MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE

BULLETIN
DE L'INSTITUT FRANÇAIS
D'ARCHÉOLOGIE ORIENTALE

en ligne en ligne en ligne en ligne en ligne en ligne en ligne en ligne en ligne en ligne

BIFAO 114 (2015), p. 375-396

Olivier Onézime, Gaël Pollin

La place de la photogrammétrie en égyptologie et en archéologie égyptienne. Réflexions méthodologiques et premiers résultats sur les chantiers de l'Ifao

Conditions d'utilisation

L'utilisation du contenu de ce site est limitée à un usage personnel et non commercial. Toute autre utilisation du site et de son contenu est soumise à une autorisation préalable de l'éditeur (contact AT ifao.egnet.net). Le copyright est conservé par l'éditeur (Ifao).

Conditions of Use

You may use content in this website only for your personal, noncommercial use. Any further use of this website and its content is forbidden, unless you have obtained prior permission from the publisher (contact AT ifao.egnet.net). The copyright is retained by the publisher (Ifao).

Dernières publications

9782724711264	*La chapelle d'Osiris Ounnefer Neb-djefaou*	Laurent Coulon
9782724711752	*Guide du Caire Islamique*	Hadrien Collet
9782724711660	*Mélanges de l'Institut dominicain d'études orientales 41*	Adrien Candiard (éd.)
9782724711745	*Bulletin archéologique des Écoles françaises à l'étranger (BAEFE)*	
9782724711271	*Du côté de chez Zeus*	Emmanuel Botte (éd.), Hélène Cuvigny (éd.), Michel Reddé (éd.)
9782724711677	*La Description de l'Égypte*	Paul-Marie Grinevald
9782724711714	*La pensée et la pratique pharmacologiques d'Avicenne*	Sylvie Ayari
9782724711899	*BCAI 40*	

© Institut français d'archéologie orientale - Le Caire

La place de la photogrammétrie en égyptologie et en archéologie égyptienne Réflexions méthodologiques et premiers résultats sur les chantiers de l'Ifao

OLIVIER ONÉZIME, GAËL POLLIN

L'utilisation de la photogrammétrie en contexte archéologique et architectural n'est pas un phénomène nouveau. L'Institut géographique national (IGN, Paris) a, par exemple, depuis sa création en 1940, participé à de nombreux travaux de documentation du patrimoine architectural de par le monde en employant cette méthode (relevé photogrammétrique du temple d'Abou Simbel et des monuments du site de l'Acropole d'Athènes notamment)[1]. De même, la discipline est loin d'être récente. Dès 1849, un officier de l'armée française, Aimé Laussedat, eut l'idée d'utiliser des photographies de paysages non seulement pour observer le terrain, mais aussi pour le mesurer. Nous lui devons l'invention de cette technique qui sera seulement par la suite appelée photogrammétrie.

Jusqu'à récemment encore, le coût élevé du matériel et les processus complexes de traitement des photographies faisaient hésiter la plupart des chercheurs à choisir cette méthode de relevé. Totalement délaissées au début des années 2000 au profit des technologies laser, les techniques associées à la photogrammétrie connaissent aujourd'hui un regain d'intérêt grâce au développement et à la démocratisation du matériel numérique et des méthodes de traitement (optimisation des calculateurs et des algorithmes).

Les multiples tests réalisés ces dernières années en archéologie ont permis de démontrer l'intérêt de cette approche en complément des relevés traditionnels en termes de rapidité, de précision, de quantité d'informations acquises, de possibilités de traitement en post-opération et de valorisation. Il semble ainsi aujourd'hui fondamental de promouvoir en égyptologie le développement de ces techniques d'enregistrement des données, celles-ci étant dotées

1 Bonneval 1958-1959 ; Bonneval 1961 ; Carbonnel 1964 ; Carbonnel 1971.

BIFAO 114 (2015), p. 375-396 Olivier Onézime, Gaël Pollin
La place de la photogrammétrie en égyptologie et en archéologie égyptienne. Réflexions méthodologiques et premiers résultats sur les chantiers de l'Ifao
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

d'avantages incontestables. Elles ouvrent la voie vers de nouvelles perspectives scientifiques, elles entraîneront nécessairement un changement de point de vue sur les objets d'étude et elles présentent, en outre, un grand potentiel de communication. Ce sont ces avancées que nous proposons d'examiner à travers notre expérience sur les chantiers de l'Ifao.

Questions de définitions

Le relevé en archéologie

C'est un truisme de dire que la fouille archéologique est par nature destructrice. Il n'est cependant pas inutile de le rappeler puisque c'est cette particularité qui mène, dans des disciplines telles que la topographie et la photographie, à rechercher constamment les moyens d'améliorer les pratiques et proposer des documents toujours plus précis et plus proches de la réalité.

L'archéologue a la responsabilité d'assurer la préservation des vestiges qu'il fouille, grâce à leur documentation et leur étude, et ce d'autant plus lorsque leur conservation physique s'avère impossible.

Dans ce cadre, le relevé constitue donc un principe nécessaire à la sauvegarde mémorielle des sites et il est indispensable à leur analyse.

Le champ sémantique du mot « relevé » est relativement vaste et peut, selon les spécialités, renvoyer à des productions assez différentes. Le point essentiel sur lequel il est souhaitable de mettre l'accent concerne la distinction entre le relevé qui transcrit l'interprétation de son auteur et celui qui a pour objectif d'enregistrer des données brutes. Ordinairement, les différents relevés effectués en archéologie appartiennent à la première catégorie : leur réalisation est conditionnée par l'idée que l'auteur se fait de la structure à relever, par la compréhension qu'il en a, par sa maîtrise des techniques mises en œuvre et des canons de représentation, et enfin par la finalité poursuivie. Bien que l'on puisse compenser, dans une certaine mesure, la part de subjectivité inhérente à ce type de relevé en utilisant des moyens technologiques adaptés et des points de références contrôlables, il n'en demeure pas moins que le but dans ce cas n'est pas tant la recherche de l'objectivité et de l'exhaustivité que la volonté d'illustrer, dès la phase de terrain, une démarche analytique et la future interprétation des vestiges. L'usage de la topographie classique – tachéomètre – en archéologie entre dans ce cadre, puisqu'elle reste dépendante des points enregistrés et donc de la personne qui en a fait le choix.

La seconde catégorie de relevés s'est trouvée propulsée sur le terrain archéologique avec le développement des technologies d'acquisition tridimensionnelle, comme le scanning laser ou la photogrammétrie numérique. Dans le domaine qui nous intéresse, la notion de 3D renvoie à la représentation numérique d'un objet ou d'une scène dans l'espace et dans son environnement, suivant un référentiel isométrique. Comme son nom l'indique, la numérisation 3D permet de restituer les volumes avec exactitude mais elle allie également rapidité d'exécution, absence de contact direct avec l'objet, exhaustivité, précision et haute définition des modèles générés. Elle s'affranchit surtout des erreurs et déformations inhérentes à la projection bidimensionnelle et de l'interprétation qui intervient alors dans un deuxième temps.

Ces technologies ont déjà été utilisées en Égypte depuis de nombreuses années, mais elles concernent essentiellement des vestiges monumentaux à caractère exceptionnel : le temple

BIFAO 114 (2015), p. 375-396 Olivier Onézime, Gaël Pollin
La place de la photogrammétrie en égyptologie et en archéologie égyptienne. Réflexions méthodologiques et premiers résultats sur les chantiers de l'Ifao
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

d'Opet[2] et la grande salle hypostyle du temple d'Amon à Karnak[3], la pyramide de Djoser à Saqqara[4], le plateau de Guiza[5], Tell el-Amarna[6], ou encore la tombe de Séthi I^er^ dans la Vallée des Rois[7]. Pourtant, leurs potentialités sont telles qu'elles sont de plus en plus exploitées en archéologie dans d'autres régions du monde, y compris pour le relevé de structures « simples » au cours des opérations de fouilles[8].

C'est vers un développement plus général de l'acquisition tridimensionnelle des données de terrain que nous avons dirigé nos recherches et nos interventions sur les chantiers de l'Ifao depuis 3 ans, en nous orientant dans un premier temps vers la photogrammétrie numérique terrestre.

