

D'os en os, comprendre les sépultures complexes, vers un renouveau des outils ?

Géraldine Sachau-Carcel



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/pm/1776>

ISSN : 2105-2565

Éditeur

Association pour la promotion de la préhistoire et de l'anthropologie méditerranéennes

Référence électronique

Géraldine Sachau-Carcel, « D'os en os, comprendre les sépultures complexes, vers un renouveau des outils ? », *Préhistoires Méditerranéennes* [En ligne], 7 | 2019, mis en ligne le 29 octobre 2019, consulté le 29 janvier 2021. URL : <http://journals.openedition.org/pm/1776>

Ce document a été généré automatiquement le 29 janvier 2021.

Tous droits réservés

D'os en os, comprendre les sépultures complexes, vers un renouveau des outils ?

Géraldine Sachau-Carcel

NOTE DE L'ÉDITEUR

Reçu le 29/04/2019 — Accepté 29/05/2019

- 1 La démocratisation des logiciels industriels a permis d'amener les archéologues à la fin des années 1980, à modéliser des vestiges aujourd'hui disparus. Les premiers travaux réalisés ont eu lieu sous le mécénat de grandes entreprises comme EDF pour la restitution de la ville de Thèbes ou encore avec IBM pour la Maior Ecclesia de Cluny (Vergnieux 2015). Les années 1990 voient la création de centres dédiés à la réalité virtuelle et à la 3D comme la plateforme 3D Archéovision à l'université de Bordeaux 3, ou le CIREVE à l'université de Caen. Il faut attendre les années 2000 pour voir la modélisation de vestiges osseux ou encore de sépultures au complet et non plus de simples monuments funéraires déconnectés de leur fonction première, accueillir un cadavre.
- 2 Les sépultures complexes sont dans le cadre de cette réflexion, des sépultures pour lesquelles la lecture des dépôts est rendue particulièrement difficile par le grand nombre de vestiges archéologiques, la fragmentation ou encore la superposition des vestiges osseux ce qui caractérise bien souvent aux sépultures multiples ou collectives. L'application de ces nouvelles méthodes de recherche sur ce type de sépulture a permis un renouveau des questionnements et des approches. En effet, la possibilité d'appréhender la localisation, la répartition des multiples vestiges osseux et, surtout, leur organisation verticale permet d'approfondir l'étude de la sépulture et de proposer de nouveaux axes de recherche. Les sépultures déjà fouillées, au même titre que les

sépultures en cours de fouille, sont concernées par l'utilisation de nouveaux outils qui ouvrent un champ des possibles particulièrement vaste.

- 3 Pour les sépultures déjà fouillées, le choix des outils à utiliser est facilité par la possibilité de connaître en amont la totalité de la documentation, et ainsi mesurer l'hétérogénéité des supports et des informations recueillies, tant qualitativement que quantitativement. Pour les sépultures en cours de fouille, les problématiques guident le choix des méthodes à mettre en place en adéquation avec les impératifs du terrain, conditions de fouille (accessibilité, nature des vestiges), temps alloué à l'opération archéologique. À travers trois exemples de sépultures complexes, nous nous attacherons à discuter les méthodes utilisées, les résultats obtenus et les limites de chacune.

Sépulture multiple et collective : la catacombe des Saints Marcellin et Pierre (Rome, Italie)

- 4 Pour la création de modèles 3D deux choix se posent : la possibilité d'un enregistrement sur le terrain par photogrammétrie, lasergrammétrie par exemple, ou la restitution tridimensionnelle des vestiges *a posteriori*. Dans le cadre de la restitution *a posteriori*, le modèle 3D constitue une synthèse de l'ensemble de la documentation scientifique recueillie lors de la phase de terrain : relevés, diagramme stratigraphique, photographies, minutes de terrain entre autres éléments. Les prérequis à la restitution tridimensionnelle sont la localisation de l'ensemble des constituants de la sépulture : les coordonnées de chaque reste squelettique, des artefacts archéologiques, de l'appareil funéraire, de la structure funéraire et des unités sédimentaires. Il nécessite donc un travail de qualité lors de la fouille et de l'enregistrement. Cette nouvelle méthode a été créée pour aider à la compréhension de deux ensembles funéraires de la catacombe des Saints Marcellin et Pierre (fouille réalisée sous la direction de D. Castex et Ph. Blanchard). Ces deux ensembles (fig. 1) ont été exhaustivement fouillés entre 2008 et 2010 et contenaient environ quatre-vingt individus chacun, superposés sur quelques dizaines de centimètres (Castex *et al.* 2011).

