

Un espace urbain singulier : les abords de la cathédrale du Mans. Enjeux et méthodes

Stéphane Augry

▶ **To cite this version:**

Stéphane Augry. Un espace urbain singulier : les abords de la cathédrale du Mans. Enjeux et méthodes. Archéologie : imagerie numérique et 3D, Sylvie Eusèbe; Théophane Nicolas; Valérie Gouranton; Ronan Gaugne, Jun 2018, Rennes, France. hal-02126949v1

HAL Id: hal-02126949

https://inrap.hal.science/hal-02126949v1

Submitted on 28 Jun 2019 (v1), last revised 12 Jul 2019 (v2)

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.

Copyright

Stéphane Augry
Inrap Grand Ouest
UMR 6566 CReAAH
stephane.augry@inrap.fr

Un espace urbain singulier : les abords de la cathédrale du Mans. Enjeux et méthodes

La fouille des jardins de la cathédrale Saint-Julien, débutée en septembre 2017, s'inscrit dans le projet de la mairie du Mans visant à aménager un large espace au pied du chevet gothique. Il s'agit d'un chantier complexe, de par les volumes de terres déplacés, mais surtout par la présence d'architectures monumentales, dont les murs des différents systèmes défensifs. Les enjeux scientifiques sont multiples et leur étude constitue une opportunité unique d'aborder le passé de la ville, sur le temps long. Cette présentation fait le bilan des multiples méthodes employées (photogrammétrie, lasergrammétrie, maquette numérique, anastylose…) pour garantir un enregistrement stratigraphique dans « les règles de l'art » et appréhender au mieux les questions volumétriques et les « emboîtements » stratigraphiques singuliers, présents dans un contexte fortement stratifié et monumental. Elle étudie le lien entre les deux méthodes d'enregistrement déployés par les fouilleurs, traditionnelle et numérique, tout au long de l'opération d'archéologie préventive.

1 Opérations d'archéologie préventive au Mans (2014-2018)

Les fouilles archéologiques initiées aux abords de la cathédrale du Mans ont été l'occasion d'expérimenter divers outils numériques. L'enjeu consistait à répondre aux contraintes classiques rencontrées en archéologie préventive, dans un contexte densément urbanisé et stratifié. L'emprise fouillée présentait également quelques singularités propices à l'expérimentation de l'enregistrement tridimensionnel des vestiges et au changement de l'approche méthodologique classique.
Le projet d'aménagement était porté par la mairie du Mans et, plus particulièrement, par le service *Nature en Ville*. La présence d'architectures classées au titre des Monuments Historiques impliquait que certains vestiges soient mis en valeur, à l'issue de la fouille (fig.1). Celle-ci, qui s'est déroulée de septembre 2017 à juillet 2018, a été réalisée avec un effectif d'archéologues relativement restreint, tout en respectant des contraintes de temps et de budget.
Les emprises explorées se font l'écho de l'histoire de la ville du Mans. Les couches archéologiques permettent de restituer, dans les grandes lignes, les différentes mutations de la Cité depuis sa première urbanisation, juste après la Conquête romaine, jusqu'à la période très récente de la Défense passive. À noter que la présence d'architectures monumentales, dans le paysage urbain actuel, a radicalement marquée l'emprise étudiée, elle-même située sur un terrain naturel très escarpé, en flanc de vallée. Il s'agit, dans l'ordre chronologique, de l'enceinte romaine érigée lors du Bas-Empire, de la cathédrale et, en particulier, son chevet gothique (*circa* 1217-1274) et de l'enceinte médiévale construite en urgence, au milieu du 14e siècle. Ce triptyque délimite la zone de fouille où le substrat n'a été atteint que très ponctuellement et où l'épaisseur stratigraphique fouillée atteint parfois près de 6 mètres. La topographie est très marquée, en raison des terres placées contre le chevet gothique de la cathédrale et issues du creusement d'un large fossé à fond plat associé à l'enceinte médiévale. Ce fossé, élément majeur du système défensif, a été fouillé partiellement sur la *place du Jet d'eau* (Augry *et al.*, 2016)[1], attenante à la fouille des *Jardins de la cathédrale*. Le dénivelé entre la place du Jet d'eau et l'intérieur des Jardins est très important (fig.2).