Photogrammétrie et « correspondance d'image par corrélation dense » : définition des termes et principe général

La photogrammétrie est la technique permettant, à partir de photographies, d'étudier et de définir avec précision les formes, les dimensions, et la position dans l'espace d'un phénomène quelconque[9]. L'acquisition 3D se fait en utilisant la parallaxe obtenue entre des images acquises selon des points de vue différents (prise de vue stéréoscopique). Plusieurs méthodes peuvent être mises en œuvre pour l'acquisition 3D[10]. Celle que nous utilisons est la « correspondance d'image par corrélation dense ». Elle peut se pratiquer à l'aide de différents logiciels[11] qui procèdent généralement par les mêmes étapes de création du modèle :

– La première étape consiste en la recherche d'éléments caractéristiques identiques (appelées les primitives), présents sur deux ou plusieurs photographies (tel que le contour d'un objet par exemple). Cette identification doit être robuste, quelles que soient les conditions d'éclairage, de rotation ou de translation des images et ainsi peu sensible aux changements d'échelle. Le développement d'algorithmes complexes, type détecteur SIFT, a permis d'automatiser la détection des primitives. Le détecteur SIFT va ainsi fournir les détails identiques mais aussi permettre l'appariement par couple d'images ;

– De manière simultanée, les logiciels effectuent une étape indispensable à la géométrie du futur modèle : l'autocalibration. C'est en effet au cours de cette étape que seront déterminés les paramètres de corrections des déformations optiques (longueur focale, position du centre optique, information sur la distorsion de l'image, etc.) et que seront calculées les positions spatiales des points clef et des caméras ;

2 Chazaly, Laroze 2005.
3 Chandelier *et al.* 2009.
4 Kawae *et al.* 2009.
5 Giza Plateau Mapping Project.
6 Amarna 3D Scanning Project (http://www.amarnaproject.com/).
7 Ahmon 2004.
8 Consulter la revue *Archéopages* de juillet 2012 pour quelques exemples récents en France réalisés par l'Inrap.
9 Définition établie par l'Ensg, août 2011.
10 La « correspondance d'image par corrélation dense » (développée à partir de la fin des années 1990), la stéréoscopie et la stéréophotogrammétrie (lancées grâce aux travaux de Charles Wheastone en 1832) sont des outils de la photogrammétrie.
11 Parmi les logiciels d'acquisition 3D, nous avons d'abord testé les logiciels libres (Bundler, Pmvs, Cmvs, Micmac, Visual SFM) qui ont permis de réaliser de nombreux essais. Les résultats obtenus ne répondant pas toujours à nos attentes (en terme de précision et de facilité de mise en œuvre notamment), nous avons finalement opté pour le logiciel de la société AgiSoft, PhotoScan, plus conforme à nos exigences.

BIFAO 114 (2015), p. 375-396 Olivier Onézime, Gaël Pollin
La place de la photogrammétrie en égyptologie et en archéologie égyptienne. Réflexions méthodologiques et premiers résultats sur les chantiers de l'Ifao
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

– Il s'ensuit une phase de reconstruction dense (autocorrélation), qui permet, en utilisant les données issues de la calibration, de générer un nuage de points beaucoup plus dense que celui obtenu avec les primitives initiales. La plupart des logiciels offrent la possibilité de paramétrer la densité finale du nuage, le principe de base étant que plus la définition d'une image est élevée, plus elle sera susceptible de fournir un nuage de points détaillé et plus le résultat sera « lourd » et donc long à obtenir. Chaque point créé reçoit la couleur du pixel qui lui est associé, ce qui fait qu'aucune manipulation de « mappage » n'est ensuite nécessaire ;

– Enfin, tous les points du nuage sont reliés afin de créer une surface : c'est le maillage.

Dans la pratique, toutes ces étapes sont automatisées et l'utilisateur ne doit gérer que la « finesse » (nombre de triangles) du modèle généré. C'est à partir du modèle triangulé que l'opération de texturage pourra se faire. Cette phase, indispensable à la compréhension de l'objet 3D, peut être artificielle (informatique en fausse couleur) ou photoréaliste.

Grâce à cette méthode, il est possible d'obtenir à partir d'images numériques, de façon automatique et sans étalonnage de l'appareil photo, un modèle 3D qui se révèle être, dans la plupart des cas, d'une qualité géométrique comparable à celle obtenue avec les scanners laser.

Avantages et limites de la photogrammétrie

La photogrammétrie numérique a été choisie parmi les solutions de numérisation 3D car elle présente de nombreux atouts :

– Un faible investissement comparé aux technologies laser. Cependant, le montant réel de l'investissement doit être nuancé en fonction de la résolution et de la précision finales recherchées. Même s'il est tout à fait possible d'obtenir des résultats corrects avec un APN compact d'entrée de gamme, la qualité du capteur et celle de l'optique détermineront la richesse en détails du document final. On s'orientera donc plus volontiers vers un appareil de type réflex professionnel (plein format) équipé d'une optique de qualité. En matière de traitement d'images, la quantité souvent considérable de photographies à traiter requiert l'utilisation d'une station de travail performante qui peut s'avérer relativement coûteuse. Par ailleurs, pour que le modèle soit conforme à la réalité de l'objet initial, il doit être géoréférencé dans un système préalablement défini par l'utilisateur : cela peut se faire de manière simple avec une « mire/échelle » de fabrication artisanale ou par le positionnement de cibles à l'aide d'un tachéomètre, impliquant un surcoût non négligeable qu'il convient de prendre en compte ;

– Une technologie qui s'adapte parfaitement à la complexité des formes naturelles (relief, cavité, sous-terrain, tombe, etc.), aux zones encombrées ou aux espaces qui n'autorisent que peu de recul (façade de temple). Elle s'avère tout aussi efficace pour les enregistrements de vestiges fragiles, difficilement accessibles, potentiellement dangereux (comme les architectures monumentales ou les grandes coupes) ou ceux rencontrés dans des situations d'urgence ;

– Une précision du modèle créé qui permet, notamment, d'associer les relevés architecturaux aux relevés épigraphiques, jusque-là effectués indépendamment ;

– La possibilité d'obtenir des orthoimages (ou orthophotographies) des vestiges relevés ; Il s'agit d'une image qui possède la géométrie d'une carte tout en conservant un rendu

© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

photoréaliste. Elle est de plus géoréférencée, c'est-à-dire que tous ses pixels sont connus en coordonnées terrain. Elle ne présente donc aucune déformation due aux reliefs de la scène photographique, aux distorsions optiques et à l'inclinaison de l'axe de prise de vue. C'est un document métrique parfaitement utilisable comme support de mesures et de dessin ;

– Une souplesse de mise en œuvre qui autorise plusieurs relevés au cours d'une même opération, permettant d'obtenir un état non interprétatif du chantier à un moment déterminé ;

– Une restitution fidèle des vestiges dans leur contexte ;

– Un relevé non interprétatif et exhaustif (dans la limite du visible) qui offre la possibilité de retrouver et de diffuser à n'importe quel moment l'objet originel sous la forme de son modèle 3D.

Les difficultés rencontrées lors des calculs qui suivent les campagnes de levés photogrammétriques trouvent leur origine dans les paramètres de prises de vue. En effet, les algorithmes des logiciels utilisent les données EXIF[12] de la photographie (définition, résolution, taille, optique). Or, pour que les calculs s'effectuent sans problème, ces informations doivent être les meilleures possibles et il faut par conséquent rechercher des conditions de prise de vue optimales. S'il est simple de faire une photographie « de travail », il s'avère beaucoup plus complexe de prendre de nombreux clichés remplissant tous les critères de qualités requis pour les calculs : grande profondeur de champ, suppression du flou de bougé (notamment pour les longues focales), radiométrie homogène, sensibilité (ISO) contrôlée, balance des blancs : tous ces paramètres doivent être parfaitement maîtrisés au moment de la prise vue. Une baisse de qualité peut générer un « trou » dans le modèle. Dans le cas d'une fouille où la structure archéologique a déjà été démontée, cette absence d'information peut s'avérer désastreuse.

La radiométrie (éclairage) reste le facteur le plus contraignant. Un site en extérieur où la radiométrie est homogène (couverture nuageuse sans ombres portées sur le sujet) représente la situation idéale : les différents paramètres de réglage évoqués précédemment y seront plus facilement maîtrisables. Néanmoins, ces conditions ne se rencontrent que rarement. Pour y remédier, il faut s'adapter aux contraintes de terrain en travaillant par exemple très tôt le matin ou au coucher du soleil. Mais là encore, il est essentiel de trouver un juste équilibre entre sensibilité et profondeur de champ[13]. Même si l'alternance de zones d'ombre et d'ensoleillement n'est pas un réel problème pour la chaîne de calcul, les forts contrastes peuvent en effet gêner l'interprétation des images et entraîner une dégradation au moment du texturage du modèle final : lorsque seul le volume est recherché, la perte d'information est négligeable, mais si la texture revêt une importance dans la compréhension du sujet, le résultat peut être inutilisable, avec les conséquences que cela implique.

Les cas les plus problématiques, et les plus fréquents en ce qui concerne l'archéologie en Égypte, se rencontrent dans les lieux mal éclairés tels que les tombes ou les intérieurs de temples par exemple. L'absence totale de lumière dans ces conditions nécessite l'emploi d'un éclairage externe : flash ou lumière artificielle continue. A. Arles, de l'équipe d'Arkemine, a largement

12 Données EXIF (Exchangeable image file format) : informations enregistrées au moment de la prise de vue par les appareils photo numériques et intégrées à la photographie (date et heure, paramètres de prise de vue, géolocalisation, type de boîtier et objectif utilisé, etc.).

13 Ainsi, l'excès de « bruit » implique une perte de qualité dans le rendu, et le surplus de flou est susceptible de stopper le calcul.

