

CORPUS DES SIGNES GRAVÉS NÉOLITHIQUES

Projet Collectif de Recherche

2016



Corpus des signes gravés néolithiques

Programme collectif de recherche (PCR)

relatif à l'enregistrement et à la restitution de l'art rupestre néolithique en Armorique
en vue de son étude et de sa conservation numérique

Phase de test : avril 2016/mars 2017

Serge Cassen, Valentin Grimaud

avec

Hervé Paitier

et

Christine Boujot, Emmanuelle Vigier, Marie Vourc'h

Cyrille Chaigneau, Nancy Marcoux, Guirec Querré, Dominique Sellier

CORPUS



DES SIGNES
GRAVÉS
NÉOLITHIQUES

Résumé

Un nouveau corpus néolithique des représentations symboliques sur dalle dans l'ouest de la France (gravure, éventuellement peinture) a été entrepris depuis avril 2016. L'opération intéresse aussi bien l'archéologue (la recherche fondamentale, la conservation et la protection du patrimoine) que le gestionnaire de site (la commune, le département, l'association, la société d'économie mixte, le propriétaire privé, etc.). Ces objets archéologiques, le plus souvent hors-sol, courent le risque de disparaître ou de devenir illisibles sous une pression croissante des visites et des restaurations modernes ayant largement modifié la climatologie des espaces confinés.

L'inventaire s'attache à enregistrer et représenter la gravure au même niveau que le support auquel elle est étroitement associée, physiquement et symboliquement. La contextualisation en 3D des supports ornés, dans le cadre naturel ou architectural, s'impose tout autant, afin que ne se perde pas le lien historique et fonctionnel. Les enregistrements des surfaces sont de surcroît l'occasion d'observations qui ne se limitent pas à la seule acquisition archéologique des tracés, mais relèvent les différents désordres dus aux colonisations biologiques, aux altérations chromatiques et minérales. On se propose ainsi d'effectuer un état des lieux qui résume, notamment par cartographie, l'aspect altéré du support dans son environnement immédiat. Une expérimentation est également engagée avec pour objectifs de déterminer les outils possibles pour graver le granite, l'orthogneiss et le quartz, de lister les différentes techniques et chaînes opératoires possibles pour la gravure et les préparations de surface, d'établir des ratios qualitatifs et quantitatifs en fonction de la nature du bloc support et des techniques retenues. Le mode de transmission du Corpus fait enfin partie de la réflexion devant mener à des propositions concrètes en termes de stockage et d'archivage pérenne, en établissant par exemple la liste indispensable des métadonnées. Le mode de transmission par le biais d'un site sur l'Internet s'ajoute à ces préconisations, en déterminant une ligne éditoriale à partir de quelques pratiques relativement récentes dans la médiation de l'art pariétal. Un retour d'expérience est décrit autour d'une application interactive.

Entre avril et septembre 2016, 9 tombes à couloir, 5 stèles + 1 enceinte de stèles, 1 sépulture à entrée latérale, 1 allée sépulcrale, 2 cistes et 1 affleurement à cupules ont été enregistrés sur les 4 départements bretons, correspondant à 47 supports gravés. La lasergrammétrie, grâce au prêt d'un instrument du Consortium 3D SHS, et la photogrammétrie ont été associées à la compilation de photographies sous éclairages tournants et à la décorrélation d'image afin d'obtenir les meilleurs résultats. Certains objets sont passés par toutes les étapes de la chaîne opératoire à la date du 6 décembre 2016, d'autres sont encore en cours de traitement.

Remerciements

Ce programme n'aurait pu aboutir sans le concours appuyé et les conseils de Yves Menez, Christine Boujot, Jean-Michel Geneste, ainsi que l'aide de Marie-Dominique Pinel, Thierry Lorho (SRA Bretagne, Rennes) et Philippe Ballu (DRAC Bretagne). Les démarches auprès du CD56 ont été facilitées par les interventions et l'aide de Olivier Agogué et Marie-Pierre Jégo (Service départemental d'archéologie du Morbihan). La Mairie de Carnac et la Compagnie des Ports par l'intermédiaire du gestionnaire du site de Gavrinis, Yves Belenfant, ont largement contribué au succès du programme d'expérimentation de gravures déroulé sur plusieurs journées en 2016. La participation financière importante de notre laboratoire dans le cadre d'une acquisition de deux scanners à main (lumière structurée) doit être soulignée, grâce à l'intervention de son directeur, J.N. Guyodo, que nous remercions aussi pour avoir accepté de prendre en charge la location d'un véhicule utilitaire pour l'une de nos missions. L'emprunt d'un scanner FARO-Focus auprès du Consortium 3D SHS (juin 2016) a été rendu possible grâce au directeur de l'UMS 3657 Jean-François Bernard et l'aide de Mehdi Chayani (Archéovision, Université de Bordeaux Montaigne). Plusieurs datations AMS ont été possibles grâce à la contribution du programme JADE 2 dirigé par E. Gauthier et P. Pétrequin (2013-2016 : *Objets-signes et interprétations sociales des jades alpins dans l'Europe néolithique* – programme n° 12-BSHS3-0005-01 de l'ANR) et nous les remercions pour leur confiance.

Les crédits de fonctionnement octroyés par le ministère de la Culture et le département du Morbihan ont été gérés par le responsable administratif de l'UFR Histoire, Histoire de l'art et archéologie, de l'université de Nantes (Eric Burgaud) ; les commandes et missions sur le terrain ont été saisies par Evelyne Leveziel et Anne-Marie Thievin, secrétaires administratives de l'UFR et du LARA ; Jean-Noël Guyodo a toujours facilité nos démarches auprès de l'UFR et de l'OSUNA, et nous lui en sommes très reconnaissants. Olivier Couvrant (Bureau financier Lettres) a établi le bilan financier et a bien voulu nous aider dans ces démarches administratives. Nous leur devons une gestion rigoureuse mais également souple et très attentive des crédits alloués. La maquette du rapport a été réalisée par les soins de Laure Déodat (LARA).

Nous sommes enfin très heureux de l'aide et de l'expertise obtenues de Laurent Charrieau (laboratoire LARA-POLEN), Yann Lejeune (DRAC Nantes), Guy Cornen et Bernard Lasnier (Université de Nantes) et Emilie Heddebaut (Paysages de mégalithes, Carnac). Christian Obeltz n'a jamais compté son temps pour nous prêter main forte alors du nettoyage des sites, nous lui en sommes très reconnaissants. Delphine Aubin (chargée de mission patrimoine sur le *Chantier des Mégalithes*) a très aimablement accepté de faire intervenir son équipe sur le site du Mané er Hroëck à la demande de Christine Boujot. De même, nous remercions Jacques Buisson-Catil (CMN) pour avoir diligenté une équipe technique lors du nettoyage du cairn de Mané Kerioned avant notre intervention. Un grand merci enfin à Gwénaëlle Wilhelm-Bailloud pour nous avoir laissé un libre accès aux archives de Z. Le Rouzic et G. Bailloud.

Chaque monument étudié a souvent nécessité des autorisations aimablement accordées et des aides efficaces sur le terrain de la part de plusieurs propriétaires et collègues ; nous leur adresserons plus directement nos remerciements à l'issue des chapitres concernés.

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| Résumé..... | 7 |
| Remerciements | 9 |
| Sommaire | 11 |
| 1. Introduction générale au programme | 13 |
| <i>1.1. Objectifs.....</i> | <i>13</i> |
| <i>1.2. Argument.....</i> | <i>14</i> |
| <i>1.3. Principes.....</i> | <i>16</i> |
| <i>1.4. Objets.....</i> | <i>16</i> |
| <i>1.5. Sauvegarde des données.....</i> | <i>17</i> |
| <i>1.6. Résultats attendus</i> | <i>19</i> |
| <i>1.7. Constitution de l'équipe</i> | <i>19</i> |
| <i>1.8. Moyens</i> | <i>20</i> |
| 2. Expérimentation (tracé gravé et état de surface) | 23 |
| 3. La chaîne opératoire | 49 |
| <i>3.1. Enregistrements.....</i> | <i>49</i> |
| <i>3.2. Traitements.....</i> | <i>55</i> |

| | |
|---|------------|
| 3.3. Représentations..... | 68 |
| 3.4. Archivage pérenne des données..... | 76 |
| 3.5. Stockage des données..... | 99 |
| 3.6. Consultation du Corpus et diffusion des résultats..... | 100 |
| 3.7. Exploitations futures du corpus..... | 108 |
| 4. Les sites enregistrés pour l'année-test | 115 |
| 4.1. Cruguellic (Ploemeur, Morbihan)..... | 117 |
| 4.2. Mané Groh (Erdeven, Morbihan) | 137 |
| 4.3. Manio 2 (Carnac, Morbihan)..... | 141 |
| 4.4. Kercado (Carnac, Morbihan)..... | 159 |
| 4.5. Mané er Hroëck (Locmariaquer, Morbihan)..... | 213 |
| 4.6. Petit Mont (Arzon, Morbihan)..... | 241 |
| 4.7. Gavrinis (Larmor-Baden, Morbihan) | 243 |
| 4.8. Kermaillard (Sarzeau, Morbihan) | 303 |
| 4.9. Tevenn (Le Conquet, Finistère)..... | 323 |
| 4.10. Corn er Hoët (Caurel, Côtes-d'Armor) | 333 |
| 4.11. La Tremblais (Saint-Samson-sur-Rance, Côtes-d'Armor) | 363 |
| 4.12. Maison des Fées (Tressé, Ille-et-Vilaine)..... | 421 |
| 5. Bilan de l'année-test et préconisations | 423 |
| 5.1. Bilan sur les objets..... | 423 |
| 5.2. Bilan sur les méthodes | 426 |
| 5.3. Bilan sur les questions de stockage et d'archivage..... | 427 |
| 5.4. Perspectives de diffusion..... | 427 |
| Bibliographie, webographie, liens URL | 429 |
| Annexe 1 - Inventaire des sites ornés..... | 439 |
| Annexe 2 - Lexique (relatif au travail de la gravure sur la pierre)..... | 447 |
| Annexe 3 - Bibliothèque de densité de rocs | 463 |
| Annexe 4 - Fiche générique pour anticiper l'archivage..... | 469 |
| Annexe 5 - Pièces administratives..... | 485 |
| Table des matières | 491 |

1. Introduction générale au programme

1.1. Objectifs

On envisage de progressivement construire **un nouveau corpus des gravures néolithiques** inscrites au sein de supports aussi variés qu'un affleurement rocheux, une stèle, un ouvrage de pierres dressées ou une sépulture mégalithique.

Notre opération intéresse aussi bien **l'archéologue** (la recherche fondamentale, la conservation et la protection du patrimoine) que **le gestionnaire de site** (la commune, le département, l'association, la société d'économie mixte, le propriétaire privé, etc.).

Les **inventaires raisonnés et graphiques** des signes gravés, établis depuis le XIX^e siècle en Bretagne (Davy de Cussé 1865 ; Closmadeuc 1873 ; Péquart et al. 1927 ; Shee-Twohig 1981), sont rares et espacés d'intervalles de temps allant généralement au-delà d'une génération de chercheurs. Ils sont pourtant des documents pratiques auxquels chacun se réfère, encore aujourd'hui, du plus ancien catalogue au plus récent. Au surplus, on le sait, les objets archéologiques en élévation **disparaissent** ou deviennent **illisibles**, ce que va accentuer leur dégagement par la fouille et le contact à l'air libre.

Cet inventaire aimerait s'attacher à enregistrer et représenter **la gravure** (entendue comme enlèvement de matière) au même niveau que **le support** auquel elle est étroitement associée, physiquement et symboliquement.

La **contextualisation** des supports ornés dans leur cadre naturel ou architectural est un autre objectif, afin que ne soit pas perdu ce lien historique et fonctionnel qui a souvent fait défaut dans les précédents travaux. À cet égard, un des résultats de l'inventaire est d'ores et déjà, au terme de la campagne 2016, d'aider à la décision portant sur les mesures de protection et de valorisation. La pression touristique croissante que subissent ces gravures depuis 50 ans, qui a anticipé puis suivi les programmes de restaurations de plusieurs tombes en bouleversant souvent la climatologie interne, doivent en effet faire réfléchir aux mesures alternatives à la visite *in situ* de monuments en grave danger d'érosion (surcharges colorées des tracés, microclimats dommageables, pertes de matière). Les expériences en cours menées sur l'île de Gavrinis depuis 2012 (tombe à couloir) et l'île d'Yeu en 2015-2016 (rochers à cupules) sont pour cela très instructives.

Les enregistrements menés sur ces objets sont par conséquent l'occasion d'observations qui ne se limitent pas à la seule acquisition archéologique des signes. Nous proposons d'effectuer un **état des lieux** (plutôt qu'un état sanitaire nécessitant d'autres compétences) qui résume, notamment par cartographie, l'aspect du support et son environnement immédiat. On s'attache en outre à poursuivre les investigations sur l'historique du **fonds de moulages** des différents musées qui permettent dans certains cas de **mesurer le degré d'érosion** de certains supports en l'espace de 150 ans.

Le **mode de transmission** de ce *Corpus* fait aussi partie, dans le PCR, de la réflexion accompagnant l'enregistrement et la représentation des signes néolithiques. Si la documentation papier demeure un vecteur naturel, l'accès à l'information ne peut plus faire l'économie du support numérique et de sa diffusion sur l'Internet, sous différents formats et selon diverses modalités d'accès (hiérarchie de filtres).

Une réflexion sur les nouvelles possibilités des **impressions 3D** devient nécessaire pour transmettre l'objet (médiation, conservation) ; les expériences d'impression plastique menées à partir de l'orthostate L6 de Gavrinis pourraient être poursuivies. Avec, pour perspective, une proposition de **mise à l'abri** en musée de certaine stèles gravées à l'air libre, actuellement hors contexte – Guib (Ploemel), Kervazic (Erdeven), etc.

Nous aimerions par ailleurs améliorer le rapport constant en archéologie, et notamment dans toute étude iconographique, entre **représentation** et **interprétation**. Une première exigence est en effet de trouver les moyens d'obtenir une meilleure présentation des gravures conservées ou perdues afin qu'une interprétation à leur propos puisse s'établir sur **une base graphique renouvelée** ; dans le même temps, le **cadre conceptuel** permettant de penser les signes et d'en établir une interprétation va influencer la façon de les représenter. Ce va-et-vient méthodologique aussi bien qu'épistémologique s'est précisé au fur et à mesure de travaux similaires menés par le LARA sur les monuments régionaux depuis 1998 (Runesto, Mané Croc'h, Mané Bras, Bronzo, Vieux Moulin, Guib, Table des Marchands, Mané Kerioned, Mané Lud, Mané Rutual, Gavrinis).

1.2. Argument

Loin de constituer un champ d'investigation sans avenir et par trop spéculatif, les représentations symboliques inscrites sur les affleurements rocheux, stèles et parois des monuments mégalithiques permettent un accès privilégié à la pensée des sociétés néolithiques de l'ouest de la France (vision du monde, hiérarchies sociales, poésie). Elles sont une exception en Europe, par leur nombre, leur ancienneté et leur qualité.

Les résultats de ces études soulignent dans le même temps la fragilité de ces représentations, soumises à des agressions plus ou moins conscientes des visiteurs, en nombre croissant, qui s'ajoutent à celles des agents atmosphériques en périphérie des sites et en surface des parois (catalysés par des hivers plus humides). Rappelons à cet égard que si elles sont parfois enfouies, à l'image du vestige archéologique tel qu'on le conçoit pour le Néolithique, elles sont plus souvent encore bien visibles en élévation, ce qui fait leur singularité, et encore une fois leur exceptionnalité, notamment en Europe et à cette date. On ne saurait trop insister sur cette caractéristique extraordinaire.

Les gravures et peintures néolithiques en accès libre sont un problème, même si le nombre de sites incriminé peut paraître minime ; l'ennui, c'est qu'elles sont uniques. Surchargées à la craie grasse, à la peinture, au noir de fumée, frottées par les nettoyages, estampages et moulages (autorisés ou non), elles subissent le développement du tourisme. Le piétinement même des visiteurs, dont le nombre a considérablement augmenté entre 1950 et 2016, contribue d'ailleurs d'une autre façon à leur altération au sein des tombes qui les abritent : le sol trop induré n'absorbe plus l'eau de ruissellement, en sorte que cette réserve d'humidité a provoqué le développement d'algues et mousses sur les parois plus ou moins

exposées à la lumière du jour.

Autre facteur inattendu lié à cet afflux touristique et aux questions légitimes de conservation, la restauration de plusieurs structures monumentales, débouchant sur des visites guidées, a créé en leur sein des espaces confinés par l'usage de géotextiles et de couches sédimentaires étanches, provoquant par ces nouveaux microclimats le développement d'organismes biologiques ou d'efflorescences minérales sur les supports. Plusieurs gravures sont aujourd'hui en partie couvertes par ces colorations, inexistantes sur les clichés antérieurs aux mises en valeur (Table des Marchands, Gavrinis, Petit Mont, Dissignac ; pas encore d'information relative à Barnenez). L'urgence d'un **Corpus numérique** s'impose. Et s'il prend pour premier fil conducteur le domaine des représentations, les stèles et tombes enregistrées serviront de tremplin, nous l'espérons, à un ambitieux **Conservatoire architectural** pour le Néolithique de l'ouest (voir le rapport Cassen, Vaquero 2003c plaidant en ce sens).