1. Plan du secteur central de la catacombe des Saints Marcellin et Pierre et photographie de l'espace funéraire X84

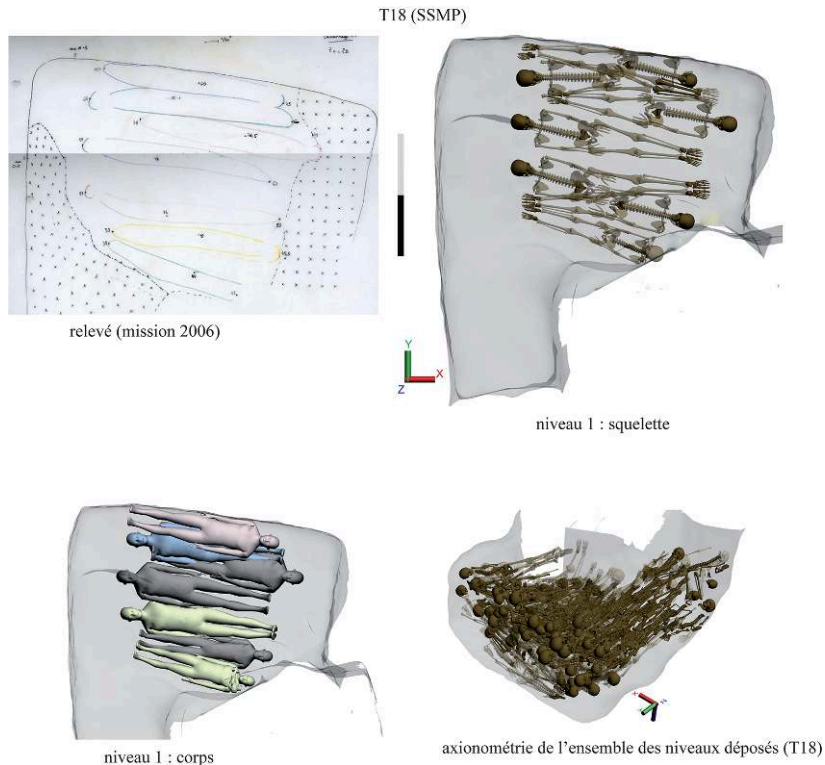


plan PCAS ; cliché mission 2009

Quelles données pour quels résultats ?

- 5 Les relevés constituent bien souvent l'élément le plus important dans cette documentation, car ils permettent à eux seuls d'obtenir les coordonnées spatiales de chaque vestige. Toutefois, en fonction du niveau de détail, lorsque seule la forme globale du corps est esquissée ou encore lorsque seuls sont indiqués les points centraux pour les prises d'altitude (crâne-bassin-pieds), aucune information sur la position de l'individu n'est disponible. Il est alors indispensable de pouvoir se référer aux minutes de terrain, aux photographies afin de compléter les observations pour discuter la position de dépôt d'un individu, les interactions entre différents vestiges osseux. Les photographies renseignent la position des vestiges, la face d'apparition des os et permettent l'acquisition des coordonnées en X et Y. Le relevé et la photographie sont donc ici des éléments complémentaires pour la restitution tridimensionnelle des vestiges.
- 6 Les coordonnées ont été acquises à partir des relevés effectués pour chaque passe de démontage des ossements et la face d'apparition des os est connue à partir des photographies ou des minutes de terrain.
- 7 Chaque élément de ces ensembles funéraires a été restitué dans le modèle 3D : os, appareil funéraire, couches sédimentaires. L'espace funéraire encore conservé dans son intégralité a pu faire l'objet d'une acquisition 3D grâce à la photogrammétrie. La restitution en volume des corps a constitué la dernière étape de la restitution 3D de ces ensembles (fig. 2). La stature a été adaptée en fonction des données biologiques et la corpulence moyenne définie pour chaque individu. Le modèle 3D a permis de discuter précisément la position des corps, les superpositions, le volume occupé et la chronologie de chacun des ensembles.

