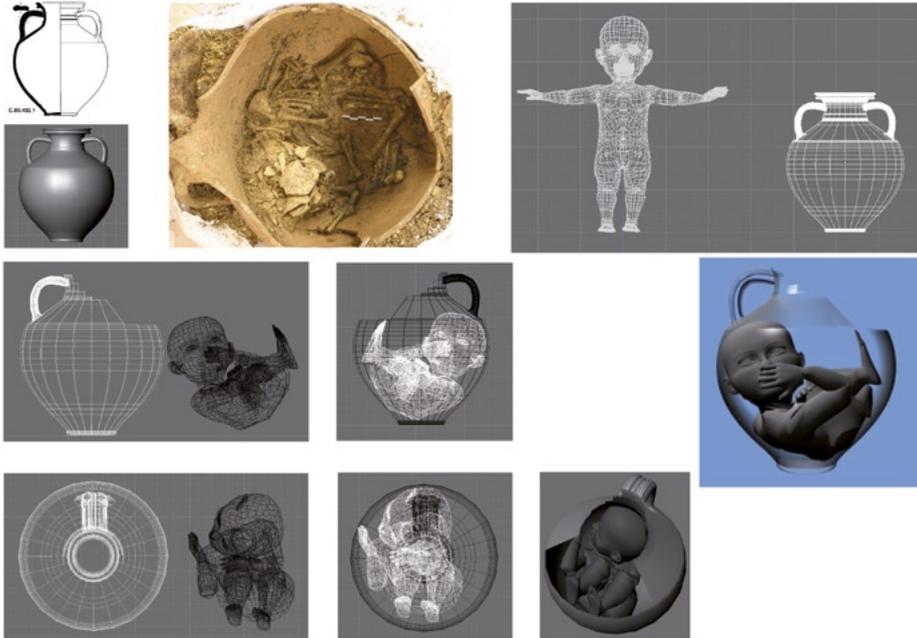


Fig. 10 – Restitution d'un périnatal déposé dans un vase (fouille E. Portat, 3D F. Fouriaux).

6. CONCLUSION

Même si certains détails esthétiques peuvent être améliorés et les restitutions corrigées à la lueur de futures découvertes, le rendu en 3D a particulièrement aidé à la diffusion de l'information archéologique à Chartres. Notamment en rendant le patrimoine plus vivant et en montrant la diversité des réalisations humaines. Son utilisation est amenée à être encore plus importante avec la création d'un lieu d'exposition permanente pour l'archéologie chartraine.

Les différentes modélisations 3D ont aussi permis de tester des hypothèses de travail (particulièrement au niveau architectural) et de percevoir le côté pratique et concret des structures découvertes en fouille.

Les véritables limites de la restitution archéologique "artisanale" tiennent au temps: le temps accordé à la modélisation, mais aussi celui nécessaire au calcul des rendus, essentiellement tributaire des moyens informatiques disponibles.

CYRILLE BEN KADDOUR
Service archéologique municipal de Chartres

BIBLIOGRAPHIE

- ACHERÉ V., DELALANDE C., LECOMTE B., VIRET J. 2010, *Carrières antiques et espaces funéraires (I^{er}-III^e s.). Occupations agricoles (XI^e-XX^e s.), 5-7, rue de Reverdy; 88-92, rue Saint-Brice, 17, rue des Réservoirs. Rapport de fouilles archéologiques. Site 033.28.085.0260, Chartres.*
- BAZIN B., BOULLY E., HÉROUIN S. et al. 2010, *Le complexe monumental de Saint-Martin-au-Val. Rapport de fouilles archéologiques. Site 033.28.085.0128*, Chartres.
- CARRÉ F., LEGLAND M.-FL. 1979, *Chartres antique et médiéval, quelques hypothèses de topographie historique*, «Bulletin de la SAEL», Chartres, 37-80.
- COULON L., ROUCHE M. (dir.) 2008, *Topographie chartraine 950-1100*, in *Millénaire de Fulbert 1006-2006. Fulbert de Chartres, précurseur de l'Europe médiévale?*, Paris, Presses Universitaires de Paris Sorbonne, 255-283.
- CHÉDEVILLE A., CARRÉ F., VILLETTE J. et al. 1983, *Histoire de Chartres et du pays chartrain*, Toulouse, Privat.
- ÉPAUD F. 2009, *Approche ethnoarchéologique des charpentes à poteaux plantés: les loges d'Anjou-Touraine*, «Archéologie Médiévale», 39.
- ÉPAUD F., GENTILI F. 2009, *L'apport de l'expérimentation archéologique pour la compréhension de l'architecture carolingienne à poteaux plantés: les exemples du chantier d'Orville*, in D. BAYARD, A. NICE, P. PERIN (dir.), *Les apports de l'expérimentation à l'archéologie mérovingienne, l'actualité de l'archéologie du haut Moyen Âge en Picardie, Actes des XXIX^e JIAM (Marles, 26-28 September 2008)*, «Revue Archéologique de Picardie», 12, 129-144.
- WAVELET D., DELHOOF H., BEN KADDOUR C., HÉROUIN S. et al. 2008, *Une occupation rurale, gallo-romaine et mérovingienne. Une nécropole mérovingienne. "Le Radray" Gellainville. Rapport de fouilles archéologiques. Site 033.28.177.0009*, Chartres.

ABSTRACT

Since 2005 the Archaeological Department of Chartres has conducted numerous activities in the metropolitan area and outside. One of the missions of the department is to present to the public the archaeological results using various media (articles in the city's monthly magazine, newspapers, exhibitions, conferences etc.), in order to justify its activity. 3D modelling is a simple way to report archaeological observations and assumptions. Modelling tools have been applied to research on different periods (antiquity, middle ages and modern times), different scales: individual archaeological structures (kilns, graves, etc.), archaeological sites (Gallo-Roman villas and shrines, Merovingian hamlets, etc.) up to the size of a city. Virtual reconstructions can also be used to test scientific assumptions, particularly in architecture (Merovingian pit houses, for example).