BIFAO 114 (2015), p. 375-396 Olivier Onézime, Gaël Pollin
La place de la photogrammétrie en égyptologie et en archéologie égyptienne. Réflexions méthodologiques et premiers résultats sur les chantiers de l'Ifao
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

expérimenté l'utilisation du flash frontal pour le relevé de mines par photogrammétrie. Les résultats sont tout à fait probants. Ce procédé permet de s'affranchir aisément des problèmes d'éclairage dans les tombes notamment, où seule l'information volumétrique est prise en compte. Des logiciels libres tels que CloudCompare, Meshlab, ou Blender facilitent en outre la création de sources d'éclairages artificielles que l'on peut faire varier à l'infini, offrant un rendu plus esthétique. Mais cette méthode est difficilement utilisable dès lors que l'on souhaite générer une orthoimage à des fins de vectorisation, l'identification d'un motif ou d'une inscription pouvant s'avérer totalement impossible. Dans ces conditions, l'utilisation d'un éclairage continu est indispensable. Toutefois, les tests réalisés ont montré qu'il est tout à fait possible d'intégrer à la chaîne de calcul plusieurs « niveaux » d'image : une série destinée à la modélisation, dont la qualité graphique importe peu mais qui va garantir la robustesse du volume, puis une série prise dans des conditions d'éclairage idéales (plusieurs flashs, etc.), avec comme résultat une image métrique d'une qualité parfaite pour l'étude et la publication. Cela dit, ce procédé est difficilement applicable dans le cas de grands volumes et actuellement, seules quelques parois décorées ont fait l'objet d'un tel traitement qui nécessite du matériel d'éclairage professionnel. Le recours au scanner laser pourrait s'avérer dans ce cas plus adapté.

Les applications de la photogrammétrie [PL. I]

Les possibilités d'application de la photogrammétrie dans les disciplines du patrimoine sont celles qui découlent de la nature des modèles 3D, dont l'utilisation se révèle extrêmement étendue. De manière synthétique, on peut distinguer trois grandes familles d'applications : la numérisation 3D en vue de l'étude, de la documentation, de la conservation et de la valorisation ; la reproduction physique (à différentes échelles) des objets modélisés, dans le cadre de travaux de restauration ou de présentation au public ; la reconstitution hypothétique des vestiges, utilisée comme support à l'analyse ou comme outil pédagogique. À l'heure actuelle, l'essentiel des travaux menés par l'Ifao entre dans la première catégorie d'applications. Plusieurs équipes en Égypte ont cependant abordé les autres problématiques à partir de relevés par scanner laser ou photogrammétrie (Giza 3D Project développé par Dassault Systèmes, réplique de la tombe de Toutânkhamon par la société Factum Arte, par exemple).

À l'issue de la phase de rendu logicielle, un certain nombre de produits sont obtenus, qui dépendent directement du mode d'acquisition et du traitement, et parmi lesquels on distinguera :

– **le nuage de points** : ensemble de points décrits par leurs coordonnées *X, Y, Z* et les trois couleurs *R, V, B* (rouge, vert, bleu) ;

– **le modèle 3D filaire** : représentation d'un objet par ses lignes caractéristiques, qui sont traduites sous forme de polylignes. Aucune information de surface ou de volume ne peut être extraite de ce modèle ;

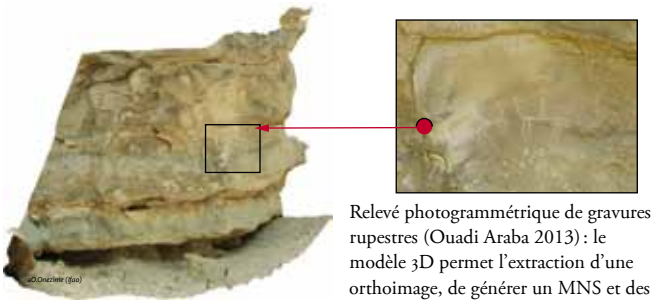
– **le MNT (modèle numérique de terrain) et le MNS (modèle numérique de surface)** : le premier correspond à la représentation de la topographie (altimétrie ou bathymétrie) d'une zone terrestre ou subaquatique sous un format informatique ; le second inclut la représentation des objets en sursol. Dans les deux cas, l'illustration doit être géoréférencée afin de correspondre à la réalité ;

BIFAO 114 (2015), p. 375-396 Olivier Onézime, Gaël Pollin
La place de la photogrammétrie en égyptologie et en archéologie égyptienne. Réflexions méthodologiques et premiers résultats sur les chantiers de l'Ifao
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

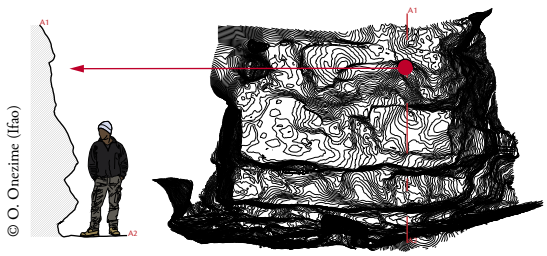


Crédit photo © Ifao

Relevé manuel d'inscriptions rupestres : Khaled Zaza (Ifao), Égypte, île de Séhel.



Relevé photogrammétrique de gravures rupestres (Ouadi Araba 2013) : le modèle 3D permet l'extraction d'une orthoimage, de générer un MNS et des profils. Il rend ainsi possible la remise en contexte de l'inscription en une seule étape et à partir d'un seul document.



© O. Onezime (Ifao)



Crédit photo © Claude Traunecker

Relevé manuel de la colonnade de Taharqa : Françoise Laroche-Traunecker-Égypte 1978.



Modèle 3D d'une colonne du Mammisi de Dendara-Égypte-(mission 2013) : le relevé peut-être effectué directement du sol, supprimant ainsi le danger lié à l'utilisation de l'échelle.



© O. Onézime (Ifao)

Site de Deir el-Médineh : chapelle TT 002 : modèle 3D texturé d'un couple de statues (mission 2013).



© O. Onézime, G. Pollin (Ifao)

Site de Samut nord, désert Oriental : modèle 3D d'un fait archéologique (mission 2014).



© O. Onézime (Ifao)

Site de Deir el-Médineh : chapelle TT 291 : modèle 3D texturé de la chapelle (mission 2014).

Pl. I. – Quelques exemples d'applications de la photogrammétrie sur différents chantiers en Égypte.

© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

– **le modèle triangulé** : représentation dans laquelle les points du nuage sont reliés pour former une succession de polygones créant ainsi une surface.

L'utilisation concrète qui va être faite de ces produits de base se conçoit selon quatre approches méthodologiques principales[14] déterminées par quatre types d'objectifs différents, ici directement mis en pratique sur le terrain égyptien :

– **Exactitude du modèle géométrique** : « toutes les informations, ou presque, acquises en phase de numérisation 3D sont exploitées pour la génération d'un modèle polyédrique décrivant la géométrie de l'objet de la façon la plus cohérente possible avec les points saisis »[15]. Pour vérifier l'exactitude de la géométrie du modèle obtenu, il est nécessaire de se donner des moyens de contrôle : l'un d'entre eux est l'utilisation de points de vérification, c'est-à-dire des points qui seront connus dans le système de référence du modèle mais qui ne seront pas utilisés pour sa construction. L'expérience sur les chantiers de l'Ifao montre que cette approche méthodologique est systématique, mais rarement seule : ce pourrait être le cas dans un avenir proche avec le projet de relevés photogrammétriques aériens, pour la réalisation de cartes sur des zones étendues, à l'échelle d'un ouadi par exemple. Les clichés pris à partir de drone, de ballon ou de cerf-volant sont directement exploitables dans les logiciels de photogrammétrie. En Égypte, les levés à grande échelle sont partie intégrante de notre travail, mais ces opérations sont longues, fastidieuses et elles s'étalent souvent sur plusieurs années. La précision, la rapidité d'acquisition et la facilité de mise en œuvre de la photogrammétrie permettraient d'envisager des levés jusque-là impensables au moyen des techniques classiques, avec un gain de temps considérable. Un de nos objectifs à court terme serait de tester la modélisation de terrain par caméra embarquée, ce qui soulève des questions de permission de la part des autorités compétentes qui devront nécessairement être prises en compte ;

– **Exigence de description** : objectif d'analyse et de représentation par l'acquisition d'« un ensemble d'informations pertinentes pour la restitution des seuls aspects pris en compte[16] ». L'extraction d'un certain nombre de documents (coupes, sections, profils) avec une très grande précision est réalisée selon des plans paramétrés ou libres. L'étude de la géométrie du sujet (mesures, calcul de volume, étude du relief) et le contrôle (détection et suivi) des altérations de tous ordres par comparaison de modèles successifs géoréférencés, orientent vers les analyses et les interventions à effectuer en priorité. Cette approche représente là encore la base de notre travail ;

– **Restitution de l'apparence visuelle** : informations photographiques associées à une description géométrique sommaire. Envisagée de manière isolée, cette approche est peu utile en archéologie égyptienne et en égyptologie ; nous l'utilisons en revanche de manière quasi systématique en combinaison avec les deux précédentes ;

14 Ces approches méthodologiques ont été définies par le Laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS-MCC) : http://www.map.archi.fr/3D-monuments/etudemcc/Etude3D/Catalogue.html.

15 Laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS-MCC) : http://www.map.archi.fr/3D-monuments/etudemcc/Etude3D/Catalogue.html.

16 Laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS-MCC) : http://www.map.archi.fr/3D-monuments/etudemcc/Etude3D/Catalogue.html.

© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

– **Une recherche combinant plusieurs aspects à la fois** : « la saisie d'informations métriques et photographiques est prise en compte en fonction des différents niveaux de complexité géométrique que l'objet patrimonial présente et par rapport aux contraintes spécifiques de plusieurs besoins d'analyse[17]. » C'est principalement selon cette approche méthodologique que sont orientés nos travaux, dont nous présenterons quelques exemples un peu plus loin. Elle s'avère particulièrement pertinente dans le cas des vestiges archéologiques découverts en prospection terrestre[18] et sur lesquels nous avons peu de chance de pouvoir revenir (*graffiti* ou inscriptions rupestres dans le désert, ermitages, par exemple), ou qui ne feront l'objet que d'une campagne de fouille unique (sites ensevelis périodiquement par les dunes comme c'est le cas autour de l'oasis de Kharga, vestiges fortement soumis aux dégradations d'origine anthropique comme les sites miniers du désert Oriental toujours en activité aujourd'hui). La recherche de l'exhaustivité est alors prédominante, et la combinaison des approches indispensable.

