



HAL
open science

Signes et désordres sur la stèle néolithique no 3 à La Bretellière (Saint-Macaire-en-Mauges, Maine-et-Loire)

Serge Cassen, Valentin Grimaud, Yann Le Jeune

► **To cite this version:**

Serge Cassen, Valentin Grimaud, Yann Le Jeune. Signes et désordres sur la stèle néolithique no 3 à La Bretellière (Saint-Macaire-en-Mauges, Maine-et-Loire). *L'anthropologie*, 2020, 124 (4), pp.102768. 10.1016/j.anthro.2020.102768 . hal-02971520

HAL Id: hal-02971520

<https://univ-rennes.hal.science/hal-02971520>

Submitted on 16 Dec 2022

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 4.0 International License

Signes et désordres sur la stèle néolithique n°3 à La Bretellière (Saint-Macaire-en-Mauges, Maine-et-Loire).

Signs and disorders on the Neolithic stele n°3 in La Bretellière (Saint-Macaire-en-Mauges, Maine-et-Loire, France).

Serge Cassen, Valentin Grimaud et Yann Le Jeune

Serge Cassen : CNRS, Laboratoire de recherche archéologie et architectures (LARA, UMR6566), Université de Nantes, BP 81227, 44312 Nantes (France) ; serge.cassen@univ-nantes.fr

Valentin Grimaud : Laboratoire de recherche en archéologie et architectures (LARA), Université de Nantes, BP 81227, 44312 Nantes (France) ; valentin.grimaud@univ-nantes.fr

Yann Le Jeune : Laboratoire d'Archéosciences (UMR6566), Campus de Beaulieu, Avenue du Général Leclerc - CS 74205, 35042 Rennes Cedex ; yann@paleosystem.fr

Résumé : La stèle 3 de la Bretellière, qui devait mesurer dans les 4 m, a subi trois déplacements au cours des XX^e et XXI^e siècles qui l'ont marquée de plusieurs altérations (cassures, raclages). La découverte de signes gravés, en 2012, a permis un premier levé d'une composition apparentée aux programmes iconographiques inventoriés en Morbihan. La stèle était intégrée à un ouvrage linéaire comprenant au moins huit monolithes, dont deux sont encore érigés et un seul couché.

La reprise des données photogrammétriques, acquises en 2012, permet aujourd'hui de produire un nouveau modèle 3D du support et d'établir un corpus d'images sous éclairages rasants virtuels mieux à même d'inventorier les anomalies en creux (gravures, désordres). La synthèse graphique confirme la présence d'une représentation de cétacé et d'une crosse, et ajoute l'existence d'un serpent et d'un quatrième motif malheureusement trop effacé pour le nommer.

Mots-clés : Néolithique, stèle, gravures, photogrammétrie, éclairages virtuels.

Abstract: Stele 3 of Bretellière, which measured around 4m, underwent three movements during the 20th and 21st centuries and remains marked by several alterations (breaks, scrapes). The discovery of engraved signs in 2012 allowed a first survey of the composition, similar to the iconographic programs known in Morbihan. The stele was part of a stone row with at least eight monoliths, two of which are still standing and one lying.

The resumption of photogrammetric data acquired in 2012 allows to produce a new 3D model of the slab and to build a body of virtual shrinking images better able to inventory the anomalies in the hollows (engravings, disturbances). The graphical synthesis confirms the presence of a cetacean representation and a crook sign, and adds the existence of a snake and a fourth pattern unfortunately erased too far to conclude.

Key-words: Neolithic, stele, engravings, photogrammetry, virtual lightnings.

1- Le site de la Bretellière et l'objectif de cette étude.

Le “menhir couché de la Grande Bretellière”, ainsi nommé dans l’inventaire des mégalithes du Maine-et-Loire (Gruet 1967, p. 222), était intégré à un ouvrage comprenant au moins 8 stèles déjà bousculées avant que les travaux de remembrement et le tracé de la voie express Nantes-Cholet (années 1970 à 1990) ne brouillent encore davantage le site (deux dalles trouvées couchées au cours des décapages de cette voie rapide, à 450 m à l’est de la “Grande Pierre Levée”, furent déposées dans le jardin de La Moinerie, ferme située à 350 m encore plus à l’est). Deux monolithes sont encore aujourd’hui érigés, celui de la Grande Pierre Levée dit de la Petite Bretellière, et celui de la Bretauière qui est localisé sur la commune de la Renaudière tandis que l’ensemble (visible) de l’ouvrage est plutôt situé sur Saint-Macaire-en-Mauges. Sur l’axe d’implantation de ces stèles étaient connues deux autres dalles couchées : l’une exactement placée en limite communale Renaudière/St-Macaire, entre les deux pierres dressées ; l’autre positionnée à 275 m à l’est de la Grande Pierre Levée, mieux connue pour la dizaine de cupules qui en faisait tout l’intérêt au point qu’elle sera redressée dans un autre jardin à Saint-André-de-la-Marche... (Gruet 1967, p. 220). Les deux dalles recueillies lors des décapages de la voie rapide par l’AFAN étaient elles-aussi positionnées sur cet alignement privilégié, validant la géométrie de l’ouvrage et précisant son envergure minimale (1700 m). Une dernière dalle couchée est mentionnée dans le hameau de la Bretauière, 500 m plus à l’est que la stèle encore érigée du même nom, mais plus au nord que l’axe en question (Mens *et al.* 2016).

La découverte de gravures sur la dalle couchée de la Grande Bretellière, en 2012, à l’occasion d’un retournement de cette dernière – découverte qui faisait suite à celle des signes monumentaux sur la plus grande stèle encore dressée (Raux, Joussaume 2000) –, sera l’occasion d’une numérotation bienvenue des différents objets sur le site, d’autant que les deux fermes de la Petite et Grande Bretellière étaient sources de confusion dans la nomination des pierres. Mais deux suites chiffrées sont actuellement disponibles, contradictoires ; ainsi la dalle étudiée prend le n°5 du plan général chez Berthaud *et al.* 2015 alors qu’elle est en position 3 dans Mens *et al.* 2016. Nous retiendrons par conséquent cette dernière nomenclature, la plus logique, qui assure une succession à peu près continue d’ouest en est (fig. 1).

Notre travail de restitution de la composition gravée s’inscrit dans un programme de recherche visant à publier l’intégralité des signes contenus dans la tombe à couloir néolithique de Gavrinis à Larmor-Baden (Morbihan). On sait que la face supérieure de la dalle couvrant la chambre contient un exemplaire particulièrement bien conservé du motif de la “hache-charrue” (Le Roux 1984), qu’il apparaît nécessaire de comparer, terme à terme, à l’ensemble du corpus recensé au nord de la France, du Morbihan à l’Essonne, et notamment ici en Maine-et-Loire où cette morphologie particulière a bien été reconnue (Berthaud *et al.* 2015). Le résultat synthétique proposé pour la Bretellière 3 nous

semblait néanmoins perfectible. En s'appliquant à mettre en œuvre une chaîne opératoire allant du traitement du nuage de points (obtenu par photogrammétrie) à la description des enlèvements de matière par compilation d'images sous éclairages rasants, nous aimerions proposer une version alternative, sinon du programme iconographique, du moins de l'inventaire des signes.

2- Description de l'objet.

Le bloc était réputé pris dans ce "granite des Aubiers" (voire "granite de St-Macaire") visible par endroits, dégagé par l'érosion sous forme sphérique ou tabulaire, quelque 500 m au nord du site (Gruet 1967). La roche granitoïde serait une monzodiorite (Le Métour *et al.* 1989, p. 39) ou plutôt un monzogranite (travaux en cours de F. Redois, univ. d'Angers) de couleur rosée à rouge clair dont l'altération en boules isolées dans l'arène pulvérulente est assez fréquente, surtout dans ce massif de La Renaudière d'où proviennent très certainement les différentes stèles de l'ouvrage en question, car l'ensemble architectural est installé sur un substrat schisteux bien différent. Notons, en aparté, que cette zone est riche en enclaves de gabbros ou diorites microgrenues sombres, propices à la fabrication des haches néolithiques ; mais, à notre connaissance, aucune prospection en ce sens n'a été ici conduite, notamment au niveau du versant nord de la rivière La Moine, depuis les récoltes faites ici de nombreuses lames polies en roches tenaces (non déterminées) dans les années 1960 et 1970 (voir Inventaire participatif et analyses des haches polies de l'arrondissement de Cholet, CPIE Loire Anjou). <https://www.cpieloireanjou.fr/participer/age-de-pierre-haches-de-pierres/>

L'emplacement originel de la stèle 3 n'est connu que par une cartographie cadastrale relativement précise établie par M. Gruet, dont une note de terrain mentionne qu'elle avait chuté au nord (archives UMR 6566). La dalle était en partie enfouie dans le sol, gênant les travaux agricoles, quand l'abbé Tricoire et M. Chéné la déplacent vers le bord de la parcelle, dans les années 1930, notant pour l'occasion "l'ovoïde étroit dessiné par les pierres de calage" (Gruet 1967, p. 222), preuve de son érection par l'extrémité la moins large. Le rassemblement des parcelles dans les années 1990 incita à nouveau l'exploitant à déplacer le monolithe le long d'un chemin où il sera retourné en 2012 pour en rechercher, avec succès, la possibilité de gravures (Berthaud *et al.* 2015). Son voyage ne sera cependant pas achevé puisqu'il est désormais stocké dans un bâtiment communal à Saint-Macaire-en-Mauges. Autant dire que ces vicissitudes n'ont pas aidé à la bonne conservation des surfaces et des arêtes. Aussi la reconnaissance des différentes altérations s'avèrent-elles un préalable indispensable.

Les désordres affectant ce monolithe sont bien entendu de natures distinctes.

- La météorisation du granitoïde est visible sur la face non gravée, moins évidente sur la surface gravée. Il est donc très probable que les signes découverts étaient protégés car dirigés vers le sol. La

décorrélation d'image, technique sur laquelle nous reviendrons plus loin, dévoile d'ailleurs une limite rectiligne oblique, nette, qui partage le support en deux (fig. 2), renvoyant probablement à deux milieux distincts de conservation (deux couches sédimentaires, ou un contraste terre/air).

- Les cassures se différencient également. Le sommet du monolithe est tout d'abord marqué d'arêtes relativement vives qui contrastent avec les autres bords émoussés (fig. 3). Mais le plus remarquable est un ressaut qui va d'un côté à l'autre de la dalle et qui signe un "réfléchissement" selon le terme employé par les lithiciens pour décrire une fracture par flexion, dans sa variante "en charnière" où se note ce rebroussement caractéristique (Pelegrin, O'Farrell, 2005). Ce type de rupture nous semble consécutif à la chute du monolithe originellement érigé, à l'image du dernier fragment du Grand Menhir (Locmariaquer) et de la dalle S12 à Gavrinis (Larmor-Baden) qui présentent ce même réfléchissement (Bonniol, Cassen 2009 ; Cassen *et al.* 2016a). Difficile cependant d'apprécier le volume de cette partie manquante qui a pu se résumer à un petit fragment en biseau, plus fragilisé que le reste du corps s'il venait à subir un porte-à-faux.

- Cette extrémité tronquée est aussi marquée de rectilignes parallèles qui sont autant de sillons inscrits par un soc de charrue ; il n'y a ici aucun doute sur leur origine (fig. 3). Par contre, la surface gravée est empreinte de tracés plus larges, et plutôt parallèles, dont l'état de fraîcheur, lors de nos prises de vues en 2012, laissait entendre qu'ils étaient manifestement d'une date plus récente (fig. 2, 3). Seule une ou plusieurs dents de tractopelle peuvent occasionner ce type de marques par écrasement. Il est d'ailleurs difficile à l'œil nu, après plusieurs mois ou années d'exposition à l'air libre (et un envahissement des mousses – fig. 4), de bien différencier les tracés gravés des altérations modernes rectilignes. Nous le verrons, seule la méthode des éclairages rasants sur images compilées permet de décider le statut de toutes ces anomalies en creux.

- Au registre des désordres modernes, on doit attirer l'attention sur la géométrie du bloc. Grâce au dessin du contour levé par M. Gruet en 1967, grâce aux dimensions qu'il publie avec précision, il devient patent, par simple superposition des lignes, que le contour 2012 n'est plus celui de 1967. Une cassure récente affecte une bonne moitié du bord gauche (stèle dressée) selon un joint que nous ne pouvons pas qualifier de tectonique plutôt que de stratification, en l'absence d'une expertise géomorphologique. Mais le résultat est indéniable, et la seule observation des arêtes témoigne bien d'un phénomène récent de rupture. A noter que le début de la fracture correspond exactement à la limite oblique précédemment évoquée en surface de la pierre, suggérant un jeu de contraintes à l'interface des deux milieux d'enfouissement qui est probablement à l'origine de cette séparation lors de l'extraction par M.M. Tricoire et Chéné.