Face à une attente sociale évidente portée par ces vestiges néolithiques, gestionnaires, opérateurs et chercheurs doivent enfin renouveler une histoire à leur propos. L'interprétation des signes, des signes sur leurs supports, des supports les uns par rapport aux autres quand ces stèles sont assemblées dans un ordre cohérent, tout ce discours à entreprendre est une démarche difficile mais qu'il ne faut pas traiter par un vocabulaire approximatif ou étranger à l'objet en question. La meilleure protection des sites débute par l'intelligence du discours à leur égard.

Le dernier inventaire des signes gravés en Bretagne date de 1981, publié en langue anglaise. Il est à ce jour notre seul document de référence, pratique et informatif, avec le *Corpus* publié en 1927 par St-J. et M. Péquart et Z. Le Rouzic. Les deux ouvrages sont pourtant dépassés, par le nombre des sites découverts depuis 30 ans, mais surtout en qualité de restitution des surfaces archéologiques. Ils n'offrent par ailleurs que très peu d'indications sur les contextes architecturaux et rien quant aux états techniques de surface des supports, sans parler bien entendu des relations chronologiques internes.

Il n'est pas excessif d'affirmer que nous sommes arrivés en limite d'exploitation de ce type d'informations visuelles, tandis que les interprétations archéologique, architecturologique, sémantique même, méritent d'être réévaluées. Ce qui suppose là encore de constituer un corpus en accord avec les techniques aujourd'hui à notre disposition, dont la puissance de résolution est sans commune mesure avec les outils hier au service des chercheurs et des médiateurs du patrimoine. On constate aussi que les guides techniques élaborés pour aider à la rédaction d'un cahier des charges de numérisation du patrimoine (Solan 2008) n'envisagent pas, il y a peu de temps encore, l'objet tridimensionnel au sein de la chaîne opératoire qui nous intéresse, de l'**acquisition** à la **conservation numériques**, en passant par la **représentation**.

L'expérience menée ces 5 dernières années sur le site de Gavrinis (DRAC/CD56) ainsi qu'en Bourgogne et Forêt de Fontainebleau (dans le cadre du programme Jade 2/ANR) a permis de mettre au point des protocoles d'acquisition des objets et de restitution de l'information reproduits avec succès dans différentes configurations (stèle, chaos rocheux, grotte, monument mégalithique, chantier de fouille). Ces protocoles mettent en œuvre une suite d'appareillages et de logiciels progressivement améliorés, en tenant compte des grands progrès de la photogrammétrie qui se substitue dans de nombreux cas à la lasergrammétrie. Ces observations ont par ailleurs permis d'intégrer les techniques néolithiques de préparation des surfaces et de réalisation des signes (enlèvements de matière), qui nous ont conduits à développer une expérimentation sur les matériaux mis en œuvre (granite, orthogneiss, grès, schiste). Les altérations chromatiques ont également fait l'objet d'enregistrements spécifiques et d'analyses directes et indirectes devant permettre de faire la part entre pigmentations naturelles et applications volontaires de colorants, et parmi ces dernières de pouvoir dater leur application (trop souvent moderne malgré des publications récentes affirmant sans preuve leur ancienneté). Notre tâche à cet égard est de documenter ces altérations là où elles apparaissent, et d'entreprendre à terme les analyses, non intrusives d'abord, par prélèvements ensuite, à la lumière de notre récente expérience.

Enfin, on ne peut occulter le fait que plus de 50 % des gravures néolithiques en Armorique (Bretagne et ouest des Pays de Loire, voir infra) sont regroupées sur le territoire pressenti pour une inscription UNESCO au Patrimoine mondial de l'humanité. Leur représentation, leur compréhension, leur valorisation et leur protection se posent de façon cruciale dans le cadre de ce projet qui devrait aboutir à l'horizon 2020-22. Une meilleure connaissance de ce répertoire et des programmes iconographiques s'avère donc indispensable. On rappellera à ce propos que le ministère de la culture et de la communication a demandé la réécriture du *Bien* et sa confirmation sur la liste indicative, pour la fin 2016. Cette échéance nous a poussé à représenter en priorité quelques scènes symboliques retenues par le Comité scientifique international pour illustrer le dossier en cours (Gavrinis, Kercado). Une qualification de leur environnement devra aussi passer par une meilleure représentation devant obéir *a minima* aux standards visuels des sites européens comparables sur la liste UNESCO (Vallée de la Boyne, Stonehenge, îles Orkney), accessibles sur l'Internet.

1.3. Principes

Nous devons nécessairement passer par une étape d'enregistrement des surfaces et donc des volumes, en mettant en œuvre des techniques éprouvées mais cependant récentes qui permettent des levés numériques 2D/3D des gravures et des levés 3D des supports : affleurement, stèle, orthostate/structure interne et cairn ou tertre/structure externe. En sorte que l'ensemble puisse être manipulable au sein d'une représentation tridimensionnelle autorisant toutes les déclinaisons visuelles possibles. Cette étape technique d'acquisition des données profitera aussi bien aux chercheurs qu'au gestionnaire du site (restitution virtuelle, réalité augmentée, simulation d'hypothèses, etc.).

Pour cela, le programme d'enregistrement bénéficie des avancées techniques récentes (depuis 2011) en termes de :

- photomodélisation/**photogrammétrie** et **lasergrammetrie** selon les cas, afin de restituer la morphologie tridimensionnelle des supports, volumes dans lesquels seront rapportés les signes gravés levés par...
- **photographies compilées** sous éclairages tournants, voire, dans certains cas favorables, détectés par...
- **décorrélation d'images** (captation des teintes).

Une **veille technologique** est bien entendu nécessaire dès lors que le le programme court sur plusieurs années.

Ces techniques suivront un **protocole** ayant fait ses preuves (Cassen *et al.* 2014 ; Grimaud 2015), notamment dans le cadre des programmes Gavrinis (DRAC Bretagne/CD56) et Jade 2 (ANR), tout en laissant à d'autres opérateurs dans le futur la possibilité d'exploiter autrement les données. Ces nouvelles manières de restituer l'information offrent des visuels immédiatement communicables et compréhensibles par les chercheurs et le public.

Le traitement des données nécessite une expertise archéologique et sémiotique pour effectuer des choix importants (sélection des contrastes, suivi des anomalies à la palette graphique) et pour mettre en œuvre la suite des différents logiciels (Photoscan, Meshlab, Blender, Geomagic, 3DStudioMax, CloudCompare). L'acquisition des données est par contre ouverte à tous les partenaires qui le souhaitent dans un suivi rigoureux du protocole adopté.

Le PCR, en résumé, articule l'exigence d'une recherche fondamentale au sein d'un processus conservatoire, tout en préparant l'objet archéologique à sa valorisation auprès des publics.

- *La composante recherche* assure la démarche scientifique des processus d'enregistrements et de traitements des données, démarche devant aboutir à une classique information archéographique (plans, élévations, programme iconographique).
- *La composante conservatoire* permettra non seulement une aide à la décision quant aux nouvelles mesures de protection et de présentation dont ces monuments pourraient bénéficier (état des lieux cartographié), mais assurera la pérennité des données sauvegardées suivant des formats exploitables à très long terme, sans perte d'informations, grâce à l'implication du LARA dans le *Consortium 3D* pour les SHS.
- *La composante médiologique* proposera des visuels interprétés et interprétables, en suggérant différentes possibilités de restitution de l'objet patrimonial, à charge pour des élus et des administrations de les développer (modèles pour animation 3D, en accès libre).

1.4. Objets

Une base de données est en cours de construction (logiciel libre Arches), l'inventaire des supports (stèle isolée, ouvrage de stèles, parois d'une tombe) étant assuré pour le moment à travers un tableur (Libre Office). Une première cartographie (construite sur QGis, fond topographique BDAlti) permet d'apprécier la distribution des sites en Bretagne, avec une fenêtre spécifique ouverte sur le secteur d'étude UNESCO. Des cartes d'isodensité de sites et de supports mettent en évidence plusieurs concentrations éloquentes.

Pour l'Armorique, cette première année-test a permis de mener à bien l'**actualisation bibliographique** du Corpus établi en 2015 :

| SITES (stèle, paroi tombe) : | 2015 | | 2016 | |
|-------------------------------------|-------------|-----|-------------|-----|
| Morbihan | 44 | 68% | 88 | 75% |
| Ille-et-Vilaine | 1 | 2% | 1 | 1% |
| Côtes-D'Armor | 4 | 6% | 8 | 7% |
| Finistère | 14 | 22% | 18 | 16% |
| Loire-Atlantique | 2 | 3% | 2 | 2% |
| TOTAL | 65 | | 117 | |

| Supports gravés : | 2015 | | 2016 | |
|--------------------------|-------------|-----|-------------|-----|
| Morbihan | 193 | 74% | 218 | 77% |
| Ille-et-Vilaine | 2 | 1% | 3 | 1% |
| Côtes-D'Armor | 12 | 5% | 29 | 10% |
| Finistère | 52 | 20% | 32 | 11% |
| Loire-Atlantique | 2 | 1% | 2 | 1% |
| TOTAL | 261 | | 284 | |

Note : le hiatus remarqué entre le nombre de sites, multiplié par 2 entre 2015 et 2016 en Morbihan, et le nombre de dalles gravées qui ne suit pas ce ratio, est dû à la disparition ou la destruction de plusieurs dalles)

A l'intérieur de ces ensembles, le territoire **UNESCO**, tel que retenu actuellement en 2016, rassemble 55 % du nombre total des dalles gravées de l'ouest de la France y compris la Loire-Atlantique et le Maine-et-Loire (156 dalles pour 64 monuments).

Durant cette **année-test** 2016, le choix des premiers objets à enregistrer s'est fait en croisant plusieurs exigences, devant tenir compte :

- du dossier en cours en vue du classement UNESCO de la région de Carnac ;
- de la représentation équilibrée des autres départements bretons ;
- de la variété des différentes architectures touchées par le phénomène (affleurement, stèle, ciste, tombe à couloir, allée sépulcrale) ;
- de la complémentarité entre supports originaux et empreintes (moulages négatifs, positifs, *fac-simile*).

1.5. Sauvegarde des données

Parmi les sujets de réflexion qui ont animé cette année 2016, l'archivage de nos données produites fut une priorité. Il faut cependant distinguer stockage et archivage car les objectifs sont très différents.

- Le stockage (ou la sauvegarde) est le processus qui consiste à organiser ses données de manière à pouvoir facilement y accéder et les retravailler.
- L'archivage pérenne est le processus qui consiste à documenter et placer les données dans un lieu sûr pour les transmettre aux générations futures.

Ces deux phases de travail doivent s'articuler, car si les données sont bien classées, il devient facile de les extraire pour l'archivage pérenne.

Aujourd'hui, les normes permettant d'archiver les modèles 3D en archéologie, mais aussi plus largement en SHS, n'existent pas. La réflexion est néanmoins en cours au sein du *Consortium 3D SHS*¹ dont le

¹ <https://shs3d.hypotheses.org/> – site consulté le 07/11/2016.

LARA est membre fondateur (représentant l'UMR 6566) depuis 2013, comme 9 autres laboratoires français (UMR et UMS).

Les *consortiums*² réunissent plusieurs unités et équipes de recherche autour de thématiques et d'objets communs pour lesquels ils définissent des procédures et standards numériques partagés (méthodes, outils, partages d'expériences).

Ils formulent un programme d'actions pluriannuel pour lequel ils s'engagent à apporter une partie des moyens nécessaires (en particulier en personnel), et pour lequel ils demandent, en outre, un soutien de la part de la TGIR. Ces actions donnent lieu à des livrables. Dans ce cadre, les consortiums sont labellisés et évalués par le comité de pilotage et le conseil scientifique de la TGIR.

Ce dernier acronyme désigne une *très grande infrastructure de recherche* (TGIR) visant à faciliter le tournant numérique de la recherche en sciences humaines et sociales. Au cœur des humanités numériques, elle est bâtie sur une organisation originale consistant à mettre en œuvre un dispositif humain (concertation collective) et technologique (services numériques pérennes) à l'échelle nationale et européenne en s'appuyant sur un important réseau de partenaires et d'opérateurs.

L'objectif du Consortium est de définir les bonnes pratiques de la 3D ; les membres sont répartis en 4 ateliers, dont un consacré à l'archivage où l'un d'entre nous (Valentin Grimaud) est très actif. Les réflexions sont en cours, mais un rapport d'activité à remettre à la fin de l'année 2016 permettra de fixer le travail avant la remise du rapport final à la fin de l'année 2017.

Plus spécifiquement à l'échelle de l'archivage, il s'agit de :

- répertorier les éléments importants à renseigner (liste de méta- et paradonnées) ;
- indiquer les formats des fichiers à archiver ;
- générer l'ensemble des fichiers XML permettant de constituer le dépôt d'archive.

Il faut enfin un lieu pour déposer nos archives. Le CINES (*Centre Informatique National de l'Enseignement Supérieur*) est actuellement l'interlocuteur du Consortium 3D SHS. Tout le monde n'aura pas accès à ces services d'archivages, mais il s'agit de la structure de référence aujourd'hui à l'échelle nationale. Même si nous choisissons un autre espace d'archivage, il convient que les dépôts soient compatibles avec les standards en vigueur.

Quelle diffusion ?

Au cours de ce programme, un grand nombre d'information a d'ores et déjà été produit, et va être amassé chaque année ; il conviendra de les restituer sous une forme ou une autre. Deux supports classiques sont à envisager : le papier et le numérique.

Les publications scientifiques posent aujourd'hui un « problème » dans le sens où la quantité d'information à restituer est trop importante pour suivre la procédure de validation habituelle. Il faudrait peut-être inventer un nouveau système de publication francophone qui prenne en compte ce paramètre spécifique à cette thématique de recherche.

Une fois la diffusion vers la communauté scientifique assurée, les données pourront être diffusées vers un public plus large, sous la forme de courtes monographies : un site (ou une dalle) pourrait faire l'objet d'un livret pour former une collection spécifique à l'art pariétal armoricain, par exemple. A la fin du programme – ou régulièrement pendant son développement – les données pourront être publiées sous la forme d'un catalogue.

Un site Internet ?

La question du site internet est un vaste sujet puisque cela couvre à la fois les questions de contenu, d'hébergement, et de modèle du site internet. Nous n'avons pas encore de solutions précises à présenter à mi-chemin de cette année-test 2016, mais des orientations générales.

Au sujet du contenu, il nous semble important que tout le monde puisse avoir accès à toute l'information. Il est en effet impossible de discriminer les accès entre la communauté scientifique, un amateur éclairé et le grand public... Plusieurs niveaux de lectures devraient permettre de satisfaire les besoins de chacun.

La question de l'hébergement semble plus facile à résoudre en dissociant les documents à afficher et la structure du site internet. Nous pourrions ainsi bénéficier du service *Nakala* de la TGIR Huma-Num. qui présente l'avantage d'être un outil spécialisé dans l'exposition des données : elles deviennent facilement intégrables dans d'autres sites, et elles peuvent être interrogées par d'autres services comme ISIDORE (un moteur de recherche), et être moissonnées par des bibliothèques numériques comme *Gallica* et *Europeana*.

2 <http://www.huma-num.fr/consortiums> – site consulté le 07/11/2016.

Il faut néanmoins une interface graphique pour consulter les données. Pour le moment, nous concentrons nos efforts sur le logiciel libre *Arches*. C'est un modèle de site internet orienté vers la documentation du patrimoine architectural. Il intègre pour cela tout un ensemble d'outils comme les technologies du web sémantique. Il repose en outre sur les vocabulaires contrôlés comme Dublin Core pour assurer une compatibilité des métadonnées avec d'autres services, à très long terme. Cela lui permet donc d'intégrer les technologies du web sémantique. Etant spécialisé sur le patrimoine architectural, il intègre des fonctionnalités de SIG et permet des requêtes spatiales et temporelles.

1.6. Résultats attendus

À la fin de ce rapport, un premier bilan sera porté sur les protocoles adoptés et sur leur éventuelle évolution consécutive à la nature des objets et des buts à atteindre. Un descriptif spécifique sera rédigé pour communiquer le contenu de ces protocoles, qui viennent d'ailleurs de s'améliorer avec la correction informatique (et non plus manuelle) des levés à la palette graphique déformés par l'objectif photographique.

Le *Corpus* sera restitué sous la forme de **métadonnées** (photographiques et graphiques, nuages de points ; originaux et empreintes), et d'un **géométral** (plans, élévations) ainsi que des **paradonnées** nécessaires à la compréhension des résultats graphiques (descriptifs des choix, inventaire des signes).

On dégagera :

- des modèles numériques et modèles graphiques précis (sub-millimétrique) des supports ;
- une synthèse des enlèvements de matière détectés par éclairages tournants, et modèles graphiques des signes intégrés aux supports, accompagnés de la chronographie des réalisations, là où elle sera possible, et du descriptif détaillé des motifs individualisés ;
- des modèles numériques des architectures (sépulture mégalithique, plan et élévations) quand elles ne se limitent pas à la stèle ou à l'affleurement rocheux.