Réflexions méthodologiques

Le développement des techniques d'acquisitions tridimensionnelles et l'intégration de la 3D dans la démarche archéologique constituent une étape dans l'évolution des procédés documentaires, qui peut être comparée à celle du passage de la photographie noir et blanc à la couleur puis de l'argentique au numérique. Il est important d'insister sur le fait que le relevé tridimensionnel ne doit pas être considéré comme une entité isolée et indépendante. Au contraire, il n'est qu'un des maillons de la chaîne opératoire dont l'élaboration commence bien avant le démarrage du chantier. Il n'a pas vocation à être systématiquement utilisé mais vient en complément des méthodes classiques, dans certaines situations qui doivent faire l'objet d'une réflexion méthodologique préalable. C'est uniquement à cette condition que la 3D aura sa place dans la chaîne graphique et libérera tout son potentiel analytique.

Hormis les cas d'urgence avérée, où l'objectif est de documenter un site de la manière la plus exhaustive possible en un minimum de temps, sans tenir compte des exigences requises pour le traitement des données qui peut se faire à plus long terme, certains choix techniques préopératoires sont indispensables, notamment en ce qui concerne le matériel de prise de vue. La question est importante et mérite réflexion, car il est souvent impossible de revenir sur le sujet d'étude. Les tolérances en matière de précision (échelle et détail des éléments traités), doivent donc être déterminées avant la campagne de relevé photographique puisque la marge d'erreur et la plage d'utilisation des données sont conditionnées par la qualité du matériel employé.

La photogrammétrie permet d'obtenir, rapidement et facilement, une quantité considérable d'informations dont le traitement peut être réalisé immédiatement ou différé lors de la post-fouille. Le volume des données produites dans ce cadre peut rapidement submerger les utilisateurs et n'être alors plus d'aucune utilité. L'extrême précision n'a donc de sens que si elle est réellement indispensable, au service d'un objectif scientifique, mémoriel ou pédagogique clairement défini en amont.

17 Laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS-MCC) : http://www.map.archi.fr/3D-monuments/etudemcc/Etude3D/Catalogue.html.

18 Ghica, Tristant 2012.

© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

Il serait ainsi intéressant de réfléchir à l'établissement d'un cahier des charges type, adapté à l'archéologie égyptienne et à l'égyptologie, exprimant, d'une part, les besoins d'un chantier en matière de rendu, d'exhaustivité du levé, de précision et d'aspect visuel du produit final, et, d'autre part, les contraintes de temps et les moyens financiers à disposition. Ce document synthétique pourrait être remis aux chercheurs lors de la phase de préparation du chantier, de manière à faciliter l'information, le dialogue et la recherche de solutions efficaces et adaptées à chaque opération, que celles-ci impliquent une intervention de nos équipes (conjointe ou non) sur un site ou que les archéologues se chargent directement de leur mise en œuvre.

Conclusion

L'acquisition 3D par photogrammétrie se révèle être une solution souple et adaptée, alliant à la fois un coût d'exploitation relativement faible comparé à d'autres technologies et la plus grande plage d'utilisation. Ses limites sont essentiellement conditionnées par les capacités optiques des appareils photographiques à disposition et la puissance des stations de calcul.

Toutefois, concevoir ou envisager une réflexion en 3D engendre un changement radical de point de vue sur les objets et les scènes étudiés (permettant à la fois l'immersion et la distanciation), qui est loin d'avoir été totalement exploré. Si la norme en matière de présentation visuelle des résultats reste pour l'instant principalement le support bidimensionnel, celui-ci implique généralement que son langage graphique soit connu à la fois de l'auteur et du lecteur, rendant la plupart du temps les illustrations archéologiques difficilement exportables, telles quelles, hors de la communauté scientifique.

Une réflexion doit aujourd'hui s'engager sur les moyens de diffusion et de partage des données 3D entre les différents acteurs de la recherche. La publication des vues fixes 2D extraites des modèles 3D ne pose pas de problème en elle-même, puisque ces documents correspondent aux formats traditionnels de diffusion. Mais quelle place peut et doit être accordée aux représentations tridimensionnelles qui offrent de riches potentialités ? Le modèle 3D correspond en effet à un véritable « moulage » du sujet, restituant sa volumétrie, et autorisant une approche et une vision sinon « directe », du moins intuitive et ne dépendant pas d'acquis culturels ou d'une formation scientifique préalables. L'informatique et les moyens modernes de diffusion doivent permettre la mise à disposition de ces modèles vers un public plus large, afin d'ouvrir les champs de la recherche et de garantir la conservation de cette documentation. Les problèmes de sauvegarde, de pérennisation et d'archivage des données 3D sont en effet des questions incontournables à prendre en compte dans une réflexion globale, autour des pratiques d'acquisition tridimensionnelle en archéologie[19].

Au sein même de l'Ifao, une cellule de topométrie 3D a donc été mise en place en 2014, en associant les services de topographie et de photographie de l'Institut. Elle a notamment pour vocation d'assurer une veille documentaire sur les techniques d'imagerie 3D, en particulier la

19 Création d'un consortium 3D (coordonné par Robert Vergnieux, université Bordeaux-Montaigne) dépendant du TGIR Huma-Num regroupant 10 laboratoires dont les travaux portent sur ces questions : http://humanum.hypotheses.org/480.

© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

photogrammétrie. Elle a également permis d'entamer avec les chercheurs une réflexion sur l'association de ces technologies numériques d'acquisition tridimensionnelle avec les pratiques d'analyse classiques utilisées en égyptologie et archéologie égyptienne. Si ce procédé apporte indéniablement de nombreux avantages (en temps lors du levé, en précision et en exhaustivité), il n'en demeure pas moins que les modèles ne remplaceront jamais l'expertise du spécialiste et que c'est cette vision qui doit prédéterminer la technique et la méthodologie à employer.

Bibliographie

Ahmon 2004

J. Ahmon, « The Application Of Short-Range 3d Laser Scanning for Archaeological Replica Production: The Egyptian Tomb of Seti I», dans *The Photogrammetric Record* 19, Issue 106, p. 111-127.

Bonneval 1958-1959

H. Bonneval, « Utilisation de la photogrammétrie pour les levés architecturaux : application au temple d'Abou Simbel », *Bulletin de la section de géographie du comité des travaux historiques et scientifiques* 71, p. 1-12.

Bonneval 1961

H. Bonneval, *Rapport sur les missions photogrammétriques de l'I.G.N. en Nubie égyptienne. Missions d'octobre-novembre 1956, d'août-septembre 1960, de septembre-novembre 1961*, Paris.

Carbonnel 1964

M. Carbonnell, *Mission photogrammétrique en Nubie (September-November 1963)*, Paris.

Carbonnel 1971

M. Carbonnell, *Le relevé photogrammétrique des monuments et du site de l'Acropole d'Athènes, mars-octobre 1971*, Paris.

Chazaly, Laroze 2005

B. Chazaly, E. Laroze, « Le relevé par scannage 3D du temple d'Opet à Karnak, Égypte », *XYZ* 102, p. 21-26.

Chandelier *et al.* 2009

L. Chandelier *et al.*, « Numérisation 3D et déroulé photographique des 134 colonnes de la grande salle hypostyle de Karnak », *XYZ* 120, p. 33-39.

Ghica, Tristant 2012

V. Ghica, Y. Tristant, « Bi'r Bihit: Preliminary Report on the 2012 Field Season », *BACE* 23, p. 7-24.

Kawae *et al.* 2009

Y. Kawae *et al.*, « Saqqara Laser Scanning Survey 2008 », dans M. Lehner, M. Kamel, A. Tavares (éd.), *Giza Plateau Mapping Project, Season 2008, Preliminary Report*, *Giza Occasional Papers* 4, p. 63-71, Color Plate 7-8.

Bibliographie complémentaire

A. Arles *et al.*, « 3D Reconstruction and Modeling of Subterranean Mandscapes in Collaborative Mining Archaeology Projects: Techniques, Applications and Experiences », dans *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 40-5/W2, 2013, p. 61-66.

C. Delevée *et al.*, « Du bon usage de la 3D en archéologie », *Archéopages* 34, juillet 2012, p. 86-101.

R. Héno, « Archéologie et photogrammétrie les nouveaux potentiels », *Géomètre* 2075, novembre 2010.

Laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS-MCC) : http://www.map.archi.fr/3D-monuments/etudemcc/Etude3D/Catalogue.html.

BIFAO 114 (2015), p. 375-396 Olivier Onézime, Gaël Pollin
La place de la photogrammétrie en égyptologie et en archéologie égyptienne. Réflexions méthodologiques et premiers résultats sur les chantiers de l'Ifao
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

M. Maumont, « L'espace 3D : de la photogrammétrie à la lasergrammétrie », 13 | 2010, mis en ligne le 16 avril 2012, consulté le 04 février 2014, http://insitu.revues.org/6413 ; DOI : 10.4000/insitu.6413.

J. de Reu *et al.*, « On Introducing an Image-Based 3D Reconstruction Method in Archaeological Excavation Practice », *JAS* 41, 2013, doi : 10.1016/j.jas.2013.08.02.

