



**HAL**  
open science

## 3D et grottes ornées

Violette Abergel, Priscilia Barbuti, Oscar Fuentes, Kevin Jacquot, Stéphane Konik, Geneviève Pinçon

► **To cite this version:**

Violette Abergel, Priscilia Barbuti, Oscar Fuentes, Kevin Jacquot, Stéphane Konik, et al.. 3D et grottes ornées. JC3DSHS 2023, Les Journées du Consortium 3D SHS, Nov 2023, Lyon, France. hal-04489962v2

**HAL Id: hal-04489962**

**<https://hal.science/hal-04489962v2>**

Submitted on 9 Apr 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.

---

# 3D ET GROTTES ORNÉES

V. Abergel,<sup>5</sup> P. Barbuti,<sup>4</sup> O. Fuentes,<sup>1</sup> K. Jacquot,<sup>2</sup> S. Konik,<sup>3</sup> G. Pinçon<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CNP (Centre National de Préhistoire)

<sup>2</sup>MAP ARIA (Applications et Recherches en Informatique pour l'Architecture) URM MC

<sup>3</sup>PACEA (De la Préhistoire à l'Actuel : Culture, Environnement et Anthropologie) UMR 5199

<sup>4</sup>LAMPEA (Laboratoire Méditerranéen de Préhistoire Europe Afrique) UMR 7269

<sup>5</sup>MAP - UPR 2002 - Modèles et simulations pour l'Architecture et le Patrimoine

**Mots-clés :** Art pariétal - Relevé 3D

**Résumé :** En septembre 2015, la rencontre entre le Centre National de la Préhistoire (CNP), un service de l'administration centrale du ministère de la Culture en charge, notamment, de la politique nationale des grottes ornées et le laboratoire Modèles et Simulations pour l'Architecture et le Patrimoine (MAP), une UMR sous cotutelle du CNRS et du ministère de la Culture, dont l'objet d'étude se concentre en particulier sur les méthodes et outils numériques pour l'architecture et le patrimoine culturel a permis de fonder les bases d'une collaboration scientifique qui se poursuit aujourd'hui à travers l'accord-cadre entre le ministère de la Culture et le CNRS.

Nous proposons d'aborder les différents travaux, menés depuis 2015, alliant d'une part, sciences et techniques de l'information et de la communication et d'autre part, les grottes ornées. Après une présentation rapide de ce corpus patrimonial, nous traiterons des enjeux de la 3D pour les grottes ornées et les travaux réalisés, passés ou en cours.

---

## 1. Le corpus des grottes ornées en France

Les grottes ornées paléolithiques forment un ensemble restreint, mais représentatif, comprenant environ 200 sites en France, plusieurs d'entre eux, Lascaux, Chauvet ou Cosquer par exemple, ayant une importance significative auprès du public. Au sein de ce corpus, 139 grottes et abris ornés bénéficient actuellement d'une protection au titre des monuments historiques, avec une répartition de 66 % classés et 34 % inscrits. Toute intervention sur ces sites fragiles et singuliers doit être la moins intrusive et destructrice possible, dans le dessein de préserver leur intégrité pour les générations futures.

## 2. Le relevé 3D d'art pariétal

Les approches scientifiques appliquées à ces sites se concentrent principalement sur l'observation. Les grottes et abris ornés sont d'emblée inclus dans des programmes d'études pluridisciplinaires, intégrant au minimum l'archéologie, la conservation et l'environnement. La vulnérabilité inhérente à ces grottes confère à ce patrimoine une dimension invisible et inaccessible, malgré son impératif de restitution au public et aux chercheurs. L'exploitation des données 3D s'avère précieuse pour l'analyse des parois ornées et la restitution au public, et ce depuis plusieurs décennies. C'est notamment au cours des années 90 qu'a eu lieu l'étude dirigée par Geneviève Pinçon de l'abri sculpté magdalénien au Roc-aux-Sorciers à Angles-sur-l'Anglin dans la Vienne avec Gaël Hamon (société Art graphique et patrimoines) agissant en tant qu'expert 3D aux côtés de l'équipe de recherche, mais aussi des élus pour la réalisation du fac-similé ouvert au public en 2008.