La sauvegarde et la communication de ces données feront l'objet d'une première synthèse à l'issue de notre réflexion.

1.7. Constitution de l'équipe

Le noyau de départ s'est consacré à part entière au programme, composé d'un directeur scientifique (S. Cassen, CNRS-LARA) et d'un ingénieur d'étude (V. Grimaud, LARA). L'université de Nantes a mené à bien ce recrutement le 18 avril 2016, dans la continuité des conventions passées avec la DRAC de Bretagne quand au versement et à la gestion des subventions.

H. Paitier (INRAP) a conduit plusieurs enregistrements de dalles gravées et assure, selon ses disponibilités (20 journées PAS au total, traitements informatiques inclus), la gestion d'une partie du corpus retenu. Nous avons prolongé et signé dès septembre 2016 la constitution d'un dossier de Journées PAS afin qu'un temps pour l'acquisition, le traitement des données photographiques et le suivi de réunions lui soit accordé en 2017.

Dans le cadre des désordres affectant plusieurs supports, des colorations devront être qualifiées, et la collaboration de Guirec Querré (géologie et analyses des matières déposées, MCC, Univ. Rennes 1) indispensable pour prolonger les expériences menées à Gavrinis. A Gavrinis, au Manio 2 et à Tumiac,

des déterminations de charbons ont été faites par Nancy Marcoux (Laboratoire d'Archéosciences, Univ. Rennes) en vue de datations au radiocarbone. Dominique Sellier (géomorphologie, Univ. Nantes) a d'ores et déjà aidé au processus de reconnaissance de l'anomalie sur C1 traitée en 2016 à Gavrinis. Ces désordres avaient été considérés par Christine Boujot lors de l'opération d'inventaire des pierres dressées qu'elle a menée dans le périmètre carnaçois appartenant à l'Etat. L'état des lieux des monuments du secteur UNESCO, dont elle a eu l'initiative et qui a été mis en œuvre par Emilie Heddebaut, a permis d'inspirer cette cartographie des désordres.

Emmanuelle Vigier et Cyrille Chaigneau (conservation des originaux et des empreintes, et expérimentation, Musée Carnac) et Marie Vourc'h (expérimentation et états de surfaces, LARA, Nantes) ont été fortement impliqués dans le programme d'expérimentation sur différents matériaux, grâce à la contribution de la Mairie de Carnac et celle tout aussi décisive de la Compagnie des Ports par l'intermédiaire du gestionnaire du site de Gavrinis, Yves Belenfant .

Par ailleurs, 5 musées conservent des originaux et des empreintes, et les premiers contacts ont été pris pour en constituer l'inventaire :

- Musée de Carnac (E. Vigier) ;
- Musée de Vannes (M.F. Le Saux, C. Le Pennec) ;
- Musée de Bretagne, Rennes (Marie-Noëlle Fauvon) ;
- Musée Dobrée, Nantes (L. Barthe) ;
- Musée Penmarc'h (G. Querré).

3 dépôts de fouilles archéologiques conservent des originaux et des empreintes :

- Centre Départemental d'Archéologie du Faou (M. Fily) ;
- Dépôt archéologique du Morbihan, Vannes (O. Agogué) ;
- Dépôt archéologique des Côtes-d'Armor, Quessoy (J.Y. Tinevez).

Andrea Arca (Université de Pise, Footsteps of Man Archaeological Society, Valcamonica), Thomas Huet (SIG et analyses spatiales de l'art rupestre, Postdoc Labex Archimède, ASM-CNRS, Université Montpellier Paul Valéry), Guillaume Robin (art rupestre des îles britanniques et de Sardaigne, Université d'Edinburgh), Carlos Rodríguez Rellán (art rupestre en péninsule Ibérique, Université de Santiago de Compostela) ont accepté l'échange de nos expériences respectives au sein d'un groupe informel, et d'être les premiers lecteurs critiques des travaux en cours.

1.8. Moyens

Pour mémoire, le processus technique s'établit en 3 temps : tout d'abord l'acquisition lasergrammétrique et/ou photogrammétrique terrestre de l'architecture (densité sub-millimétrique) et des abords (densité centimétrique), ensuite le traitement des données (reconstruction et consolidation des maillages), enfin la production géométrale et la qualification des structures.

Soulignons qu'en juillet 2016, le LARA a fait l'acquisition de 2 scanners à main Creaform (le GoScan 20 et le GoScan50), pour un montant de 30 000 €, qui permettront l'acquisition des gravures (Go20) et des supports (Go50), dans le cadre de notre participation à l'OSUNA (*Observatoire des sciences de l'Univers de Nantes*). Enfin notre laboratoire a mis à disposition l'ensemble du matériel nécessaire aux travaux de terrain et de laboratoire (appareils photographiques Nikon (connexion wifi) et Canon ; objectifs 10,5 mm, 20 mm, 18-75 mm ; trépieds et perche télescopique 6 m ; niveau laser ; torches led avec monopode ; échafaudages ; barnum 4 m² pour enregistrement au noir ; drone Parrot ; ordinateurs MAC/PC et

tablette graphique ; logiciels sous licence ; groupe électrogène). L'emprunt d'un scanner FARO-Focus auprès du Consortium 3D SHS (juin 2016) sera peut-être renouvelé en 2017 si le besoin se faisait sentir.

La subvention obtenue des partenaires institutionnels (DRAC Bretagne, Département Morbihan) a couvert les frais engagés pour :

- un contrat d'ingénieur d'étude sur 11 mois (débutant, dans la grille universitaire de rémunération) ;
- les déplacements des partenaires pour mener à bien les missions d'acquisition sur terrain et en musée ;
- des consommables.

2. Expérimentation (tracé gravé et état de surface)

Par définition une gravure est un fantôme archéologique. C'est le résultat final d'une chaîne opératoire complexe qui commence par le choix d'un bloc dans son affleurement, son déroctage, son transport, sa mise en forme, la préparation de sa surface, le travail de gravure lui-même, puis la mise en place du bloc gravé dans une architecture, voire son réemploi pragmatique et opportuniste comme matériau de construction dans une autre architecture. Autant d'étapes qui ne laissent que bien peu de traces archéologiques. Aucun chercheur n'a jusqu'à présent pu identifier un site ou un chantier de gravures néolithiques en Bretagne.

Cette absence de trace archéologique du chantier de gravure (carrière ou atelier), est confirmée aujourd'hui par la certitude que certaines dalles gravées de Gavrinis ne sont pas contemporaines de la réalisation de cette architecture monumentale. A l'instar de la dalle de couverture de la chambre funéraire, qui provient du démantèlement d'une grande stèle en orthogneiss gravée qui se trouvait à l'origine à côté du Grand Menhir brisé de Locmariaquer à 4 km de là, plusieurs indices convergents montrent que d'autres dalles gravées pourraient avoir été récupérées sur un ouvrage de stèles préexistant.

C'est ici qu'intervient une approche indispensable à notre discipline : l'archéologie expérimentale. Son but est de restituer, à partir des connaissances des contextes archéologiques de la région (ici le Morbihan sud, aux 5^{ème} et 4^{ème} millénaires avant l'ère commune), les gestes employés et les outils utilisés par les Néolithiques pour installer dans la pierre des images gravées. La méthode consiste à tester, de manière parallèle et reproductible, des hypothèses de travail qui prennent en compte à la fois l'outil utilisé et le geste employé dans sa réalité technique et physiologique, pour ensuite comparer le résultat expérimental avec la réalité archéologique. En aucun cas, l'archéologie expérimentale n'affirmera de certitude... tout au plus pourra-t-elle éliminer des hypothèses pour en privilégier d'autres, apportant ainsi un éclairage renouvelé sur la technologie des gravures préhistoriques.

Ce partenariat scientifique construit sur une archéologie expérimentale des gravures néolithiques morbihannaises s'appuie sur la campagne de réenregistrement des dalles gravées de Gavrinis (Cassen dir., rapports 2011/2012/2013). Pour la première fois, nous disposons de profils de traits gravés (profondeur des tracés). Pour la première fois, nous pouvons discriminer une stratigraphie, une chronologie du travail de gravure (quel trait précède l'autre) nous permettant de percevoir le développement du travail du ou des graveurs, bloc par bloc. Toutefois, malgré ces avancées primordiales dans l'enregistrement des données et la connaissance du monument, certains paramètres nous échappent encore.

Ainsi, dans la perspective d'une meilleure compréhension des procédés mis en œuvre par les graveurs préhistoriques et dans le cadre du programme d'investigation sur Gavrinis, M. Vourc'h et C. Chaigneau ont entrepris en 2012 une étude technologique fondée sur la pratique expérimentale : le geste ne peut être réellement appréhendé qu'en tentant de le reproduire.

L'expérimentation engagée avait donc pour objectifs :

- de déterminer les outils possibles pour graver des roches dures comme le granite, l'orthogneiss et le quartz (nature du matériau employé, morphologie de l'outil, recours éventuels à des emmanchements) ;
- de lister les différentes techniques et chaînes opératoires possibles pour la gravure et les préparations de surface,
- d'établir des ratios qualitatifs et quantitatifs en fonction de la nature du bloc support et des techniques retenues.

En 2013, cette expérimentation a été poursuivie avec des objectifs légèrement modifiés en fonction de ce que nous avons pu apprendre de la campagne 2012. Ainsi, il est clairement apparu que nous ne pouvions faire l'impasse sur une étude plus approfondie des états de surface. En effet, plus l'expérimentation progressait, plus ce travail de la dalle brute en vue de l'inscription ou non de gravures devenait un point central de l'étude, nous permettant d'entrevoir un début de chaîne opératoire extrêmement présent (extraction et transport exclus) : la quasi-totalité des dalles du monument de Gavrinis ont été préparées plus ou moins minutieusement, voire entièrement façonnées. L'observation des autres dalles gravées enregistrées dans le cadre du PCR permet de généraliser la pratique, qu'il s'agisse de la stèle (La Tremblais), de la tombe à couloir (Kercado) ou de la tombe à vestibule (Corn er Hoët).

Ajoutons que les résultats expérimentaux sont systématiquement comparés à la réalité archéologique (contrôle immédiat sur les gravures du monument quand l'expérimentation se fait sur l'île de Gavrinis).

L'Expérimentation : considérations préalables et résultats

L'expérimentation ayant pour objectif une analyse technologique des gravures préhistoriques, elle nécessite un va-et-vient fréquent entre les tracés néolithiques du monument et les tracés expérimentaux.

L'orientation de l'expérimentation est donc guidée progressivement vers des points d'analyse (des techniques mises en œuvres) à préciser, que les autres moyens d'approche ne sont pas parvenus à expliquer. Ainsi, avant la reproduction « à l'identique » d'une dalle du monument (ici la dalle L6), un travail préliminaire fut nécessaire afin de préciser le champ possible des techniques et des chaînes opératoires utilisées par les graveurs néolithiques.

C'est pourquoi la reproduction (totale ou partielle) de la dalle L 6 de Gavrinis, initialement prévue pour 2012, a dû être reportée (en 2013) pour permettre la mise en place de tests et de référentiels.

En effet, si tout visiteur (ou même tout collègue néolithicien) parvient aisément à reconnaître la percussion comme technique majoritairement utilisée, l'expérimentation vise à déterminer quels types de percussion ont été mis en œuvre (directe, indirecte), avec quels types d'outils, et si d'autres techniques (telles que l'abrasion/polissage notamment, mais aussi l'incision/rainurage) ont été également employées.

Un préalable indispensable : la perception sensible et physiologique du geste

Le geste est, par définition, unique puisque que le fait d'individus aux compétences, expériences et morphologies variées... Par ailleurs, il résulte autant d'un savoir-faire acquis par l'apprentissage (technique, social, symbolique, etc.) que par la capacité de chaque opérateur à sentir, écouter son corps et adapter son geste, son intention à cette réalité sensible. Cette subjectivité du geste rend difficile l'objectivation de la démarche expérimentale qui nécessite pour cela la mise en place d'un protocole le plus strict possible.

Néanmoins, le geste relève aussi d'une certaine forme de logique tant technique que physiologique qui conduit à restreindre, parfois de manière importante, le champ des possibles. Il n'y a pas 36 manières de conduire un geste répétitif par le seul recours à l'énergie métabolique sur une longue durée (nous parlons de scènes gravées qui ont exigé plusieurs dizaines d'heures de travail). Une sorte d'économie du geste s'impose à l'opérateur, seul ou en groupe.

La percussion induit le transfert de vibrations dans la chaîne articulaire (poignet, coude, épaule) qui peuvent être particulièrement traumatisantes, pouvant entraîner l'apparition très rapide de douleurs musculaires et articulaires aiguës, allant jusqu'à des tendinopathies.

Cela implique l'existence probable de stratégies pour limiter le risque de troubles musculo-squelettiques

(T.M.S.) et permettre le déploiement d'un geste efficace et maîtrisé sur la longue durée.

En observant certaines représentations collectives du geste du graveur préhistorique proposées dans des ouvrages de vulgarisation (Néolithique morbihannais ou Egypte des Pharaons dans le cas du façonnage des obélisques en granit d'Assouan), on voit des graveurs tapant tout la journée sur la surface à préparer avec de gros percuteurs tenus dans la main... ce qui est d'un point de vue physiologique strictement impossible.

L'expérimentation nous permet de comprendre qu'un gros percuteur empoigné fermement et lancé avec force sur la surface sera moins efficace et beaucoup plus fatiguant - voire douloureux à terme - que le même percuteur simplement tenu entre deux doigts qui ne font qu'accompagner la chute gravitaire de l'outil sur la surface. Dans un cas le geste est bloqué, transmettant directement les vibrations dans le coude du graveur et impliquant de dépenser de l'énergie pour soulever à nouveau le percuteur avant de le relancer alors que dans l'autre cas, le percuteur rebondit sur la surface nécessitant beaucoup moins d'effort.

De même, l'expérimentation nous a permis d'appréhender un autre aspect du geste: l'efficacité de faire reposer une partie de son bras (coude ou avant-bras) sur un support pour rentabiliser l'énergie déployée par le graveur. Outre le fait que ce pivot influe de manière significative sur la précision de la technique employée, il semble également limiter le risque de troubles musculo-squelettiques.

Nous avons en effet remarqué qu'en cas de percussion lancée, avec le percuteur tenu directement en main, nous sommes plus efficaces si le coude est posé sur une surface (la cuisse ou le bloc lui-même), voire serré contre le torse. De même, en cas d'utilisation d'un outil intermédiaire, le geste gagne en efficacité si le poignet de la main qui tient l'objet est posé sur la surface à graver (précision, force, rapidité, etc.).

Considérons le percuteur, emmanché ou non, d'un point de vue mécanique : la puissance mécanique du percuteur est fonction de la masse de sa tête s'il est emmanché (ou du galet) et de la vitesse de percussion de celle-ci, c'est-à-dire de son énergie cinétique ($E_c = 1/2 mV^2$). Cette vitesse de percussion est donnée par le bras de l'utilisateur et dépend du but mécanique recherché : ici, écraser de la matière. Si le percuteur est simplement lâché ou guidé dans sa chute, sans application de force il s'agit d'énergie potentielle ($E_p = mgh$). On peut considérer le percuteur comme un levier inter force motrice, le point d'appui se trouvant dans le prolongement de l'avant bras au niveau du coude. La charge motrice est donc située au contact de la main sur le manche ou sur le galet, amplifiée par l'os de l'avant bras et dans la plupart des cas par le bras tout entier (notamment lorsque le coude n'est pas posé). Un coup de percuteur provoque ainsi une onde de choc dans la main ou le bras, prolongement du levier moteur.

Il apparaît donc que le seul moyen de limiter la transmission des vibrations dans la chaîne articulaire est une prise en main minimale du percuteur se limitant à un guidage, le repos partiel du bras ou du poignet sur un support ou le recours à des stratégies d'emmanchement.

L'emmanchement permet du reste d'utiliser des percuteurs beaucoup plus petits et ouvre ainsi un champ de recherche/reconnaissance d'outils archéologiques potentiels non identifiés comme percuteurs jusqu'ici (on ne voit que ce que l'on cherche...).

La campagne 2016

Dans le compte-rendu scientifique des séances d'expérimentation de gravure menées par le LARA et le Musée de Carnac en 2013 sur le site de Gavrinis, les axes suivants étaient notamment énoncés concernant la poursuite de l'expérimentation :

- « [...] l'exploitation des données acquises par la mise en place d'une systématisation de l'étude des états de surface, expérimentaux et archéologiques,
- une comparaison plus approfondie des tracés expérimentaux avec les tracés néolithiques. Chaque section de chaque dalle du monument doit être envisagée individuellement [...] ».

Dans le cadre du partenariat mis en place entre le Musée de Préhistoire de Carnac, le LARA (Université de Nantes, C.N.R.S.), le Conseil départemental du Morbihan, la Compagnie des Ports du Morbihan et le Ministère de la culture (DRAC), la campagne 2016 était très orientée vers la médiation scientifique et à donc pris plusieurs formes au cours de l'année.