Utilisation de la photogrammétrie sur les chantiers de l'Ifao : exemples choisis

Abou Rawach : une barque funéraire de la I^re^ dynastie [pl. 2]

Les premiers essais en photogrammétrie réalisés par l'Ifao ont été effectués sur des structures complexes : inhumations, mastabas, façade de chapelle, et sur des objets de grande dimension. C'est le cas de la barque découverte sur le site d'Abou Rawash (fouilles dirigées par Y. Tristant) en 2012. Il s'agit des restes d'un bateau en bois « cousu » datant de la I^re^ dynastie, déposé à l'origine dans une fosse en relation avec un mastaba. Les pièces de bois étaient maintenues à l'aide de cordes, dont certaines traces ont d'ailleurs été découvertes en cours de fouille[20].

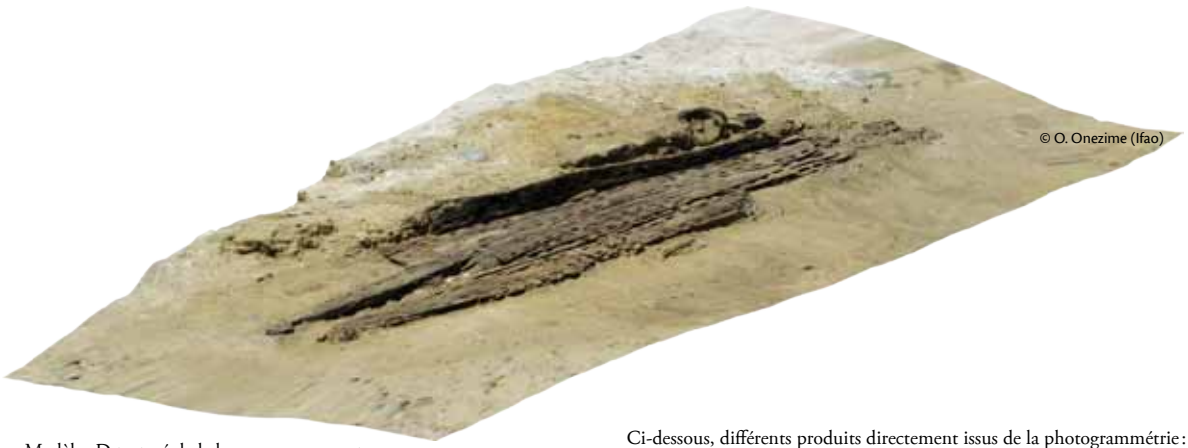
Le contexte général entourant la découverte, réalisée qui plus est en fin de mission, ne favorisait pas dans ce cas le recours aux méthodes plus classiques, le relevé au tachéomètre n'apportant pas suffisamment de détails pour ce type de structure et le dessin manuel accaparant trop de temps. L'utilisation de la photogrammétrie s'est donc présentée comme une solution adéquate, dans le but d'obtenir un modèle très précis de l'objet à partir duquel pourrait être extraite la documentation analytique.

Six cibles ont été déposées autour de la structure et ont été géoréférencées à l'aide d'un GPS différentiel. Une couverture photographique de 200 clichés a été réalisée avec des objectifs multiples : une quarantaine de photos a servi à la génération d'une orthoimage de haute définition, les autres ayant permis la création d'un modèle 3D texturé duquel ont été extraits des coupes, des profils et un MNS (étude de la surface). Ce travail a été complété par un relevé en laboratoire après dépôt et nettoyage de la structure, afin de contrôler la fiabilité du fac-similé effectué à partir de l'orthoimage initiale.

La structure est désormais archivée dans son contexte archéologique (US, UA, mastaba et structures associées). La durée effective de l'opération sur le terrain n'a pas dépassé deux heures. Le traitement des images a par la suite duré environ deux jours, essai compris.

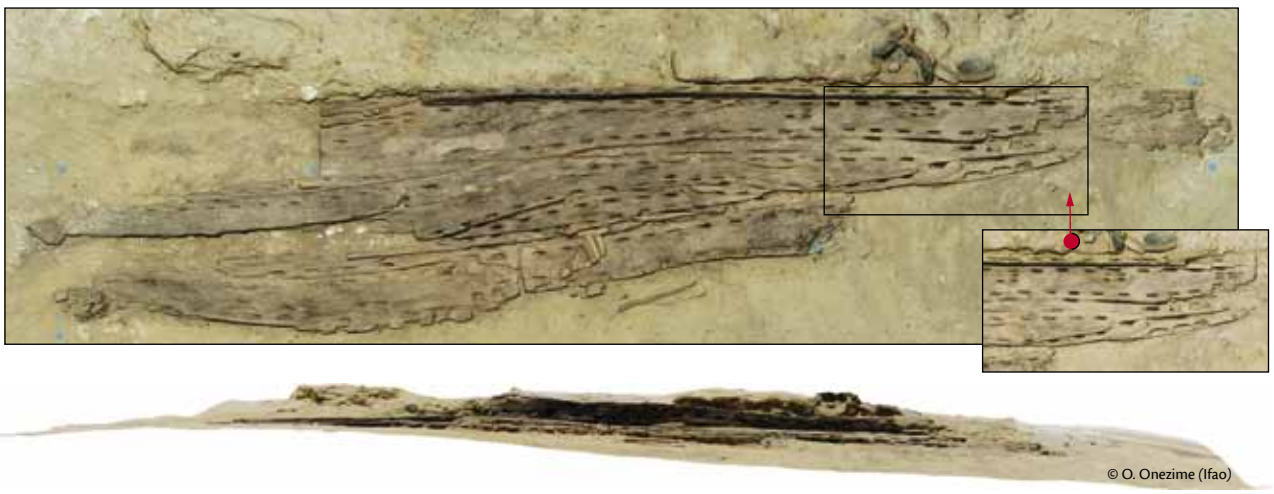
20 Cf. Tristant *et al.*, dans ce même volume.

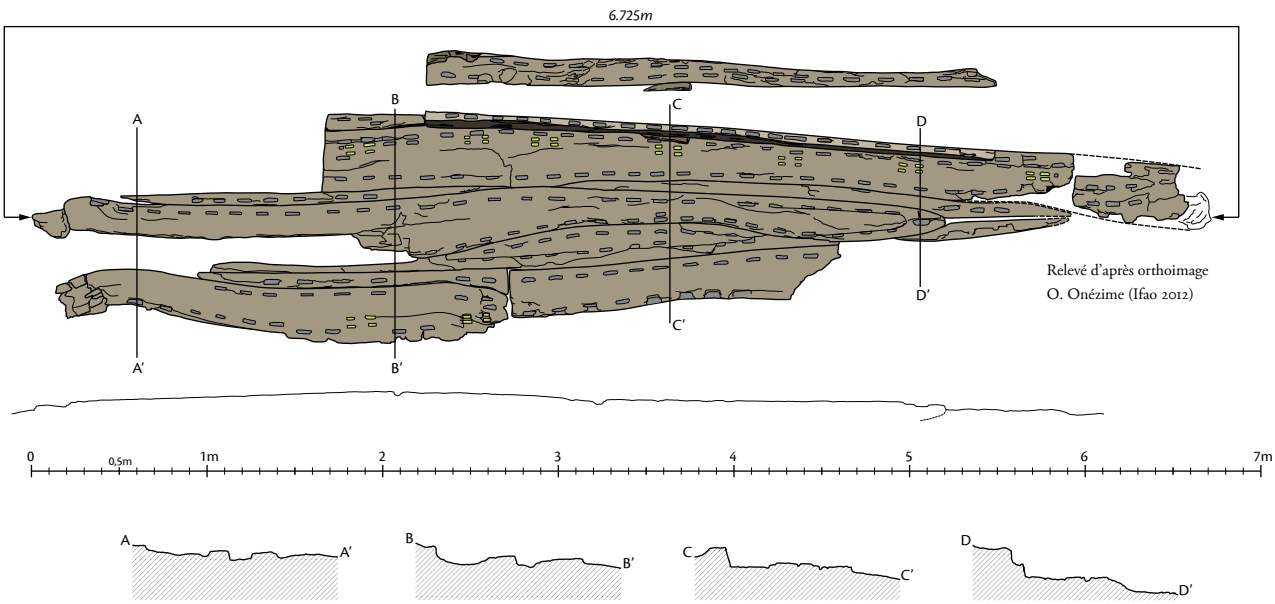
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net



Modèle 3D texturé de la barque au moment de la découverte (2012).

Ci-dessous, différents produits directement issus de la photogrammétrie :
– orthoimage en projection parallèle horizontale ;
– orthoimage en projection parallèle verticale ;
– plan de la barque, établi sur la base du modèle 3D ;
– sections.





Pl. 2. Exemple n° 1 : travaux de relevés sur la barque funéraire d'Abou Rawash, Égypte.

