



HAL
open science

La photogrammétrie au service de l'étude d'un dolmen à couloir au Manémeur à Quiberon (56)

Sandra Sicard

► **To cite this version:**

Sandra Sicard. La photogrammétrie au service de l'étude d'un dolmen à couloir au Manémeur à Quiberon (56). *Archéologie: imagerie numérique et 3D*, Sylvie Eusèbe; Théophile Nicolas; Valérie Gouranton; Ronan Gaigne, Jun 2018, Rennes, France. <https://sstinrap.hypotheses.org/1154,10.34692/3hcn-nt06> . hal-02077368

HAL Id: hal-02077368

<https://inrap.hal.science/hal-02077368v1>

Submitted on 11 Oct 2024

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

La photogrammétrie au service de l'étude d'un dolmen à couloir au Manémeur à Quiberon (56)

La modélisation 3D est encore peu utilisée dans le cadre des fouilles préventives en milieu rural, plus particulièrement pour les périodes anciennes. La structuration des sites préhistoriques se prête, a priori, assez mal à l'intégration de ces technologies dans les processus d'enregistrement ou d'études (absence d'élévation, structuration lâche ou extensive des sites). Le site funéraire néolithique du Manémeur (Quiberon) est un parfait contre-exemple de cet a priori puisque l'utilisation de la photogrammétrie a permis de procéder à la fouille exhaustive de ce monument en seulement trois mois, tout en réalisant un enregistrement de terrain très complet et très précis. S'agissant d'une construction en pierres sèches conservée au mieux sur quatre ou cinq assises de blocs de granite, il était nécessaire d'enregistrer chacun d'entre eux en position primaire avant démontage, mais également d'en « conserver » certains en 3D afin de pouvoir les étudier plus en détail après la fouille. En effet, nombre d'entre eux portaient des stigmates d'aménagement ou de régularisation, mais ils représentaient un volume trop important pour être conservés physiquement. Seul l'enregistrement numérique, mis en œuvre pendant la phase de terrain, était à même de répondre à ces impératifs scientifiques soumis à des contraintes de temps et de logistique. Après la fouille, l'exploitation des données a également été facilitée par l'utilisation d'outils informatiques et de l'imagerie numérique. Cette technique a, par exemple, permis la manipulation et le remontage virtuels des blocs.

1 Présentation du dolmen et de son contexte

L'emprise du projet se situe sur la commune de Quiberon, au lieu-dit Manémeur, à environ 800 m à l'ouest du bourg et à moins de 500 m de la côte sauvage (fig. 1). La zone dans laquelle elle s'inscrit correspond à une éminence liée à une remontée granitique qui crée une ligne de points hauts d'orientation est-ouest. Cette situation topographique dominante est particulièrement favorable à l'implantation de monuments mégalithiques.

Le terrain lui-même présente une double déclivité entre les angles nord-est et sud-ouest ainsi qu'entre le nord et le sud. Cette double pente correspond à une remontée importante du substrat granitique vers le nord, cumulée à une petite carrière en activité au début du XX^e siècle et située dans la partie sud-ouest de l'emprise. Celle-ci a contribué à accentuer le relief sur la parcelle qui présente un dénivelé de près de 2 m entre le sud à 22,60 m NGF et le nord à 24,40 m NGF.

La fouille réalisée en 2017 fait suite à un diagnostic archéologique portant sur 780 m². Ce dernier, prescrit par le service régional de l'archéologie de Bretagne, était motivé par un projet de construction individuelle situé dans un secteur environné d'un important ensemble de monuments mégalithiques, dont plusieurs menhirs classés au titre des monuments historiques. Trois dolmens, séparés les uns des autres d'une vingtaine de mètres et orientés selon un axe nord-sud, étaient également connus mais considérés comme détruits au siècle dernier. La localisation de ces monuments mégalithiques restait toutefois incertaine. À l'exception de deux orthostates sur un trottoir, au bord de la parcelle concernée par le diagnostic, rien ne laissait présager leur conservation même très partielle.