En 2012, un relevé 3D de la grotte de Lascaux a été exécuté par le bureau d'études Perazio Engineering. La restitution de la grotte présentée à Lascaux IV a été réalisée à partir de ce relevé numérique. L'ambition affichée est la reproduction intégrale de la grotte à travers un fac-similé, mais aussi l'intégration de nouvelles technologies de l'image et du virtuel dans le but de faciliter la médiation. En vue de la préservation de la grotte, un simulateur numérique du microclimat souterrain de Lascaux est développé<sup>1</sup>. Élaboré à partir du modèle 3D, il repose sur un programme de mécanique des fluides numérique adapté à l'environnement spécifique de la grotte. Il permet de simuler divers impacts sur l'atmosphère de la grotte, tels que la présence humaine, les conséquences du réchauffement climatique, et l'évolution en fonction des scénarios établis notamment par le GIEC.

Au-delà des problématiques de conservation et de valorisation, les préhistoriens spécialistes de l'art rupestre bénéficient désormais de la possibilité d'effectuer leurs relevés d'analyse en trois dimensions directement sur le modèle. Un exemple concret de cette approche concerne l'abri peint de la Mamilihpan, dont l'accès est complexe en raison de sa localisation dans le contexte amazonien au sud-ouest de la Guyane, à 40 km du point de trijonction des frontières du Brésil, du Suriname et de la Guyane.

Au sein du CNP, la réalisation des étapes techniques a été rendue possible grâce à une collaboration étroite entre l'archéologue et l'infographiste 3D. Cette coopération, entre experts et apprentis, a permis d'aboutir à la production des relevés en trois dimensions, représentant ainsi une avancée significative dans la documentation et la préservation de l'art rupestre, notamment dans des environnements difficiles d'accès.