Mots clés
Archéologie préventive, archéologie du bâti, archéologie urbaine, formation, lapidaire, lasergrammétrie, photogrammétrie

---

Informations de publication
Publié le 13 mai 2019
https://sstinrap.hypotheses.org/878

Augry (Stéphane). – Un espace urbain singulier : les abords de la cathédrale du Mans. Enjeux et méthodes. *In :* Eusèbe (S.), Nicolas (T.), Gouranton (V.), Gaugne (R.) dir. – *Archéologie : imagerie numérique et 3D* : actes du 3e séminaire scientifique et technique de l'Inrap, 26-27 juin 2018, Rennes.



Fig. 1 : Emprise de fouille.
Stéphane Augry, Inrap.



Fig. 2 : Dénivelé entre les jardins de la cathédrale et la place du Jet d'eau (clichés avant la fouille).
Udap72.

Le chantier s'est caractérisé par la diversité des approches méthodologiques et des solutions techniques et logistiques déployées. Les contraintes techniques et les exigences de sécurité étaient nombreuses. L'enregistrement a concerné aussi bien des vestiges enfouis que des parties en élévation. Le fort potentiel archéologique a rendu incontournable le croisement avec les sources archivistiques.
Par ailleurs, il était nécessaire de présenter rapidement des résultats, dans le cadre d'un projet où les enjeux de valorisation étaient majeurs. Preuve en est, la couverture médiatique importante de la fouille et le succès, rencontré auprès du public, lors des journées portes ouvertes organisées par l'Inrap, en partenariat avec le service Tourisme et Patrimoine de la ville du Mans[2].

2 Moyens déployés et retour d'expérience

Sont présentés, ci-après, les moyens d'acquisition des données de terrain choisis en fonction de notre expérience de fouille préventive en contexte urbain. Cette archéologie « de choix et de contraintes » soulève de nombreuses problématiques scientifiques regroupées autour du « fait urbain ».
Lors de la préparation du chantier, le logiciel SketchUp a été utilisé pour visualiser l'emprise des zones fouillées et des talus de sécurité à préserver mais, également, pour évaluer la géométrie des différents vestiges à dégager (fig. 3). Le recours à ce logiciel est envisagé lors de la phase d'étude, dans le cadre de restitutions simplifiées des différents volumes architecturaux, notamment pour évaluer la pertinence des liaisons stratigraphiques entre des maçonneries de différentes périodes et réfléchir aux espaces de circulation et à leurs relations (à l'image des réflexions présentées dans Dufaÿ, 2014[3]).
Sur le terrain, les moyens déployés concernent la lasergrammétrie et surtout la photogrammétrie, parfois associée à la prise de vue aérienne. Au quotidien, ces techniques renouvellent l'approche opérationnelle et les modalités d'acquisition des données associées aux vestiges. Ici, la photographie aérienne ou en hauteur, a surtout été réalisée grâce à des nacelles, des mâts et potences en carbone, ou encore depuis le toit de la cathédrale. Deux survols avec des drones ont également été réalisés. La lasergrammétrie (relevés laser-scanner 3D), a été mise en œuvre afin d'étudier plus précisément des éléments d'architectures particuliers, en début et en fin de chantier. Son coût a limité le nombre d'interventions. Au contraire, le recours à la photogrammétrie a été exponentiel au fur et à mesure de l'acquisition des compétences nécessaires par les fouilleurs.
Les nuages de points, produits par l'une ou l'autre de ces techniques, permettent l'extraction de données altimétriques et géoréférencées ainsi que l'exportation d'ortho-images. Ces dernières peuvent être utilisées directement comme illustrations dans le rapport d'opération ou servent, le plus souvent, de support lors du processus descriptif réalisé sur le terrain.