La documentation à notre disposition indiquait que des fouilles avaient été réalisées sur les dolmens du Manémeur à la fin du XIX^e siècle, par deux abbés qui n'avaient malheureusement laissé aucun écrit relatif à leurs

Mots clés

Archéologie préventive, dolmen à couloir, espace funéraire, modélisation 3D, photogrammétrie

Référence électronique

SICARD, Sandra. (2019). – La photogrammétrie au service de l'étude d'un dolmen à couloir au Manémeur à Quiberon. Dans S. Eusèbe, T. Nicolas, V. Gouranton & R. Gagne (dir.), *Archéologie : imagerie numérique et 3D : actes du 3e séminaire scientifique et technique de l'Inrap, 26-27 juin 2018, Rennes.* <<https://doi.org/10.34692/3hcn-nt06>>

Fig. 01 : Vue générale du site.
E. Collado, 2017.



travaux. L'archéologue Z. Le Rouzic qui avait mené de nouvelles fouilles sur l'un de ces trois dolmens, en 1930, fournissait un peu plus d'informations sur leur localisation, leur plan et le mobilier associé. Cependant, il signalait que deux des trois dolmens étaient ruinés et que le dernier avait totalement disparu.

De ce fait, la découverte d'un dolmen à couloir et de son cairn, au cours du diagnostic, a constitué une véritable surprise. Si aucun orthostate n'était conservé en élévation, le sol du monument, entièrement dallé ainsi que les premiers niveaux de parements du cairn étaient préservés (fig. 2). Une carrière en activité au début du XX^e siècle avait seulement détruit la partie ouest du cairn. Cette destruction a permis d'observer que le substrat granitique très diaclasé avait pu faire l'objet d'une extraction plus ancienne, avant même l'érection du monument.

Ces résultats laissaient présager que la fouille fournirait des informations très intéressantes sur l'architecture du monument, son évolution (réfections, modifications, agrandissements...) et sa datation (abondant mobilier lithique et céramique).

2 Des choix techniques liés aux contraintes de terrain et aux problématiques scientifiques

Dans le cadre de la fouille préventive, le peu de temps alloué (45 jours de terrain à 5 personnes) et le manque d'espace de stockage des blocs rendaient difficile la réalisation d'observations sur place ainsi que d'éventuels remontages. Le dolmen ne pouvant pas être conservé à l'issue de la fouille, il était nécessaire de trouver des outils permettant une acquisition rapide et efficace des données, au fur et à mesure de son démontage. Il fallait également pouvoir observer, sur le substrat révélé, les stigmates d'une possible extraction de dalles ou de blocs destinés à la construction du monument.

Un dolmen à couloir comprend une chambre funéraire à laquelle on accède par un couloir ainsi que des orthostates verticalisés délimitant l'ensemble et supportant des dalles de couverture. Le tout est recouvert par un cairn ou un *tumulus* généralement délimité par un parement. Au Manémeur, malgré l'arasement quasi total de l'élévation du monument, son démontage laissait présager le dégagement, l'observation puis le déplacement d'une masse considérable de blocs (conservation du niveau de sol de la chambre, du couloir, de la base du cairn, d'au moins deux parements et des fondations

de l'ensemble). Les observations et l'enregistrement des données de terrain devaient être réalisés rapidement afin de garder un rythme de fouille régulier. Par ailleurs, il n'était pas possible de dessiner tous les blocs dans le peu de temps imparti.