Ajoutons que la coloration noire visible en surface de la tranche semble bien être un dépôt naturel de manganèse développé dans le joint "actif" (fig. 2).

- Enfin, à la base de la stèle, dans sa partie par conséquent la plus étroite, de plus vives arêtes de la tranche plaident également pour une fracture moderne, ici encore postérieure à 1967 par simple comparaison avec la ligne de contour relevée à l'époque (fig. 4).

3- Rappel sur la méthodologie

3.1- Lever les gravures

À ce jour, le meilleur moyen de détecter des signes dégagés par percussion dans la pierre est d'éclairer obliquement la surface. La source lumineuse était jusqu'ici manuellement orientée autour de la scène, selon différentes incidences afin d'aller chercher le maximum de détails sur les tracés les plus altérés. À chaque étape une photographie devait rendre compte de l'information, toutes les étapes étant finalement compilées selon le même point de vue. On détermine ainsi les limites et donc les superficies réelles de tous ces enlèvements ; ils peuvent, dans certains cas, éclairer la chronologie relative du travail de percussion (Cassen *et al.* 2014). Depuis deux ans, les images extraites du modèle 3D du support, éclairées virtuellement, se substituent aux clichés numériques affectés d'une déformation due à l'objectif de la caméra (notamment dans les espaces contraints, comme une tombe). La projection frontale de l'objet permet désormais de faire l'économie d'un redressement de l'image.

Le mode opératoire suivant s'établit sur palette graphique à l'aide d'un logiciel de dessin. Il n'est tenu compte, sur l'image, que des surfaces en fort contraste et uniquement de la partie surexposée de la surface du support placée du côté de l'éclairage, qui s'oppose à la paroi à "l'ombre" – ou sous-exposée – de la gravure. Cette ligne de jonction est dessinée en mode vectoriel. En sorte que la superposition progressive de tous ces contours partiels (correspondant à la compilation des images), chacun détenteur d'une brève d'information, pourra fournir l'indication des creux de la gravure, ou des limites du champlevé.

Dans le fichier de synthèse, chaque ligne tracée est dotée d'une couleur distincte, identifiée à un calque spécifique qui porte le numéro de l'image utilisée. En sorte que l'expérience peut à tout moment être vérifiée, répétée, corrigée par un autre opérateur, la reproductibilité et la traçabilité de l'expérience étant un avantage décisif par rapport aux méthodes antérieures invasives, par estampage ou calque direct. Au moment de la publication des données, ce fichier, qu'il suffit d'associer aux images, doit dans la mesure du possible être proposé au téléchargement.

La validité d'un tracé est complète quand les deux bords en vis-à-vis, limitant la partie en creux, ont été mis en évidence par des éclairages rasants aux foyers opposés. Parfois l'autre bord parallèle du

tracé est endommagé ; ou bien ce pseudo-tracé est un “artefact” visuel et correspond plus probablement à une faille, ressaut de fracture ou fissure naturelle de la roche. Plus ces lignes se superposent et concordent, plus vive et marquée est la limite de la gravure. Un étalement des contours autour d’un même patron directionnel prouve l’état altéré du signe ; dans ce cas, il faut apprécier un contour moyen entre ces différents états, et c’est bien entendu ici que pourront diverger les appréciations et interprétations des opérateurs.

En résumé, le protocole fait appel aux *images compilées sous éclairages obliques*, et est ainsi dénommé (ICEO). Deux types de documents/fichiers sont produits : la totalité des contours restitués par les différentes images, d’une part, la synthèse des enlèvements de matière, d’autre part. Le premier visuel reproduit les seules lignes de contour, alors que le second témoigne des surfaces travaillées par percussion, chaque surface étant alors nommée (chiffre, lettre) afin d’être décrite en langage naturel. On laisse ainsi au lecteur la possibilité de juger le passage de l’information “brute” à l’interprétation donnée par l’opérateur en charge du levé.

3.2- Produire les volumes

Les acquisitions tridimensionnelles permettent aujourd’hui d’obtenir des nuages de points très denses, souvent à une résolution inframillimétrique. Pour une documentation des surfaces ornées, le maillage est créé à l’aide de l’algorithme de reconstruction Poisson avec une subdivision d’*octree* (structure de données de type arbre) de 12. Ce réglage permet d’obtenir une surface de très haute résolution pour une étude optimale des reliefs. En revanche, le modèle 3D est très lourd, et peut parfois être difficilement manipulable. L’étude sera alors conduite sur un ensemble d’images 2D bien plus facile à manipuler. Cette méthode permet d’étudier les surfaces de manière rigoureuse en traitant séparément les informations de couleur et de relief. Ces déclinaisons sont le point de départ d’un exercice de cartographie de tout un ensemble d’événements qui a pu survenir sur l’objet d’étude, d’origine naturelle ou anthropique. Une grande quantité d’information peut désormais être cartographiée, et il convient de la structurer.

Couleur :

La carte photoréaliste est issue d’un calcul de la texture sur le modèle 3D, ou de la couleur des sommets du maillage. Elle décrit les couleurs de l’objet documenté. Cette information peut facilement être déclinée grâce à l’extension DStretch du logiciel ImageJ. La décorrélation d’image permet alors de mettre en avant des nuances de couleurs imperceptibles à l’œil nu, souvent en les convertissant dans un autre espace de couleur et en modifiant les différents canaux de l’image (contraste, correction gamma, inversion, etc.). Les appareils de photographie stockent les couleurs dans l’espace RVB : un système de trois coordonnées représentant la quantité de rouge, vert et bleu d’une surface. À partir de

ces trois canaux, il est possible de déduire six autres composants permettant de décrire des couleurs : la luminance, la chrominance différence bleu et différence rouge, la teinte, la saturation, et la valeur. La combinaison et les corrections sur ces neuf canaux permettent de générer de nombreuses autres visualisations des détails de surface ; nous utiliserons LDS et YBK dans le cas de la Bretellière 3.

Relief (qualification) :

Les cartes relief (*normal maps*) transcrivent les variations d'orientation xyz d'un vecteur normal à la surface étudiée par rapport à un référentiel que l'utilisateur peut définir (les axes de la scène 3D, une surface de référence ou le point de vue de la caméra virtuelle). Ces variations sont respectivement stockées dans les canaux rouge, vert et bleu d'une image. Ces cartes peuvent être rééclairées virtuellement (dans le logiciel Krita) grâce au filtre "matricage de surface de Phong". La source lumineuse est déplacée sur un dôme, à 360° en azimuth et selon une inclinaison de 90°. C'est à partir de ce jeu de cartes que le protocole ICEO peut être appliqué. Cinq autres déclinaisons sont systématiquement produites (filtre rouge, vert, bleu, indigo et une dernière correspondant à un éclairage à partir de trois sources lumineuses) qui permettent de constituer des fonds de carte indiquant la morphologie du support.

Relief (courbes de niveau) :

Les courbes de niveau permettent de quantifier les profondeurs en surface du support. Elles sont générées en suivant trois pas d'espacement, qui peuvent varier en fonction de l'échelle de représentation et la granularité de la surface. En règle générale, les valeurs choisies sont 1, 5 et 10 mm, ou 2, 10 et 20 mm pour les surfaces ornées.

Relief (carte des écarts) :

Les cartes des écarts superposent et fusionnent un maillage tendu et le maillage de référence. Tous les aspects du relief apparaissent très précisément. Ils ne peuvent cependant pas discriminer les anomalies naturelles des tracés vrais. Ce maillage peut être créé de différentes manières : une retopologie automatique, le résultat d'une reconstruction de maillage avec l'algorithme Poisson, ou encore une décimation dans le logiciel Meshlab suivie d'un filtre de lissage. C'est cette dernière méthode qui semble produire les meilleurs résultats.

La reconstruction photogrammétrique sur la stèle de la Bretellière a été opérée depuis le logiciel Agisoft Photoscan. Malheureusement, les deux faces n'ont pu être accessibles au moment de l'acquisition en 2012 et notre modèle 3D s'en ressent dans la bonne représentation des tranches et du volume général.

4- Enregistrement sous protocole ICEO de la face gravée

Un modèle photogrammétrique de la dalle a donc été calculé à partir d'une acquisition photographique *in situ* (Nikon D3000 ; focale 18mm) réalisée en deux sessions, en septembre et octobre 2012, par S. Jupin (S3D-Technology) à la demande du Service régional d'archéologie (DRAC Pays-de-la-Loire, propriétaire des photographies, des modèles et des données graphiques produites lors de cette prestation). Nous proposons aujourd'hui une restitution virtuelle du support sous différentes illuminations rasantes, en vue d'un levé des gravures par le protocole ICEO, depuis la même source de données en accès libre (fig. 5). Outre l'établissement d'un géométral de la stèle grâce au calcul d'un nouveau modèle 3D (fig. 6), notre travail de synthèse graphique fusionne, d'une part, les résultats issus du levé des signes par compilation d'images sous illuminations rasantes et, d'autre part, les informations extraites de la carte des reliefs (fig. 7), de la carte des écarts (fig. 8) et de la décorrélation d'image (fig. 2).

Concernant l'inventaire des creux et des reliefs réservés, 148 images ont été produites en modifiant l'azimut directionnel de la torche virtuelle (de 0° à 345°), comme si la source lumineuse était portée *in situ* autour de la scène, tout en jouant sur 4 à 8 angles d'incidences obliques (0, 5°, 10°, jusqu'à 70°). Autrement dit, une illumination *a priori* rasante mais qu'il est nécessaire d'adapter pour aller chercher le détail sur les bords plus ou moins "à l'ombre". Sur ces 148 images, 48 ont été choisies pour effectuer le levé vectoriel des contours, images compilées suivant le protocole ICEO (fig. 5). Autant de fichiers graphiques ont donc été produits pour assurer un inventaire du contour des anomalies et tracés repérés (fig. 9), à quoi s'est ajouté un fichier de synthèse (que nous proposons au téléchargement en fin d'article via un lien URL). Chaque enlèvement cohérent de matière est nommé (fig. 10) ; autant d'identifiants qu'il convient de décrire.

A forme un tracé courbe mal documenté car interrompu par la cassure sommitale de la stèle puis par une ligne oblique de désagrégation de la roche qui court d'un bord à l'autre. Il ne s'agit pas d'une forme naturelle mais son isolement ne permet pas de bien comprendre la nature du signe.

B est un long tracé qui n'a pu être décomposé en différents segments, en règle générale attendus, qui sont autant de phases de réalisation s'agissant d'un motif complexe. L'état médiocre de conservation de la gravure à cet endroit n'a pu autoriser cette chronographie ; ou alors il s'agit bien d'une intention du graveur comme nous le vérifierons en H. Le tracé horizontal est de même interrompu par la ligne oblique de désagrégation de la roche tandis que la ligne verticale de droite est partiellement effacée par un désordre moderne.

C est un tracé à peu près parallèle à B, qui se superpose à B. Il est tronqué à gauche par le signe D.

D est un court segment qui stoppe à son extrémité inférieure sur un pli naturel dans la roche ; son extrémité supérieure est interrompue par la grande ligne désagrégée. Son contour gauche est altéré et n'a pu être assuré.

E semble *a priori* un signe indiscutable car bien visible. Mais la coïncidence de placement avec un pli naturel dans la roche et son manque d'extension à droite et à gauche nous font douter de son existence.

F est un motif sinueux clairement reconnaissable. F1 est un tracé continu qui n'a pu être décomposé ; il ne renvoie probablement pas à une phase unique de réalisation, mais on ne peut davantage le décomposer ; il est cependant remarquable par son extrémité supérieure élargie (ovalaire) qui plaide en faveur d'un reptile. F2 est en revanche mieux documenté et s'apparente bien à une phase autonome de gravure ; F2 recoupe F1 et est superposé par F3. F3 est le 3^e méandre malheureusement interrompu en sa partie inférieure par un désordre moderne qui nous prive de la relation d'antéro-postériorité avec F4. F4 est intégralement conservé et s'achève sur le bord de la stèle.

G est un tracé curviligne interrompu à plusieurs reprises, soit par les autres signes constitutif du même motif auquel il appartient, soit par les désordres modernes. Il est à cet égard très probable que G et I sont un seul et même signe.