1/ en moyenne saison : expérimentation et médiation.

Deux opérateurs se sont relayés pour l'expérimentation et la médiation (Cyrille Chaigneau pour le Musée et Marie Vourc'h pour le LARA). [voir photo 1]

Le fil conducteur de la mission 2016 a été le suivi en continu des états de surface des différentes étapes de préparation des surfaces avant gravure, par deux opérateurs différents, afin de constituer une médiathèque des états de surface en 3D par photomodélisation. Ce travail a été conduit sur un bloc de granit à grain fin (type granite de Carnac) et sur un bloc d'orthogneiss.

De plus, nous avons poursuivi l'enquête sur les techniques de gravure de tracés linéaires commencée en 2012-2014, cette fois ci sur l'orthogneiss, et le quartz (reproduction du même motif sur chaque bloc).

L'expérimentation a été réalisée avec un outillage identique à celui utilisé en 2012-2014, à savoir pointerolles et burins en grès éolisé emmanchés dans des andouillers de cerfs, mais neufs afin d'observer précisément l'érosion de chaque outil au fur et à mesure du travail.

Quatre blocs furent nécessaires pour cette expérimentation, à savoir : 1 bloc de granite à grains fins pris sur le territoire de la Trinité-sur-Mer, sur la colline de Mané-Roularde, 2 blocs d'orthogneiss recruté à Arzon, dans l'anse de Pen-Castel et 1 bloc de quartz ramassé sur l'estran de la rivière de Penerf à Damgan.

2/ en haute saison : médiation.

Durant l'été, Marie Vourc'h a assuré seule, pendant 2 journées, la médiation sur le site de Gavrinis autour de l'expérimentation en cours (démonstration de gravure, présentation des outils, de la démarche scientifique, des protocoles d'enregistrement et de constitution de la médiathèque 3D).

La campagne 2016 s'est donc construite autour de trois axes de travail :

- 4 journées de médiation scientifique vers le grand public au Musée de Préhistoire de Carnac (Morbihan) autour de la poursuite de la réalisation expérimentale d'un fac-similé de la dalle L6 du dolmen de Gavrinis ;
- 6 journées de médiation scientifique vers le grand public sur le site du Cairn de Gavrinis à Larmor-Baden (Morbihan), visant à compléter les données déjà acquise lors de précédentes missions d'expérimentation sur la préparation des surfaces et des techniques de gravure linéaire ou en faux-relief (granit à grains fins, orthogneiss et quartz).
- Synthèse et exploitation des données, construction d'un appareil critique (lexique, bibliographie, etc.).

A Carnac, l'opération 2016 comportait plusieurs aspects :

1. poursuivre la réalisation du fac-similé de la dalle L6 qui a vocation à rentrer, à terme, dans les collections annexes du musée et servir de support de médiation scientifique dans la cadre de la future muséographie ou une large place sera consacrée au corpus des signes gravés morbihannais. [voir photo 2 et tableau 2016-004]
2. préciser les ratios quantitatifs temps / surface préparée et temps / longueur de trait gravé. Les résultats collectés cette années ont confirmé les données de la campagne 2012-2014, à savoir qu'il faut en moyenne 1/2h de travail pour préparer une surface de 10 cm² et 1 à 2 minutes de travail en moyenne pour graver 1 cm linéaire, tant sur le granit à grains fins que sur l'orthogneiss. Nous n'avons pas encore assez de recul concernant la gravure punctiforme ou linéaire sur bloc de quartz mais le ratio semble approchant, avec cependant une mise en œuvre plus dépensière en énergie.
3. tester de nouvelles chaînes opératoires pour la réalisation de motifs mettant en œuvre des techniques pressenties mais non encore explorées notamment pour l'obtention de figures en faux-relief (telles que les haches en quinconce située à droite de l'arc) ou encore des polis observés sur le modèle archéologique.
4. tester de nouvelles hypothèses relatives à l'avancée conjointe, concomitante et complémentaire du trait gravé et des méplats intercalaires (questionnements relatifs aux possibles polissages).
5. assurer l'accueil du grand public pendant la mission dans le cadre de la politique de médiation scientifique portée par le service des publiques du Musée de Préhistoire en partenariat avec le LARA (4 journées, nbr). [voir photo 3]

Sur le site du cairn de Gavrinis, là encore nous avons développé plusieurs axes de recherche :

1. établir un référentiel concernant la préparation des surfaces avant gravure sur le granite à grains fins et sur l'orthogneiss (premières expérimentations sur ce matériau)... comparaison des résultats obtenus séparément par deux expérimentateurs en double aveugle, enregistrement systématique de chaque étape de préparation en photogrammétrie 3D en vue de l'exploitation des données collectées par Valentin Grimaud. [voir : tableau 2016-001 et tableau 2016-002]
2. explorer les gestes et outils possibles pour la réalisation de tracés linéaires punctiformes et/ou continus sur dalle de quartz... premières expérimentations sur ce matériau. [voir : tableau 2016-001 et tableau 2016-002]
3. assurer l'accueil du grand public pendant la mission dans le cadre de la politique de médiation scientifique portée par le service des publiques du Musée de Préhistoire de Carnac en partenariat avec le LARA, le Conseil départemental du Morbihan, propriétaire du site et la Compagnie des Ports du Morbihan, gestionnaire du site. (6 journées – environ 900 personnes).



Photo 1 - Marie Vourc'h (LARA) et Cyril Chaigneau (Musée de Carnac) en train de travailler sur le fac-similé de la dalle L6



Photo 2 - Dalle L6 dans son état d'avancement au mois d'octobre 2016, soit environ 1/3 du mètre gravé réalisé



Photo 3 - Médiation scientifique face au grand public dans la cour arrière du musée de préhistoire de Carnac (Journées Européenne du Patrimoine – septembre 2016).

Par ailleurs, nous avons profité de cette campagne 2016 pour compléter et enrichir un lexique franco-anglais (entamé en 2013) de l'ensemble des termes et concepts recouvrant la problématique de recherche. Notre objectif est de clarifier la terminologie trop souvent imprécise et parfois impropre rencontrée dans la littérature archéologique contemporaine. Nous souhaitons pouvoir, à terme, proposer à nos collègues un vocabulaire de référence. [voir document « campagne 2016 – lexique »]

De plus, nous avons poursuivi une compilation des différents travaux scientifiques relatifs aux aspects technologiques de l'art rupestre gravé (piqueté ou incisé) dans le monde, afin d'établir une bibliographie de référence et une première synthèse critique.

L'ensemble des résultats collectés cette année ont été enregistrés, dans la continuité des missions précédentes, dans des tableaux synthétiques. Un des points essentiels et nouveau de cette campagne 2016 ayant été l'enregistrement 3 D des états de surface, étape par étape, nous ne pourrons proposer une synthèse d'ensemble de nos résultats qu'après le traitement des données (en cours). Toutes les photos et vidéos enregistrées au cours de cette campagne sont classées et répertoriées dans ces mêmes tableaux et sont disponibles sur demande au LARA (Université de Nantes).

Notre démarche et les résultats obtenus seront publiés et présentés à terme dans plusieurs articles et dans la monographie envisagée du Cairn de Gavrinis.



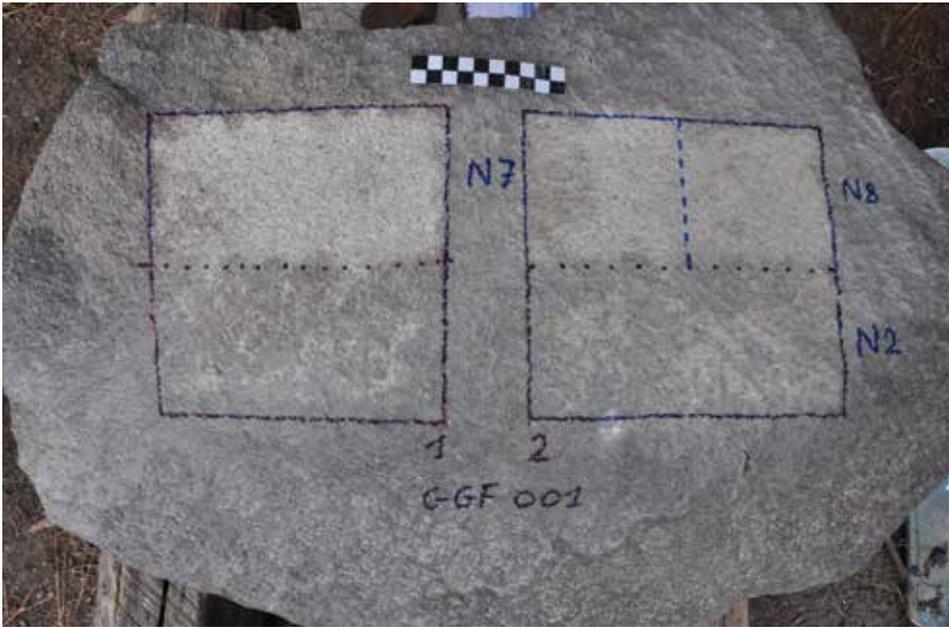


TABLEAU 2016 001 – Gavrinis – Granit à grains fins (1/2)

21 avril 2016 ; 18 mai 2016 ; 15 juin 2016. Préparation de surface, étude des niveaux de préparation (sur site de Gavrinis)

| Graveur | Etapes | Objectif visuel | Surface | Outil | Temps | Technique | Geste (précisions techniques) |
|---------|----------------------------|---|---|-----------------------------|----------|-----------------------------|--|
| 2 | N1 (niveau 1) | assainissement/ aplanissement: élimination des parties saillantes du supprt | GGF001-2 (Granite à grains fins) | 2016P002 | 00:03:52 | percussion directe forte | Morphologie de l'outil peu adaptée à ma main : prise en main difficile. Nécessité de tenir l'outil plus que de le guider, légère crispation de la main sur l'outil. |
| 1 | N1 (niveau 1) | idem | GGF001-1 | 2016P001 - (ancien P015) | 00:03:52 | | |
| 2 | N2 | assainissement/ aplanissement: élimination des parties saillantes du supprt | GGF001-2 | 2016P002 | 00:04:17 | percussion directe forte | idem |
| 1 | N2 | idem | GGF001-1 | 2016P001 - (ancien P015) | 00:04:16 | | |
| 2 | N3 | assainissement/ aplanissement | GGF001 - 2 : moitié supérieure | 2016P002 | 00:05:09 | percussion directe forte | |
| 1 | N3 | | GGF001-1 : moitié supérieure | 2016P001 - (ancien P015) | 00:10:09 | | angle d'attaque plus vertical (que graveur 2) |
| 2 | N4 | assainissement/ aplanissement plus général : attaque des parties inférieures ("basses")du support | GGF001 - 2 : moitié supérieure | 2016P002 | 00:09:20 | percussion directe forte | |
| 1 | N4 | | GGF001-1 : moitié supérieure | 2016P001 - (ancien P015) | 00:11:01 | | utilisation des pointes de l'outil. |
| 2 | N5 | assainissement/ aplanissement | GGF001 - 2 : moitié supérieure | 2016P002 | 00:08:51 | percussion directe forte | |
| 1 | N5 | | GGF001-1 : moitié supérieure | 2016P001 - (ancien P015) | 00:08:41 | | |
| 2 | TOTAL fin journée 21/04 | Niveaux 1 et 2 pourraient être regroupés en un seul : niveau 1 peu pertinent. | | | 0:31:29 | | |
| 2 | N6 | aplanissement, régularisation | GGF001-2: partie supérieure-carré 2 | 2016P002 | 00:04:38 | percussion directe forte | changement de mains (20") à 2'20; graveur situé "devant" le carré; percussion en rangées plutôt horizontales. |
| 1 | N6 | aplanissement, régularisation | GGF001-1 : moitié supérieure/carré 1 | 2016P001 - (ancien P015) | 00:11:00 | |angles de frappe |
| 2 | N7 | aplanissement, régularisation | GGF001-2: partie supérieure-carré 2 | 2016P002 | 00:06:00 | | stabilisation |
| 1 | N7 | aplanissement/ finalisation | GGF001-1 : moitié supérieure/carré 1 | 2016PE006 (ancien Pe2) | 00:10:00 | | |
| 2 | N8 | finalisation | GGF001-2: partie supérieure-carré 2 partie gauche | 2016P002 | 00:03:16 | polissage | polissage sur la moitié gauche du carré 2; Geste très fatiguant; changement fréquent de mains |
| 2 | TOTAL fin journée 18/05 | total préparation de la dalle | | | 00:42:07 | | |
| 1 | TOTAL fin journée 21/04 | total préparation de la dalle | | | 0:58:59 | | |

TABLEAU 2016 001 – Gavrinis – Granit à grains fins (2/2)

21 avril 2016 ; 18 mai 2016 ; 15 juin 2016. Préparation de surface, étude des niveaux de préparation (sur site de Gavrinis)

| Graveur | Etat de surface de la dalle | Morphologie globale des tracés/aspect de la dalle | Comportement de l'outil | Commentaires | Réf. Photo | Réf. Modèle 3D |
|---------|-----------------------------|---|--|---------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 2 | | impacts de percussion diffus sur toute la surface piquetée. | outil présente une pointe et s'avère très efficace malgré sa morphologie peu adaptée | | GGF001- N1 | GGF001- Prep N1 |
| 1 | | | outil se casse très rapidement : gros éclat | | film Serge | |
| 2 | | impacts plus rapprochés | | | GGF001- N2 | GGF001- Prep N2 |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | GGF001-N3 | GGF001- Prep N3 |
| 1 | | écrasement de la surface | | | | |
| 2 | | | | | GGF001-N4 | GGF001-PrepN4 |
| 1 | | plus gros éclats | | | | |
| 2 | | gros éclats à nouveau | outil se détériore peu | | GGF001-N5 | GGF001-PrepN5 |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 2 | surface semble stabilisée | Poussière fine | | Photos dans dossier 18 mai 2016 | 18 mai 2016/GGF001-N6-carré 2 | Prep GGF001-N6-carré 2 |
| 1 | | | | | GGF001-N6 | GGF001-PrepN6-carré 1 |
| 2 | | Les zones sombres (granite altéré-mica noir?) s'effritent beaucoup plus, se décrochent facilement | | | 18 mai 2016/GGF001-N7-carré 2 | Prep GGF001-N7-carré2 |
| 1 | | | | | GGF001-N7 | GGF001-PrepN7-carré 1 |
| 2 | | effet lissé adouci | | | 18 mai 2016/GGF001-N8-carré 2 | Prep GGF001-N8-carré2 |
| 2 | | | | | 18 mai 2016/GGF001-N2, N7, N8 | |
| 1 | | | | | | |

TABLEAU 2016 002 – Gavrinis – Orthogneiss (1/5)

21 avril 2016 ; 18 mai 2016 ; 15 juin 2016. Préparation de surface, étude des niveaux de préparation (sur site de Gavrinis)

| Graveur | Etapes | Objectif visuel | Surface | Outil | Temps | Technique | Geste (précisions techniques) |
|-------------------|---------------|---|--------------------------|-----------|----------|--------------------------|--|
| 2 | N1 (niveau 1) | assainissement / aplanissement : élimination des parties saillantes du support | O001-2 (orthogonais) | 2016P002 | 00:03:10 | percussion directe forte | |
| 2 | N2 | idem | O001-2 | 2016P002 | 00:03:25 | | |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | N3 | Applanissement/régularisation | O001-2-Partie supérieure | 2016P002 | 00:05:04 | | |
| 2 | N4 | idem | O001-2-partie sup. | 2016P002 | 00:07:19 | | |
| fin journée 21/04 | | | | | | | |
| 2 | N5 | Applanissement/régularisation | O001-2-partie sup. | 2016P002 | 00:05:58 | percussion directe forte | |
| 2 | N6 | régularisation | O001-2-partie sup. | 2016P002 | 00:08:04 | percussion directe forte | la nature du support donne envie de polir la surface |
| fin journée 18/05 | | | | | | | |
| 2 | N7 | régularisation/polissage | O001-carré 2-partie sup. | 2016 P002 | 00:03:00 | polissage | beaucoup de poussière; le sens du polissage semble visible (sens de rayures); geste alterné, mais longitudinal à la fin. |
| 2 | N8 | régularisation/polissage | O001-carré 2-partie sup. | 2016 P002 | 00:03:00 | polissage | idem, mais polissage final dans le sens de la "largeur" ou hauteur |
| 2 | Total | | | | 00:39:00 | | |

TABLEAU 2016 002 – Gavrinis – Orthogneiss (2/5)