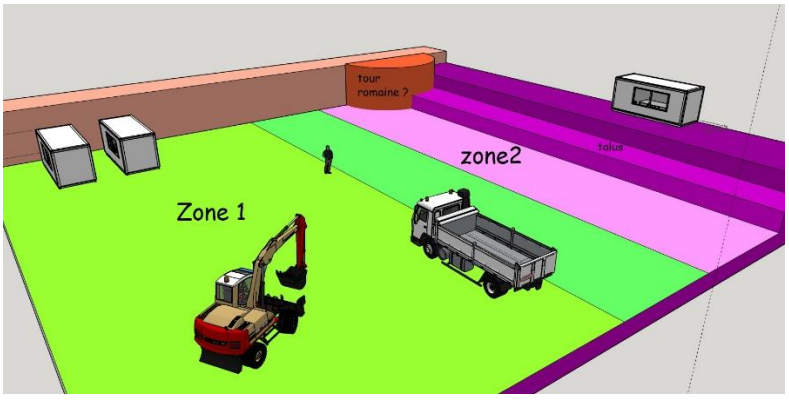


Fig. 3 : Croquis 3D préparatoire à la fouille et à la mise en forme des talus de sécurité. Les différentes couleurs marquent les limites des zones de fouille. Stéphane Augry, Inrap.

Les ortho-images concernent tant les plans et les coupes des structures que les élévations des différents bâtiments étudiés.
Le cumul d'ortho-images dans un système d'information géographique (SIG) permet, par exemple, de restituer des aires contiguës, fouillées à quatre ans d'intervalles (fig. 4). On peut ainsi évoquer une « aire ouverte virtuelle ». Même si l'essentiel de la documentation scientifique repose sur la production d'ortho-images en plan, profil et coupe, la visualisation des vestiges dans l'espace reste pertinente pour le travail d'étude (fig. 5).
Le modèle 3D permet d'appréhender facilement les deux faces d'un mur et en facilite la compréhension : correspondances des trous de boulin, des chaînages ou des niveaux de circulation, de part et d'autre de la construction (fig. 6).



Fig. 4 : Ortho-image de la courtine romaine. Le document de travail géoréférencé permet un premier travail de terrain et de calpinage.
Stéphane Augry, Inrap.

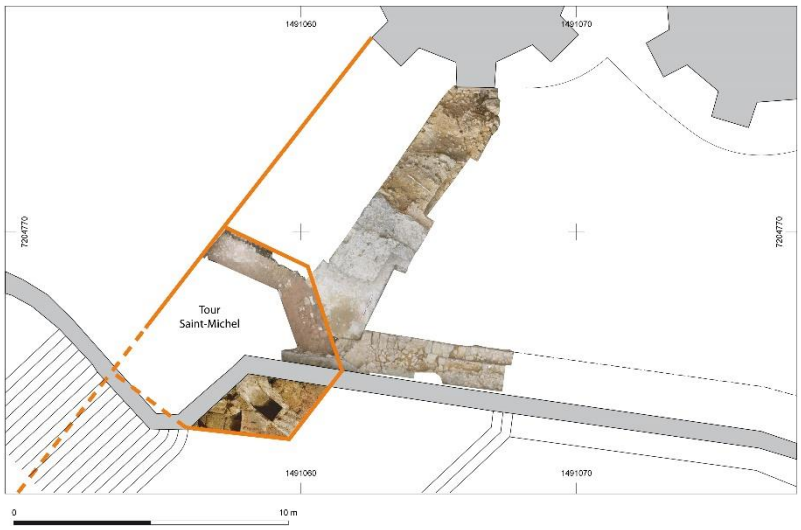


Fig. 5 : Ortho-image des vestiges de la tour Saint-Michel.
Stéphane Augry, Inrap.