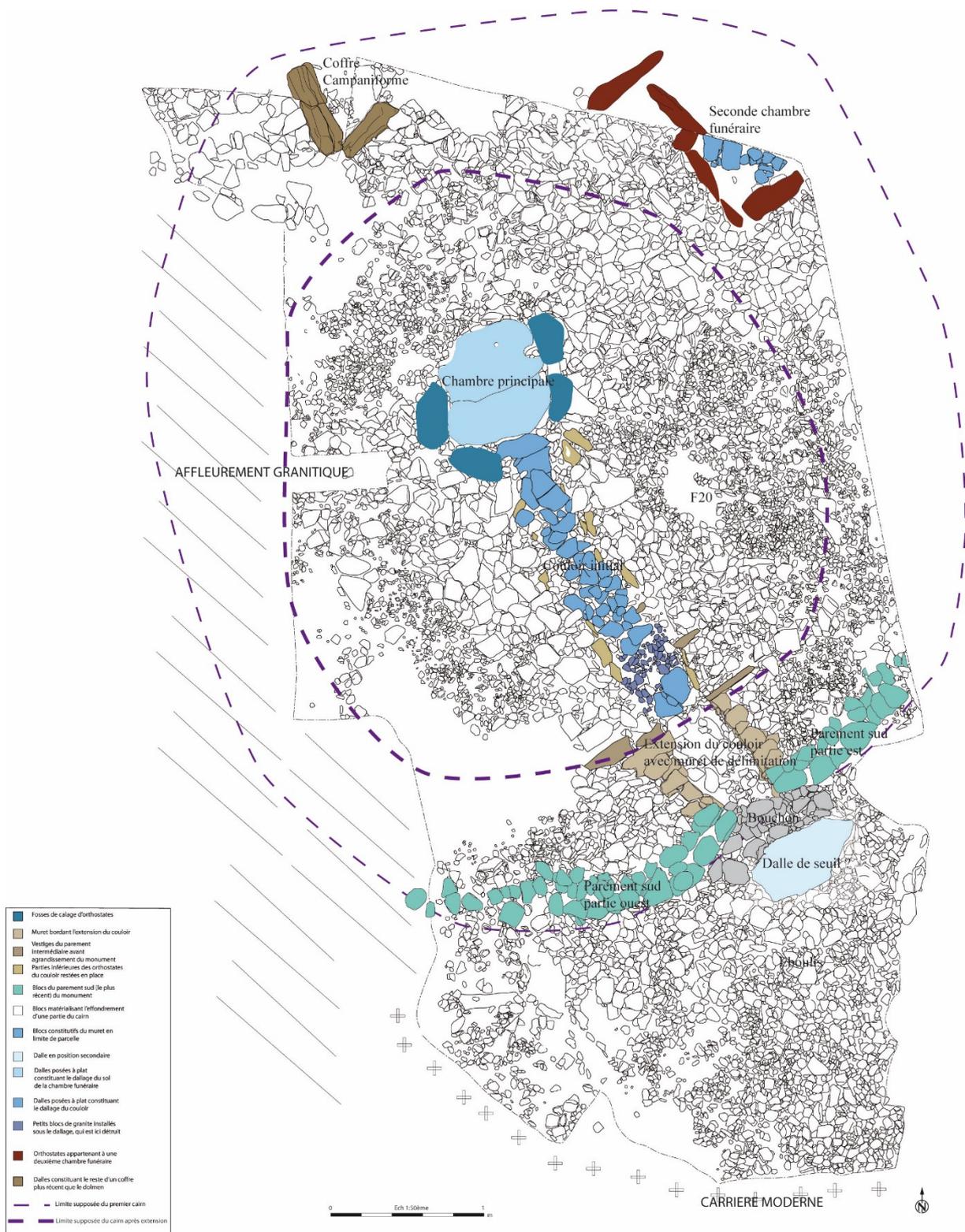


Fig. 02 : Plan général des vestiges découverts au Manémeur, avec les principaux éléments architecturaux structurant le monument.