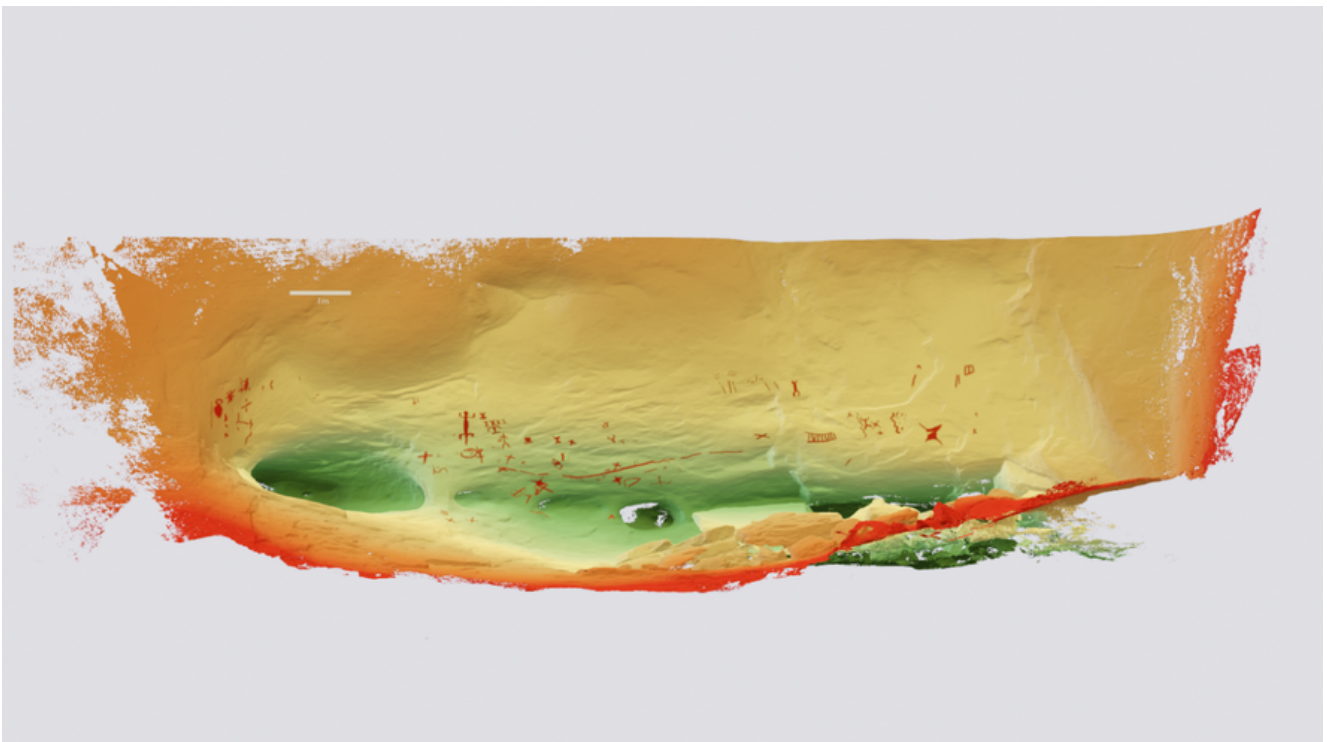


Figure 1

L'abri peint de la Mamilihpan (Guyane). Relevé 3D Blender sur MNE. Modèle 3D O. Huard.  
Crédits : Centre National de Préhistoire – Ministère de la culture

[1] Ce projet est dirigé par Delphine Lacanette, professeure à l'École nationale supérieure de matériaux, d'agroalimentaire et de chimie de Bordeaux, ainsi qu'à l'Institut de mécanique et d'ingénierie (I2M) de Bordeaux.

L'utilisation des techniques numériques tridimensionnelles devient impérative dans le contexte des grottes ornées, notamment pour celles présentant un accès particulièrement difficile (telles que Lascaux, fermée pour des raisons de conservation, Cosquer en partie immergée, et Chauvet pour des motifs de préservation et de sécurité). La 3D s'affirme en tant qu'outil essentiel de conservation préventive. Elle joue un rôle crucial dans l'archivage de l'état du site à un instant donné, mais également dans la planification préalable en vue d'en assurer une fréquentation raisonnée. Elle permet également de partager des interprétations scientifiques, en favorisant un travail collaboratif et contribue au développement de restitutions variées, touchant un public de plus en plus étendu. Cette approche numérique s'inscrit dans une perspective holistique visant à concilier la préservation des sites, la recherche scientifique, la sensibilisation du public et la médiation.

La complexité intrinsèque des grottes ornées et la diversité des domaines d'étude qu'elles suscitent requièrent le recours à des méthodes et des outils d'analyse ainsi que de valorisation d'une grande variété. Dans ce contexte, les méthodes et techniques numériques émergent comme un levier d'action significatif à plusieurs niveaux, notamment :

- Localisation et positionnement spatial : la visualisation graphique 3D est utilisée pour la localisation et le positionnement dans l'espace des sites, des entités archéologiques, des installations de gestion, des prélèvements, etc. ;
- Analyse en archéologie et conservation : elles interviennent dans l'analyse, que ce soit pour la modélisation du climat souterrain, la représentation d'équipements, l'étude des comportements humains ou d'autres aspects liés à l'archéologie et/ou à la conservation ;
- Restitutions : les techniques d'infographie facilitent la création de restitutions variées telles que des fac-similés, des environnements en réalité virtuelle et augmentée, des scénographies, ainsi que des productions cinématographiques.

Face à ces défis, le CNP s'investit depuis de nombreuses années dans l'établissement d'un écosystème numérique. Cet écosystème vise à traiter la multitude de données générées par les études des grottes ornées, sous des formats divers, en intégrant des outils interopérables. Il englobe un écosystème 3D tout en intégrant la gestion documentaire, les systèmes d'information géographique (SIG), et des bases de données chronologiques. L'objectif est de converger ces données vers la création d'un atlas numérique exhaustif des grottes ornées.

### **3. Documenter les données 3D des grottes ornées**

Les premiers échanges entre le MAP et le CNP font notamment émerger un enjeu méthodologique lié à un manque de normalisation de pratiques en matière d'acquisition tridimensionnelle malgré leur augmentation considérable depuis 2010. Des modèles numériques traités sont souvent les seuls livrables versés au CNP, alors que les données brutes — nuages de points et photographies — constituent des documents essentiels pour un archivage pérenne et toute exploitation ultérieure (1).

Malheureusement, l'absence de standards et de schémas de description véritablement adaptés aux données 3D (à l'époque, et dans une moindre mesure encore aujourd'hui malgré les progrès significatifs apportés par les consortiums MASA et 3DSHS) constituent un frein considérable au partage et à l'exploitation de ces ressources. Il n'est possible d'accorder de la confiance à une ressource que lorsque l'on en connaît la nature et la provenance. Partant de ce constat, nous avons proposé un ensemble de descripteurs destiné à la qualification des données caractérisant les modèles numériques 3D en dépôt au CNP avec l'objectif de fournir une base de travail pour documenter ces données, afin d'anticiper leur diffusion.