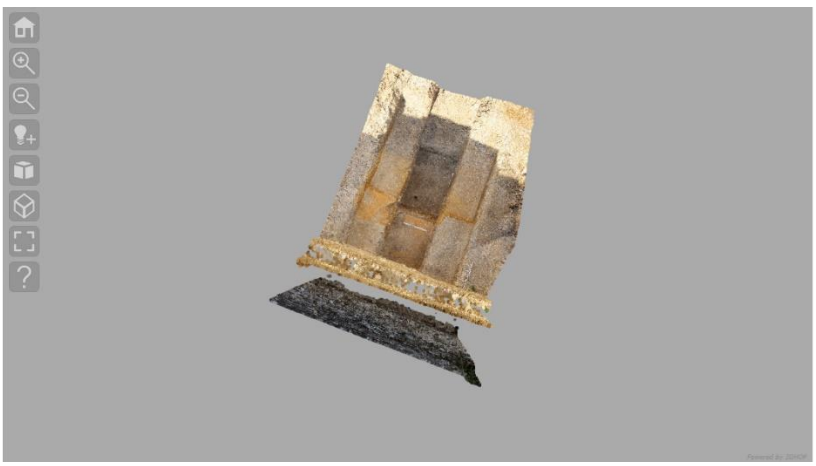


Fig. 6 : Modèle 3D du sondage de diagnostic à droite de l'enceinte médiévale.
Stéphane Augry, Inrap.
- Modèle utilisant la solution 3DHOP, hébergé sur la plateforme Visual Media Service développée par Visual Computing Lab (ISTI – CNR), dans le cadre du projet Ariadne.
- Disponible ici : https://visual.ariadne-infrastructure.eu/3d/le-mans-jardins-de-la-cathedrale?standalone



Fig. 7 : Modèle 3D du fragment de ramplage d'une baie médiévale.
Stéphane Augry, Inrap.
- Modèle utilisant la solution 3DHOP, hébergé sur la plateforme Visual Media Service développée par Visual Computing Lab (ISTI – CNR), dans le cadre du projet Ariadne.
- Disponible ici : https://visual.ariadne-infrastructure.eu/3d/fragment-de-ramplage_iso461?standalone

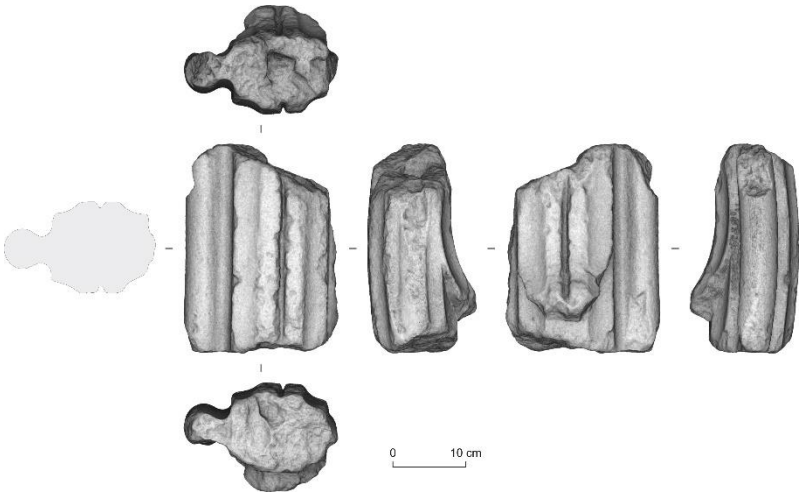


Fig. 8 : Dessin technique. Fragment de ramplage d'une baie médiévale.
Fabien Sanz Pascual, Stéphane Augry, Inrap.

Il faut noter que l'utilisation d'un SIG facilite l'intégration des données au processus de la fouille (Moreau, 2018)[4]. Toutefois, l'enregistrement stratigraphique reste au cœur de la démarche avec notamment l'usage d'une base de données structurée autour de l'unité stratigraphique (Tuffery & Augry, 2019)[5].
L'usage de la photogrammétrie s'est également avéré très utile, durant la phase d'étude, pour aider au relevé du mobilier lapidaire. Les différents essais réalisés ont été concluants et cette technique a grandement facilité le dessin des nombreux blocs d'architecture issus de la fouille. Il est évident que sans la photogrammétrie, les relevés et les essais de remontage des blocs auraient été très compliqués à réaliser. Malgré les apports notables de cette méthode, il faut signaler que les normes habituelles du dessin archéologique n'ont pas été négligées (fig. 7 et 8).