E. Collado, 2017.

Ce sont les problématiques de fouille qui ont présidé aux choix méthodologiques, notamment en matière d'enregistrement. Le travail de caractérisation des vestiges de construction devait permettre in fine de restituer le plan du monument, son évolution architecturale et sa datation en associant le mobilier archéologique aux différentes unités architecturales. Pour ce faire, l'étude de cette architecture mégalithique, en pierres sèches, devait essentiellement être réalisée à partir de ses maçonneries, en l'absence des monolithes (orthostates et dalles de couvertures). Les différentes phases de cette étude étaient :

- l'identification des murs (porteurs, de soutènement, de clôture...) ; ces derniers n'étant pas toujours identifiables lors de la fouille du fait d'effondrements, de destruction partielle, de remaniements postérieurs pouvant les masquer (fig. 3 et 3 bis) ;
- l'analyse des modes de construction (variable selon la visibilité des unités architecturales) ;
- la mise en évidence des étapes de construction pour distinguer le plan initial (fondations, élévation) des réaménagements (agrandissements, réfections, condamnation) ;
- la recherche d'éventuelles traces d'extractions de dalles de granite, préalablement à l'implantation du monument.

Fig. 03 : Exemple d'un soubassement en pierres sèches, invisible au premier décapage. E. Pierre, 2017.



Fig. 03 bis : Exemple d'un soubassement en pierres sèches apparu après le démontage d'une partie des blocs. E. Pierre, 2017.



Pour ce faire, il était nécessaire que :

- le démontage des blocs puisse être réalisé en continu ;
- les relevés soient très vite disponibles pour pouvoir être annotés ;
- le contour de chaque bloc et leur position relative, les uns par rapport aux autres, soient enregistrés ;
- chaque bloc et chaque objet archéologique soit enregistré en trois dimensions.

3 Complémentarité des méthodes utilisées en vue de l'acquisition et du traitement des données

Après avoir défini les méthodes de terrain répondant le mieux aux objectifs scientifiques fixés, dans un cadre préventif contraint, il a fallu choisir différentes méthodes d'acquisition et de traitement des données.

3.1. Photogrammétrie

Cette méthode était la plus adaptée pour réaliser un enregistrement précis et rapide en 3D. Chaque semaine, une couverture photogrammétrique intégrale du monument était réalisée (fig. 4) correspondant, approximativement, à un nouveau décapage et au démontage d'un niveau de blocs. L'acquisition se faisait en moins de deux heures et une première orthophoto était obtenue dans la journée, permettant de faire des tirages papiers sur lesquels toutes les observations jugées utiles étaient reportées. Cette méthode permettait aussi d'avoir une vision complète du monument et d'orienter les choix de fouille. Elle permettait aussi de générer des modèles numériques d'élévation (MNE), outils indispensables pour la réalisation des profils et pour travailler sur la microtopographie du monument.

Des photogrammétries plus ponctuelles ont également été réalisées sur des murs ou des parements qui comprenaient plusieurs assises de blocs comme sur le parement sud, l'extension du couloir et la cellule latérale.

Fig. 04 : Exemple de relevés photogrammétriques.