Cette collaboration a été l'occasion de faire le bilan sur le corpus de données 3D existantes et, malheureusement, de constater quelques mauvaises surprises. Par exemple, les données d'une campagne d'acquisition ont été intégralement tronquées de leurs données EXIF, entravant de ce fait leurs possibles réutilisations. Dans d'autres cas, les données brutes étaient tout bonnement inexistantes. Face à un tel constat, il apparaît clairement que la documentation des données numériques constitue un enjeu majeur de sensibilisation auprès des institutions et organismes susceptibles d'engager des campagnes de numérisation. En réaction, l'UMR MAP et le CNP ont édité, en 2017, un livret méthodologique concernant les métadonnées des acquisitions numériques, accompagné de préconisations. Son objectif est d'aider tout commanditaire de ressources numériques 3D à obtenir, le plus en amont possible de la création des données, les informations qui lui seront indispensables pour bien passer sa commande et, ensuite, pour bien exploiter les données qui lui seront fournies par le prestataire.

De la même manière, il s'est avéré très important de mieux préciser les cahiers des charges des relevés 3D de grottes ornées, pour obtenir des données convenablement documentées et adaptées aux utilisations attendues concernant notamment l'étude, la préservation et la conservation des sites. Pour ce faire, le CNP anime le réseau SOCle (Sites Ornés réseau Culture) qui est le réseau national des agents du ministère de la Culture chargé de la gestion des grottes, abris et autres sites ornés. Il a pour but de favoriser le partage des savoir-faire et des outils de gestion propres à ces contextes, à travers notamment l'organisation de séminaires thématiques utiles à l'ensemble des acteurs du domaine. Un séminaire a été consacré à la 3D des grottes ornées « la 3D : améliorer les cahiers des charges, la réception des données et leur archivage ».

Les réflexions poursuivies sur les questions de gestion et de conservation des données se nourrissent de diverses expérimentations de visualisation 3D, en particulier la plateforme Culture 3D Cloud (2). En 2016, le CNP et le MAP lancent le projet « 3D et Grottes ornées » qui permet le développement d'un prototype de plateforme web de visualisation et de manipulation de données 3D et de gestion de métadonnées à travers une interface adaptative (3). Ce prototype dispose notamment de fonctionnalités permettant de déposer des ressources et de les décrire, d'outils de visualisation et de manipulation abordables pour tout public, et de fonctionnalités destinées à faciliter l'extraction d'informations, toujours en conservant un lien avec les métadonnées associées aux ressources manipulées.

Ce prototype ne visait pas à se substituer aux outils d'analyse habituels mais se plaçait au contraire en amont des travaux d'analyse, avec l'ambition de faciliter l'interrogation de corpus de plus en plus riches. Les résultats de projet ANR Monumentum en 2016 mené par le MAP (4) sont directement mobilisés dans les expérimentations conduites pour la création d'une ontologie de domaine dédiée à la description de traces anthropiques (5). L'ambition est de relier sémantiquement les éléments d'analyse produits par les différents experts en s'appuyant sur des référentiels terminologiques stables et de structurer, articuler ces données hétérogènes pour enfin les croiser afin de faire émerger des connaissances nouvelles. Cette contribution jette les bases d'un éventuel système d'information dans lequel une ontologie ad hoc assure le besoin de structuration sémantique de données hétérogènes.

La poursuite de recherches sur les modalités de relevé se fait à travers différentes initiatives, notamment par la mise en situation de la plateforme Aïoli (6) développée par le MAP ou l'exploration des atouts d'approches FLOSS existantes (7). Dans ce dernier cas, l'environnement du logiciel libre et gratuit Blender a constitué une base à la création des différents outils permettant de relever l'ensemble des éléments d'une paroi (gravures, éléments géomorphologiques, peintures monochromes / polychromes, etc.), d'enrichir la lecture de la paroi par la création de modes d'affichage prenant la forme de textures et répondant à des besoins spécifiques, ou encore de partager et diffuser ses travaux (format natif, rendus, exports interoperables). Ces travaux ont donné lieu à la publication d'un livret méthodologique mis à disposition de tous les acteurs du patrimoine qui souhaiteraient s'emparer de cette méthode pensée pour être générique et donc applicable à d'autres domaines, disciplines ou périodes archéologiques.