2. Du relevé à la restitution tridimensionnelle, exemple du processus de restitution tridimensionnelle du niveau de la tombe 18, relevé du 1^{er} niveau réalisé sur le terrain, restitution 3D des squelettes, du 1^{er} niveau de dépôt, restitution 3D volumique des corps déposés du 1^{er} niveau, restitution 3D de tous les niveaux de dépôts de la tombe 18



Sachau 2012

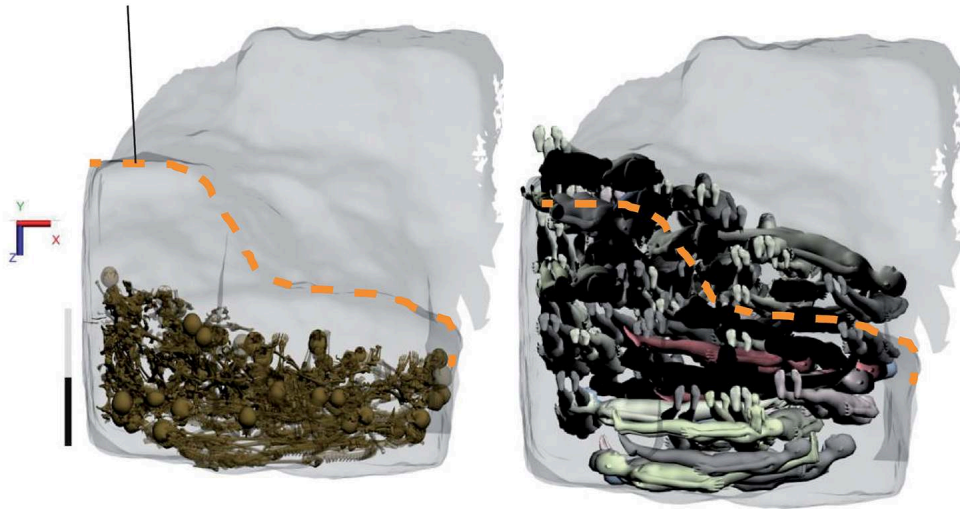
Voir pour comprendre

- 8 La possibilité de restituer tridimensionnellement chacun des individus déposés, que ce soit sous la forme de squelette ou d'individu en volume, modifie les procédés d'étude de la tombe. En effet, chaque os, chaque individu peut être étudié pour lui-même, mais également contextualisé aussitôt sans nécessiter une superposition lourde de différents calques.
- 9 Ainsi, l'étude des interactions entre les individus, et notamment la discussion sur les imbrications entre plusieurs sujets, argument pour un dépôt simultané ou quasi simultané est facilité par la visualisation sous tous les angles de l'ensemble funéraire. La restitution 3D en permettant une analyse fine des dépôts et plus spécifiquement de la succession de l'apport des corps contribue à la compréhension de leur chronologie. La restitution des corps en volume constitue un apport déterminant en permettant de visualiser le remplissage de l'espace funéraire, donnée trop peu souvent estimée. Pour la catacombe, cette restitution des volumes a permis d'établir de véritables jalons chronologiques en discutant le nombre maximal d'individus déposés en même temps et le nombre minimal d'individus squelettisés permettant l'apport de nouveaux corps. Ces jalons auraient été impossibles à définir sans l'utilisation de cette méthode (Sachau-Carcel 2014, fig. 3).