H est un tracé assez similaire à B dans la mesure où sa longueur en forme d'arc allongé est réalisée d'un seul tenant. Il est néanmoins endommagé par plusieurs désordres modernes. Il se superpose à I.

I est un tracé interrompu à au moins trois reprises par des désordres modernes. Son extension droite est d'ailleurs brouillée par ces raclages récents occasionnés par un instrument métallique, et l'on ne sait pas s'il y a prolongement dans le signe G, ce qui assurerait un des contours du motif.

J est un tracé validé mais qui utilise un pli naturel dans la roche, ce qui peut induire une confusion et un rejet du signe. Son extrémité est effacée par un désordre moderne.

K est un tracé court dont l'extrémité supérieure s'achève sur un pli naturel dans la roche. Les signes K à T forment le motif reconnaissable de la "hache-charrue", désormais identifié comme cétacé (cachalot – Cassen, Vaquero 2000)

L est un tracé qui semble ne pas se prolonger en G mais plusieurs désordres à la jonction des signes empêchent d'être catégorique. Les quelques relations d'antéro-postériorité disponibles désignent G comme antérieur à L.

M fait partie d'un ensemble d'anomalies linéaires bien perceptibles à cet endroit de la composition mais que l'on peut hésiter à classer dans les tracés anthropiques, faute d'être documentées comme on l'attendrait d'un signe gravé. Par ailleurs, trois plis naturels dans la roche coïncident avec **M, O, P, Q** au point de parasiter le message, d'autant que deux raclages rectilignes modernes, perpendiculaires aux premiers, poussent le cerveau à y reconnaître une "grille", ou quadrangulaire divisé. Seule l'anomalie **N** pourrait être un enlèvement de matière anthropique car son tracé courbe régulier ne peut être le reflet d'un creux naturel.

R est un tracé en arc allongé dont l'extrémité droite est curieusement rentrée et ramenée sur le signe **L** qui lui est antérieur. Ce détail, assez étonnant dans la configuration de la "boucle" symétrique appartenant au motif de la "hache-charrue", est peut-être altéré par les désordres affectant ici aussi la gravure. **R** est postérieur à **L**.

S est le double habituel du signe antérieur. Plus régulier en apparence, il est cependant rentré au même niveau que **R**, mais par l'intermédiaire d'un nouveau tracé **T**. Ce dernier signe se superpose en effet à **S** pour fermer la boucle sur **G**. La dissymétrie de cette partie de la boucle est difficilement explicable, sinon en suggérant que le graveur ait pu mal évaluer sa géométrie. En suivant par la pensée le départ du dessin, manifestement la boucle partait pour se fixer à l'extrémité du motif, loin du code graphique propre à la représentation de ce que nous avons reconnu comme étant un cétacé (cachalot).

U est un motif de crosse senestre vertical. **U1** est le premier enlèvement à gauche du manche réservé en champlevé, avec **U1.2** qui semble son prolongement attendu au-delà de l'interruption due à la désagrégation du support ; **U2** est l'équivalent de **U1** côté droit ; **U3** reprend le creusement à l'emplacement et en parallèle à **U2** afin de dégager le manche en champlevé. **U4** est de chronologie incertaine : ou bien il est le prolongement de **U2**, ou bien la continuité de **U3**.

Du point de vue des relations d'antéro-postériorité, le diagramme relationnel intersignes, mis au point depuis le logiciel en ligne Mermaid, résume les liaisons vérifiées suivantes :

($X \rightarrow Y$: **X** antérieur à **Y**)

F1-->F2	U1-->U3	L-->S
F2-->F3	U3-->U2	L-->R
B-->C	I-->H	G-->L
C-->D	G-->T	G-->R

5- Synthèse graphique

5.1- La procédure de redressement

Le document de référence (élévation frontale dans le géométral) a permis d'établir un dessin direct sur la carte des reliefs, éclairée d'autant d'illuminations voulues pour que leur compilation détermine le meilleur résultat possible. Cette synthèse sous éclairages virtuels, en routine désormais depuis 2018 après une période expérimentale dans le cadre d'un PCR (Cassen dir. 2018), n'a donc pas besoin d'être redressée, à la différence de nos levés antérieurs *in situ* qui étaient bien entendu affectés d'une déformation due à l'objectif photographique. A noter que si la surface principale est bien plane, le bord droit part en biseau, provoquant une déformation du plan de projection si l'opérateur n'y prend pas garde en employant une autre méthode (invasive) d'enregistrement (fig. 11)

5.2- L'inventaire corrigé des signes

Après avoir fusionné les données fournies par le levé par éclairages obliques et par les cartes des écarts, 4 motifs temporaires (comprenant un ou plusieurs signes) ont été inventoriés, identifiés par des lettres capitales (fig. 12) :

- A : signe vertical croisé à gauche (bâton de jet)
- B : motif incomplet (plausible cétacé dirigé à droite)
- C : signe ondulé vertical (serpent dirigé en haut)
- D : motif de « hache-charrue » (cachalot mâle dirigé à droite)

5.3- La géométrie de la composition

Premier élément organisationnel, l'axe principal (Axe 1) divisant longitudinalement la dalle est mesuré à partir du milieu de l'intervalle pris entre les deux bords du support, le bord gauche étant bien entendu repris du contour établi par M. Gruet en 1967 (fig. 13) . Un second axe longitudinal (Axe 2) peut être proposé en recherchant le milieu de la seule composition gravée. En règle générale, un axe transversal (horizontal) accompagne le premier mais, faute de connaître la longueur initiale du monolithe, l'axe 3 ici suggéré se fonde sur une estimation, toujours à partir du contour Gruet 1967. Partant de ces divisions verticales, il n'apparaît pas d'organisation flagrante, notamment en rapport avec des signes importants susceptibles de régler l'espace. Mais, nous l'avons dit, non seulement la composition gravée est tronquée mais elle est aussi difficilement interprétable s'agissant du quatrième motif. Autant dire que la recherche d'une organisation géométrique de l'ensemble est assez compromise, alors qu'elle est souvent fructueuse quand le programme iconographique est bien conservé. Soulignons cependant que la crosse verticale se juxtapose à peu près à l'axe 1 longitudinal ;

elle est donc au centre de la composition. Le sommet du corps du cétacé coïncide pour sa part avec l'axe 3.

6- Discussion et conclusions

6.1- La comparaison des résultats avec les levés antérieurs

Deux relevés sont à ce jour publiés (Berthaud *et al.* 2015 ; Mens *et al.* 2016) - le second, réplique du premier, ne fait qu'ajouter de nouveaux signes - qui permettent de rapprocher chaque proposition (fig. 14). Rappelons que l'acquisition photogrammétrique commandée par le SRA fut partiellement exploitée à l'occasion du premier travail sur les gravures (fig. 5 dans Berthaud *et al.* 2015). Le modèle 3D a en effet permis la production d'images pertinentes pour la révélation des lignes en creux, le procédé s'appuyant sur une analyse de différence à la moyenne du relief développée à l'origine pour le LIDAR (Le Jeune *et al.* 2017). Mais il a manqué le pas suivant qui consiste à éclairer la scène et à mettre en œuvre la compilation d'images sous illuminations obliques.

- Cela étant dit, la comparaison des trois synthèses graphiques ramenées à la même échelle révèle tout d'abord une erreur dans le levé Berthaud *et al.* 2015, qui est agrandi de 30% par rapport à l'objet vrai ; la bonne échelle est rétablie dans Mens *et al.* 2016, sans allusion à l'écart précédent.

- Plusieurs tracés, considérés comme des signes à part entière, sont des raclages linéaires de la surface dus à un instrument métallique (type "dent" de pelle mécanique). Cette source de confusion semble connue des auteurs (Berthaud *et al.*, p. 10 ; Mens *et al.* 2016, p. 171) mais l'inventaire cartographié de ces désordres n'a pas été envisagé. On doit par conséquent retirer de la scène les rectilignes qui barrent le corps et la tête du cétacé.

- Le petit signe croisé qui aurait dû être inscrit à l'intérieur de la boucle de ce dernier motif n'a pu être détecté, probablement confondu avec des formes naturelles et des désordres dans la pierre. De même, la "tête d'anthropomorphe" (Berthaud *et al.*, p. 10), ou encore "les yeux et la bouche d'une représentation anthropomorphe" (Mens *et al.* 2016, p. 174) formés par cette pseudo-croix et ces plis, n'ont pas lieu d'être retenus. Enfin, le grand signe circulaire n'a pas davantage pu être retrouvé, ne serait-ce que par une portion d'arc-de-cercle, sur aucun des documents numériques neutres produits pour cette étude (cartes des écarts, cartes des reliefs).

- La grande croix verticale est géométriquement concordante entre les différentes propositions, qu'il s'agisse des enlèvements de matière ou du signe en champlevé. Elle est, à ce titre, toute indiquée pour évaluer la déformation de l'ensemble de la composition reproduite dans les deux publications,

déformation du plan de projection sans doute due à l'estampage sur l'original. En se calant sur l'extrémité distale de cette crosse, jusqu'à 11 cm d'écart peuvent être mesurés en périphérie de la scène, au niveau du motif ondulé (serpent) inscrit en partie sur la tranche du monolithe.

- Les deux autres motifs repérés par nos travaux (serpent et possible second cétacé) ne sont pas reproduits dans Berthaud *et al.* 2015, mais le sont partiellement dans Mens *et al.* 2016. Concernant le premier, les auteurs rejettent l'idée d'un serpent faute d'avoir trouvé une tête, et plaident en faveur d'une représentation de la foudre ; ce renflement existe pourtant à l'extrémité supérieure, et se conforme à plusieurs figures similaires connues en Morbihan (Gavrinis R4, R8, R10 ; Le Manio 2). Le second motif est divisé entre un "maillet" et une nouvelle "crosse" (Mens *et al.* 2016, p. 174) ; on l'a vu, notre levé réunit ces différents tracés et ne permet pas de conclure dans le sens invoqué.

6.2- Le déroulé chronographique

À partir des relations d'antéro-postériorité établies entre tous les signes inventoriés, on ne peut guère pousser le déroulé du travail de gravure, aucun des quatre motifs pressentis ne venant au contact d'un voisin dans l'assemblage terminé. Il est donc impossible de restituer un ordre d'apparition.

Quelques dynamiques de tracés sont néanmoins perceptibles au sein de chaque motif :

- ainsi le serpent est-il réalisé de haut en bas, en débutant par la tête ovalaire ;
- le champlevé sur le signe crosse est effectué de gauche à droite ;
- enfin le cachalot débute par le contour du corps avant que le souffle, d'une part, et la tête, d'autre part, ne soient ajoutées ;
- la relation observée au niveau du sexe de ce dernier animal est trop partielle pour être définitive, mais elle semble également plaider pour une superposition sur la ligne du corps (ici quasiment au niveau de la nageoire caudale).

Les données fournies par ces relations d'antéro-postériorité ne permettent pas de corroborer l'affirmation selon laquelle un "motif pointu" (Berthaud *et al.* 2015, p. 10), ou encore "objet menaçant" (Mens *et al.* 2016, p. 174), serait antérieur aux deux arcs radiés étirés formant le souffle du cétacé. Cette pointe, on l'a constaté, est la trace linéaire d'un désordre moderne en surface du monolithe. Le levé ICEO est à cet égard sans appel, et démontre cette postériorité. Afin de compléter la documentation, et pour lever toute espèce de doute, un travail spécifique a été mené sur ce secteur particulier (fig. 15), permettant à travers l'imagerie 3D de visualiser cette brève interruption des arcs radiés (vues planaires et vues obliques).

6.3- Conclusion générale

La dalle n° 5 sur le site de La Bretellière est prise dans un monzogranite affleurant quelques 500 m au nord. Elle était intégrée à un ouvrage comprenant 8 stèles ; au moins 6 d'entre elles étaient placées sur un axe approximativement est-ouest. Cette orientation cardinale, à l'image d'autres barres de stèles édifiées de la Bretagne aux Alpes valaisannes, n'est ni le sujet d'un cheminement (les gravures orientées au nord ne sont pas visibles dans l'axe), ni le produit d'une direction astronomique privilégiée (Cassen 2014). Cette disposition est en réalité dépendante du relief puisqu'elle correspond, peu ou prou, à la courbe du niveau 80 m du NGF. Ce n'est pas le sommet du plateau mais bien le versant méridional qui est concerné par l'implantation des pierres, juste sous la crête dominant à 85 m. Les stèles devaient ressortir sur cette ligne de découverte visuelle, à l'horizon, quand on remonte le ruisseau des Quatre Étalons (qui vient se jeter dans la rivière La Moine sous la ferme de la Grande Bretellière) et que l'on transite par les trois talwegs donnant accès au plateau joignant la Bretauidière à La Moinerie. Difficile de dire si les larges intervalles (200/250 m) aujourd'hui observés entre les monolithes sont bien ceux de l'ouvrage d'origine, car les fouilles archéologiques invalident trop souvent ces estimations superficielles faites sur des monuments ruinés. Quoiqu'il en soit, l'ampleur aujourd'hui notée pour cette structure (1700 à 2300 m selon le choix du terme occidental) est comparable à l'autre grand ouvrage du Maine-et-Loire, à la Bodinière (Le Thoureil/commune nouvelle Gennes-Val de Loire – Gruet 1967, p. 254-259) qui est la plus orientale des barres de stèles dans l'ouest de la France, à 60 km de la Bretellière, en bord de Loire.