BIFAO 114 (2015), p. 375-396 Olivier Onézime, Gaël Pollin
La place de la photogrammétrie en égyptologie et en archéologie égyptienne. Réflexions méthodologiques et premiers résultats sur les chantiers de l'Ifao
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

Deir al-Medina : relevés architecturaux et épigraphiques [PL. 3]

En égyptologie, une partie importante du travail de terrain est consacrée au relevé épigraphique. Les conditions dans lesquelles ils sont effectués sont souvent difficiles, voire dangereuses, et ils requièrent une organisation qui peut rapidement devenir contraignante (mise en place d'échafaudages ou d'échelles, etc.). Dans tous les cas, il s'agit d'un travail long qui impose une action physique sur la structure concernée : la technique consiste en effet à produire un facsimilé du décor en le redessinant sur un support transparent (calque, codatrace) qui doit être maintenu de manière mécanique (scotch, punaises) sur la paroi et qui sera par la suite scanné puis vectorisé. Outre les dommages qu'il peut provoquer sur le décor ou la paroi, ce procédé accumule inévitablement un certain nombre de déformations à chaque étape de sa réalisation.

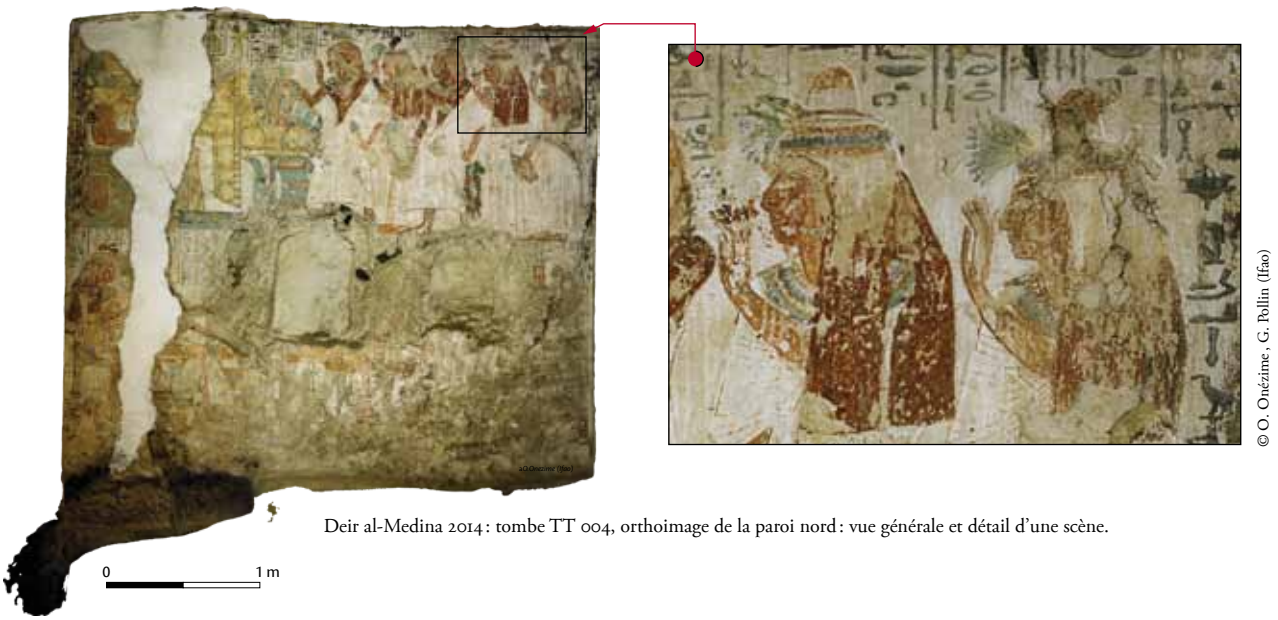
La récente reprise du chantier de Deir al-Medina (dirigé par C. Gobeil) a offert l'opportunité de proposer une solution alternative au relevé classique sur paroi et d'en analyser, avec les égyptologues chargés de l'étude des tombes, les atouts et les inconvénients.

La première tombe dans laquelle la technique a été utilisée est la TT 004, dont les reliefs et les décors sont déjà très fragilisés. Une action mécanique aurait présenté des risques non négligeables d'endommagement irréversibles des œuvres. Étant non intrusive, sans contact et rapide à mettre en œuvre, la photogrammétrie s'adaptait donc parfaitement dans cette situation. Une orthoimage d'une qualité suffisante pour permettre une première approche philologique des textes et des représentations a été proposée. Pour cela, 350 photographies recouvrant les quatre parois de la chapelle ont été prises en format RAW, afin de conserver une qualité maximale. L'éclairage naturel a été favorisé, et seul un tissu recouvrant l'entrée a permis de diffuser la lumière dans l'espace de travail et limiter ainsi l'effet de spot du faisceau lumineux provenant de l'entrée. Une dizaine de points, repérés sur les parois (éléments naturels présents dans les décors : trous ou détails remarquables), ont été géoréférencés par tachéomètre. La couverture photographique complète de la chapelle a été faite en deux heures environ. L'accès aisé à la pièce, sa faible surface, la présence d'une source de lumière naturelle et la faible hauteur des parois ont grandement facilité le travail.

Dans un autre registre, le cas de la tombe TT 002b montre un exemple d'application particulier d'un modèle 3D obtenu par photogrammétrie. Une des parois de cette tombe ne semblait conserver que quelques traces de décoration. En appliquant différents filtres sur l'orthoimage et après traitement dans l'applicatif Dstrech, plusieurs représentations figuratives, totalement invisibles à l'œil nu, sont apparues. La possibilité d'obtenir ensuite une vue en perspective des deux parois consécutives, offre un support inédit de réflexion sur l'organisation de la décoration générale de la tombe.

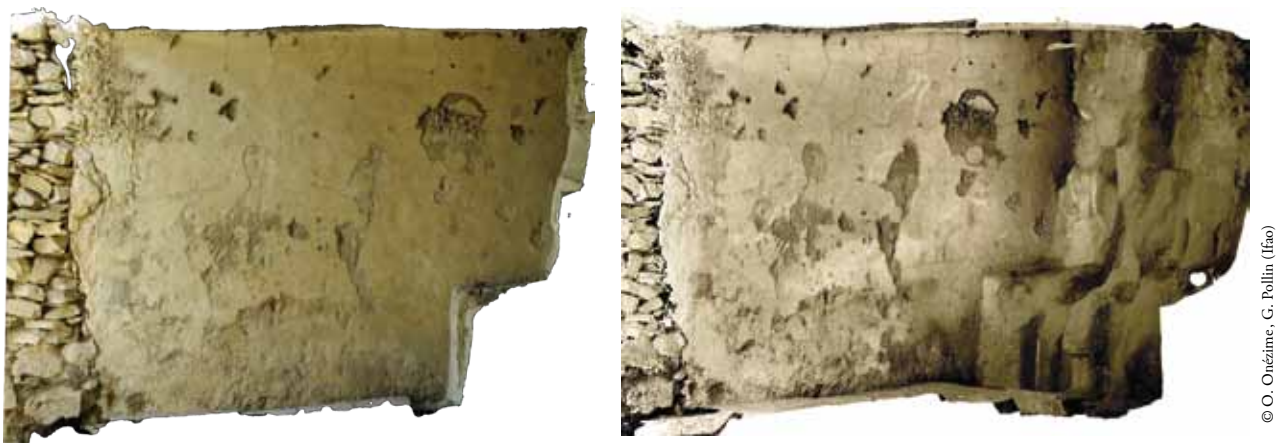
Enfin, l'intégralité de la structure funéraire (caveau et chapelle) de la tombe TT 006 a fait l'objet d'un travail en photogrammétrie et a pu être numérisée en 3D. Environ 1 700 photographies ont été réalisées sur trois jours : à l'intérieur, les clichés destinés à la construction géométrique du modèle 3D ont été pris au flash frontal tandis que les décors ont été photographiés en lumière continue (éclairage ambiant). Le travail de traitement est en cours sur l'ensemble de la structure, mais la salle décorée du caveau est désormais achevée : son relevé a nécessité 122 clichés, dont 22 uniquement pour la génération d'une orthoimage en haute définition. Quelque 150 points ont été géoréférencés avec un tachéomètre : 6 points permettront le géoréférencement du modèle lui-même, les autres servant de points de vérification.

BIFAO 114 (2015), p. 375-396 Olivier Onézime, Gaël Pollin
La place de la photogrammétrie en égyptologie et en archéologie égyptienne. Réflexions méthodologiques et premiers résultats sur les chantiers de l'Ifao
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net



© O. Onézime, G. Pollin (Ifao)

Deir al-Medina 2014 : tombe TT 004, orthoimage de la paroi nord : vue générale et détail d'une scène.



© O. Onézime, G. Pollin (Ifao)

Deir al-Medina 2014 : tombe TT 002b, orthoimage et vue cavalière : avant et après application de filtres, des détails invisibles à l'œil nu apparaissent, rendant possible le relevé (dessin et mesures précises) en « laboratoire » directement à partir de l'image, tout en prenant en considération l'environnement architectural.



© O. Onézime, G. Pollin (Ifao)

Deir al-Medina 2014 : tombe TT 006, modèle 3D du caveau décoré et orthoimage de la paroi nord.

Pl. 3. Exemple n° 2 : relevés épigraphiques et architecturaux, l'exemple des tombes de Deir al-Médina.