3. Restitution 3D sous la forme de squelettes et de corps de l'espace funéraire 18, le volume des corps excédant la hauteur du plafond en pointillé orange

niveau du plafond de l'espace funéraire

T18 (SSPM)



Sachau 2012

- 10 Toutefois, est-il utile de tout restituer ? Que peut-on attendre de cette nouvelle méthode de représentation ? Dans le cadre de la catacombe, les données archéologiques et anthropologiques recueillies, la conservation de l'espace funéraire et la fouille de l'intégralité des vestiges se prêtait particulièrement bien à la restitution 3D. Dans le cas des sépultures complexes déjà fouillées, la qualité et une relative exhaustivité de la documentation sont fondamentales. Sans l'acquisition des coordonnées dans les trois dimensions, X, Y et Z tout travail de restitution 3D *a posteriori* est inenvisageable. En effet, cette étape est particulièrement chronophage et chercher à obtenir par d'autres moyens ces informations spatiales constituerait une perte de temps certaine par rapport à la qualité et à la précision des informations finales obtenues.
- 11 La précision du modèle 3D créé est tributaire de la qualité des informations recueillies en amont. Au-delà de la qualité des données, les problématiques formulées en amont et lors de la fouille sont les meilleurs indicateurs quant au choix d'utiliser ou non un modèle 3D pour l'étude.

Méthodologie d'étude des sépultures collectives : quelle exploitation 45 ans après ?

- 12 La fouille du dolmen des Peirières (Villedubert, Aude, France) s'est déroulée sur 30 ans environ de 1973 à 2002 sous la direction de H. Duday et a fait l'objet d'un enregistrement exhaustif. Les vestiges humains sont extrêmement denses avec environ 100 000 restes squelettiques enregistrés sur les 10 m² centraux correspondant à la chambre du monument primitif. Tous les constituants de la sépulture ont été enregistrés : restes squelettiques, fragments de céramique, galets, faune (essentiellement malacologique), entre autres éléments.

Du relevé archéologique au système d'information géographique

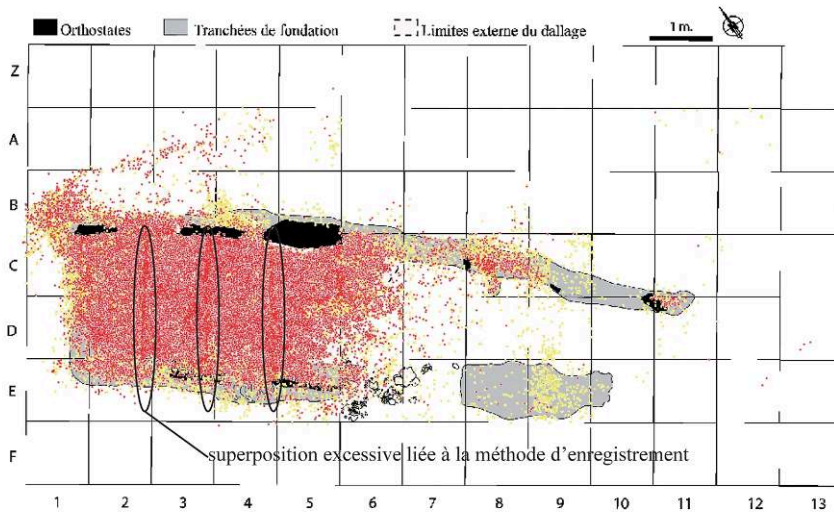
- 13 La numérisation de la documentation papier en vue de sa sauvegarde a offert l'opportunité de réfléchir à l'exploitation de ces données et aux outils à mettre en place pour l'étude. La très grande fragmentation des vestiges constitue une limite liée cette fois au matériel archéologique et non à la méthode. Dans ce cas est-il utile de restituer en 3D chaque fragment de chaque os ? Ce n'est pas l'os qui fait sens, mais la réflexion menée sur des catégories d'ossements ou encore sur la dispersion de plusieurs fragments d'un même os. La restitution tridimensionnelle était dans ce cas complètement inopérante. L'utilisation du SIG pour la phase d'acquisition des données a naturellement orienté le choix vers cet outil pour l'exploitation. De plus, les problématiques étaient tournées vers l'étude des éléments fragmentaires, notamment leur densité et leur répartition et non sur les ensembles anatomiques en connexion déjà étudiés. La possibilité de travailler sur les os adjacents, de formuler des requêtes, mais également d'obtenir des cartes de densité des vestiges a confirmé tout l'intérêt d'exploiter ces données sous leur forme spatiale.
- 14 Les relevés, une fois scannés, ont été intégrés dans un logiciel d'information géographique et repositionnés relativement selon la division en quart de mètre carré ou en mètre carré de la sépulture définie lors de la fouille. Les coordonnées correspondent au point central de chaque vestige pointé directement sur l'objet dessiné. L'exhaustivité des relevés, et leur très grande précision ont permis d'extraire les coordonnées spatiales (X, Y et Z) de chaque vestige. La base de données pensée dès le début de la fouille, a été complétée et homogénéisée pour l'exploitation au sein du SIG. Au final, ce sont 138 000 objets qui sont renseignés sur 54 champs différents et localisés au sein de la sépulture.
- 15 La phase la plus chronophage de ce travail a été la numérisation des 1350 relevés et 2750 pages de minutes de terrain. L'acquisition des coordonnées pour chaque vestige représente aussi un temps long comparé à l'exploitation immédiate que propose le SIG.