La description du calage observé lors du premier déplacement, dans les années 1930, permet d'affirmer que cette stèle était bien dressée par son extrémité la moins large ; autrement dit, les signes gravés étaient présentés suivant la bonne orientation, il ne s'agit pas d'un réemploi. La partie basale révèle d'ailleurs, grâce au modèle 3D (cartes des reliefs), un dressage de la pierre incontestable (niveau 1 de préparation selon l'échelle Vourc'h *et al.* 2018) mais moins poussé que sur l'ensemble de la composition gravée (fig. 16). La limite bien visible entre ces deux états permet d'évaluer avec vraisemblance la profondeur de l'enfouissement au Néolithique (80-90 cm). Une altération chromatique en oblique marquant la partie gravée du support chuté témoigne par ailleurs d'un enterrement différentiel, la face ornée étant alors tournée vers le sol, ce qui explique aussi la relative bonne conservation des tracés protégés. La stèle ayant été affectée par diverses manipulations, déplacée à trois reprises, l'inventaire des désordres sur la dalle s'avère par conséquent primordial pour établir la somme pertinente des différents signes. Des cassures sont en premier lieu observables, mais également déduites d'une simple comparaison avec le contour dessiné en 1967 et les mensurations prises sur le terrain. Ces différentes cassures sont plus récentes que les sillons laissés par les socs de charrue sur les tranches du monolithe. Des raclages modernes (1995, 2012), dus à un instrument métallique, parasitent également la face gravée, au point d'introduire une confusion dommageable avec les véritables tracés néolithiques. Le développement des mousses en seulement quelques mois

d'exposition à l'air libre, et la décoloration conséquente sur les marques modernes, ont durablement brouillé la bonne lecture des signes.

Un processus technique spécifique a donc été mobilisé pour établir ces inventaires de signes et de désordres. Les anomalies linéaires de contours ont tout d'abord été relevées sur des images produites depuis un modèle 3D (photogrammétrique), images du support éclairées virtuellement selon des incidences précises et compilées suivant un même point de vue pour obtenir une synthèse graphique. La somme des contours valide la géométrie des tracés, détermine les enlèvements de matière et permet le plus souvent de séparer la gravure vraie des écrasements de la roche. Des incertitudes subsistent cependant mais seule une tracéologie (Plisson 2015 ; Zotkina, Miklashevich 2016) permettra de décider du statut de quelques anomalies linéaires. Certains points de discussion ont aussi pu être portés sur les cartes des écarts qui renseignent très précisément la profondeur des creux linéaires et permettent de comparer, dans un même espace de référence, les tracés vrais et les raclages modernes. La décorrélation d'image a également pu conforter les distinctions opérées.

En définitive, quatre motifs principaux se partagent la scène. Dans l'axe longitudinal de la stèle, une crosse de jet est exposée verticalement ; au centre du support, un cétacé (cachalot mâle) est tourné vers la droite ; sur le bord droit, un serpent en quatre méandres est orienté vers le haut ; entre la crosse senestre et le reptile, un motif incertain est trop effacé pour pouvoir se prononcer, mais un second cétacé n'est pas à exclure. La "grille" ou "réticulé" qui serait inscrite au contact du souffle du cachalot sous-jacent est peu probable, mais méritera une expertise adéquate (tracéologie).

La comparaison morphologique et sémiotique avec les différents individus de type cétacé connus en Bretagne et en Bassin parisien nécessiterait d'autres développements ; elle ne saurait être abordée dans la présente étude (voir la monographie en cours de préparation sur Gavrinis). Notons cependant qu'à la différence des onze spécimens recensés en Morbihan, systématiquement plus grands que tous les autres signes auxquels ils sont confrontés dans les scènes représentées, le cachalot de la Bretellière est de taille similaire au serpent et à la crosse. Le degré d'abstraction et de simplification (tête décalée, en retrait sur le corps ; souffle dissymétrique ; sexe en position anatomiquement fausse), ainsi que l'association avec une crosse de taille semblable, rapprochent cette représentation des motifs analogues relevés sur les dalles de Dissignac (Loire-Atlantique) et de l'Ouche de Beauce (Essonne) (Cassen *et al.* 2016b). Que ces trois ensembles iconographiques soient extérieurs à l'ombilic morbihannais n'est bien entendu pas le reflet du hasard (fig. 17).

Bibliographie

Rapports

Cassen, S., Grimaud, V., Boujot, C., Celo, O., Chaigneau, C., Collado, E., Guiavarc'h, M., de Jersey, P., Obeltz, C., Querre, G., Schulz-Paulsson, B., Sellier, D., Vigier, E., Vourc'h, M., 2018. Corpus des signes gravés néolithiques en Bretagne, Programme collectif de recherche, DRAC Bretagne, SRA Rennes, 549 p.

<https://uncloud.univ-nantes.fr/index.php/s/9JbdBEcHW43Zkny>

Publications

Bertaud, G., Mens, E., Raux, P., Jupin, S., Le Jeune, Y., Berson, B., 2015. Découverte d'une stèle gravée sur le plateau de La Bretellière, Saint-Macaire-en-Mauges (Maine-et-Loire, France).

International newsletter on Rock Art, 71, 7-14.

Bonniol, D., Cassen, S., 2009. Les orthostates de la Table des Marchands et les stèles en orthogneiss à l'entrée de l'estuaire des rivières d'Auray et de Vannes. In: Cassen, S. (Ed.), *Autour de la Table. Explorations archéologiques et discours savants sur une architecture néolithique restaurée à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir)*, Actes du colloque international, Vannes, 5-7 octobre 2007 (Université de Bretagne-Sud, campus Le Tohannic). Université de Nantes, Nantes, p. 685-701.

Cassen S., 2014. Sites de passage (1). Le modèle carnaçois des pierres dressées à l'épreuve des rivières, des lacs et des montagnes (France, Suisse, Italie). In: Arbogast R.-M. et Greffier-Richard A. (Ed.), *Entre archéologie et écologie, une Préhistoire de tous les milieux. Mélanges offerts à Pierre Pétrequin*. Presses universitaires de Franche-Comté, (Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté, 928 ; série « Environnement, sociétés et archéologie », 18), Besançon, p. 281-302.

Cassen, S., Vaquero, J., 2000. La Forme d'une chose. In: Cassen S. (Ed.), *Eléments d'architecture (Exploration d'un tertre funéraire à Lannec er Gadouer, Erdeven, Morbihan. Constructions et reconstructions dans le Néolithique morbihannais. Propositions pour une lecture symbolique)*, Editions chauvinoises, Mémoire 19, Chauvigny, p. 611-656.

Cassen, S., Lescop, L., Grimaud, V., Robin, G., 2014. Complementarity of acquisition techniques for the documentation of Neolithic engravings: lasergrammetric and photographic recording in Gavrinis passage tomb (Brittany, France). *Journal of Archaeological Science* 45, 126-140.

Cassen, S., Grimaud, V., Lescop, L., Robinet, E., Marcoux, N., 2016a. Étude sur un monolithe – la dalle S12 au sol du monument de Gavrinis (Larmor-Baden, Morbihan). *Revue archéologique de l'Ouest*, 33, 55-76.

Cassen, S., Grimaud, V., Lescop, L., 2016b. Enregistrement et représentations de la stèle néolithique de L'Ouche de Beauce (Maise, Essonne). *Revue archéologique du Centre de la France* [En ligne], Tome 55 <https://racf.revues.org/2381>

Gruet, M., 1967. *Inventaire des Mégalithes de la France : Maine-et-Loire*. CNRS, 1^{er} suppl. Gallia Préhistoire, Paris.

Le Jeune, Y., Dardignac, C., David, S., 2017. Bercé avant la forêt. Premiers résultats de l'exploitation des cartes anciennes et des données lidar sur la forêt de Bercé (Sarthe). *Revue Forestière Française*, LXIX, 4-5, AgroParisTech, 519-543.

Le Métour, J., Blouin, J.P., Chantraine, J., Clozier, L., Etienne, H., 1989. Notice explicative, Carte géologique de la France (1/50 000), feuille Cholet (510). Bureau de recherches géologiques et minières, Orléans.

Le Roux, C.-T., 1984. À Propos des fouilles de Gavrinis (Morbihan). *Nouvelles données sur l'art mégalithique armoricain*. *Bulletin Société Préhistorique Française*, 1, 8, 240-245.

Mens, E., Berthaud, G., Raux, P., Berson, B., Joussaume, R., Le Jeune, Y., Jupin, S., Barreau, J.B., Bernard, Y., Cousseau, S., Pfoest D., 2016. Les stèles gravées du plateau de la Bretellière à Saint-Macaire-en-Mauges (Maine-et-Loire, France). *Arqueología y Prehistoria del Interior peninsular* 4, 165-181.

Pelegrin, J., O'Farrell, M., 2005. Les lamelles retouchées ou utilisées de Castanet, in : *Productions lamellaires attribuées à l'Aurignacien : Chaînes opératoires et perspectives technoculturelles*, Actes du XIV^e congrès de l'UISPP, Liège 2-8 Septembre 2001, 103-121, ArchéoLogiques, Luxembourg .

Plisson, H., 2015. Digital photography and traceology: from 2D to 3D. In: Lozovskaya, O.V., Lozovski, V.M., Girya, E. (Ed.), *Traces in the history. Dedicated to 75 anniversary of Viacheslav E. Shchelinsky*, 216-231, IIMKRAN, Saint-Petersbourg.

Raux, P., Joussaume, R., 2000. Nouvelle gravure sur le menhir de la Bretellière à Saint-Macaire-en-Mauges dans le Maine-et-Loire. *Bulletin Société Préhistorique Française* 97, 3, 484-486.

Vourc'h, M., Chaigneau, C., Cassen, S., Grimaud V., 2018. Rock art experiment in Gavrinis: presentation, methods and results. In: Cáceres I. (Ed.), *Actes du V^e Congreso Internacional de Arqueologia Experimental EXARC, Tarragona (25-27 oct. 2017)*, *Butlletí Arqueològic*, V, 40, 95-102.

Zotkina, L.V., Miklashevich, E.A., 2016. Traceological analysis of the minusinsk style petroglyphs at the oglakhty VI rock art site (Khakasia). *Vestnik NSU*, 15 (5), 31-43.

Liste des figures

Fig. 1 : Plateau de la Bretellière (communes de La Renaudière et de Saint-Macaire-en-Mauges): localisation des monolithes dressés, couchés et transférés (fonds de carte IGN/Geoportail- DAO S. Cassen).

Fig. 1: Bretellière Plateau (municipalities of La Renaudière and Saint-Macaire-en-Mauges): location of standing stones, lying stones and transferred stones (map fund IGN/Geoportail- CAD S. Cassen).

Fig. 2 : Stèle 3 de la Bretellière. Vues sur les désordres modernes (cassures, raclages). Traitement de l'orthophotographie dans le logiciel ImageJ/extension DStretch afin de faire ressortir les anomalies surfaciques par décorrélation d'image (photos S. Jupin/DRAC Pays de Loire ; modèle 3D et DAO : S. Cassen et V. Grimaud).

Fig.2: Stele 3 of La Bretellière. Views of modern disorders (breaks, scrapes). Treatment of orthophotography in the DStretch ImageJ/plugin DStretch to highlight the surface anomalies by

image processing decorrelation (photos S. Jupin/DRAC Pays Loire; 3D model and CAD: S. Cassen and V. Grimaud).

Fig. 3 : Stèle 3 de la Bretellière. Vues sur les désordres anciens et modernes (cassures, raclages). (photos S. Cassen et S. Jupin/DRAC Pays de Loire ; modèle 3D et DAO : S. Cassen et V. Grimaud).

Fig.3: Stele 3 of La Bretellière. Views of old and modern disorders (breaks, scrapes) (photos: S. Cassen and S. Jupin/DRAC Pays Loire; 3D model and CAD: S. Cassen and V. Grimaud).