21 avril 2016 ; 18 mai 2016 ; 15 juin 2016. Préparation de surface, étude des niveaux de préparation (sur site de Gavrinis)

| Graveur | Etat de surface de la dalle | Morphologie globale des tracés/aspect de la dalle | Comportement de l'outil | Commentaires | Réf. Photo | Réf. Modèle 3D |
|-------------------|-----------------------------|--|-------------------------|----------------------------------|--|------------------------------------|
| 2 | Orthogneiss déjà détérioré | surface très détériorée, très très gros éclats (presque centrimétriques) partent très rapidement | | | | O001-PrepN1-carré 2 |
| 2 | | toujours très gros éclats | | | | O001-PrepN2-carré2 |
| 1 | | | | cassure de l'outil 2016 P001 | 18 mai 2016/2016P001-cassure N2 | |
| 2 | | beaucoup de poussière de roche. | | | | O001-PrepN3-carré2 |
| 2 | | | | | 18 mai 2016/O001-N4-carré2 | O001-PrepN4-carré2 |
| fin journée 21/04 | | | | | | |
| 2 | | beaucoup de poussière; les "lignes" noires de mica noir (?)/biotite s'effritent à l'ongle | | Photos dans dossier 18 mai 2016 | 18 mai 2016/O001-N5-carré2 | 18 mai 2016/Prep O001--N5-carré2 |
| 2 | | surface plus ou moins stabilisée mais toujours beaucoup de poussière | outil bien stabilisé | | 18 mai 2016/O001-N6-carré2 et 15 juin 21016/ O001-N6 | 18 mai 2016/Prep O001--N6-carré2 |
| fin journée 18/05 | | | | | | |
| 2 | | | | Photos dans dossier 15 juin 2016 | 15 juin 2016-O001-N7-carré 2 | 15 juin 2016/ Prep O001-N7-carré 2 |
| 2 | | effet doux au toucher | | | 15 juin 2016/O001-N8-carré 2 | 15 juin 2016/Prep O001-N8-carré 2 |
| 2 | | | | | | |

TABLEAU 2016 002 – Gavrinis – Orthogneiss (3/5)

21 avril 2016 ; 18 mai 2016 ; 15 juin 2016. Préparation de surface, étude des niveaux de préparation (sur site de Gavrinis)

| Graveur | Etapas | Objectif visuel | Surface | Outil | Temps | Technique | Geste (précisions techniques) |
|---------|--------|---|---------|-----------------------|--------------------------------------|---|--|
| 1 | N0 | Etat initial | O001 | 2016P005 | | | |
| 1 | N1 | Assainissement | O001 | 2016P005 | 42 sec | percussion directe lancée forte accompagnant la chute gravitaire ; percuteur tenu entre deux doigts | |
| 1 | N1 | Assainissement | O001 | 2016P005 | 26 sec | | |
| 1 | N2 | Assainissement | O001 | 2016P005 | remise à zéro chrono 2 min 14 sec | idem | Un simple frottement au doigt permet d'enlever de gros grains |
| 1 | | | O001 | 2016P005 | 4 min 53 sec | | |
| 1 | | aplanissement et régularisation de la surface | O001 | 2016P005 | 6 min 06 sec | | |
| 1 | | | O001 | 2016P005 | 10 min | | |
| 1 | | | O001 | 2016P005 | 10 min | petite percussion obtenu par un petit mouvement du poignet avant bras posé sur le bloc | |
| 1 | | | O001 | Mailloche 2016 PE 006 | 5 min | | Aucun intérêt... C'est même contreproductif puisque enlève de gros grains de pheldspath... et la surface redevient irrégulière. |
| 1 | | | O001 | 2016P005 | 2 min 44 sec | percussion lancée forte | A nouveau gros éclat sautent de part et d'autre d'une fissure naturelle de la roche... on commence à savoir utiliser le feuilletage naturel de l'orthogneiss |
| 1 | | Effacement d'une zone de part et d'autre d'une fissure et d'une feuille | O001 | 2016P005 | 2 m 52 sec | | |
| 1 | | Régularisation | O001 | 2016P005 | 3 min 45 | | |
| 1 | | Finition | O001 | 2016P015 | 6 min 35 | Petites percussions visant à égaliser la surface | |
| | total | | | | 55 min 17 sec. | | |

TABLEAU 2016 002 – Gavrinis – Orthogneiss (4/5)

21 avril 2016 ; 18 mai 2016 ; 15 juin 2016. Préparation de surface, étude des niveaux de préparation (sur site de Gavrinis)

| Graveur | Etat de surface de la dalle | Morphologie globale des tracés/aspect de la dalle | Comportement de l'outil | Commentaires | Réf. Photo | Réf. Modèle 3D |
|---------|--|---|---|--|------------|----------------|
| 1 | Orthogneiss très détérioré (début d'arénisation) | surface très hétérogène et très heurtée (au moins 2 cm de faux niveau) | | | | |
| 1 | | 1 centaines d'impacts - gros éclats centimétriques sur une surface très attaquée par l'érosion physico-chimique. | | | | |
| 1 | | | un gros éclat se détache de la pointe du perceur... | | | |
| 1 | | roche pourrie mais l'objectif est d'aller chercher la roche saine. | | | | |
| 1 | | On commence à descendre profondément dans la matière... le carré à droite est plus résistant. | | Il suffit de dégager une saillie par une suite de gros éclat et la faire sauter ensuite... la frappe devient très intuitive... | | |
| 1 | | idem précédent mais tension de surface + sensible d'autant que l'on creuse et que les bords concaves du carré de test constituent des formes résistantes (formes tendues) | | On arrive presque au niveau 4... C'est la prochaine passe avant finition. | | |
| 1 | | idem... travail alterne enlèvement de gros éclats et écrasement des aspérités dégagées. | le perceur présente maintenant une panne de 3 x 1 cm, mais avec des angles très efficace qui invite à travailler en oblique | | | |
| 1 | | certaine zone en partie médianes de la azone testée restent très fragiles | | | | |
| 1 | | | | | | |
| 1 | | | | | | |
| 1 | | orthogneiss particulièrement dure à cet endroit | le perceur explose (enlèvement de l'ordre de 150 g de perte de matière sur la pointe) il faudra de longues minutes de travail pour le stabiliser à nouveau. | | | |
| 1 | | | le perceur continue de se détériorer... Il cherche à retrouver un état d'équilibre... | | | |
| 1 | | | | Le résultat est similaire à celui d'un granit à grains fin... c'est bluffant. | | |
| | | | | | | |

TABLEAU 2016 002 – Gavrinis – Orthogneiss (5/5)

21 avril 2016 ; 18 mai 2016 ; 15 juin 2016. Préparation de surface, étude des niveaux de préparation (sur site de Gavrinis)

| Graveur | Etapas | Objectif visuel | Surface | Outil | Temps | Technique | Geste (précisions techniques) |
|---------|--|---------------------------|-------------------------|-----------|----------|--------------------|---|
| 2 | | | O001 carré 2 partie sup | | | | |
| 2 | N0 (15x15cm) | | O001 carré 3 | 2016 P002 | | | |
| 2 | N1 | aplanissement | O001 carré 3 | 2016 P002 | 00:05:33 | percussion directe | |
| 2 | N2 | aplanissement | O001 carré 3 | 2016 P002 | 00:06:30 | percussion directe | Nécessité de s'arrêter quand trop de poussière (après 3/4min) pour souffler |
| 2 | N3 | aplanissement | O001 carré 3 | 2016 P002 | 00:06:49 | percussion directe | Obligée de souffler pour voir le travail (à 2'30) |
| 2 | N4 | régularisation de surface | O001 carré 3 | 2016 P002 | 00:06:12 | polissage | très fatiguant, à deux mains (pause à 4'02) |
| 2 | total régularisation orthogneiss 15x15cm | | | | 00:25:04 | | |

| Graveur | Etat de surface de la dalle | Morphologie globale des tracés/aspect de la dalle | Comportement de l'outil | Commentaires | Réf. Photo | Réf. Modèle 3D |
|---------|-------------------------------------|---|-------------------------|--------------|--------------------|----------------|
| 2 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 2 | | beaucoup de poussière | ne bouge pas | | | |
| 2 | | beaucoup de poussière | ne bouge pas | | poussière+nettoyée | |
| 2 | sonne creux dans le bas de la dalle | beaucoup de poussière, beaucoup de mica noir qui part au doigt en frottant, s'effeuille à l'ongle | ne bouge pas | | | |
| 2 | | | ne bouge pas | | | |
| 2 | | | | | | |

TABLEAU 2016 003 – Gavrinis – Quartz (1/2)

15 juin 2016. Gravure linéaire sur bloc de quartz (sur site de Gavrinis)

| Graveur | Etapes | Objectif visuel | Surface | Outil | Temps | Technique | Geste (précisions techniques) |
|---------|----------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--------------|--|---|
| | N0 | | Q001 | | | | |
| 2 | G2-N1 | Parvenir à tracer une ligne gravée | Q001-G2 (gravure 2=ligne 2) | 2016 PE004+ percuteur bois de buis | 00:04:56 | percussion indirecte | La dureté du quartz (support) implique une percussion très forte |
| | Total G2 | | | | 00:04:56 | 15,5 cm | |
| 2 | G3-N1 | Tracer une ligne gravée | Q001-G3 | P7 | 00:05:28 | percussion indirecte | P7 utilisé en percussion indirecte. Obligation de frapper très fort. |
| 2 | G3-N2 | Approfondir G3 | Q001-G3 | P7 | 00:05:12 | percussion indirecte | toujours frappe forte. |
| 2 | Total G3 | | | | 00:10:40 | 11, 5 cm | rapport : environ 1 cm par min. (à pondérer en fonction de la profondeur du tracé archéologique) |
| 1 | G1 - N3 | Graver une ligne | Q001-G1 | 2016 PE 001 | 1 min 06 sec | percussion indirecte légèrement soulevée... percuteur en buis. | |
| 1 | G1 - N3 | | Q001-G1 | 2016 PE 001 | 3 min 23 sec | 3 passes en percussion indirecte légèrement soulevée... percuteur en buis. | |
| 1 | G1 - N3 | | Q001-G1 | 2016 PE 001 | 53 sec | | |
| 1 | G1 - N3 | | Q001-G1 | 2016 PE 001 | 1 min 36 | | |
| 1 | G1 - N3 | | Q001-G1 | P7 - pointe isocèle | 1 min 10 | idem en plusieurs passes + gros maillet | L'utilisation de P 7 + gros maillet permet de développer plus de puissance mais est extrêmement fatigant... Pas de supports pour poser les coudes... Oblige à des arrêts réguliers. |
| 1 | G1 - N3 | | Q001-G1 | P8 + pointu que P7 | 27 sec | | |
| 1 | G1 - N3 | | Q001-G1 | P9 = dreikanter type | 1 min 08 | | |
| 1 | G1 - N3 | | Q001-G1 | P9 | 1 min 15 | finition par frottement de la pointe dans le sillon. | |
| | Total G1 | | | | 10 min 54 | longueur 23 cm | |

TABLEAU 2016 003 – Gavrinis – Quartz (2/2)
 15 juin 2016. Gravure linéaire sur bloc de quartz (sur site de Gavrinis)

| Graveur | Etat de surface de la dalle | Morphologie globale des tracés/aspect de la dalle | Comportement de l'outil | Commentaires | Réf. Photo | Réf. Modèle 3D |
|---------|---|--|--|--|----------------------------------|--------------------------|
| | | | | Photos dans dossier 15 juin 2016 | 15 juin 2016/Q001-N0 | Prep Q001-N0 |
| 2 | | 15,5 cm "gravé"; 7 cm en 3 min. Quelques éclats de quartz visibles dans le fond d'une fissure. | outil très attaqué dès les premiers impacts | | 15 juin 2016/Q001-G2-N1 | Prep Q001-G2-N1 |
| 2 | Négatifs d'impacts très peu profonds, mais ligne gravée apparente assez large | 10,5 cm de long; provoque quelques "étincelles"; | l'outil ne s'écaille pas trop malgré des frappes de force accrues. | | 15 juin 2016/Q001-G3-N1 | Prep Q001-G3-N1 |
| 2 | la ligne se creuse un peu | 11, 5 cm (1cm de plus que N1); | l'outil semble assez stable | photos de la surface sèche, mouillée et nettoyée sèche et photos P7 après G1 et G3 | 15 juin 2016/Q001 G1-N3 et G3-N2 | Prep Q001-G1-N3 et G3-N1 |
| 2 | | | | | | |
| 1 | tracé punctiforme et micro grains pilés apparaissent en surface. | | éclats millimétriques se détachent de la pointe du perceur qui est très sollicité. | | | |
| 1 | on arrive à plusieurs frappe au même endroit | fine poussière s'accumule sur le tracé... alimentée par la détérioration de la pointe du perceur | Structure du perceur affectée par l'enlèvement de nombreux éclats centimétriques | | | |
| 1 | nombreuses frappes s'accumulent aux même endroits | | Le perceur explose littéralement après quelques signes (son) avant coureur de faiblesse grandissante | | | |
| 1 | | | Le perceur devient inutilisable. | | | |
| 1 | dès les premières frappes des éclats sautent à la surface du tracé qui s'affirme par une succession de points très visibles | | Très vite la pointe du perceur est à son tout ébranlée dans sa structure et commence à se casser la rendant très vite inutilisable | | | |
| 1 | | | Le perceur explose !!!!! | | | |
| 1 | | Tracé de 1 cm de large pour 1 à 2 mm de profondeur | L'utilisation de P9 montre qu'on gagne à utiliser un perceur à la forme obtue.... Bp + résistant | Après un premier écouage très éprouvant sur une surface lustrée est très indurée on rentre dans une matériau à grain très fin est presque pulvérulent. Par rapport au granit nécessite une puissance de frappe augmentée avec des perceurs plus massifs et des maillets plus lourds. | | |
| 1 | | | | | | |

TABLEAU 2016 004 – Dalle L6e : reproduction de L6 (1/10)

20 et 21 avril 2016. Reproduction expérimentale d'un bloc (sur site de Carnac)

Reprise de la gravure inachevée (fin 2013) sur la dalle d'expérimentation L6e. La dalle a été entreposée dans l'arrière cour du Musée de Carnac, à plat, sans protection. L'état général sanitaire de la dalle nous a paru plus détériorée que lorsque nous l'avons laissée (en 2013), notamment aux endroits présentant des dépressions dues à la structure de la dalle (fissures apparentes, déjà présentes au départ). Une couleur brune/noire est visible dans ces dépressions, et lors de la reprise de la gravure, le granite nous a semblé plus arénisé qu'en 2013. Globalement, de nombreux éclats ont perturbé les tracés de gravure.

| Graveur | Etapes | Objectif visuel | Surface/tracés | Outil | Temps | Technique | Geste (précisions techniques) | Etat de surface de la dalle |
|---------|------------|---|--------------------------------|------------|----------|-----------------------------|---|-----------------------------|
| 2 | 20/04/2016 | retraçage des tracés fondateurs déjà piquetés | 1.1 / 1.2 /1.3.1 et 1.3.2 | 2016 PE004 | 00:04:10 | Percussion indirecte légère | geste rapide, angle environ 30°, de l'extérieur vers l'intérieur (en se rapprochant du graveur) :vers moi ou vers la gauche (de droite à gauche) | assez friable |
| 2 | | retraçage et gravure des chevrons | 2.2.1 et 2.2.2 et 2.2.3 /2.2.4 | 2016 PE004 | 00:06:10 | percussion indirecte | | |
| 2 | | gravure | 2.2.5 | 2016 PE004 | 00:02:33 | | | |
| 2 | | gravure | 2.2.6 | 2016 PE003 | 00:04:42 | percussion indirecte | | |
| 2 | | | 2.2.7 | 2016 PE003 | 00:04:00 | | | |
| 2 | | | 2.2.8 | | 00:03:54 | | | |
| 2 | | | 2.2.9/ 2.2.10 | | 00:05:03 | | gravure pas tout à fait finie. Pour 2.2.9, geste de haut en bas (droite à gauche), graveur placé au pied de la dalle. Pour 2.2.10 : de haut en bas (gauche à droite), graveur placé sur la dalle. | |
| 2 | | reprise des chevrons 2.2.1 à 2.2.10 | 2.2.1/2.2.2 | | 00:03:08 | | sous la poupée inférieure de l'arc, superpose et dépasse 1.1 | |
| 2 | | | 2.2.3/2.2.4 | | 00:00:45 | | superpose 1.1; ne touche pas la corde | |
| 2 | | | 2.2.5/2.2.6 | | 00:00:30 | | idem, touche la corde | |
| 2 | | | 2.2.7/2.2.8 | | 00:01:00 | | idem, dépasse un peu 1.1. | |
| 2 | | | 2.2.9/2.2.10 | | 00:04:15 | | superpose 1.1. | |
| 2 | | gravure des chevrons | 2.2.11/2.2.12 | | 00:05:57 | | 1'45 pour 2.2.11, de haut en bas. 2.2.12 de bas en haut, graveur placé au pied de la dalle dans les 2 cas. : de droite à gauche | |
| 2 | | | 2.2.13/2.2.14 | | 00:07:30 | | sens de gravure identique | |
| 2 | | | 2.2.15/2.2.16 | | 00:07:24 | | | |
| 2 | | | 2.2.17/2.2.18 | | 00:08:54 | | | |
| 2 | | | 2.2.19/2.2.20 | | 00:05:43 | | gravure de 2.2.19 puis de 2.2.20 sans repasser sur 2.2.19 : pas d'écaille à la pointe du chevron. | |
| 2 | | gravure | 2.2.21/2.2.22 | | 00:06:44 | | | |
| 2 | | | 2.2.23/2.2.24 | | 00:05:41 | | | |
| 2 | | | 2.2.25/2.2.26 | | 00:07:37 | | | |