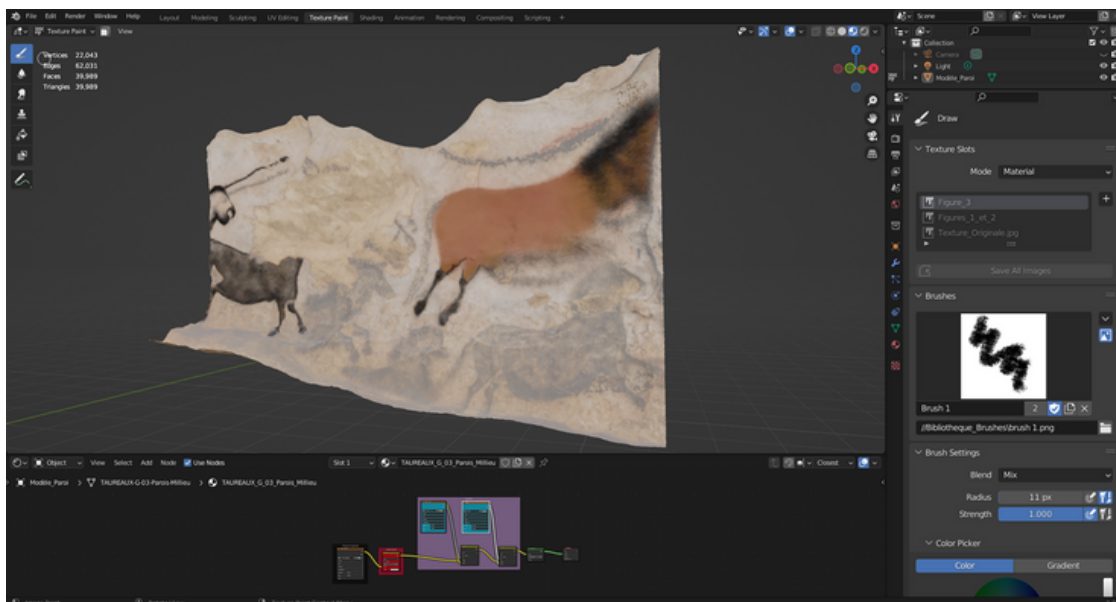


Figure 2  
 La grotte de Lascaux (Dordogne). Relevé 3D Blender. Document Joy Legay.  
 Crédits : Centre National de Préhistoire – Ministère de la culture

En matière de réalité virtuelle, les travaux menés sur Unreal Engine tournent autour de deux approches : la restitution en réalité virtuelle de site et de leur environnement immédiat, sur la base des données scientifiques disponibles à ce jour (exemple du Roc-aux-Sorciers) et le transfert de la question du relevé d'art pariétal à la réalité virtuelle, avec le développement d'outils permettant d'annoter et effectuer un premier travail de prospection des parois selon une approche plus immersive (Combarelles III).

#### 4. Quelques perspectives

Outre le relevé en réalité virtuelle (8), les plateformes de visualisation constituent le second axe d'expérimentations autour d'écosystèmes numériques d'annotations collaboratives. En parallèle de travaux menés sur Unreal Engine, un nouveau volet exploratoire et prospectif a été ouvert sur les potentiels d'aide à l'analyse archéologique dans des environnements de type planétariums. Ce projet vise à explorer de nouvelles modalités de visualisation immersive des données collectées autour des sites d'art pariétal en proposant en amont des solutions d'harmonisation, documentation, et spatialisation adaptées à ces corpus, mais aussi d'exploiter la projection dans la salle voûtée du planétarium comme nouveau mode de médiation scientifique à destination d'experts, afin de proposer de nouvelles modalités de collaboration immersive et de nouveaux scénarios d'analyse pluridisciplinaire s'appuyant sur les compétences des médiateurs scientifiques qui habituellement s'adressent plutôt au grand public.