BIFAO 114 (2015), p. 375-396 Olivier Onézime, Gaël Pollin
La place de la photogrammétrie en égyptologie et en archéologie égyptienne. Réflexions méthodologiques et premiers résultats sur les chantiers de l'Ifao
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

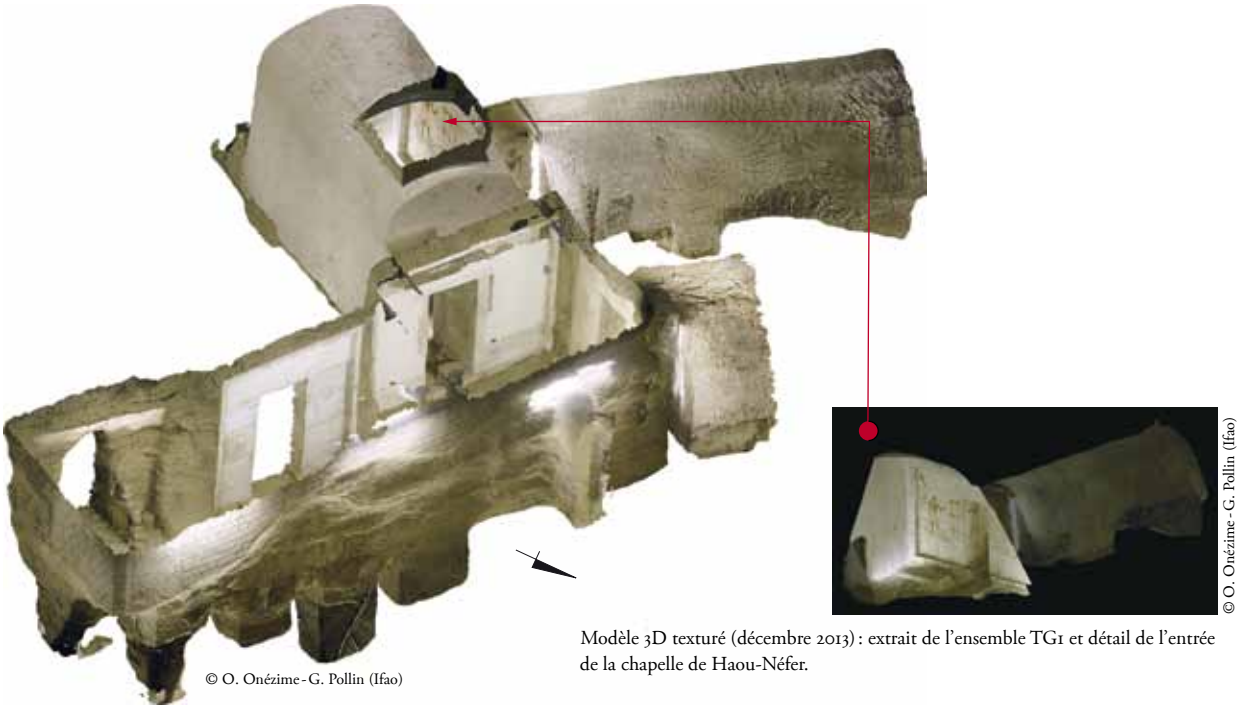
Tabbet al-Guech : la photogrammétrie à l'échelle d'un site [PL. 4, 5, 6]

La fouille du site de Tabbet al-Guech (dirigée par V. Dobrev) a débuté il y a une dizaine d'années. Il s'agit d'un ensemble funéraire complexe associant plusieurs nécropoles datées de l'Ancien Empire à la Basse Époque. La majeure partie du site est aménagée en sous-sol (creusée dans le substrat rocheux), ce qui le rend d'autant plus difficile à analyser et à relever avec des moyens classiques. De plus, les structures mises au jour en surface doivent être immédiatement réensevelies après prélèvement pour des raisons de conservation. La rapidité d'acquisition des données par photogrammétrie permet dès lors d'effectuer rapidement un relevé de la structure dégagée et d'en « figer » la découverte dans son contexte. Quelques points topographiques (matérialisés par des tiges de fers) peuvent être, après démontage, géoréférencés pour la réintroduction de la structure dans le modèle général du site. Lorsqu'il s'agit d'une structure qui sera conservée *in situ*, la numérisation 3D en assure l'enregistrement et la mémoire dans son état avant restauration.

La souplesse de manipulation des modèles obtenus facilite l'analyse des structures. Avec la création de MNT ou de MNS, dont la précision ne peut-être égalée avec un levé au tachéomètre, le relief s'appréhende globalement ou dans les détails, tout comme la correspondance et l'organisation entre les parties extérieures et les salles souterraines.

En concertation avec le responsable de chantier, il a été décidé que la photogrammétrie serait utilisée pour enregistrer l'ensemble de l'architecture et des faits archéologiques du site compte tenu des avantages qu'elle présente dans ce cadre spécifique.

BIFAO 114 (2015), p. 375-396 Olivier Onézime, Gaël Pollin
La place de la photogrammétrie en égyptologie et en archéologie égyptienne. Réflexions méthodologiques et premiers résultats sur les chantiers de l'Ifao
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net



© O. Onézime - G. Pollin (Ifao)

© O. Onézime - G. Pollin (Ifao)

Modèle 3D texturé (décembre 2013) : extrait de l'ensemble TG1 et détail de l'entrée de la chapelle de Haou-Néfer.



© O. Onézime - G. Pollin (Ifao)

Orthoimage extraite à partir du modèle 3D (façade de Haou Néfer-ensemble TG1) : les textes et les décors peuvent à tout moment être « replacés » dans leurs contexte architectural.

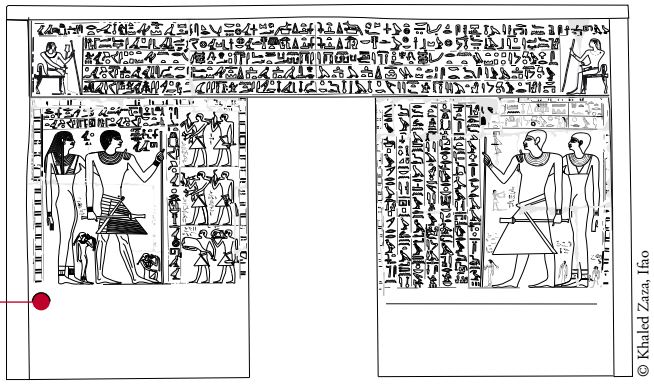
Pl. 4. Exemple n° 3 : Tabbet el-Guech, remise en contexte architectural des décors.

BIFAO 114 (2015), p. 375-396 Olivier Onézime, Gaël Pollin
La place de la photogrammétrie en égyptologie et en archéologie égyptienne. Réflexions méthodologiques et premiers résultats sur les chantiers de l'Ifao
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net



Crédit photo © Stéphane Compoint

Khaled Zaza (dessinateur, Ifao) en train d'effectuer le relevé manuel de la façade.



© Khaled Zaza, Ifao

Résultat obtenu après encrage.

Le dessin vectorisé est replacé sur l'orthoimage extraite du modèle 3D texturé.



© O. Onézime - G. Pollin (Ifao)



© O. Onézime - G. Pollin (Ifao)

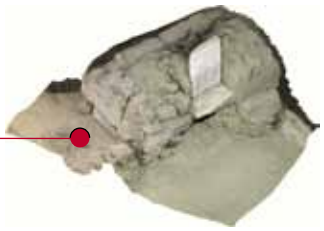
L'extrait de la partie gauche de la façade fait apparaître très clairement les déformations liées au relevé manuel. L'intérêt d'utiliser la photogrammétrie pour ce type de relevé s'avère particulièrement adapté ici : géométriquement juste, il ne génère aucune déformation, le modèle est géoréférencé avec une précision millimétrique et aucun contact avec le support n'a été nécessaire. Le temps passé pour la prise de vue n'a pas excédé 1 heure.

Pl. 5. Exemple n° 4 : Tabbet el-Guech, façade de Haou Néfer, ensemble funéraire TG1.

BIFAO 114 (2015), p. 375-396 Olivier Onézime, Gaël Pollin
La place de la photogrammétrie en égyptologie et en archéologie égyptienne. Réflexions méthodologiques et premiers résultats sur les chantiers de l'Ifao
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net



Plan masse du site de Tabbet el-Guech (2013) : les courbes de niveau ont été générées directement à partir du MNT issu du modèle 3D obtenu par photogrammétrie.



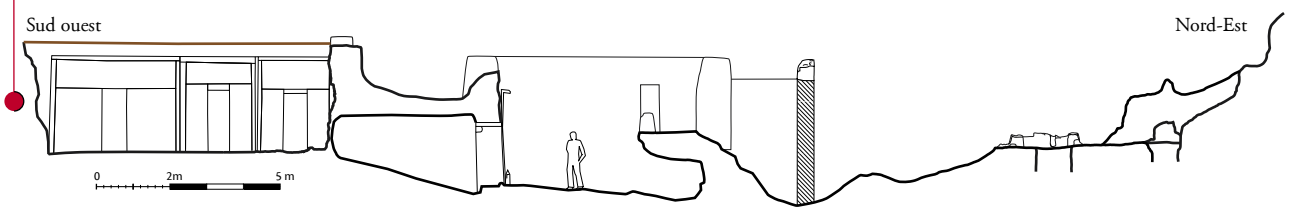
Stèle funéraire *in situ*, avant restauration : modèle 3D texturé (2013).



Sarcophage (2014) avant démontage : le modèle 3D permet de replacer l'élément dans son contexte archéologique, et sa haute définition rend possible l'étude si l'original n'est plus accessible.



Orthoimage d'une coupe (2013) : la photogrammétrie permet d'obtenir très rapidement et sans danger ce type de document.



Profil Nord-Est/Sud-Ouest du site de Tabbet el-Guech : le profil a été généré à partir du MNS issu du modèle 3D.