TABLEAU 2016 004 – Dalle L6e : reproduction de L6 (2/10)
 20 et 21 avril 2016. Reproduction expérimentale d'un bloc (sur site de Carnac)

| Graveur | Morphologie globale des tracés/aspect de la dalle | Comportement de l'outil | Commentaires | Réf. Photo | Réf. Modèle 3D |
|---------|--|---|---|-----------------------------|------------------------------------|
| 2 | marquage visuel des tracés fondateurs par obtention d'un nouveau contraste. | efficace. Percuteur en bois de buis (gros). | Les tracés gravés 2 ans auparavant (2013) étant peu visibles, il nous a paru nécessaire de les repiquetés légèrement afin d'obtenir un contraste plus marqué. | pointe : DSC 648 à DSC 656 | Pointes/PE004 N0 face 1 et 2 |
| 2 | grosse écaille entre 2.2.4 et 2.2.5 | | | | Chevrons/Dalle L6e chevrons 1 |
| 2 | nouvelle écaille | | | | |
| 2 | encore des écailles | | | pointes : DSC 644 à DSC 647 | Pointes/ PE003 N0 face 1 et face 2 |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | reprise du tracé des chevrons avec l'aide des la carte des tracés Géomagig et photo et Meshlab (rapport Gavrinis 2012 p. 263). | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | écaille sur 2.2.10 | | | | |
| 2 | | | les chevrons sont gravés 2 à 2; la forme finale de chaque chevron semble dépendre de la voie prise par l'outil en fonction de l'état de surface. | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | chevrons/DalleL6e-chevrons 1 |
| 2 | 2.2.21 dans une dépression | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | beaucoup de crevés | | | | |

TABLEAU 2016 004 – Dalle L6e : reproduction de L6 (3/10)
 20 et 21 avril 2016. Reproduction expérimentale d'un bloc (sur site de Carnac)

| Graveur | Etapes | Objectif visuel | Surface/tracés | Outil | Temps | Technique | Geste (précisions techniques) | Etat de surface de la dalle |
|---------|----------------|-----------------------------------|----------------|------------|----------|-----------|---|-----------------------------|
| 2 | | | 2.2.27/2.2.28 | | 00:10:37 | | | |
| 2 | | | 2.2.29/2.2.30 | | 00:10:52 | | | |
| 2 | | | 2.2.31/2.2.32 | | 00:08:43 | | | |
| 2 | | | 2.2.33/2.2.34 | | 00:09:12 | | | |
| 2 | 21/04/2016 | | 2.2.35/2.2.36 | | 00:09:30 | | | |
| 2 | | | 2.2.37/2.2.38 | | 00:10:23 | | | |
| 2 | | | 2.2.39/2.2.40 | 2016 Pe005 | 00:08:32 | | | |
| 2 | | | 2.2.41 | | 00:03:05 | | 16 passages de l'outil sur le tracé en percussion indirecte. | |
| 2 | | | 2.2.42 | | 00:09:25 | | | |
| 2 | | | 2.2.43 | | 00:02:48 | | | |
| 2 | | | 2.2.44 | | 00:00:45 | | | |
| 2 | | | 2.2.43/2.2.44 | 2016 PE003 | 00:04:05 | | | |
| | | Flèche | 2.3 | | | | | |
| 2 | | gravure de la flèche | 2.3.1 | 2016 PE003 | 00:12:04 | | jusqu'à la hauteur de 2.2.17/2.2.18 | |
| 2 | | | | | 00:10:57 | | jusqu'à la hauteur de 2.2.25/2.2.26 | |
| 2 | | | | | 00:01:55 | | | |
| 2 | | gravure de la flèche (moitié sup) | 2.3.1 | | 00:09:30 | | | |
| 2 | | | | | 00:07:50 | | tracé fin mais peu profond | |
| 2 | | gravure flèche (tranchant) | | | 00:07:14 | | questionnement quant à l'orientation des impacts du tranchant de la flèche sur la gravure originale | |
| 2 | Total chevrons | | | | 3:03:37 | | | |
| | total flèche | | | | 0:49:30 | | | |
| | total | | | | 3:53:07 | | | |

TABLEAU 2016 004 – Dalle L6e : reproduction de L6 (4/10)
 20 et 21 avril 2016. Reproduction expérimentale d'un bloc (sur site de Carnac)

| Graveur | Morphologie globale des tracés/aspect de la dalle | Comportement de l'outil | Commentaires | Réf. Photo | Réf. Modèle 3D |
|---------|---|--|--------------|--|----------------------------------|
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | outil intermédiaire un peu trop large, pointe moins prononcée, donc changement d'outil | | | |
| 2 | | outil performant utilisé à environ 30° | | | pointes/PE005 face 1 et 2 |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | outil casse net à la limite de l'emmanchement | | | chevrons/Dalle L6e/cassure PE005 |
| 2 | | | | | Chevrons/Dalle L6e-chevrons 2 |
| | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | arc/Dalle L6- arc1 |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | Arc/DalleL6e/DSC 075 à DSC 086 et dalle 21.04.16 fin journée | Arc/ Dalle L6-arc 2 |
| 2 | | | | | Dalle L6e/Dalle L6e- 21.04.16 |
| | | | | | |
| | | | | | |

TABLEAU 2016 004 – Dalle L6e : reproduction de L6 (5/10)

20 et 21 avril 2016. Reproduction expérimentale d'un bloc (sur site de Carnac)

| Graveur | Etapas | Objectif visuel | Surface/tracés | Outil | Temps | Technique | Geste (précisions techniques) | Etat de surface de la dalle |
|---------|----------------|--|--------------------------------|----------------------------------|----------|-------------------------------------|---|---|
| 2 | 22/08/2016 | Reprise du tracé 1.2 pour visualiser | 1.2 | 2016 PE001+ percuteur bois | 00:03:00 | Percussion indirecte | retraçage rapide des tracés préexistants | |
| 2 | 22/08/2016 | Gravure de la flèche (49,5/50cm) | 2.3 (13 cm) | 2016 PE003+ percuteur bois | 00:08:12 | Percussion indirecte | départ à la base de la flèche | surface très détériorée, de nombreux éclats à la base de la flèche |
| 2 | 22/08/2016 | Gravure de la flèche (49,5/50cm) | 2.3 (37 cm env.) | 2016 PE001+ percuteur bois | 00:10:23 | Percussion indirecte | jusqu'au tranchant; utilisation des pointes de l'outil | percussion très efficace, pas trop de crevés. |
| 2 | 22/08/2016 | Gravure de la flèche (49,5/50cm) | 2.3 (tranchant) | 2016 PE001+ percuteur bois | 00:04:33 | Percussion indirecte | tranchant (plus profond que le trait) | outil efficace, même dans les angles du tranchant |
| | Total flèche 2 | | 2.3 (largeur à revoir) | 2016 PE001+ percuteur bois | 00:23:08 | Percussion indirecte | | |
| 1 | 22/08/2016 | tracé préliminaire de la hache (2.5) | 2.5 (début) | 2016 PE001+ percuteur bois | 00:02:16 | Percussion indirecte | | |
| 1 | 22/08/2016 | gravure de la hache 2.4 | 2.4 | 2016 PE001+ percuteur bois | 00:14:57 | Percussion indirecte | | surface assez détériorée |
| 1 | 23/08/2016 | gravure 3.7 | 3.7.2 | 2016 PE001+ percuteur bois | 00:02:54 | Percussion indirecte | | |
| 2 | 23/08/2016 | aplanissement /régularisation surface haches | 2.4/2.5 | 2016 PE006 | 00:06:57 | Percussion directe | rebond à main levée | surface très détériorée, bosse part rapidement |
| 2 | 23/08/2016 | aplanissement /régularisation surface haches | 2.4/2.5 | 2016 PE002 | 00:01:23 | abrasion/ polissage à sec | à deux mains | |
| 2 | 23/08/2016 | aplanissement /régularisation surface haches | 2.4/2.5 | 2016 G01 (grès) | | abrasion/ polissage à sec | à deux mains | test à sec |
| 2 | 23/08/2016 | aplanissement /régularisation surface haches | 2.4/2.5 | 2016 G01 (grès) | 00:01:55 | abrasion/ polissage à sec | à deux mains | avec adjonction d'eau |
| 2 | 23/08/2016 | gravure haches 2.4/2.5 | 2.4 | 2016 PE001+ percuteur bois et P3 | 00:26:36 | Percussion indirecte | détourage de la hache 2.4 puis élargissement de l'extérieur vers l'intérieur selon l'orientation des négatifs d'impacts visibles sur photo 2013-09-18, 216 | très errodée surtout à la pointe qui s'écaille sans arrêt |
| 2 | 23/08/2016 | gravure haches 2.4/2.5 | 2.4 | 2016 PE006 + G01 | 00:05:50 | Percussion directe+ polissage à sec | aplanir le bord de la dalle pour faire ressortir la hache en pseudo ronde-bosse | très détériorée |
| 2 | 23/08/2016 | gravure haches 2.4/2.5 | 2.4 | 2016 P3 | 00:24:30 | Percussion indirecte | repise gravure bord extérieur | plus stable mais encore des crevés, surtout à la pointe et entre les deux haches |
| 1 | 23/08/2016 | | 3.7.4 | 2016 PE001+ percuteur bois | 00:09:06 | Percussion indirecte | | |
| 2 | 23/08/2016 | gravure haches 2.4/2.5 | 2.4 | G01+ eau | 00:02:23 | Polissage +eau | contours, en particulier extérieur | |
| 2 | 23/08/2016 | gravure haches 2.4/2.5 | lame de 2.4 et contours de 2.5 | 2016 P3 | 00:19:10 | Percussion indirecte | frappe délicate car beaucoup de crevés. Pour éviter les écailles, frappe de l'extérieur du tracé à l'intérieur (vers le bord qui doit être rectiligne, dans le sens de la largeur | détériorée à très détériorée |
| 2 | 23/08/2016 | gravure haches 2.4/2.5 | 2.5 | 2016 P3 | 00:06:11 | Percussion indirecte | frappe très légère, | détériorée à très détériorée |
| | 23/08/2016 | vue d'ensemble | | | | | | |
| 2 | 24/08/2016 | élargissement des tracés 2.5 et flèche | 2.5 | 2016 P3 | 00:15:49 | Percussion indirecte | percussion dans la largeur pour élargir la flèche | |
| 2 | 24/08/2016 | élargissement des flèches | 2.3+ 2.3.1+ haches | 2016 G01 (grès) | 00:06:47 | Polissage +eau | polissage à une main; de fait, l'inclinaison de l'outil engendre un léger polissage de la surface en saillie. | quelques éclats lors du polissage, notamment au niveau de la lame de la petite hache 2.5 + hampe de la flèche 2.3 |
| | 24/08/2016 | détail des haches | | | | | | |

TABLEAU 2016 004 – Dalle L6e : reproduction de L6 (6/10)
 20 et 21 avril 2016. Reproduction expérimentale d'un bloc (sur site de Carnac)

| Graveur | Morphologie globale des tracés/aspect de la dalle | Comportement de l'outil | Commentaires | Réf. Photo | Réf. Modèle 3D |
|---------|--|---|--|--|---|
| 2 | | intact | | L6e-22-04-08 - | Gavrinis-Carnac 2016>Dalle L6e>L6e-22-04-08 - |
| 2 | | | | | |
| 2 | tracés assez fins (peut-être trop //monument) | plus efficace que PE003 | | | |
| 2 | | | 27 " par cm (tracé moins large que l'original (probablement)) | Flèche 2.3 | flèche 2.3 3D |
| | | | | | |
| 1 | | | arrêt pour graver 2.4 d'abord | 28-33> Haches contours | 35-48> Haches contours 3D |
| 1 | détourage de la hache - contour | | | | |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | pointe de 2.4 complètement écaillée | - | - |
| 2 | | | | 50-55 | - |
| 2 | | | | 2016 G01 (57-60) | 2016 G01 3D (62-74 et 76-89) |
| 2 | | | très efficace! | 91-93 | 95-113 |
| 2 | | changement d'outil car trop peu de précision avec PE001 | surface s'écaille à l'ongle | Haches 2.4 (1) 115-118 | Haches 2.4 (1) 3D 119-132 |
| 2 | | polissage quelques secondes pour lisser | | Haches 2.4 (2) 134-139 | |
| 2 | | outil plus précis que PE001 | | Haches 2.4 (3) 134-139 + 140-146 165-169 | Haches 2.4 (3)3D 147-163 |
| 1 | | | | | |
| 2 | permet une bonne maîtrise de la ligne et de la pointe | utilisé sur la tranche/coin | permet d'ajuster la pointe de la hache sans éclats | Abrasion haches (2) 170-174 | |
| 2 | par tout à fait rectiligne, lame de 2.5 s'écaille plusieurs fois ne permettant pas d'obtenir la forme voulue | | Une préparation de surface aurait été nécessaire pour obtenir les formes voulues; beaucoup de précaution pour les haches, frappe légère par petits accoups | Haches 2.4 et 2.5 (1) 176-186 | Haches 2.4et 2.5 (1) 3D 188-206 |
| 2 | les deux bords de la lame ont sauté : hache d'un autre type!! | | | Haches 2.5 (1) 188- 216 | Haches 2.5 (1) 218-238 |
| | | | | 240-247 | |
| 2 | | | photos avant et après nettoyage | Elargissement 2.5 et flèche (1) 248-253 et 254-261 | Elargissement 2.5 et flèche (1) 3D 262-280 |
| 2 | | outil utilisé sur les tranches (angles) | photos avant et après nettoyage- à regarder: les polissages dans monument des flèches, fond de sillons et parties en saïlle. | Elargissement flèche (2) 281-289 | Elargissement flèche (2) 3D 291-324 |
| | | | | | Détail haches 3D - 309-324 |

TABLEAU 2016 004 – Dalle L6e : reproduction de L6 (7/10)
 20 et 21 avril 2016. Reproduction expérimentale d'un bloc (sur site de Carnac)

| Graveur | Etapes | Objectif visuel | Surface/tracés | Outil | Temps | Technique | Geste (précisions techniques) | Etat de surface de la dalle |
|---------|---------------------------------------|---|-----------------|----------------------------|----------|------------------------------|--|-----------------------------|
| 2 | 24/08/2016 | aplanissement de la zone extérieure 8.1 | zone 8.1 | 2016 PE006 | 00:02:28 | percussion directe | aplanissement, de la saillie (bosse) pour assainir | |
| | Total haches | | 2.4 et 2.5 | | 02:19:57 | percu indirecte et polissage | | |
| | Total haches et élargissement flèches | | 2.3, 2.4 et 2.5 | | 02:29:12 | percu indirecte et polissage | | |
| 2 | 24/08/2016 | gravure 8.1 | 8.1.3 | 2016 PE003+ percuteur bois | 00:03:10 | Percussion indirecte | | |
| 2 | 24/08/2016 | gravure 8.1 | 8.1.4 | 2016 PE003+ percuteur bois | 00:02:35 | Percussion indirecte | | |
| 2 | 24/08/2016 | gravure 8.1 | 8.1.5 | 2016 PE003+ percuteur bois | 00:03:32 | Percussion indirecte | | |
| 2 | 24/08/2016 | gravure 8.1 | 8.1.6 | 2016 PE001+ percuteur bois | 00:01:22 | Percussion indirecte | | |
| 2 | 24/08/2016 | gravure 8.1 | 8.1.7 | 2016 PE001+ percuteur bois | 00:01:27 | Percussion indirecte | | |
| 2 | 24/08/2016 | gravure 8.1 | 8.1.8 | 2016 PE001+ percuteur bois | 00:01:10 | Percussion indirecte | | |
| 2 | 24/08/2016 | gravure 8.1 | 8.1.9 | 2016 PE001+ percuteur bois | 00:02:09 | Percussion indirecte | | |
| | | | | 2016 P3 | | | | |
| | Total 8.1 | | | | 00:15:25 | percu indirecte et polissage | | |

| Graveur | Morphologie globale des tracés/aspect de la dalle | Comportement de l'outil | Commentaires | Réf. Photo | Réf. Modèle 3D |
|---------|---|-------------------------|---|-----------------|--------------------------|
| 2 | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | en toute bordure, roche sous la fissure beaucoup plus dure! | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | photo de P3-+ 8.1.3 à 8.1.8 | 8.1 (1) 326-329 | 8.1 (1) 3D 330-349 |
| | | | | P3 381- 389 | P3 3D 351-364 et 366-379 |
| | | | | | |