Fig. 4 : Stèle 3 de la Bretellière. Vues sur les désordres modernes (cassures, raclages, colonisation biologique) (photos S. Cassen et S. Jupin/DRAC Pays de Loire).

Fig.4: Stele 3 of La Bretellière. Views on modern disorders (breaks, scrapes, biological colonization) (photos: S. Cassen and S. Jupin/DRAC Pays Loire).

Fig. 5 : Stèle 3 de la Bretellière. Quatre exemples d'images sous éclairages rasants virtuels utilisées dans la compilation graphique des anomalies de relief (ICEO) (modèle 3D et DAO : S. Cassen et V. Grimaud).

Fig.5: Stele 3 of La Bretellière. Four examples of virtual oblique images used in the graphic compilation of relief anomalies (ICEO protocol) (3D model and CAD: S. Cassen and V. Grimaud).

Fig. 6 : Stèle 3 de la Bretellière. Géométral de la dalle sous trois éclairages virtuels (modèle 3D et DAO : S. Cassen et V. Grimaud).

Fig.6: Stele 3 of La Bretellière. Geometral of the slab under three virtual lights (3D model and CAD: S. Cassen and V. Grimaud).

Fig. 7 : Stèle 3 de la Bretellière. Quatre ombrages de la surface gravée depuis le modèle photogrammétrique (modèle 3D et DAO : S. Cassen et V. Grimaud).

Fig.7: Stele 3 of La Bretellière. Four shades of the engraved surface from the photogrammetric model (3D model and CAD: S. Cassen and V. Grimaud).

Fig. 8 : Stèle 3 de la Bretellière. Quatre cartes des écarts depuis le modèle photogrammétrique (modèle 3D et DAO : S. Cassen et V. Grimaud).

Fig.8: Stele 3 of La Bretellière. Four deviation maps from the photogrammetric model (3D model and CAD: S. Cassen and V. Grimaud).

Fig. 9 : Stèle 3 de la Bretellière. Inventaire des contours selon le protocole ICEO (DAO : S. Cassen et V. Grimaud).

Fig.9: Stele 3 of La Bretellière. Outlines inventory according to ICEO protocol (3D model and CAD: S. Cassen and V. Grimaud).

Fig. 10 : Stèle 3 de la Bretellière. Inventaire des enlèvements de matière selon le protocole ICEO (DAO : S. Cassen et V. Grimaud).

Fig.10: Stele 3 of La Bretellière. Removed material inventory according to ICEO protocol (3D model and CAD: S. Cassen and V. Grimaud).

Fig. 11 : Stèle 3 de la Bretellière. Courbes de niveaux millimétriques depuis le modèle photogrammétrique (modèle 3D et DAO : S. Cassen et V. Grimaud).

Fig.11: Stele 3 of La Bretellière. Millimeter-level curves from the photogrammetric model (3D model and CAD: S. Cassen and V. Grimaud).

Fig. 12 : Stèle 3 de la Bretellière. Synthèse des enlèvements de matière et inventaire des motifs (modèle 3D et DAO : S. Cassen et V. Grimaud).

Fig.12: Stele 3 of La Bretellière. Summary of material removal and inventory of graphic patterns (3D model and CAD: S. Cassen and V. Grimaud).

Fig. 13 : Stèle 3 de la Bretellière. Recherche d'un ordre géométrique de la composition gravée (modèle 3D et DAO : S. Cassen et V. Grimaud).

Fig.13: Stele 3 of La Bretellière. Search for a geometric order of the engraved composition (3D model and CAD: S. Cassen and V. Grimaud).

Fig. 14 : Stèle 3 de la Bretellière. Comparaison critique des levés existants (d'après Mens *et al.* 2016 ; DAO : S. Cassen et V. Grimaud).

Fig.14: Stele 3 of La Bretellière. Critical comparison of existing surveys (after Mens et al. 2016; CAD: S. Cassen and V. Grimaud).

Fig. 15 : Stèle 3 de la Bretellière. Eclairages virtuels depuis le modèle photogrammétrique démontrant la postériorité de deux pseudo-tracés sur deux arcs radiés (souffle du cétacé) (modèle 3D et DAO : S. Cassen, V. Grimaud et Y. Lejeune).

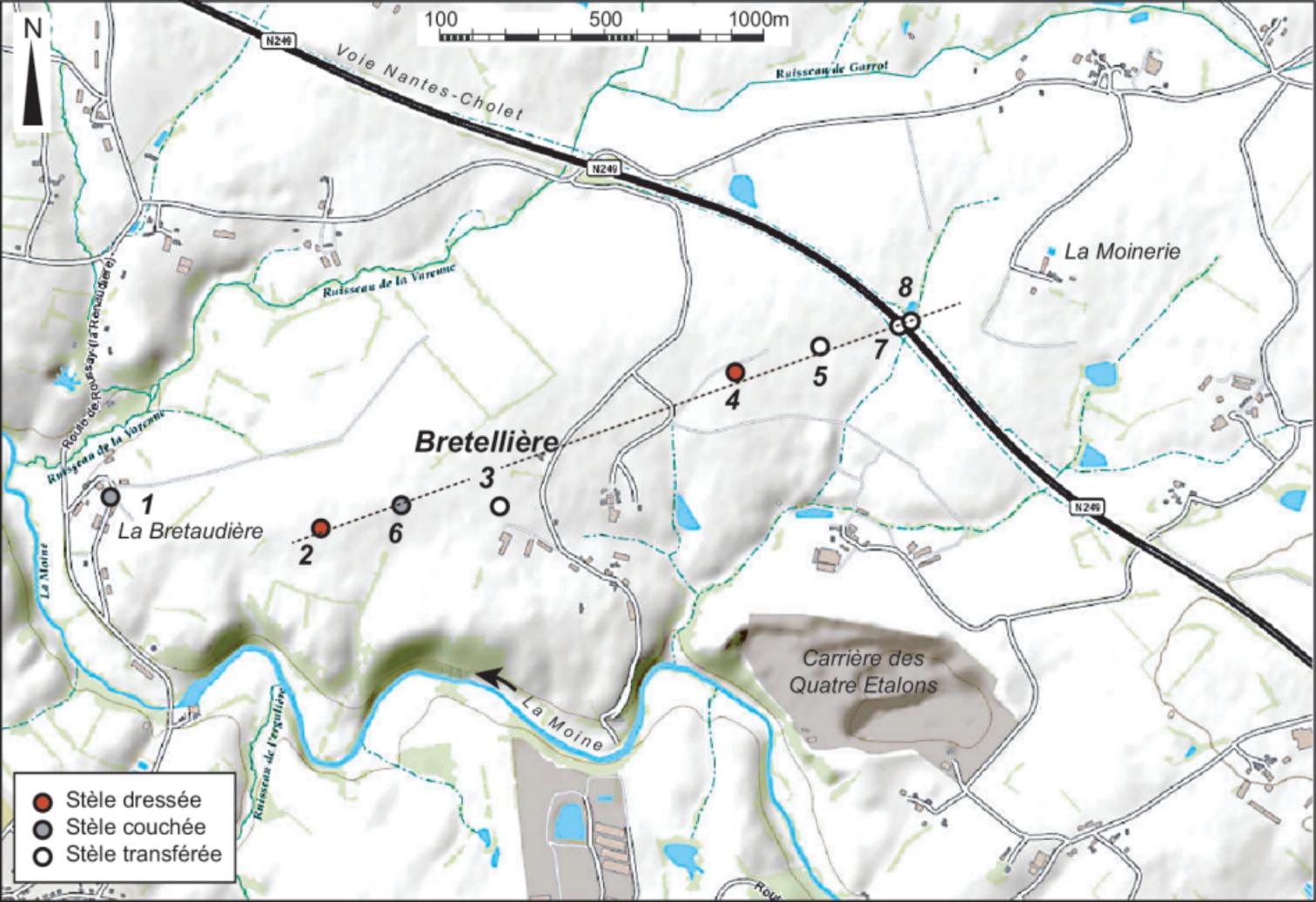
Fig.15: Stele 3 of La Bretellière. Virtual lights from the photogrammetric model showing the posterity of two pseudo-engraved lines on the "breath" of the cetacea (3D model and CAD: S. Cassen, V. Grimaud and Y. Lejeune).

Fig. 16 : Stèle 3 de la Bretellière. Deux images sous éclairages virtuels pour rendre compte du contraste entre deux niveaux de préparation du support (modèle 3D et DAO : S. Cassen et V. Grimaud).

Fig.16: Stele 3 of La Bretellière. Two images under virtual lightning to capture the contrast between two levels of rock surface preparation (3D model and CAD: S. Cassen and V. Grimaud).

Fig. 17 : Localisation des trois stèles à cétacés en dehors de la région morbihannaise (fonds de carte IGN/Geoportail- DAO S. Cassen).

Fig. 17: Localization of the three steles with cetacean representations, outside the Morbihan region (map fund IGN/Geoportail; CAD: S. Cassen).



N249

100 500 1000m

Voie Nantes-Cholet

Ruisseau de Garrot

La Moinerie

Ruisseau de la Varenne

N249

8

7

5

4

Bretellière

3

6

2

1

La Bretaudière

N249

Carrière des Quatre Etalons

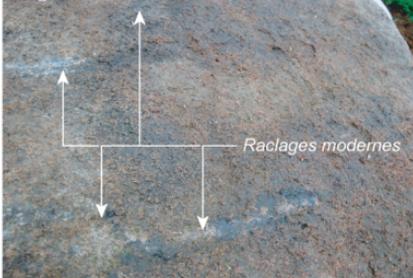
La Moine

Ruisseau de l'ergolite

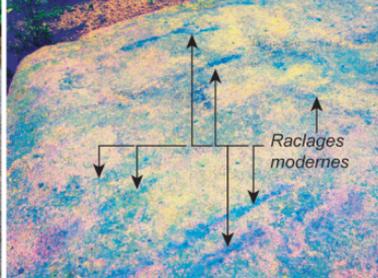
- Stèle dressée
- Stèle couchée
- Stèle transférée

DSC_0374

Photo S. Jupin/DRAC Pays de Loire

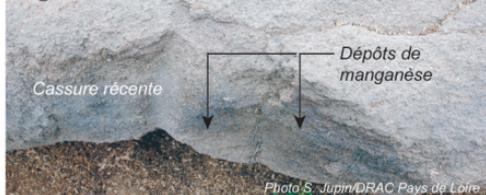


Esp. de couleur YBK (échelle 20)



Espace de couleur LDS (échelle 20)