Le projet THEIA qui s'inscrit dans l'appel à projets : « Numérisation du patrimoine et de l'architecture » dans le cadre du 4e programme d'investissements d'avenir, piloté par la société Mercurio et le CNP, propose d'expérimenter le relevé archéologique des gravures préhistoriques de façon collaborative et participative avec le public, grâce au développement du RTI et d'un outil de médiation et de science participative. En effet, la technologie RTI (Reflectance Transformation Imaging) est une méthode photographique permettant une mise en lumière interactive de la surface d'un objet, afin d'améliorer sa lecture, jusqu'à révéler des détails invisibles à l'œil nu. Il aborde notamment des enjeux d'interaction, d'annotation, et d'harmonisation de chartes graphiques, toujours dans l'idée de mieux structurer l'état des connaissances autour d'un même objet d'étude afin d'en permettre l'analyse croisée.

Des collaborations existantes et indépendantes au sein du MAP et du CNP avec ces acteurs des industries culturelles et créatives ont ainsi été initiées il y a plusieurs années du fait des enjeux communs en architecture, archéologie et astronomie en matière de projection géométrique des objets d'étude respectifs. Cela s'est traduit par plusieurs expérimentations dédiées à des besoins de médiations culturelles et répondant aux nécessités de favoriser le repérage des contenus culturels, d'assurer la diversité de représentation des œuvres et la diversification des publics telle que formulée par le ministère de la Culture dans le domaine de l'innovation numérique.

## 5. Bibliographie

1. Ministère de la Culture, Direction générale des patrimoines. Manuel des bonnes pratiques dans les sites ornés en milieu souterrain [Internet]. Paris : Ministère de la Culture ; 2021. 95 p. Disponible sur : <https://www.culture.gouv.fr/Thematiques/Archeologie/Ressources-documentaires/Etude-et-conservation-des-grottes-ornees-et-sites-d-art-rupestre/Manuel-des-bonnes-pratiques-dans-les-sites-ornes-en-milieu-souterrain>
2. Alliez P, Bergerot L, Bernard JF, Boust C, BRUSEKER G, CARBONI N, et al. Digital 3D Objects in Art and Humanities: challenges of creation, interoperability and preservation. White paper [Internet]. European Commission; Horizon H2020 Projects ; 2017 mai [cité 24 août 2021] p. 71. Disponible sur : <https://hal.inria.fr/hal-01526713>
3. Abergel V, Pinçon G, Konik S, Jacquot K. Harmonisation et diffusion des ressources numériques 3D des grottes ornées. In Situ Revue des patrimoines [Internet]. 9 juill 2019 [cité 10 juill 2019] ; 1(39). Disponible sur : <http://journals.openedition.org/insitu/21550>
4. Messaoudi T, Véron P, Halin G, De Luca L. An ontological model for the reality-based 3D annotation of heritage building conservation state. Journal of Cultural Heritage [Internet]. 29 juill 2017 ; Disponible sur : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1296207417304508>
5. Stoleru A. Towards a Domain Ontology Dedicated to the Description of Anthropogenic Traces in Rock Art [Internet]. Poster présenté à : DARIAH Annual Event 2019 : Humanities Data ; 2019 mai 15 ; Varsovie, Pologne. Disponible sur : <https://dariah-ae-2019.sciencesconf.org/>
6. Goron AL. L'utilisation du numérique, nouvelles perspectives pour la conservation-restauration des œuvres - Le cas particulier du site de la Carapa, Kourou, Guyane. In Situ Revue des patrimoines [Internet]. 9 juill 2019 [cité 24 oct 2023] ; (39). Disponible sur : <https://journals.openedition.org/insitu/22228>
7. Barbuti P, Fuentes O, Konik S, Pinçon G. Le relevé interdisciplinaire d'art pariétal paléolithique en trois dimensions: intérêt, méthode et premiers résultats. Humanités numériques [Internet]. 1 juill 2023 [cité 24 oct 2023] ; (7). Disponible sur : <https://journals.openedition.org/revuehn/3410>
8. Ministère de la Culture, Direction générale des patrimoines, Sous-direction de l'archéologie, Centre National de la Préhistoire. L'écosystème 3D des grottes ornées: l'usage de Blender pour le relevé d'art pariétal. Livret méthodologique [Internet]. Paris : Ministère de la Culture ; 2022. 88 p. Disponible sur : <https://www.culture.gouv.fr/Thematiques/Archeologie/Ressources-documentaires/Etude-et-conservation-des-grottes-ornees-et-sites-d-art-rupestre/L-ecosysteme-3D-des-grottes-ornees-l-usage-de-Blender-pour-le-releve-d-art-parietal>