Quand la méthode interroge les méthodes

- 16 Lors de l'étude de la répartition spatiale des objets, plusieurs éléments de réflexion se sont dégagés tant sur le plan scientifique de l'étude de cette sépulture que sur le plan méthodologique. La confirmation visuelle de présupposés formulée lors l'investigation de la sépulture constitue une avancée également pour l'étude de ce site. La possibilité d'interrogation quasi sans limites de la base de données associée à la visualisation immédiate a conforté les choix méthodologiques opérés tout au long de la campagne de fouille. Toutefois, la mise en évidence de biais méthodologique est particulièrement intéressante. En effet, le positionnement d'un objet entre plusieurs mètres carrés différents a induit un enregistrement dans chacun des mètres carrés de l'objet tant que le lien n'a pu être effectué. Il en résulte une augmentation artificielle du nombre d'objets enregistrés et une superposition importante des vestiges situés à la limite entre chaque mètre carré. L'utilisation du SIG a donc permis de mettre en évidence un biais d'enregistrement plus de 45 ans après (fig. 4). Toutefois, sans l'exhaustivité de l'enregistrement des données archéologiques, aucun travail *a posteriori* n'aurait pu être envisagé. C'est en cela que la donnée archéologique brute constitue le point de départ de toute réflexion méthodologique. Les méthodes mises en place, les outils choisis ne

peuvent avoir du sens qu'au regard des données archéologiques recueillies. L'enregistrement demeurant ainsi le point central de tout travail dans nos disciplines.

4. Visualisation de l'enregistrement multiple d'un même objet reprenant les limites des carrés



plan de masse : C. Demangeot, SIG : Sachau 2014

Quelles méthodes pour un site en cours de fouille, l'exemple de la Porta Nocera (Pompéi, Italie) ?

- 17 La fouille programmée de la Porta Nocera à Pompéi (sous la direction de W. Van Andringa, Th. Creissen et H. Duday), est un terrain d'étude très favorable avec un investissement sur le temps long de la zone de fouille et une excellente conservation de tous les vestiges. Le temps alloué à la fouille permet de proposer, et tester de nouveaux protocoles, de nouveaux systèmes d'enregistrement ce qui constitue une opportunité rare. La fouille d'ensembles funéraires lors d'intervention programmée ouvre un champ de recherche méthodologique à explorer pour la mise en place de nouveaux protocoles d'enregistrement des sépultures qu'elles soient individuelles ou collectives. La réflexion peut ainsi être menée sur le temps long et les nouveaux protocoles peuvent être éprouvés avant d'être utilisés pour les sépultures plurielles. Un enregistrement 3D systématique des unités stratigraphiques a été mis en place sur une zone complète ainsi que pour une sépulture d'un enclos funéraire (Van Andringa *et al.* 2015) lors de la fouille de deux nouveaux secteurs de la Porta Nocera dès 2014.