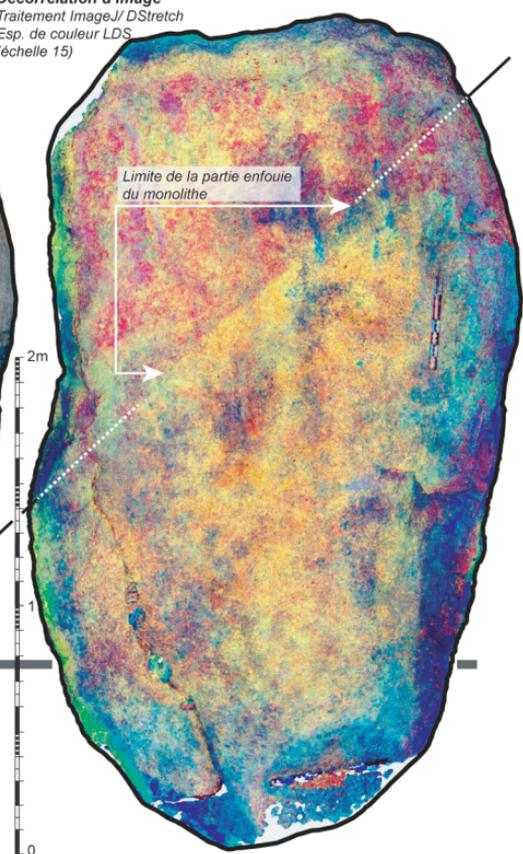
DSC_0555

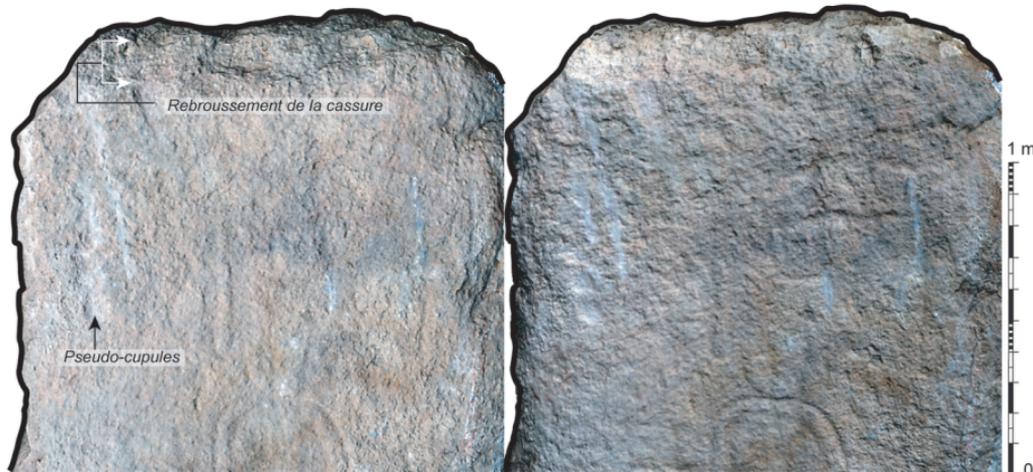


DSC_0555_lds20

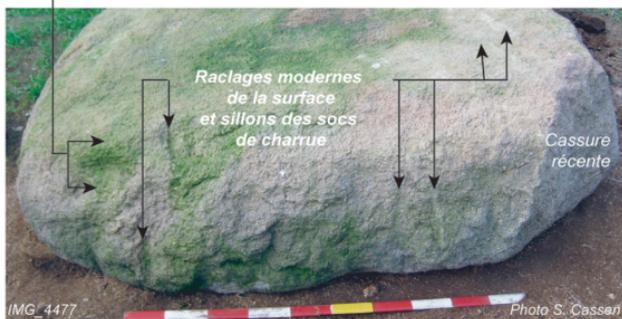
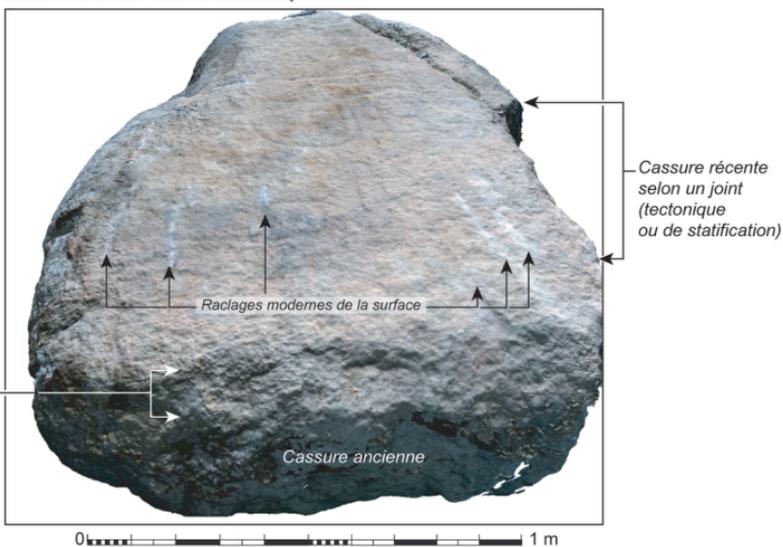


Décorrélation d'image
 Traitement Image/J/ DStretch
 Esp. de couleur LDS
 (échelle 15)





**La Bretellière
stèle 3**





La Bretellière, stèle 3

Photo S. Cassen



Photo S. Cassen

Photo S. Jupin/DRAC Pays de Loire



Base stèle

DSC_0120



DSC_0121

0°-10°



65°-20°



La Bretellière
Stèle 3

210°-20°



135°-5°



Station 1 (ICEO)
(images
0°-0° à 345°-40°/
azimuth, inclinaison)

2m



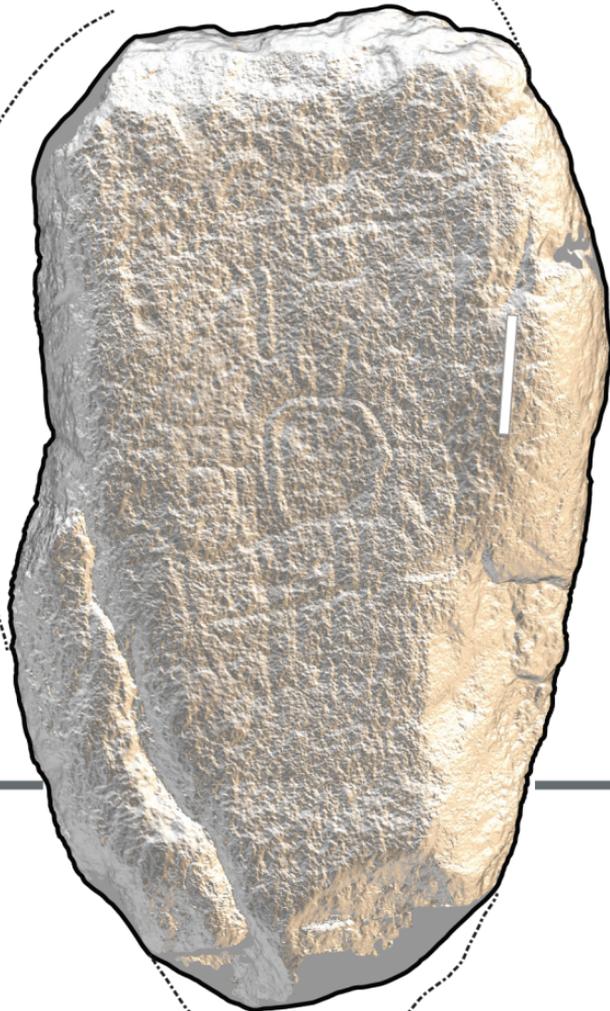
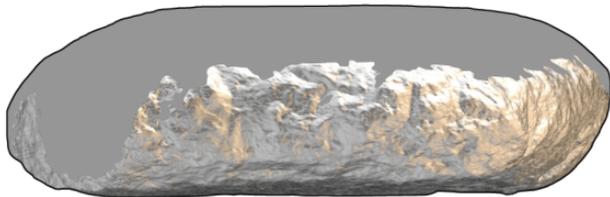
0

La Bretellière, stèle 3



3 lumières
virtuelles

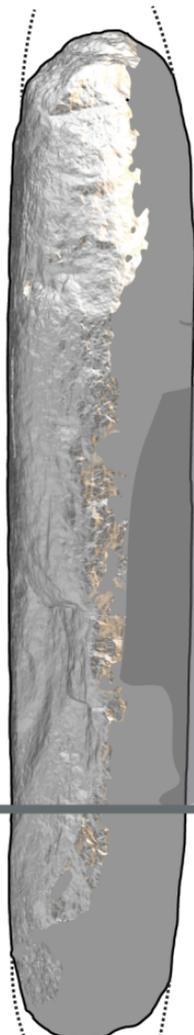
Carte relief



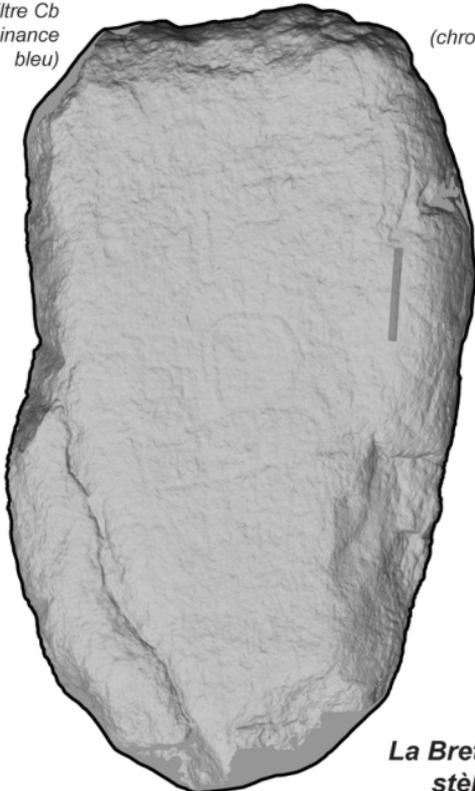
2m

1

0



Filtre Cb
(chrominance
bleu)



Filtre Cr
(chrominance
rouge)



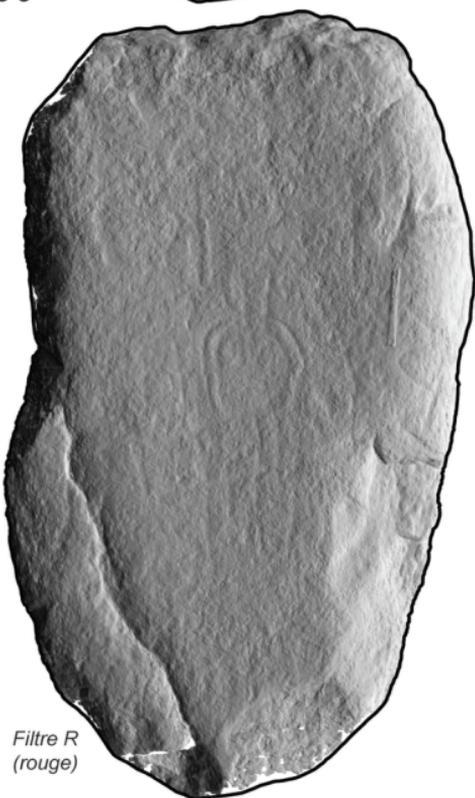
**La Bretellière
stèle 3**

2m
1
0

Filtre G (vert)



Filtre R
(rouge)



Cartes
des écarts

Dégradé Viridis

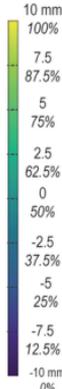


Dégradé BVJR
(Bleu Vert
Jaune Rouge)

La Bretellière
stèle 3

Dégradé BVJR
(Bleu Vert
Jaune Rouge)