Pl .6. Exemple n° 5 : différentes applications de la photogrammétrie sur le site de Tabbet el-Guech.

BIFAO 114 (2015), p. 375-396 Olivier Onézime, Gaël Pollin
La place de la photogrammétrie en égyptologie et en archéologie égyptienne. Réflexions méthodologiques et premiers résultats sur les chantiers de l'Ifao
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net

L'apport de la photogrammétrie à une discipline particulière : le cas de l'archéothanatologie [PL. 7, 8]

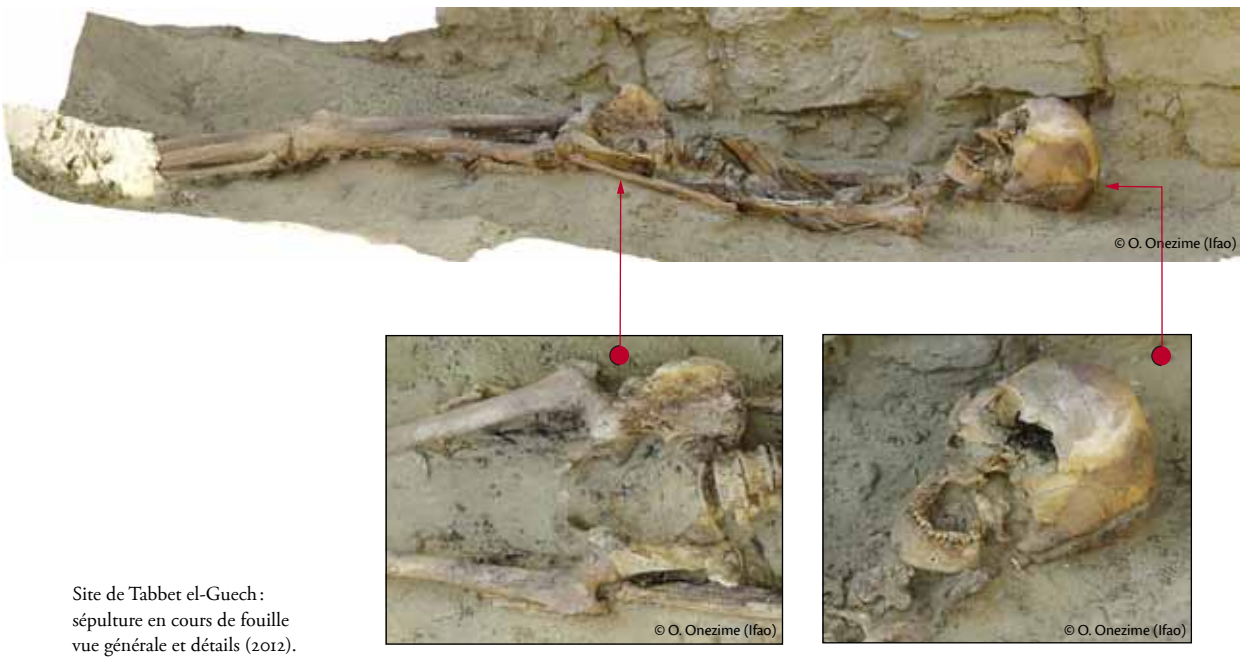
L'utilisation de la numérisation 3D par photogrammétrie est encore très peu développée en archéologie funéraire égyptienne. Au sein même de l'Ifao, le travail ne fait que débuter mais il est d'ores et déjà possible de présenter quelques résultats préliminaires, destinés à ouvrir la réflexion sur un usage plus extensif de la technique comme support de la recherche archéothanatologique.

Le site de Tabbet al-Guech, riche de différents types d'inhumations (dépôts primaires en pleine terre, en cercueil, en natte, avec ou sans mobilier funéraire, sarcophages avec momies, réductions, etc.), a fait l'objet des premiers essais. Par la suite, un autre a été réalisé sur le site de Qasr el-Allam dans l'oasis de Bahariya (chantier dirigé par Fr. Colin), sur une sépulture collective en caisson regroupant des squelettes animaux et humains.

L'un des grands intérêts de cette méthode de relevé réside dans le fait de pouvoir fournir de manière rapide et précise un support métrique fiable aux anthropologues. L'orthoimage générée en cours de fouille facilite la collecte d'informations lors des opérations de démontage. En post-fouille, elle permet de dessiner avec exactitude et sans déformation les éléments constitutifs du dépôt (ossements, mobilier, architecture). La souplesse du procédé autorise le renouvellement de l'opération à chaque étape du démontage, notamment pour les zones à détailler. Les modèles obtenus peuvent ensuite être « concaténés » dans un logiciel de modélisation 3D (type Blender ou 3DSMax), afin de recréer le volume complet de l'inhumation. À cette phase, il est possible de se déplacer dans la sépulture, d'obtenir et d'extraire des vues selon n'importe quel angle en s'affranchissant des contraintes du terrain (suppression des éléments visuels entravant la vision par exemple), de générer des coupes, des profils, des courbes de niveaux à des échelles très fines, de calculer le volume d'une structure, ou encore de prendre des mesures avec précision.

L'enregistrement d'un dépôt funéraire dans son contexte, associé à la restitution du volume et à la conservation de la géométrie, représente un apport considérable au moment de l'étude, surtout lorsque la fouille ne peut bénéficier de la présence d'un anthropologue comme cela peut souvent arriver en Égypte. Le relevé par photogrammétrie et la création d'un modèle 3D, s'ils ne remplacent en aucun cas l'intervention directe du spécialiste, permettent néanmoins de conserver et retranscrire un grand nombre d'informations indispensables à de futures analyses taphonomique et anthropologique.

BIFAO 114 (2015), p. 375-396 Olivier Onézime, Gaël Pollin
La place de la photogrammétrie en égyptologie et en archéologie égyptienne. Réflexions méthodologiques et premiers résultats sur les chantiers de l'Ifao
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net



Site de Tabbet el-Guech : sépulture en cours de fouille vue générale et détails (2012).

Pl. 7. L'apport de la photogrammétrie à une discipline particulière : le cas de l'archéothanatologie.

BIFAO 114 (2015), p. 375-396 Olivier Onézime, Gaël Pollin
La place de la photogrammétrie en égyptologie et en archéologie égyptienne. Réflexions méthodologiques et premiers résultats sur les chantiers de l'Ifao
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net



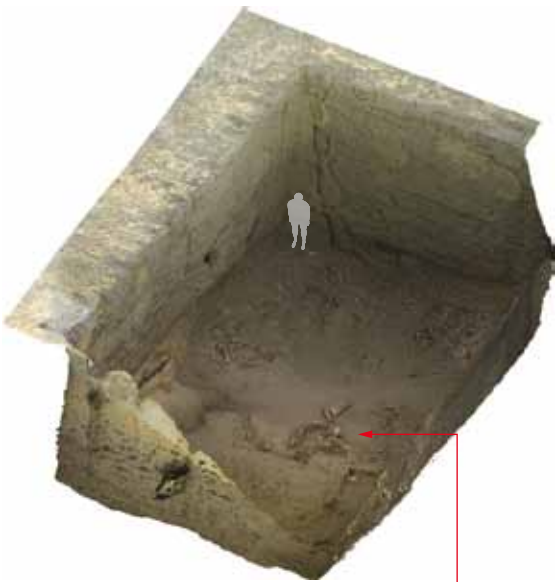
© O. Onézime-G. Pollin (Ifao)

Site de Tabbet el-Guech (2014) : sarchopage en cours de dégagement. La précision du modèle obtenu ouvre de nouvelles perspectives : mesures prises directement sur le modèle, étude stylistique, création d'un véritable corpus, etc. Les images ci-contre montrent différentes possibilités de présentation :
– image non texturée ;
– image en fausse couleur ;
– MNS issu du modèle 3D.

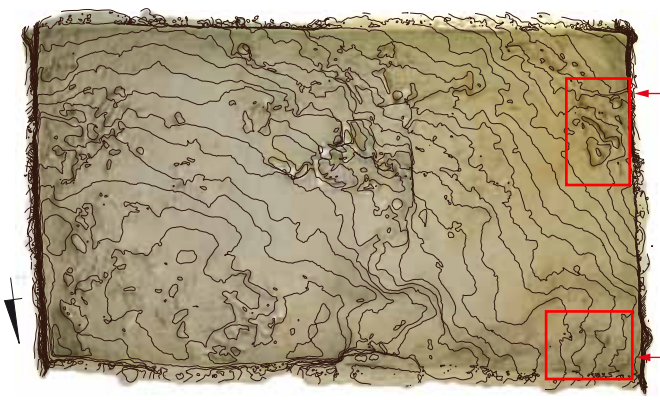








Site de Qasr ʿAllam, oasis de Bahariya : sépulture collective en cours de fouille (2014). Figure de gauche : modèle 3D texturé du caisson. Figure ci-dessous : orthoimage de la zone de fouille sur le MNT les trois vignettes sont des détails issues du modèle 3D.



© O. Onézime (Ifao) - F. Adan (Inrap)



Pl. 8. Exemple nº 6 : la numérisation 3D, de nouvelles perspectives pour l'archéologie funéraire.

BIFAO 114 (2015), p. 375-396 Olivier Onézime, Gaël Pollin
La place de la photogrammétrie en égyptologie et en archéologie égyptienne. Réflexions méthodologiques et premiers résultats sur les chantiers de l'Ifao
© IFAO 2026 BIFAO en ligne https://www.ifao.egnet.net