3 Éléments de synthèse

En aval du chantier, une recherche bibliographique s'imposait afin de faire le point sur les potentialités de ces technologies numériques. Le constat est que la majorité des articles existants sur le sujet est d'origine anglo-saxonne. Parmi de nombreux exemples, on peut citer : De Reu *et al.* (2013)[6], Berggren *et al.* (2015)[7], Olson *et al.* (2013)[8], Sapirstein et Murray (2017)[9]. Plus spécifiquement, pour l'archéologie préventive, il est possible de se référer à la publication de Kuchler (2005)[10], dont l'essentiel des conclusions est encore valable 14 ans après.

On y retrouve, de manière récurrente, les concepts suivants : une archéologie entièrement numérique (*paperless*), des moyens très accessibles (*low cost*) et, surtout, des gains de productivité notables. Certains auteurs prétendent qu'un archéologue pourrait reproduire sa stratigraphie, à l'envi, grâce à la réalité virtuelle. Notre expérience de terrain nous autorise à relativiser grandement l'ensemble de ces concepts, alors qu'ils sont souvent relayés avec enthousiasme. Celui qui nous a le plus interpellé est l'exigence de productivité que l'on associe à l'utilisation de ces techniques. Même si des gains sont effectivement mesurables en terme quantitatif, voire qualitatif, la productivité nous semble absente de cette nouvelle équation. Dans la majorité des études de cas présentées, certaines étapes sont plus ou moins volontairement omises comme, par exemple, la présentation précise des moyens déployés, ou encore, les modalités de conservation de la masse de données produites. Ces informations sont également très souvent absentes des rapports de fouille, pourtant de plus en plus enclin à présenter de la documentation issue des modèles 3D. Dans bien des cas, le gain de temps sur le terrain est reporté en post-fouille (traitement des données sur ordinateur chronophage) et la perte d'informations, forcément induite, est rarement évoquée…

La masse des données numériques produite, suite à l'introduction de l'imagerie numérique, pose le problème de la gestion et de l'archivage pérenne des fichiers générés. Cette question est aujourd'hui centrale, avec le développement de l'*open access* et la mise en place de plans de sauvegarde des données par différentes institutions (dont l'Inrap)[11] ; s'ajoute également les exigences réglementaires en matière de « république numérique » et celles liées à la forme et au contenu des rapports d'opération.

En ce qui concerne l'étude de cas du Mans, les interrogations sont nombreuses. Elles portent, notamment, sur les modalités de transmission et de valorisation des données, dans le cadre du programme collectif de recherche « Enceinte romaine du Mans » (Bertrand *et al.*, 2018)[12].

4 Perspectives et remarques diverses

Face à l'ensemble des opportunités et des écueils présentés, une des meilleures stratégies à adopter reste la formation continue des archéologues. Le risque de dérive méthodologique majeur consiste à séparer une partie de l'équipe de terrain, cantonnée aux travaux de fouille, du reste des spécialistes, voire des prestataires externes.

Au sein de l'Inrap, la formation aux technologies numériques (photogrammétrie, nuages de points) s'insère dans un programme plus large, centré sur la maîtrise et l'usage des SIG, dans le cadre de l'archéologie préventive. La formation joue un rôle important pour les formateurs eux-mêmes, en facilitant le partage d'expériences à l'échelle nationale. Elle encourage la création d'un vocabulaire commun et constitue un lieu d'échange autour des bonnes pratiques.

La formation des équipes aux techniques numériques n'est, toutefois, pas suffisante. D'une part, le niveau de compétence en photographie numérique reste relativement faible, ce qui réduit grandement les capacités d'appréhension des techniques photogrammétriques et de gestion des métadonnées. D'autre part, les savoir-faire, notamment en terme de dessin technique, ne doivent pas être négligés, sous peine de perte de qualité de l'iconographie dans les rapports de fouille. Ainsi, parmi les « lignes de force » proposées dans la programmation nationale du CNRA, on peut lire qu'il faut « insister sur la qualité de la documentation graphique produite pendant les opérations et veiller à ce que 3D et photogrammétrie ne se substituent pas aux relevés traditionnels, supports fondamentaux de la restitution et de l'interprétation »[13] (fig. 9 et 10).