Méthodologie d'enregistrement

- 18 Deux stratégies d'enregistrement distinctes ont été testées de manière exploratoire sur la nécropole de la Porta Nocera afin de répondre à différentes problématiques. D'un point de vue méthodologique, les interrogations portaient sur le temps nécessaire à la production d'un modèle 3D pour chaque unité stratigraphique, sur la pertinence d'un enregistrement systématique et les différences ou la complémentarité des données par

rapport aux enregistrements classiques. D'un point de vue de l'exploitation scientifique des modèles 3D, les problématiques étaient centrées sur la caractérisation d'un espace voué à une utilisation funéraire et l'apport dans la compréhension de la constitution d'une sépulture dans un enclos funéraire.

- 19 Les modèles 3D ont été réalisés à partir d'une acquisition photogrammétrique des deux zones d'intérêt. Les contraintes liées au terrain tel que l'absence d'électricité, la superficie à couvrir et l'accessibilité des sépultures ont orienté le choix vers cet outil.
- 20 Pour le secteur A, qui s'étend sur 250 m² environ, une acquisition de chaque unité stratigraphique mise au jour a été réalisée, quotidiennement (voire plus) sur toute la durée de la fouille et toujours par le même opérateur (fig. 5).

5. Visualisation de la photogrammétrie de deux états de fouille 2015 et 2016



2015



2016

Sachau 2016

- 21 Pour la sépulture à crémation secondaire, l'acquisition a porté sur chaque étape de la fouille et non sur chaque unité stratigraphique, certaines étant trop ténues, notamment celles contenant les vestiges crémés. La prise de photographies a été réalisée par le fouilleur lui-même en autonomie.
- 22 L'ensemble des photogrammétriques est géoréférencé.

Confrontation des méthodes d'enregistrement

- 23 Pour la zone A, 52 unités stratigraphiques ont ainsi été enregistrées sur deux campagnes d'un mois. Les modèles 3D n'ont pas tous été générés systématiquement, mais plutôt à la demande en fonction des besoins. Lors de la fouille, ils ont servi notamment à extraire des orthophotographies et des coupes, à situer spatialement les objets en l'absence de topographie, ou encore, pour le prélèvement d'objets. En post-fouille, ils sont venus en appui pour les relevés pierre à pierre d'un enclos funéraire,

pour l'observation des coupes et des élévations en confrontant les observations de terrain, les relevés et les modèles 3D. Les modèles 3D ont aussi contribué à compléter les données acquises sur le terrain avec la possibilité de générer des coupes, à visualiser l'ensemble de la zone unité par unité et, ainsi à discuter plus précisément la stratigraphie entre les différents secteurs de fouille.

- 24 L'étape la plus contraignante de la photogrammétrie a été l'immobilisation du terrain pendant la prise de photographies. L'enregistrement 3D s'est révélé complémentaire des minutes de terrain et a pu se substituer dans certains cas aux relevés (planimétrique ou en élévation). La photogrammétrie sur cette zone a efficacement remplacé l'absence de topographie. La possibilité de « re »fouiller virtuellement la zone fouillée constitue une sauvegarde précieuse des informations du terrain et notamment des volumes dégagés tels que la hauteur des couches de lapillis.
- 25 Pour la sépulture à crémation, les modèles 3D ont également constitué un document de travail pour le relevé, les coupes, et contribuent à documenter les états de fouille (fig. 6). Enfin, ils documentent surtout les différentes étapes d'élaboration de la tombe. La création d'un modèle 3D par sépulture et par enclos permet aussi de les confronter plus facilement toutes les sépultures n'étant pas fouillées durant la même campagne.

6. Visualisation des différentes étapes de fouille d'une des tombes de l'enclos 1F acquies par photogrammétrie par le fouilleur, A : Vue de dessus de la tombe avant la fouille, B : vue de $\frac{3}{4}$ après dégagement de la première unité stratigraphique, C : vue supérieure de la tuile fermant la tombe, D et E : vue $\frac{3}{4}$ supérieure et de profil de la tombe entièrement fouillée avec le dégagement complet de la stèle, des parois en tuiles et du conduit à libation, extraits des modèles 3D