TABLEAU 2016 004 – Dalle L6e : reproduction de L6 (8/10)
 20 et 21 avril 2016. Reproduction expérimentale d'un bloc (sur site de Carnac)

| Graveur | Etapes | Objectif visuel | Surface/tracés | Outil | Temps | Technique | Geste (précisions techniques) | Etat de surface de la dalle |
|---------|------------|---|-------------------------------|------------------------|----------|--|--|--|
| 1 | 17/09/2016 | retraçage rapide des tracés | tracés fondateurs et 3.1, 3.3 | 2016 PE004 | | Percussion indirecte | | |
| 2 | 17/09/2016 | Préparation de surface | zone 5.1 et 5.2 | 2016 P003 | 00:11:08 | Percussion directe | préparation par percussion avant polissage. Changement de main | surface très dégradée, éclats centimétriques partent; pas trop se rapprocher des tracés existants... S'écaille au doigt. |
| 2 | 17/09/2016 | Préparation de surface | zone 5.1 et 5.2 | 2016 P003 | 00:03:54 | Percussion directe | niveau 2 | |
| 2 | 17/09/2016 | Préparation de surface | zone 5. carré 30x30 cm | 2016 G01 | 00:05:46 | polissage à l'eau | à 2 mains, debout (geste de la lessiveuse). Geste assez ample sauf près des tracés existants | encore très friable |
| | | total préparation/polissage | | | 00:20:48 | percu directe et polissage | | |
| 2 | 17/09/2016 | gravure 5.1 | 5.1.3 | 2016 PE001 | 00:01:58 | percussion indirecte | | se creuse très vite, mais pas trop d'écailles |
| 2 | 17/09/2016 | gravure 5.1 | 5.1.1 | 2016 PE001 | 00:05:11 | percussion indirecte | | quelques éclats |
| 2 | 17/09/2016 | gravure 5.1 | 5.1.2 (haut) | P3 | 00:04:34 | percussion indirecte | | quelques éclats aussi |
| 2 | 17/09/2016 | gravure 5.1 | 5.1.2 (bas) | 2016 PE003 | 00:04:32 | percussion indirecte | assise sur la pierre gravure de bas en haut | |
| 2 | 17/09/2016 | gravure 5.1 | 5.1.3(fin) 5.1.4 et 5.1.19 | 2016 PE003 et PE001 | 00:05:42 | percussion indirecte | | |
| 1 | 17/09/2016 | gravure 5.2 | 5.2.3 | 2016 PE004 | 00:04:35 | percussion indirecte | | de très gros éclats en bas à gauche du tracé |
| 2 | 17/09/2016 | rattrapage de la mauvaise gravure de 5.1.3, 5.1.4 et 5.1.19 | 5.1.3, 5.1.4 et 5.1.19 | 2016 G01, PE2 et PE001 | 00:03:19 | polissage à sec, percussion directe emmanchée et indirecte | | |
| 2 | 17/09/2016 | 5.1 | 5.1.5. | 2016 PE001 et PE3 | 00:03:10 | percussion indirecte | | |
| 2 | 17/09/2016 | 5.1 | 5.1.6 | 2016 PE001 | 00:02:25 | percussion indirecte | | |
| 2 | 17/09/2016 | 5.1 | 5.1.14 | 2016 PE001 | 00:02:29 | percussion indirecte | | |
| 2 | 17/09/2016 | 5.1 | 5.1.7 | 2016 PE001 | 00:02:38 | percussion indirecte | | |
| 2 | 17/09/2016 | 5.1 | 5.1.15 | 2016 PE001 | 00:03:35 | percussion indirecte | | |
| 2 | 18/09/2016 | 5.1 | 5.1.8 | 2016 PE001 | 00:01:46 | percussion indirecte | | |
| 2 | 18/09/2016 | 5.1 | 5.1.9 | P3 | 00:01:45 | | | |
| 2 | 18/09/2016 | 5.1 | 5.1.10 | 2016 PE001 | 00:01:32 | | | |
| 2 | 18/09/2016 | 5.1 | 5.1.11 | 2016 PE001 | 00:03:05 | | | |
| 2 | 18/09/2016 | 5.1 | 5.1.12 | 2016 PE001 | 00:02:31 | | | |
| 2 | 18/09/2016 | 5.1 | 5.1.16 | 2016 PE001 | 00:01:33 | | | |
| 2 | 18/09/2016 | 5.1 | 5.1.17 | 2016 PE001 | 00:02:15 | | | |
| 2 | 18/09/2016 | 5.1 | 5.1.18 | 2016 PE001 | 00:02:05 | | outil creuse bien | éclats mais toujours rapide |

TABLEAU 2016 004 – Dalle L6e : reproduction de L6 (9/10)

20 et 21 avril 2016. Reproduction expérimentale d'un bloc (sur site de Carnac)

| Graveur | Morphologie globale des tracés/aspect de la dalle | Comportement de l'outil | Commentaires | Réf. Photo | Réf. Modèle 3D |
|---------|---|-------------------------|--|---------------------------------|---|
| 1 | | | surfacetrès érodée, s'effrite vite. | 1, 2 | L6e 17-18.09.16 |
| 2 | | stabilisé déjà avant. | | 5 à 7 (avant préparation) 53-57 | >Avant 3D 8 à 29 (avant préparation) N2 (1) 30-51 |
| 2 | récupération des poussières : sachet 19/09/2016- 15' | | 92g de poussière pour 15' niveau 2? | | 58-74 |
| 2 | | | fatigant! Photo surface mouillée | 75-79; 80-81 | 82-99 |
| | | | | | |
| 2 | tracé incomplet : pas jusqu'à 5.1.1 | | | | |
| 2 | | un peu trop large | | | |
| 2 | | | Séparé de 5.1.1 , pas continu | | |
| 2 | | | | 101-108 | 111-131 |
| 2 | tracé faux : utilisation de la carte des écarts : reprendre les tracés au polissage pour effacer la gravure en continu (les bras) | | | | |
| 1 | polissage à sec de la surface quand il y a de gros éclats | | A 1'24 très gros éclat saute entre le tracé en court et le tracé précédent... 3 cm2, " mm d'épaisseur... Le polissage de l'accident permet de récupérer le désordre visuel occasionné... | 132-138 | |
| 2 | bonne reprise des tracés : polissage au grès, puis percussion avec mailloche, puis repolissage | | | | |
| 2 | | | grand crevé juste à la fin, tjrs même zone | 139-143 | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | se grave très bien | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | mange un peu 5.1.14 | 144-146 | 148-168 |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |

TABLEAU 2016 004 – Dalle L6e : reproduction de L6 (10/10)

20 et 21 avril 2016. Reproduction expérimentale d'un bloc (sur site de Carnac)

| Graveur | Etapes | Objectif visuel | Surface/tracés | Outil | Temps | Technique | Geste (précisions techniques) | Etat de surface de la dalle |
|---------|----------------------|--|------------------------------|------------|----------|--|---|--|
| 2 | 18/09/2016 | 5.1 | 5.1.19 | 2016 PE001 | 00:02:28 | | 5.1.16 à 5.1.19 (et les autres : positionnement sur la droite de la dalle, gravure de "haut" en "bas", du centre vers 5.1.1. Idem pour les autres 5.1. | plusieurs éclats |
| | total 5.1.3 à 5.1.19 | 5.1 | | | 01:03:08 | percu indirecte et polissage de rattrapage | | |
| 2 | 18/09/2016 | 5.2 gravure dans l'ordre chrono relative | 5.2.1 (côté gauche) | 2016 PE001 | 00:07:03 | percussion indirecte | position assise sur le haut de la dalle, percuteur penché du "bas" vers le "haut" de la dalle, de l'extérieur vers moi, face à moi. Arrêt de gravure quand j'arrive à la courbe du haut : besoin de changer de position | creuse vite quand surface érodée, beaucoup plus long quand surface dure. |
| 2 | 18/09/2016 | 5.2 | 5.2.1 (courbe du haut) | | 00:04:38 | | position sur côté droit de la dalle; courbe gravée de gauche à droite (pour le graveur, du haut(extérieur) vers le "bas" (vers le graveur). | |
| 1 | 17/09/2016 | gravure 5.2 | 5.2.3 (suite, partie droite) | 2016 PE004 | 00:05:05 | percussion indirecte | | |
| 2 | 18/09/2016 | 5.2. | 5.2.1 (suite, partie droite) | | 00:11:36 | percussion indirecte | position sur le côté droit et sur le bas de la dalle, outil penché à 30° environ, toujours de l'extérieur vers moi | |
| 2 | 18/09/2016 | | | | | | | |
| 2 | 18/09/2016 | | | | | | | |
| 2 | 18/09/2016 | | | | | | | |
| 2 | 18/09/2016 | | | | | | | |

| Graveur | Morphologie globale des tracés/aspect de la dalle | Comportement de l'outil | Commentaires | Réf. Photo | Réf. Modèle 3D |
|---------|---|-------------------------|----------------------------------|------------|----------------|
| 2 | | | 5.1.16 à 5.1.19 (et les autres : | 175- 178 | |
| | | | | 201-210 | 179-199 |
| 2 | Tracé assez étroit, peut-être pas assez profond : cf dalle archéo | | | | |
| 2 | tracé trop étroit ? À vérifier | | | | |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | photos de tout 5.2 | 223-226 | 227-250 |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 2 | | | | | |

3. La chaîne opératoire

3.1. Enregistrements

Afin de récolter le maximum d'information dans les meilleures conditions, différentes techniques ont été mobilisées. Les facilités de mise à disposition et de mise en œuvre sont détaillées ci-après.

3.1.1. Éclairages rasants

La technique d'enregistrement des gravures par dessins vectoriels sur photographies numériques frontales, gravures éclairées par lumière artificielle rasante et tournante, a été développée en Morbihan depuis la fin des années 1990 (sites de Runesto, Vieux Moulin, entre autres – Boujot *et al.* 2000 ; Cassen, Vaquero 2003b) et sera progressivement améliorée avec le développement de l'imagerie numérique. Le principe consiste tout d'abord en une suite de prises de vues opérées dans l'obscurité, par le biais d'une station unique. Le matériel de prise de vue est composé d'un boîtier Nikon D5000 (objectif 10,5mm, f/2.8G ED DX Fisheye-Nikkor) muni d'un déclencheur à distance, les modalités d'acquisition étant constantes (ISO 200 ; format RAW ; ouverture à f : 16 ou 20). Le matériel d'éclairage est limité à une torche à LED (96 led) Kaiser (StarCluster) lumière du jour (5600° K ; 500 lux). La source lumineuse est manuellement orientée en oblique sur la scène, selon différentes incidences afin d'aller chercher le

maximum d'information sur les tracés les plus altérés. Il faut prendre soin de bien tourner autour de la composition, les foyers opposés sont le gage d'une bonne restitution et validation des signes gravés. On détermine ainsi les limites et donc les superficies réelles de tous ces enlèvements ; ils peuvent dans certains cas éclairer la chronologie relative des travaux de percussion.

Le mode opératoire suivant s'établit sur palette graphique par le biais d'un logiciel de dessin. Il n'est tenu compte, sur le cliché, 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, l'intérieur de la partie gravée étant signalé par des « barbules » (préfabriquées par nous-mêmes – cf. Cassen, Robin 2010 - et accessibles dans le logiciel par la bibliothèque de formes). En sorte que la superposition progressive de tous ces contours partiels (correspondant à la compilation des photographies évidemment prises selon une même focale), chacun détenteur d'une bribe d'information, pourra fournir l'indication des creux de la gravure, ce qui s'avère nécessaire quand plusieurs lignes sont juxtaposées, sous peine de confondre les limites, voire le sens des réalisations.

Sur la feuille de travail, chaque tracé, doté d'une couleur distincte, est identifié à un calque spécifique qui porte le numéro du cliché utilisé. 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 par estampage ou calque direct.

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. Dans le cas contraire (un seul bord détecté), ou bien 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. Le diagnostic est assez vite fait quand un des deux bords parallèles est partiellement interrompu, avant de se poursuivre ; il est plus délicat à formuler quand le manque est généralisé. Plus ces tracés 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 de la gravure. Dans ce cas, il faut apprécier un contour moyen entre ces différents états ; c'est à ce niveau que pourront diverger les appréciations et interprétations des opérateurs.

À l'heure actuelle, pour un signe ou un motif (assemblage de signes) révélé par une quarantaine de photographies d'où furent détachées autant de contours orientés des creux, la synthèse graphique se fait manuellement, l'opérateur faisant le choix de passer son tracé final à travers la plus forte concentration de lignes. Un algorithme un jour prochain pourrait tout à fait produire cette ligne moyenne parmi les différentes options. Les enlèvements de matière qui ne posent aucun problème de reconnaissance sont alors colorés, chaque couleur tente ainsi de traduire une étape de la réalisation de la gravure.

Une synthèse graphique obtenue de tous ces résultats superposés peut s'avérer incomplète par manque, ou au contraire par surcroît d'illuminations incidentes sur les secteurs n'offrant aucun recul pour la source lumineuse (gêne occasionnée par une dalle de couverture, un orthostate voisin, un plancher rocheux). Ce biais n'était jamais apparu de manière aussi évidente qu'à Gavrinis, en raison du déploiement des gravures à toute la surface du support, jusqu'à sa périphérie ; il s'agit bien sûr d'une occurrence exceptionnelle parmi le corpus breton mais qui démontre les limites du procédé.

3.1.2. *Lasergrammétrie*

Certains sites ont pu être numérisés en lasergrammétrie grâce au matériel acquis au sein du Consortium 3D SHS dont le LARA est membre – le matériel est à demeure dans la structure Archéovision à Bordeaux. Il s'agit d'un scanner Faro Focus 3D X130. Son utilisation requiert des sphères servant de cibles, et un ordinateur équipé du logiciel Faro Scene – nécessaire pour extraire les données vers des formats ouverts – est également mis à disposition.

La gestion du chantier est relativement simple mais nécessite une anticipation des déplacements. La particularité de cette technique est que le capteur ne peut enregistrer que ce qu'il « voit » depuis son point de vue. Hors, le capteur n'étant pas particulièrement mobile, cela engendre des masques très importants selon les configurations spatiales. La couverture des espaces complexes est possible en multipliant les stations afin d'arroser avec le rayon laser les zones situées hors-champs, mais la consolidation des nuages de points acquis se pose alors puisque chaque station produit un nuage de points placé dans un système de coordonnées propre au capteur – ce sont des coordonnées polaires avec la tête du capteur comme origine. Pour placer les différents scans dans un système cohérent les uns avec les autres, le positionnement des sphères est une grande aide. Le logiciel Faro Scene est capable de détecter ces sphères, d'en déterminer le centre géométrique, et d'aligner les scans à partir de ces données. Pour améliorer encore le résultat, il est possible d'inclure des éléments géométriques issus de l'environnement, comme les arrêtes d'un mur. C'est dans cet objectif que le positionnement des sphères devient très important. L'équipement comprend 6 sphères, et au moins 3 d'entre elles doivent impérativement restées immobiles entre deux déplacements du scanner – ceci dans l'objectif de contraindre les 9 degrés de transformation.

Fort de ces observations, il est impératif de définir un cheminement permettant de parcourir de manière optimale le site, puis de se déplacer en conservant caricaturalement trois cibles « à l'arrière » et en positionnant les trois autres sphères « à l'avant ». Mais il faut alors veiller à ce qu'elles soient toutes visibles depuis la station en cours et la suivante.

Le capteur que nous avons pu mobiliser est en mesure de capter le Nord, de définir une assiette horizontale, et d'acquérir la couleur. Il convient également de définir quelques paramètres avant de lancer l'acquisition : l'environnement (intérieur ou extérieur), la distance moyenne de l'objet (moins ou plus de 20 mètres), la résolution du nuage de points (x millimètres entre deux points à 10 mètres) et la qualité du maillage (de brouillon à très propre – l'objectif est de définir la précision des bords entre un premier et un arrière plan).

Une fois la numérisation sur le terrain terminée, le traitement des données consiste à :

- consolider les différentes station dans un seul système de référence,
- texturer les points à partir des photos,
- exporter les résultats dans un format non-propriétaire.

La plupart de ces opérations est réalisée automatiquement. Nous devons cependant reconnaître que c'était la première fois que nous mettions en œuvre cette technologie, et que nous n'avons pas réussi à tirer pleinement partie de l'acquisition dans le sens où le Nord n'a pas été pris en compte au moment de la consolidation. Il s'agit du seul problème rencontré, puisque tous les nuages de points ont bien été texturé, et la quasi-totalité des stations a pu être consolidée – si elles ne le sont pas, elles pourront l'être manuellement lors du traitement des données.

3.1.3. Lumière structurée

L'acquisition de deux scanners Go!Scan (20 et 50) du constructeur Creaform au cours du printemps 2016 (réception du matériel en juillet 2016) va permettre de développer au cours des mois qui arrivent les acquisitions de ce type. Quelques supports (stèle du Bronzo, quelques dalles de Gavrinis, dalle du Berceau dans la région parisienne) ont déjà pu bénéficier de ce type d'enregistrement, bien que les données ne soient pas encore traitées. Quelques remarques générales peuvent néanmoins déjà être formulées.

Tout d'abord, les deux scanners sont complémentaires car ils permettent d'enregistrer les surfaces plus ou moins étendues à des résolutions différentes comme le tableau suivant le récapitule :

| | Go! 20 | Go! 50 |
|--------------------------------------|--|---|
| Champs d'enregistrement | 20 cm | 50 cm |
| Surface pouvant être couverte | Quelques dizaines de cm ² maximum | Sur une longueur de 3m maximum, environ 1m ² |
| Résolution maximale | 0,1mm | 0,5mm |

Il faut noter que la prise en main est relativement aisée, mais que leur mise en œuvre diffère légèrement aussi selon le capteur utilisé. En effet, le Go! 50 a la faculté de pouvoir s'autopositionner par rapport à la surface, à condition que celle-ci présente suffisamment d'aspérités. Si la surface ne comporte pas assez de relief, l'acquisition s'arrête. Cette contrainte peut être levée en plaçant aléatoirement des cibles réfléchissantes dans le champ d'acquisition. Le Go! 20 – de part sa fenêtre d'acquisition plus petite – ne possède pas cette flexibilité et l'ajout de pastilles est indispensable.