P. Leblanc, 2017.



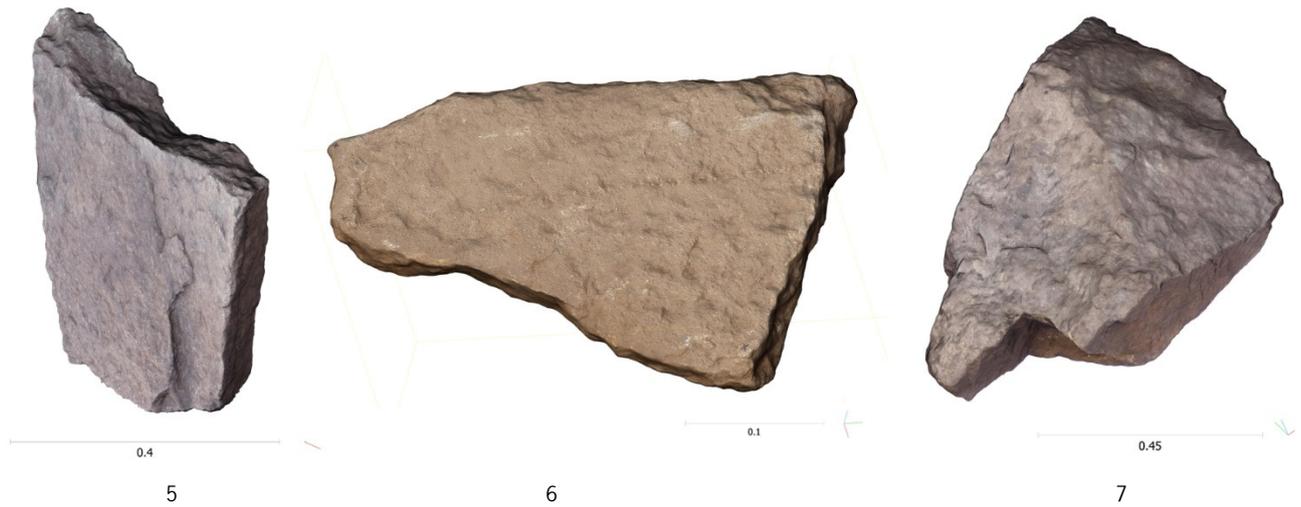


Fig. 05 : Bloc 1040 en 3D, fracturé en partie haute.

P. Leblanc, 2018.

Fig. 06 : Bloc 1016 présentant une surface régularisée.

P. Leblanc, 2018.

Fig. 07 : Bloc 1038 qui a probablement été extrait sur l’affleurement sous-jacent au monument.

P. Leblanc, 2018.

Outre cette couverture hebdomadaire, une cinquantaine de blocs a fait l’objet d’une acquisition individuelle afin :

- d’observer des cassures et de reconstituer d’éventuels blocs fracturés, sans avoir à manipuler des blocs parfois très lourds (fig. 5) ;
- d’observer en détail le travail réalisé sur les blocs après leur extraction, pour modifier ou régulariser le pourtour et les surfaces (fig. 6) ;
- de retrouver la position originelle de certains blocs dans le monument, plusieurs d’entre eux ayant pu être déplacés volontairement au cours des différentes phases d’utilisation du monument (emploi d’orthostates) ou involontairement lors de perturbations plus récentes (orthostates cassés ou arrachés) ; il s’agissait ici de manipulations et de remontages virtuels des blocs en contrepoint du remontage mental ;
- de déterminer les faces d’arrachement et d’affleurement à partir desquelles on peut reconstituer la chaîne opératoire d’extraction des blocs et leur utilisation dans le monument ;
- de replacer, virtuellement, certains blocs dans l’affleurement sous-jacent (fig. 7).

3.2. Enregistrement systématique du mobilier archéologique en 3D

Un tachéomètre TS06 stationné en permanence sur le terrain a permis l’enregistrement en continu du mobilier archéologique, sans avoir à interrompre la fouille. Pour se faire, plusieurs archéologues ont été formés sur le terrain à l’utilisation quotidienne de cet instrument.

3.3. PhotoScan, QGIS, CloudCompare, MicMac

Le fait de disposer quotidiennement de PhotoScan a permis de vérifier très rapidement que l’acquisition des photos était bonne et que la photogrammétrie avait fonctionné. Les logiciels QGIS, CloudCompare et MicMac ont surtout été utilisés durant la post-fouille, pour la mise en forme et l’analyse des données.

4 Application des méthodes et outils dans la chambre principale

4.1. Le sol de la chambre constitué par deux grandes dalles

La chambre principale du dolmen était matérialisée au sol par deux grandes dalles de granite qui formaient un carré de deux mètres de côté (fig. 8). Ces dernières montraient des négatifs d’enlèvements périphériques qui indiquaient clairement qu’elles avaient été retouchées pour s’ajuster au mieux dans le monument. Sur la face visible de la plus grande dalle

apparaissait une perforation ainsi qu'une cupule installée sous une échancrure correspondant à une cuvette d'érosion naturelle à une extrémité de la dalle. Cette cuvette avait été régularisée pour accentuer le contraste avec les deux excroissances qui l'encadraient. Dès la découverte de cette dalle, la question se posait de savoir si cette perforation et cette cupule étaient contemporaines du monument et de son utilisation ou bien si elles avaient été réalisées à posteriori (dalles quasi affleurantes au moment de l'intervention).