Dégradé Viridis



Inventaire
des contours

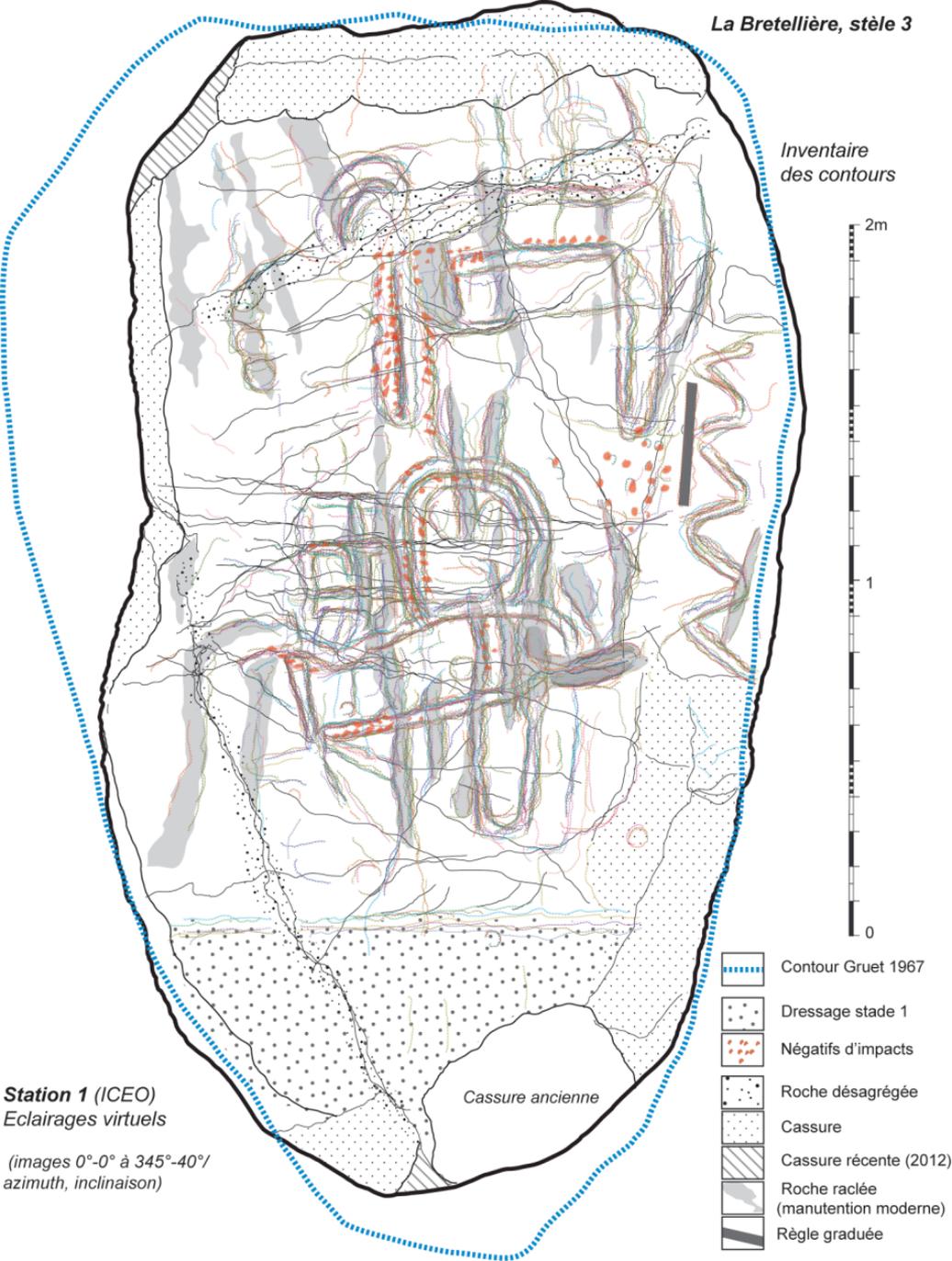


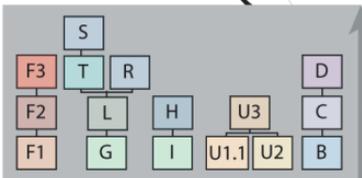
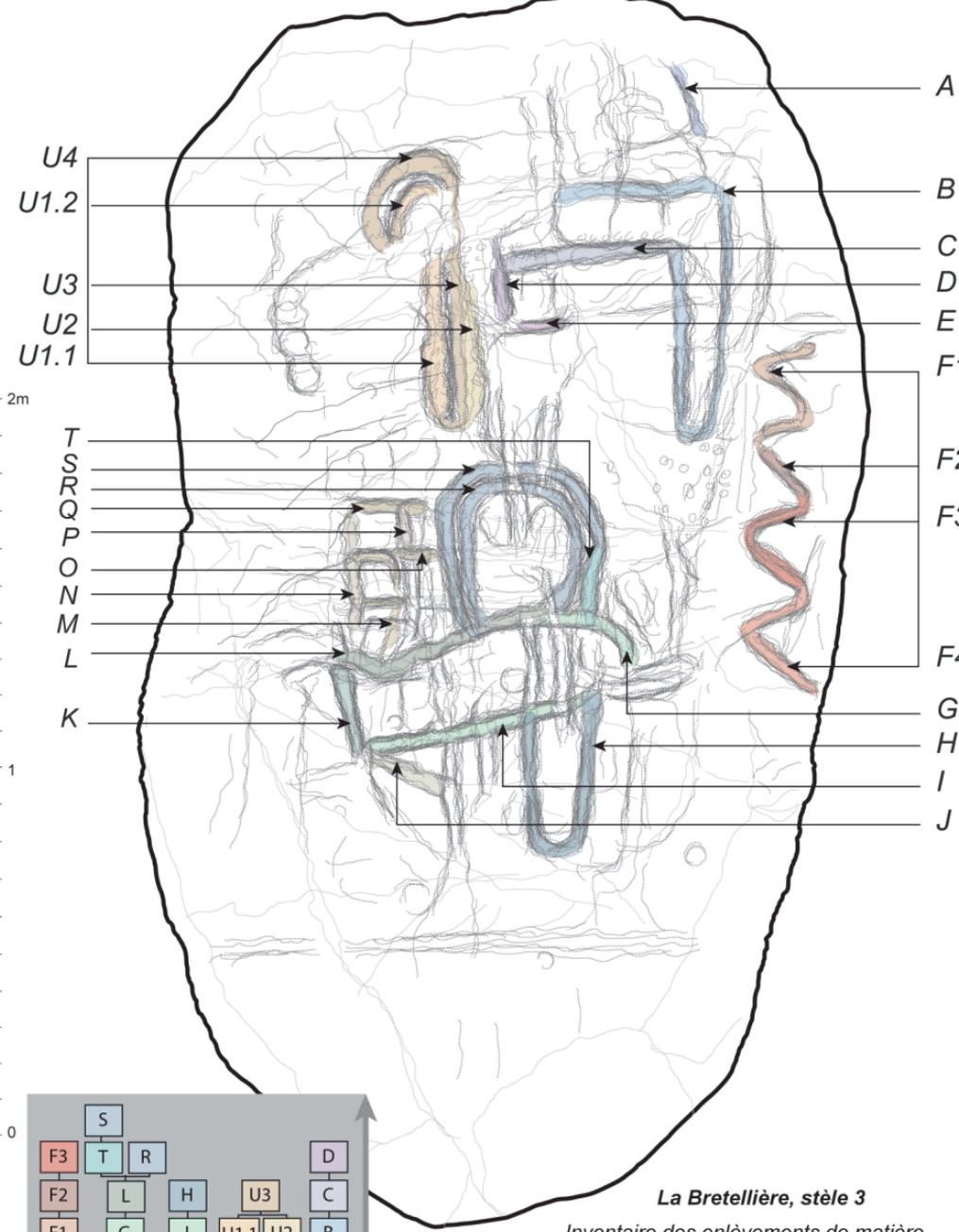
-  Contour Gruet 1967
-  Dressage stade 1
-  Négatifs d'impacts
-  Roche désagrégée
-  Cassure
-  Cassure récente (2012)
-  Roche raclée (manutention moderne)
-  Règle graduée

Station 1 (ICEO)
Eclairages virtuels

(images 0°-0° à 345°-40°/
azimuth, inclinaison)

Cassure ancienne



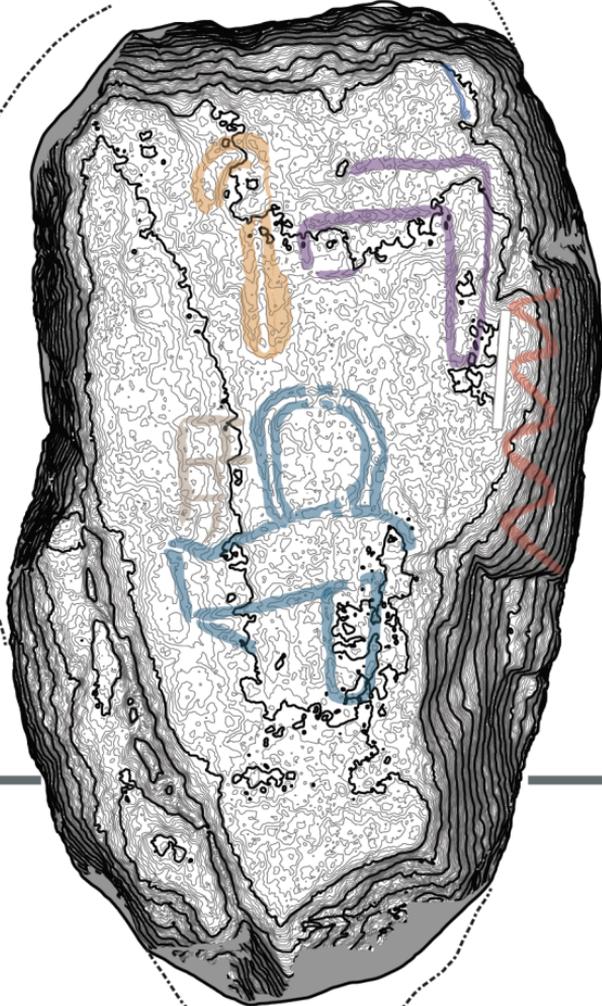
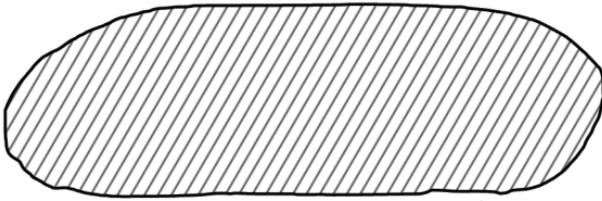


La Bretellière, stèle 3

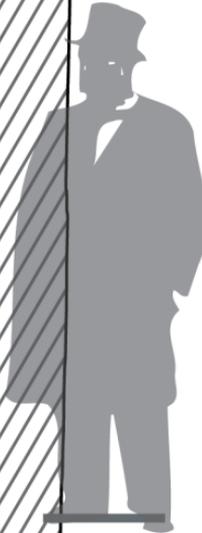
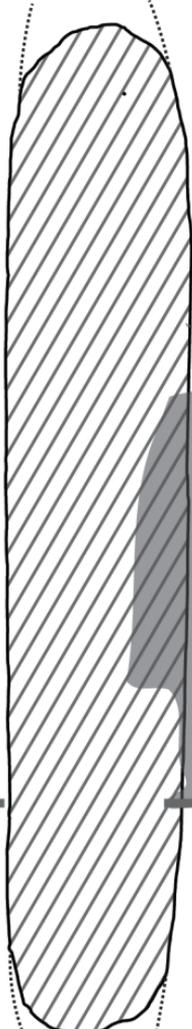
Inventaire des enlèvements de matière

La Bretellière, stèle 3

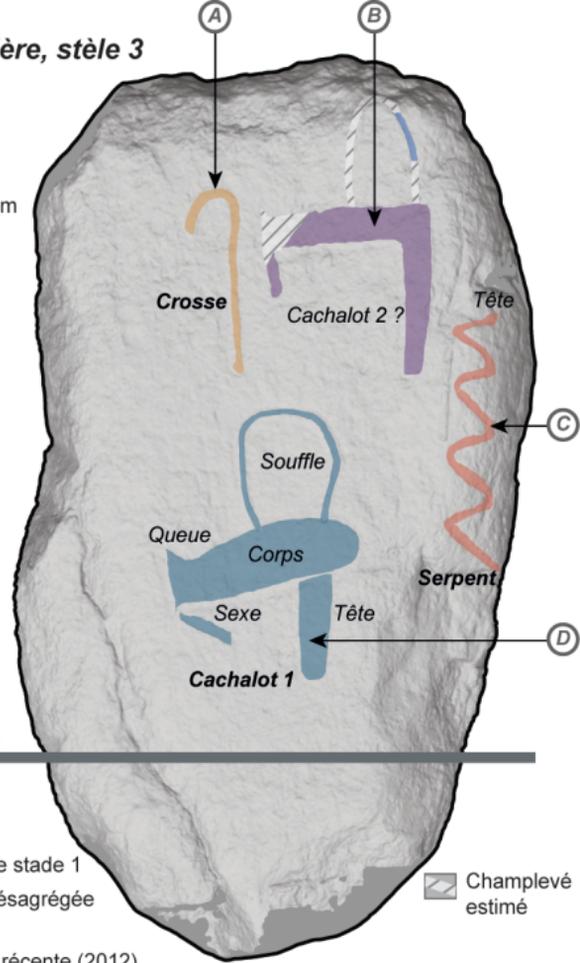
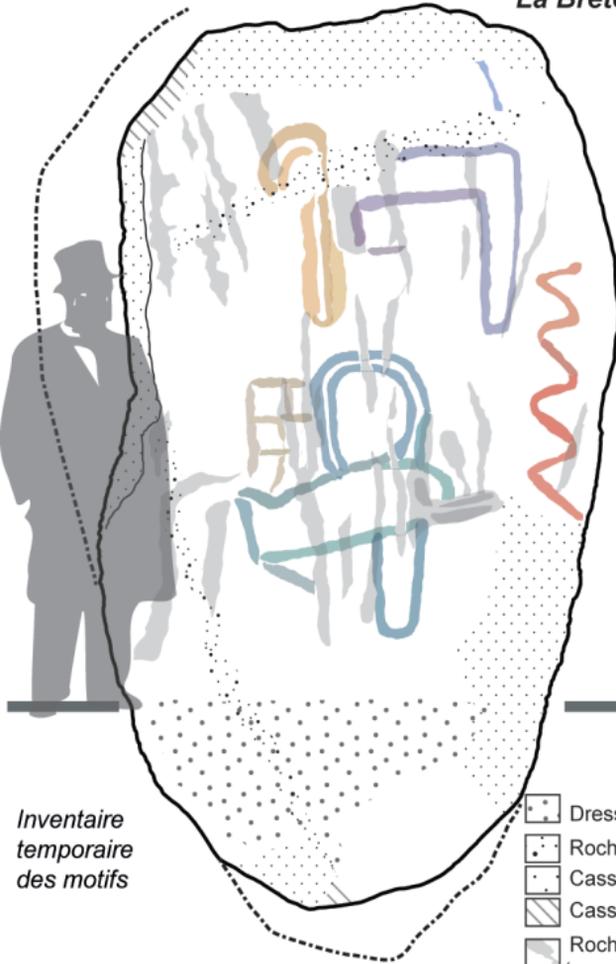
Equidistance — 20 mm
courbes de niveaux — 2 mm