mission Porta Nocera 2

- 26 Le changement d'échelle entre une vaste zone et une sépulture a nécessité d'adapter les protocoles d'enregistrement. L'enregistrement exhaustif mené sur la zone A est particulièrement intéressant et l'immobilisation du terrain (de l'ordre de 30 minutes maximum selon la superficie à enregistrer) relativement faible au regard des résultats obtenus lors de l'exploitation. Le gain de temps majeur se porte sur la multiplication des coupes transversales lors du questionnement sur la contemporanéité de plusieurs

unités stratigraphiques de part et d'autre de l'enclos funéraire. Le modèle 3D n'apporte pas en soi une réponse, mais contribue au même titre que l'ensemble des données archéologiques à étayer les hypothèses formulées. L'appréciation du volume fouillé, de la sépulture, demeure quant à lui un apport original pour l'étude de ces structures. Les observations réalisées sur le volume du remplissage de la tombe occupé par les tuiles et les restes de la crémation sont des informations originales qui contribuent aux questionnements sur la caractérisation de ces sépultures (modalités de construction, fonctionnement sur le temps long).

Conclusion

- 27 Le choix des outils pour les sépultures collectives et multiples déjà fouillées repose essentiellement sur la nature du site, la complexité de la structure et les données disponibles. L'acquisition *in situ* ou la restitution 3D *a posteriori* permet de répondre à des problématiques formulées dès la phase de terrain ou lors de l'étude tant pour le dépôt des corps que pour l'aménagement. Ce n'est pas la réalisation d'un modèle 3D ou l'intégration dans un SIG qui est important, mais bien le soin apporté aux recueils des informations de terrain sans lequel il n'est pas possible d'utiliser ces nouveaux outils. Le cas des Peirières est exceptionnel par la méthodologie mise en place et la qualité de la documentation est telle qu'il a été possible de discuter des biais méthodologiques de cette fouille. Certes, l'utilisation d'outils 3D dans ce contexte n'était pas pertinente, mais la donnée archéologique était parfaitement maîtrisée ce qui a assuré sa pérennité et permis son exploitation avec des outils qui n'existaient pas lors de la phase de terrain. L'utilisation d'outils 3D que ce soit pour l'enregistrement *in situ* ou l'étude archéoanthropologique n'affranchit pas d'un recueil minutieux dès la phase de terrain des données sous toutes ces formes : minutes de terrain, photographies. La conservation des données brutes, telles que la photographie pour la photogrammétrie ou encore des nuages de points pour la lasergrammétrie, au même titre que les données archéologiques doivent être pensées systématiquement et intégrées dans nos protocoles, tant sur le terrain que lors de leur exploitation.

BIBLIOGRAPHIE

Castex et al. 2011, CASTEX D., BLANCHARD Ph., KACKI S., Réveillan H., Giuliani R., Le secteur central de la catacombe des Saints Pierre-et-Marcellin (Rome, I^{er}-III^e siècle). Indices archéologiques d'une crise brutale de mortalité in *Mélanges de l'École française de Rome, Antiquité*, 2011, p. 276-282.

Sachau-Carcel 2014, SACHAU-CARCEL G., From Field Recording Of Plural Burials To 3d Modelling. Evidence From The Catacomb Of Sts. Peter And Marcellinus, Italy, in A.-M. Tillier (eds.), *Anthropologie, International Journal of Human Diversity and Evolution*, 2014, p. 285-297.

Van Andringa et al. 2015, VAN ANDRINGA W., CREISSEN Th., DUDAY H., *Porta Nocera 2, Campagne de fouille 2015 : naissance et développement d'un paysage funéraire romain (I^{er} siècle av. J.-C. - I^{er} siècle apr. J.-C.)*, Pompéi, 2015, rapport de fouille.

Vergnieux 2015, VERGNIEUX R., De la CAO à la photogrammétrie : 30 ans d'exploration des nouveaux usages de la3D pour les SHS, in Vergnieux R., Delevoie C., *Virtual Retrospect 2013, Nov 2013*, Pessac, France, Ausonius, Archéovision, 6, 2015, p. 173-177. <hal-01920003>

AUTEUR

GÉRALDINE SACHAU-CARCEL

UMR 5140 ASM, archéologie des sociétés méditerranéennes, Université Paul Valéry, route de Mende, 34199 Montpellier — g.sachau@outlook.fr