S'agissant des dalles les plus volumineuses du site, leur levage a nécessité l'utilisation d'une mini-pelle. Elles ont été déposées sur des bastinges afin de pouvoir les photographier sur les deux faces et en faire une acquisition complète. En retournant la dalle perforée, nous avons constaté que la face inférieure portait également une cupule, placée exactement en symétrie de l'autre et que la perforation était biconique. Il n'y avait alors plus de doute sur le fait que ces ornements avaient été réalisés préalablement à l'installation de la dalle dans le monument. L'acquisition de cette dalle en 3D a permis de l'observer sous tous les angles, révélant le travail d'amincissement réalisé sur tout son pourtour ainsi que son caractère anthropomorphe lorsqu'elle était verticalisée (fig. 9).

Fig. 08 : Vue sommitale des deux grandes dalles constituant le sol de la chambre funéraire.
S. Sicard, 2017.



Fig. 09 : Les deux dalles du sol de la chambre, acquises en photogrammétrie et géoréférencées.
P. Leblanc, 2018.



Ces différentes observations laissaient supposer que la dalle avait dû effectivement être utilisée en position verticale, avant de se retrouver en position horizontale, pour constituer le sol de la chambre. Sinon, comment expliquer la présence d'une cupule sur la face inférieure de cette dalle, soit une face invisible dans cette position ?

Ainsi, ce menhir avait probablement été réutilisé dans un dolmen à couloir, ce type de réutilisation ayant déjà été mis en évidence.

4.2. Les fosses de calage

Autour du sol de la chambre principale, plusieurs fosses de calage ont pu être mises en évidence, révélant ainsi la position des orthostates verticalisés qui formaient les murs de cette chambre et sur lesquelles reposaient la dalle ou les dalles de couverture. Il s'agit de données importantes pour la restitution de l'architecture du monument. Deux de ces fosses, situées à l'extrémité est de la chambre, contenaient encore la base de ces orthostates qui avaient été cassées et probablement récupérées à une époque indéterminée. Étant donné leur position, il était impossible de réaliser, sur le terrain, toutes les observations nécessaires à l'organisation de ces blocs par rapport aux dalles du sol de la chambre. Par contre, la photogrammétrie a rendu cela possible à posteriori (fig. 10).

4.3. Sous les dalles, d'autres blocs...

Les grandes dalles ont été soulevées à un stade avancé de la fouille révélant encore d'autres blocs, plus petits et disposés en arc de cercle. Ces derniers matérialisaient probablement un premier niveau de sol avant un réaménagement de la chambre (fig. 11). Seul le relevé photogrammétrique a permis de relever et de démonter tous ces blocs avant la fin de la fouille. De plus, dans le limon associé à ces blocs, un mobilier lithique plus abondant que dans le reste du monument a été découvert, laissant supposer un dépôt intentionnel. Tout ce mobilier a également été relevé en trois dimensions et les blocs en photogrammétrie. La distribution spatiale de ce mobilier, dans le monument, a été analysée en post-fouille grâce aux requêtes réalisées à partir de la table attributaire du mobilier et aux projections verticales réalisées, sur un plan horizontal, dans QGIS. On a pu constater une concentration remarquable de pointes de flèches perçantes, sous les grandes dalles, ainsi qu'une dispersion verticale du mobilier plus importante vers le couloir et l'éboulis, au sud du monument (fig. 12).

Les MNE obtenus systématiquement à partir de la photogrammétrie, ont permis de générer des profils de la chambre et, plus largement, du monument. Ils ont démontrés que la chambre était installée sur un substrat nivelé au préalable (car naturellement bombé à cet endroit) (fig. 13). Il a également été constaté que la fosse, située à l'est de la chambre, n'avait été creusée dans le substrat que sur 20 cm et que la partie haute était délimitée par des blocs disposés pour former un calage (fig. 14).