2m



La Bretellière, stèle 3



-  Dressage stade 1
-  Roche désagrégée
-  Cassure
-  Cassure récente (2012)
-  Roche raclée (manutention moderne)

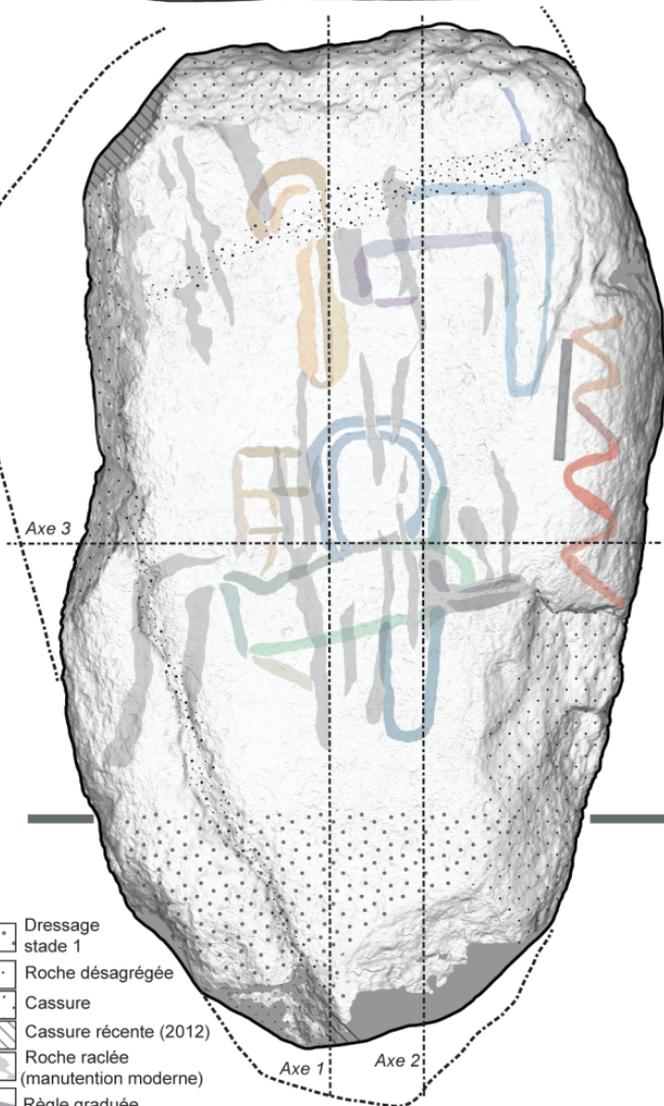
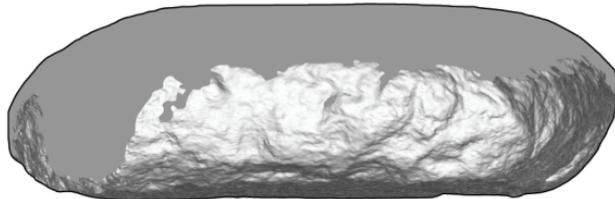
-  Champlevé estimé

La Bretellière, stèle 3

Carte relief



Filtre bleu



2m

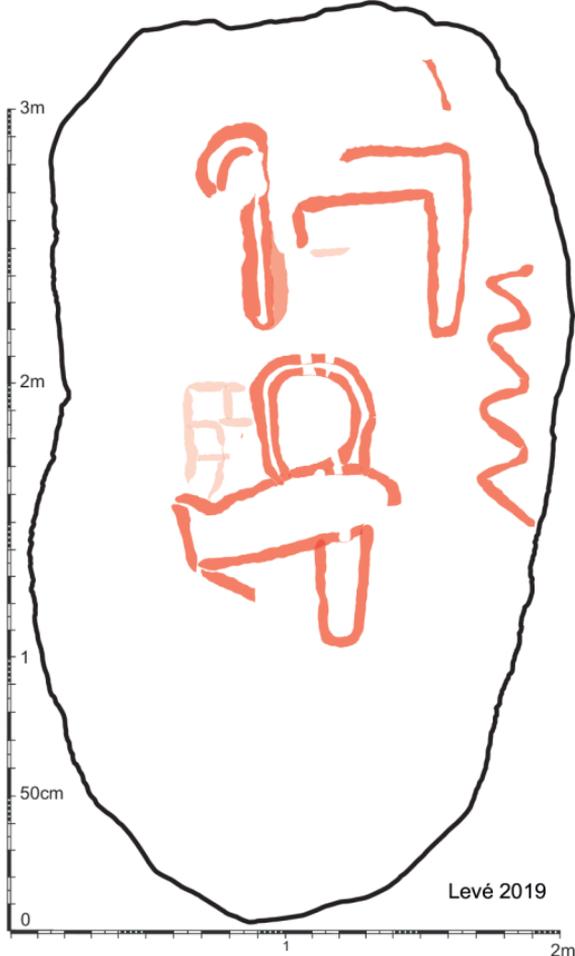
1

0

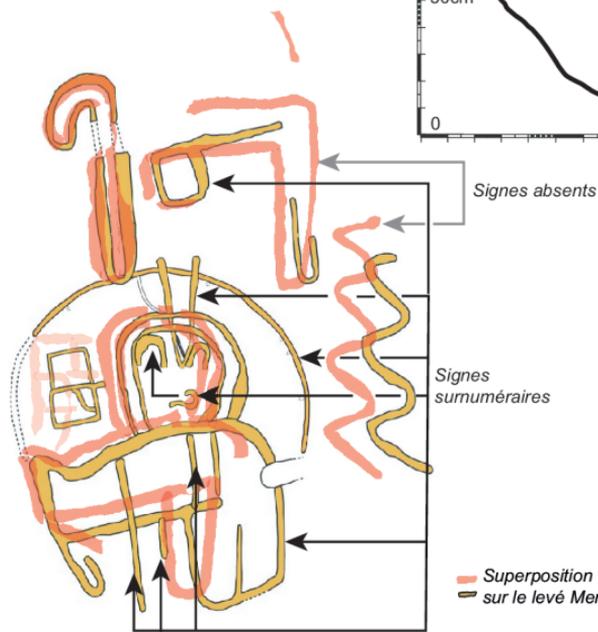
-  Dressage stade 1
-  Roche désagrégée
-  Cassure
-  Cassure récente (2012)
-  Roche raclée (manutention moderne)
-  Règle graduée



Mens et al. 2016



Levé 2019

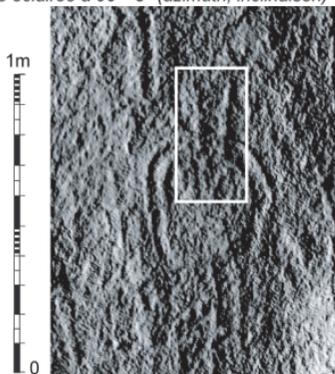


La Bretellière, stèle 3

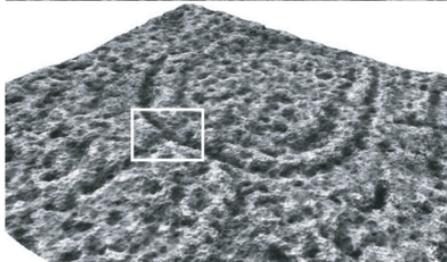
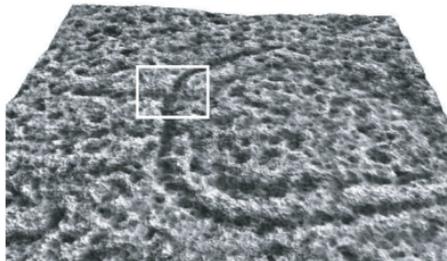
— Superposition du levé 2019
 — sur le levé Mens et al. 2016

*Relation d'antéro-postériorité :
désordres linéaires modernes
recoupant deux arcs radiés néolithiques.*

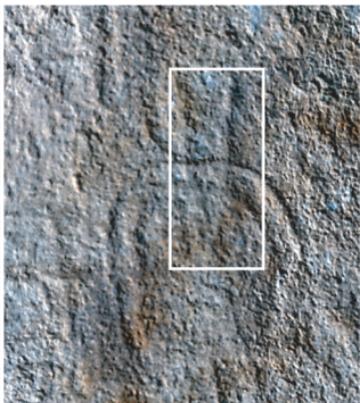
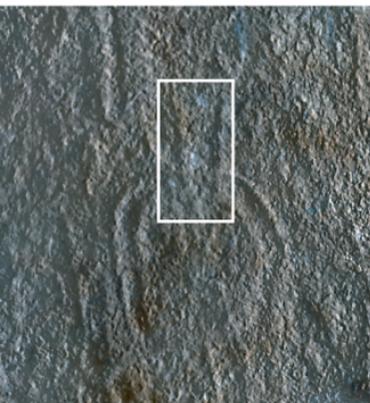
Image éclairée à 90°- 5° (azimuth, inclinaison)



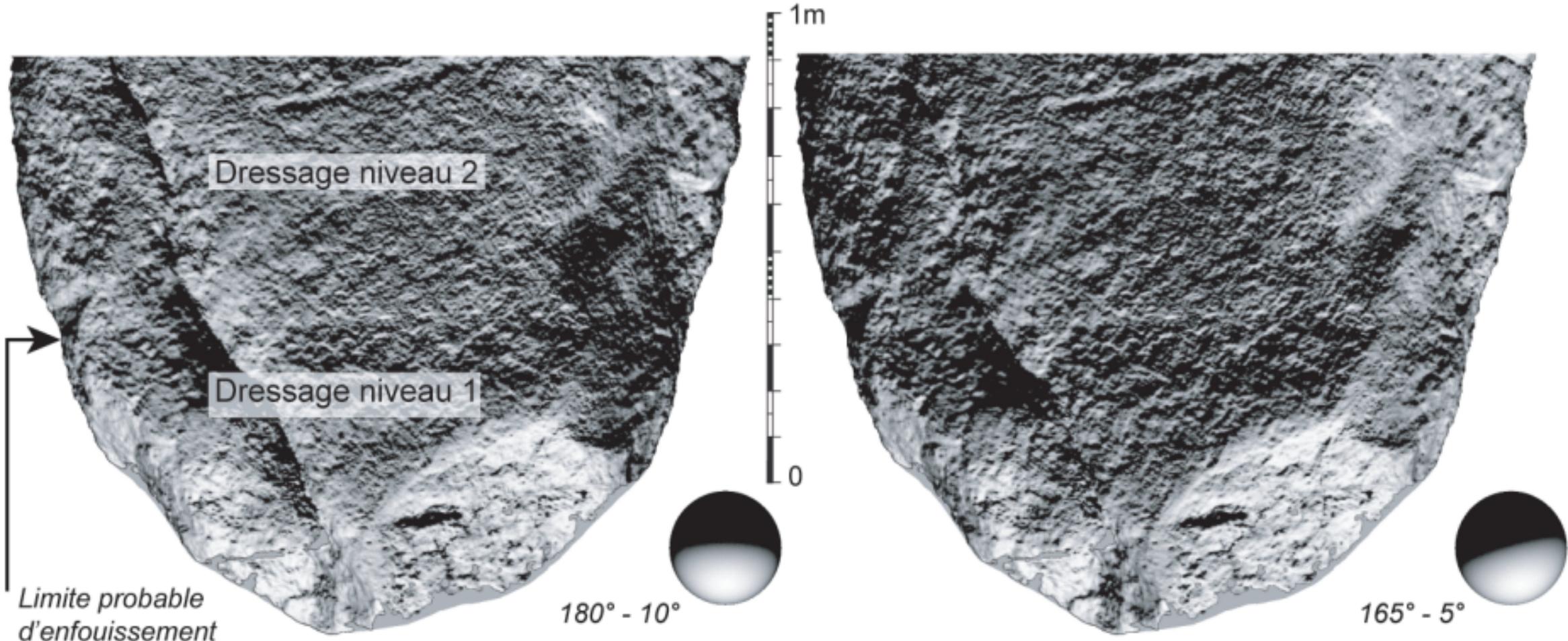
Eclairage virtuel rasant sur le modèle 3D



La Bretellière, stèle 3



Eclairages virtuels rasants sur le modèle 3D issu de la photogrammétrie



La Bretellière, stèle 3, secteur basal