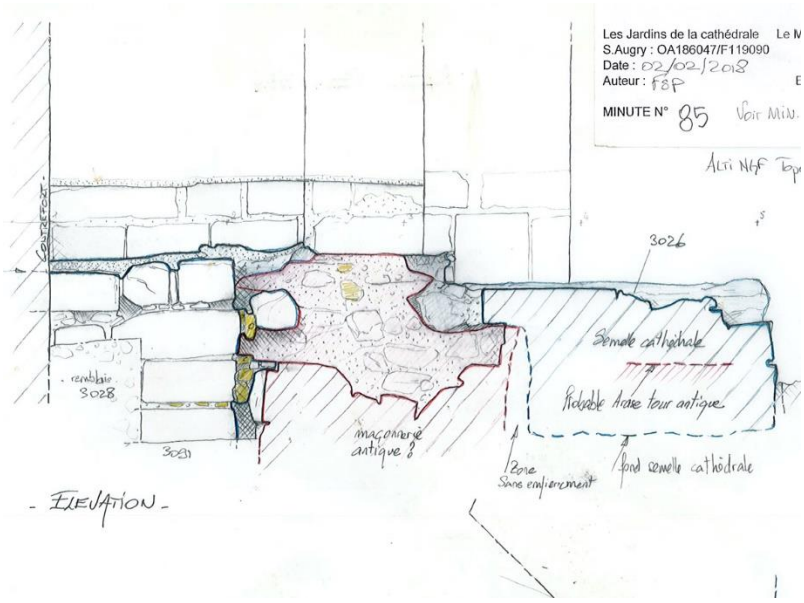


Fig. 9 : Minute de terrain. Le relevé manuel permet l'enregistrement détaillé des relations stratigraphiques. Il montre la liaison entre une tour romaine (en rouge) et l'architecture de la cathédrale gothique (en bleu).
Fabien Sanz Pascual, Stéphane Augry, Inrap.



Fig. 10 : Ortho-image réalisée à partir du modèle 3D, de manière concomitante au levé manuel. Cf. fig. 9.
Stéphane Augry, Inrap.

Ainsi, on comprend que la formation post-recrutement prend une place primordiale dans la constitution des équipes archéologiques, au-delà de leurs capacités d'intervention opérationnelle et scientifique.
Un choix possible mais qui n'a pas été le nôtre, car cette décision n'est pas neutre, est de déléguer à des spécialistes l'acquisition et le traitement numérique. Il convient de rappeler les enjeux autour de la maîtrise technique des différents processus. L'archéologie préventive possède ses propres spécificités que l'on ne rencontre pas dans d'autres domaines de déploiement de l'imagerie numérique ; par exemple, la question des délais est particulièrement déterminante. Les problématiques liées à la propriété intellectuelle des données et au format pérenne des fichiers sont également à prendre en compte, en cas de recours à des prestataires.
Pour conclure, on constate que les retours d'expérience concernant les usages de l'imagerie numérique en archéologie sont encore trop peu nombreux, alors que les innovations induites sont de plus en plus présentent dans la chaîne opératoire des opérations d'archéologie préventive. Les perspectives concernant les nouvelles façons d'envisager la production de connaissances archéologiques sont considérables. Pour l'heure, les bilans sont souvent cantonnés à de simples études de cas focalisées sur les solutions méthodologiques et techniques mises en place. La théorie critique reste négligée, alors que les changements sont majeurs et restent encore à venir.

Notes et bibliographie

[1] Augry (S.) dir., Coffineau (E.) collab., Fillon (D.) collab., Gautier (N.) collab., Meunier (H.) collab., Nauleau (J.-F.) collab., Thébaud (S) collab. – *Le Mans (Sarthe), Place du Jet d'Eau : rapport de fouilles*. Cesson-Sévigné : Inrap Grand Ouest, 2016. 1 vol., 267 p. <http://dolia.inrap.fr/flora/ark:/64298/0143759>.

[2] *Les fouilles des jardins de la cathédrale du Mans*. Actualité sur le site de l'Inrap. Mise en ligne le 21 mars 2018. Consultée le 10 mai 2019. <https://www.inrap.fr/les-fouilles-des-jardins-de-la-cathedrale-du-mans-13569>.