5 En conclusion : avantages et limites des méthodes et outils dans la chambre principale

L'utilisation de la photogrammétrie et l'acquisition des données de terrain en trois dimensions offrent des avantages indéniables comme outil d'enregistrement puis d'analyse :

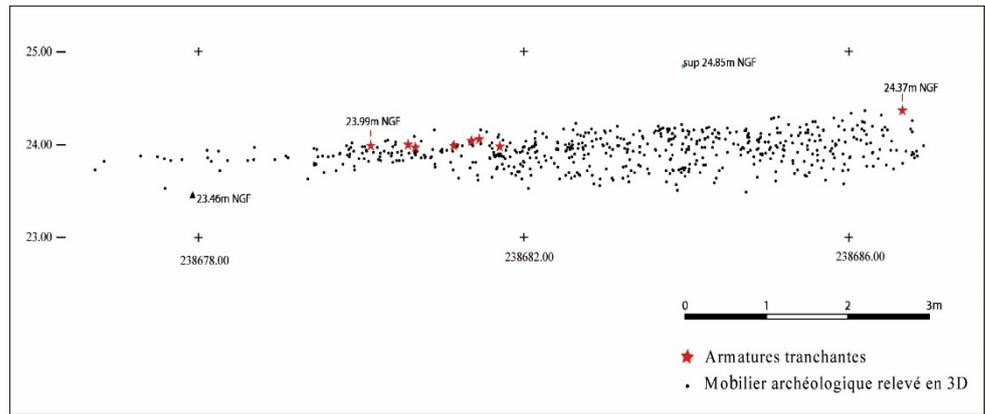
- gain de temps sur le terrain (plus besoin de dessiner tous les blocs) ;
- plus de précision dans les relevés, le géoréférencement affranchissant l'archéologue des problèmes d'échelle et de décalages entre les dessins ;
- poursuite des observations en post-fouille, notamment pour les blocs les plus intéressants, en fonction des questions qui ont pu apparaître à posteriori (le travail d'analyse en est facilité et enrichi) ;

Fig. 10 : À l'extrémité orientale des dalles, les orthostates cassés, en place dans les deux fosses de calage, peuvent être observés en détail, après leur acquisition en photogrammétrie.
P. Leblanc, 2018

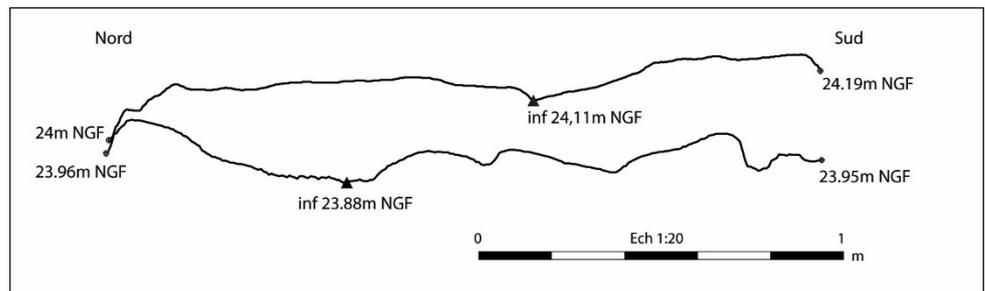


Fig. 11 : Après enlèvement des deux grandes dalles, de nouveaux blocs, plus petits sont apparus.
C. Psifer, 201