[3] Dufaÿ (B.) – La modélisation 3D de grands ensembles monumentaux. De la restitution au public à la recherche scientifique. *Archeologia e Calcolatori*, Supplemento 5, 2014, p. 149-163. <http://www.archcalc.cnr.it/indice/Suppl_5/12_Dufay.pdf>.

[4] Moreau (A.). – Déploiement massif des outils libres en archéologie : l'exemple de QGIS à l'Inrap. *In : FOSS4Gfr. Conférence biennale réunissant les acteurs francophones de l'écosystème GéoSpatial*. 15-17 mai 2018, ENSG, Marne-la-Vallée. À paraître.

[5] Tufféry (C.), Augry (S.). – Harmonisation de l'acquisition des données d'opérations d'archéologie préventive. Retours d'expériences et perspectives à partir de l'application EDArc. *In :* Claudia Marinica (C.) éd., Guillet (F.) éd., Laroche (F.) éd., Velcin (J.) éd. – *Data and knowledge management and analysis : actes de l'atelier DAHLIA (DigitAl Humanities and cuLtural heritage)*, 22 janv. 2019, Metz. p. 21-27. <http://dahlia.egc.asso.fr/atelier_DAHLIA2019_actes.pdf>.

[6] De Reu, (J.), Plets (G.), Verhoeven (G.), De Smedt (P.), Bats (M.), Cherretté (B.), De Maeyer (W.), Deconynck (J.), Herremans (D.), Laloo (P.), Van Meirvenne (M.), De Clercq (W.). – Towards a three-dimensional cost-effective registration of the archaeological heritage. *Journal of Archaeological Science*, vol. 40 (2), 2013, p. 1108-1121. <10.1016/j.jas.2012.08.040>.

[7] Berggren (Å.), Dell'Unto (N.), Forte (M.), Haddow (S.), Hodder (I.), Issavi (J.), Lercari (N.) , Mazzucato (C.), Mickel (A.), Taylor (J. S.). – Revisiting Reflexive Archaeology at Çatalhöyük: Integrating Digital and 3D Technologies at the Trowel's Edge. *Antiquity*, vol. 89 (344), 2015, p. 433-448. <10.15184/aqy.2014.43>.

[8] Olson (B. R.), Placchetti (R. A.), Quartermaine (J.), Killebrew (A. E.). – The Tel Akko Total Archaeology Project (Akko, Israel): Assessing the Suitability of Multi-Scale 3D Field Recording in Archaeology. *Journal of Field Archaeology*, vol. 38 (3), 2013, p. 244-262. <10.1179/0093469013Z.00000000056>.

[9] Sapirstein (P.), Murray (S.) – Establishing Best Practices for Photogrammetric Recording During Archaeological Fieldwork. *Journal of Field Archaeology*, vol. 42 (4), 2017, p. 337-350. <10.1080/00934690.2017.1338513>.

[10] Kuchler (P.). – Du redressement d'image au dessin archéologique : l'exemple du site de la rue du Docteur Joyeux à Mirecourt (Vosges). *Revue Archéologique de l'Est*, t. 53 (2004), 2005, p. 269-293.

[11] *Actualité de l'open access en archéologie française* : 1er séminaire scientifique et technique de l'Inrap. 23 et 24 mars 2017, Université Paris Descartes. <https://www.inrap.fr/actualite-de-l-open-access-en-archeologie-francaise-13185>

[12] Bertrand (E.), Meunier (H.), Monteil (M.), Durand (A.), Guilleux (J.), Miot (F.). – *Enceinte romaine, Le Mans (Sarthe) : Candidature à la liste indicative des biens français*. Le Mans : Villes et Pays d'art et d'histoire. 2018.

[13] Conseil national de la recherche archéologique. – *Programmation nationale de la recherche archéologique*. Paris : Ministère de la Culture et de la Communication, Direction générale des patrimoines – sous-direction de l'archéologie, 2018. *cf.* p. 22. <http://www.culture.gouv.fr/Thematiques/Archeologie/Etude-recherche/Programmation-nationale>.