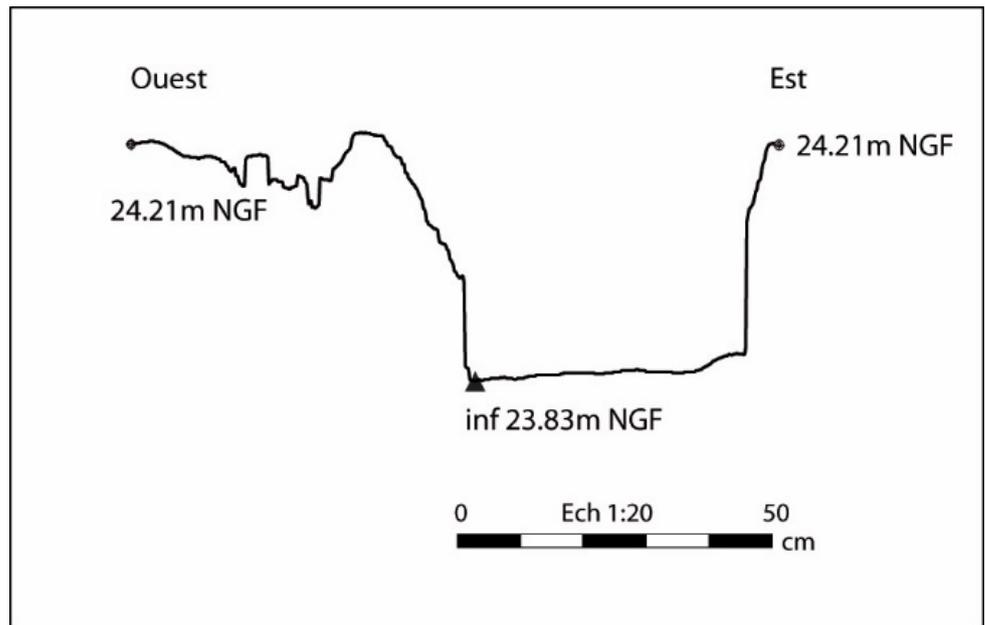




12



13



14

Fig. 12 : Analyse de la répartition spatiale du mobilier avec QGIS qui fait, en particulier, ressortir la distribution des armatures tranchantes dans le monument. On observe une concentration remarquable de pointes de flèche sous les grandes dalles de la chambre funéraire.
S. Sicard, 2018.

Fig. 13 : Profils supérieur et inférieur de la chambre funéraire, obtenus avec le logiciel QGIS.
S. Sicard, 2018.

Fig. 14 : Profil de calage de la fosse 28 obtenue avec le logiciel QGIS.
S. Sicard, 2018.

– élargissement du champs d'exploitation des données grâce à des logiciels permettant de croiser un grand nombre de critères et de réaliser des requêtes spatiales très complexes (possibilité de répondre à de nouvelles questions).

Des limites existent tout de même, probablement très différentes selon les chantiers et les expériences de chacun. Au Manémeur, on peut citer les suivantes :

– l'acquisition des données de terrain s'est révélée tributaire des conditions météorologiques (orthophotos obtenues de plus ou moins bonne définition) ;

– l'acquisition des plus grands blocs en 3D a été réalisée, sur le terrain, selon une méthode tout à fait empirique, également tributaire des conditions extérieures (quelques échecs au moment du recollage des deux faces) ;

– l'exploitation des données en 3D nécessite l'apprentissage de plusieurs logiciels alors que le temps manque souvent en post-fouille pour se former (apprentissage indispensable pour utiliser ces outils de la manière la plus efficace).

Ces nouvelles méthodes doivent ainsi s'accompagner de la mise en œuvre de types d'enregistrement plus conventionnels afin de limiter la perte éventuelle d'informations.

La pluralité des outils à manipuler, pour mettre en œuvre efficacement ces méthodes puis en exploiter les résultats, implique un travail d'équipe où les compétences de chacun optimiseront les résultats. Le responsable d'opération, qui définit les objectifs scientifiques, doit dialoguer avec le topographe et les techniciens, qui vont mettre en œuvre les techniques choisies, pour obtenir la meilleure adéquation possible entre ces objectifs et ces méthodes. L'utilisation de la 3D en archéologie est aujourd'hui largement utilisée, mais elle nécessite encore la mise en œuvre de techniques et de compétences qui ne sont pas toujours compatibles avec les contraintes de l'archéologie préventive. La pertinence et la nécessité de son utilisation doivent donc avoir été discutées avant sa mise en œuvre.