Si cela peut présenter une certaine contrainte au premier abord, ce peut être également un avantage car il est possible de changer de capteur en cours d'opération. Ainsi les détails peuvent être acquis à une résolution bien plus élevée que le reste du support.

Au sujet des conditions d'enregistrement, il semble que les concavités prononcées – à l'instar des tranches des blocs dans un dolmen – restent difficile à acquérir. À noter toutefois que les tentatives semblent produire un meilleur résultat que ce qui a été possible d'enregistrer en 2011 à Gavrinis avec la lasergrammétrie par triangulation. Il faut malgré tout ajouter que la lumière environnante peut s'avérer être un véritable problème. Par une matinée embrumée – donc une luminosité faible comparée à un plein soleil, mais uniforme –, l'acquisition était relativement chaotique comparée à l'exercice réalisée sur les premières dalles du couloir de Gavrinis (L1 et L2 notamment). Cela s'explique aisément : un motif est projeté sur la surface à enregistrer, puis est enregistré par plusieurs caméras. Les données acquises sont bien plus nombreuses et fiables – et autorisent donc une aérotriangulation bien plus rapide – quand la surface éclairée offre un contraste fort. À l'avenir, c'est un paramètre qu'il faudra prendre en compte dans la mise en œuvre de ce type d'acquisition avec soit le montage du barnum, soit l'attente de la tombée du jour...

Enfin, les fichiers générés sont des maillages texturés. Il faut noter qu'ils sont particulièrement lourds : chaque acquisition a produit plusieurs gigaoctets de données... Si le gisement d'information est évidemment énorme, nous ne savons pas encore comment déplacer ce maillage très dense dans le système de coordonnées du chantier – qu'il soit géoréférencé ou local. Il s'agit d'une étape clef qu'il faudra résoudre.

3.1.4. Photogrammétrie

La photogrammétrie est la technique que nous utilisons le plus pour documenter les architectures mégalithiques : à l'usage, c'est effectivement celle qui présente la plus grande flexibilité et qui offre la plus grande quantité d'information à traiter. Elle est en effet capable de s'adapter à toutes les échelles de numérisation : du détail inframillimétrique du bloc orné aux tumulus entier avec ses abords lorsque l'appareil est embarqué sur un UAV. De plus, à condition de fournir quelques conseils au préalable, il est possible de confier les tâches d'acquisition à un-e collègue pour documenter certains travaux.

Mais derrière cette flexibilité se cache un grand nombre de paramètres et de dispositifs à maîtriser pour faciliter les traitements. C'est ce qui sera exposé dans les paragraphes qui suivent. Enfin, le dernier point spécifiera comment le protocole d'acquisition a été expliqué à Marie Vourc'h pour documenter les différents états de surface.

3.1.4.1. Segmentation de l'espace à numériser

La première étape consiste à analyser les configurations spatiales du site pour savoir comment l'enregistrer. La question ne se pose pas pour un bloc isolé tel qu'une stèle, mais il est peu recommandé d'enregistrer un site aussi complexe qu'une tombe à couloir à travers un seul chantier de reconstruction pour plusieurs raisons.

Le degré de topologie est parfois assez élevé, et il est plus facile d'enregistrer par petites parties simples (un plan, un espace concave ou un objet convexe) car plus le projet est complexe, plus il est difficile d'assurer un cheminement cohérent couvrant parfaitement la totalité des surfaces.

De plus, nous n'avons pas besoin de la même densité d'information partout – la résolution est définie par la distance comprise entre le capteur et la surface photographiée. Par exemple, la résolution inframillimétrique des blocs ornés ne se justifie pas pour l'acquisition du tumulus, où une précision centimétrique sera suffisante. Les logiciels de reconstruction sont capables de générer des nuages de points avec des densité variables, mais alors la question de la mise au point se pose car il semble préférable de désactiver l'autofocus.

La segmentation de l'acquisition en plusieurs parties implique d'être en mesure de pouvoir les assembler *a posteriori*. Pour faciliter cette tâche, des cibles possédant un identifiant sont disposées aux frontières des différents chantiers, et doivent être communes à au moins deux chantiers. Ces marqueurs pourront être pointés au moment de la consolidation des chantiers, et une coordonnée spatiale attribuée.

3.1.4.2. Dispositif pour acquérir l'échelle et l'assiette horizontale

Le modèle obtenu à l'issue de la reconstruction ne possède ni échelle, ni orientation. Or, ce sont des informations essentielles pour la documentation archéologique des structures architecturales, qu'il convient de renseigner dès l'anticipation du chantier.

L'échelle est définie grâce à des « règles photogrammétriques » : ce sont des barres qui possèdent deux marqueurs à leurs extrémités, facilement pointables, et dont la distance les séparant est parfaitement connue. Disposées régulièrement dans l'espace, cela permet de documenter les éventuelles déviations produites pendant l'aérotriangulation des clichés.

L'assiette est définie par l'implantation de trois cibles, préférentiellement disposées en équerre en vue de plan, grâce à un niveau laser à bulle.

3.1.4.3. Réglage de l'appareil photo

Le réglage de l'appareil photo doit suivre un certain nombre de règles afin de produire les meilleurs rendements, sous peine d'obtenir des résultats déformés (déformation du volume en coussinet ou en

barillet, ou élongations) ou un résultat bruité.

Tout d'abord, il faut savoir que le logiciel de reconstruction analyse la géométrie de l'image et la corrige. C'est-à-dire qu'il détermine le parcours des rayons lumineux à travers les différentes lentilles jusqu'à ce que l'image soit imprimée sur le capteur. Cela signifie que si les parcours varient au sein du jeu de photo du même chantier d'acquisition, il n'est pas certain que les variations soient comprises par le logiciel, ce qui pourra entraîner les déformations citées. Afin d'éviter ces phénomènes, il faut régler la longueur focale dès le début, et désactiver l'autofocus.

Pour éviter d'obtenir un nuage de points bruité, il faut que le cliché soit le plus net possible, sur toute les parties de l'image. Selon les configurations, il faudra adapter les réglages. Néanmoins, les tendances existent :

- le boîtier est réglé en mode « priorité à l'ouverture », de manière à ce que la quantité de lumière perçue par le capteur soit toujours identique, seul le temps de pose varie ;
- les ISO devront être les plus bas possibles ;
- l'ouverture doit être assez grande (supérieure à $f/10$) pour obtenir la plus grande profondeur de champ,
- le temps de pose doit cependant être suffisamment court pour éviter le flou du bougé (inférieur à 1/100 seconde).

Si ces conditions ne peuvent pas être atteintes, alors il faut envisager l'utilisation d'un pied. Avec l'expérience accumulée, il semble que le déclenchement des photos en mode rafale soit une solution de facilité qui ne permet pas de garantir la qualité du modèle dans la mesure où le risque d'être en mouvement au moment du déclenchement de l'obturateur est trop important. Si trop de clichés sont flous, alors la couverture photographique risque d'être trop faible, ce qui entraînera inévitablement des problèmes d'aérotiangulation dans le pire des cas, et de bruitage du nuage de points.

3.1.4.4. Prise des clichés

Une fois que l'espace est balisé et l'appareil photo paramétré, la procédure d'acquisition peut débuter. La règle à suivre est assez simple : la couverture photographique doit être dense, avec des taux de recouvrement important. L'idéal est d'obtenir au mois 9 clichés pour chaque partie de l'objet documenté : de cette manière, il y a suffisamment de recouvrement d'information pour produire un nuage de points de qualité.

Il faut aussi veiller à ce que la position du capteur soit globalement perpendiculaire à la surface photographiée. De cette manière, la profondeur de champ est limitée et, au moment de la reconstruction de la profondeur de chaque cliché, les effets de palier seront réduits.

3.1.4.5. Reconstruction Agisoft Photoscan

Agisoft Photoscan est le logiciel que nous utilisons pour la reconstruction photogrammétrique car il est simple d'utilisation, autorise dans une certaine mesure de contrôler les différentes étapes de reconstruction à travers différents réglages, et permet de manipuler simplement le modèle (géoréférencement, nettoyage, etc.).

Le travail de reconstruction se déroule toujours en 4 étapes successives : l'aérotiangulation, la production d'un nuage de points dense, le calcul du maillage, et la texturation du modèle. Bien que différentes échelles soient documentées, les mêmes réglages sont à peu près systématiquement utilisés et regroupés dans le tableau suivant :

| Étape de traitement | Détail des traitements | Réglages habituels |
|-----------------------|---|--|
| Aérotiangulation | Estimation des caractéristiques des caméras, identification des points caractéristiques, spatialisation des caméras | Qualité haute |
| Nuage de points dense | Calcul de la profondeur de chaque image, production du nuage de points, décimation | Qualité moyenne |
| Création du maillage | Création du maillage, décimation | Qualité haute x 2 |
| Texturation | Dépliage des UV, fusion des couleurs | Taille de l'image : 4096x4096 ; mode de création des UV : par défaut ; mode de fusion des couleurs : par défaut |

Une fois que ces étapes de reconstruction sont finalisées :

- les chantiers comprenant une règle photogrammétrique sont mis à l'échelle,
- toutes les cibles dont l'objectif est de permettre la consolidation des chantiers sont identifiées et nommées selon leur ID,
- enfin les chantiers sont alignés.

Celui qui comporte le dispositif permettant de retrouver l'assiette horizontale est exporté. Il est orienté dans CloudCompare, et les coordonnées des cibles sont respectivement renseignées dans Photoscan. Après quoi, nous obtenons un modèle orienté et à l'échelle.

Note : *dans le cadre du PCR, les coordonnées géographiques ne sont pas systématiquement acquises. Si cela était acquis, alors les procédures permettant d'obtenir l'échelle et l'assiette n'auraient pas lieu d'être mises en œuvre.*

3.1.4.6. Délégation de l'acquisition pour la documentation des états de surface

Note : *Ne pouvant pas être présent pour toutes les journées d'expérimentation, une courte formation a été réalisée avec Marie Vourc'h pour qu'elle puisse réaliser la documentation. Voici les recommandations fournies.*

L'acquisition photogrammétrique a été réalisée par Marie Vourc'h, à l'issue de chacune des phases de préparation dans le protocole qui a été défini. Afin d'assurer la prise en main, des indications avaient été fournis au préalable sur les principes de l'acquisition photogrammétrique en relation avec les objets à documenter (les surfaces documentées et les percuteurs utilisés).

Ces préconisations ont porté sur la couverture photographique et les réglages de l'appareil photo.

- La couverture photographique doit être dense, avec de forts taux de recouvrement. Pour les surfaces, il a été indiqué de prendre des clichés à la verticale de la surface, et en se déplaçant légèrement entre chaque prise de vue. Pour les percuteurs, il faut en revanche se déplacer en formant un dôme.
- L'appareil photo doit être réglé de manière à ce que toutes les images partagent la même « géométrie ». C'est-à-dire que la focale doit être fixe et l'autofocus désactivé (sinon les rayons lumineux ne partagent pas exactement la même courses à travers les différentes lentilles de l'objectif). Ensuite, il faut considérer un réglage « priorité à l'ouverture » afin de toujours obtenir la même profondeur de champ. L'ouverture conseillée (en fonction de la luminosité) est de $f/11$, voire $f/13$ et plus, mais le temps de pose doit être suffisamment court (inférieur à 1/100 seconde) pour ne pas avoir de cliché flou et s'économiser l'utilisation d'un trépied (ce qui allonge considérablement le temps d'acquisition). Enfin, les ISO doivent être les plus bas possible pour empêcher l'apparition d'un grain. Pour pallier les éventuelles difficultés de luminosité, le flash peut être utilisé.
- Afin d'anticiper la question de la mise à l'échelle des modèles tridimensionnels, une règle photogrammétrique a été conçue. Il s'agit d'une pièce possédant deux cibles dont les centres sont espacés de 25 cm. Ces mires étant automatiquement reconnues par le logiciel de reconstruction Agisoft Photoscan, il ne reste alors à l'opérateur plus qu'à spécifier la distance pour obtenir un modèle à l'échelle.

Il s'agit là des seules indications fournies, et elles ont été suffisantes pour assurer la reconstruction avec succès.

3.2. Traitements

3.2.1. Objectifs poursuivis

Les procédures d'acquisition et de traitements 3D de n'importe quel objet implique des investissements importants, tant en termes de coûts, de temps, de compétences et d'énergie. C'est pourquoi le choix d'une documentation tridimensionnelle est souvent justifiée par une argumentation en trois temps : **comprendre, conserver, communiquer.**

Cependant, il faut souligner que ces trois objectifs sont globalement antinomiques dans la mesure où :

- pour *comprendre* l'objet d'étude, il faut acquérir le maximum d'information, donc manipuler des données très lourdes – pour cette deuxième partie, c'est en tout cas la stratégie adoptée par la grande majorité des chercheurs, et c'était également notre méthode de travail lors des programmes de recherche sur Gavrinis ou Jade 2 ;
- *conserver* les données très lourdes implique des espaces de stockage important, qu'il convient de multiplier... ce qui entraîne à moyen terme des problèmes de gestion au sein d'un laboratoire de recherche ;
- les moyens de *communication* se sont largement diversifiés ces dernières années : des classiques images 2D dessinées à la main – pour caricaturer –, il est maintenant possible de générer des vidéos, mais aussi des applications interactives sous la forme d'un logiciel autonome ou intégré dans un navigateur internet. Or, les derniers médias cités sont – dans la philosophie de ces outils – incompatibles avec des données lourdes pour une diffusion sur la plus grande diversité d'écran (du téléphone à l'espace immersif). L'application créée par MGDesign sur la visite interactive des structures internes de Gavrinis est en ce sens un cas d'école puisqu'elle ne fonctionne que sur un ordinateur qui possède une configuration très élevée.

En somme, il devenait urgent de penser à une refonte des méthodes de travail afin de réussir à faire converger les résultats de la première étape – *comprendre l'objet d'étude* – vers ce qui est attendu pour les deux autres arguments – *conserver et communiquer.*

Ce choix a été pris en dépit des travaux consistant à optimiser les médias interactifs pour accepter des fichiers de plus en plus lourds. Il est évident que les applications interactives seront de plus en plus répandues à l'avenir, mais il nous semble plus judicieux d'opter pour une économie de performance que de se lancer dans une course effrénée vers du matériel de plus en plus puissant – car l'utilisateur futur des applications qui pourraient être générées à partir de nos travaux n'aura pas nécessairement un terminal avec les bonnes spécifications pour accéder aux contenus. Autrement dit, nous souhaitons que les optimisations réalisées sur les logiciels interactifs permettent de visualiser des scènes de plus en plus complexes sur un plus grand nombre de terminaux, et non pas que cela soit synonyme d'une facilité de mise en ligne des contenus dont les mêmes usagers bénéficieraient.

C'est dans cette perspective que nous avons mis en place le protocole d'exploitation des modèles 3D présenté ci-après.

Une interrogation sur l'utilisation des modèles tridimensionnels en archéologie a été menée. En effet, l'étude de l'objet repose sur la manipulation des **volumes** et l'étude des **surfaces** qui se décline elle-même sous les aspects de *microreliefs* et de *colorimétrie*. Le protocole mis en place s'est attaché à exploiter au mieux tous ces aspects de manière à rendre le travail réalisé compatibles avec des objectifs scientifiques qui pourraient être formulés dans plusieurs années.

Enfin, la question de la réappropriation du protocole présenté ci-après a été prise en compte puisque toute la chaîne opératoire est réalisée grâce à une suite de **logiciels libres** (open source). Il s'agit de Meshlab³, CloudCompare⁴, Instant-Field Alignment Meshes⁵, Blender⁶, ImageJ⁷ (et son extension DStretch⁸), et de Krita⁹.

3 <http://meshlab.sourceforge.net/> – site consulté le 08/11/2016

4 <http://cloudcompare.org/> – site consulté le 08/11/2016

5 <http://igl.ethz.ch/projects/instant-meshes/> – site consulté le 08/11/2016

6 <https://www.blender.org/> – site consulté le 08/11/2016

7 <https://imagej.nih.gov/ij/> – site consulté le 08/11/2016

8 <http://www.dstretch.com/> – site consulté le 08/11/2016

9 <https://krita.org/en/> – site consulté le 08/11/2016

3.2.2. *Levé des gravures*

À ce jour, la technique des photographies compilées sous éclairages tournants, illuminations effectuées *in situ*, demeure la plus précise pour rendre compte des micro-reliefs révélant un tracé anthropique. Nous avons rappelé son principe en 3.1.1. On envisage bien entendu que des éclairages virtuels puissent un jour révéler la même précision d'information à partir des nuages de points.

Deux types de documents/fichiers sont ainsi produits : la totalité des contours restitués par les différents clichés, 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.

La synthèse des signes sur le support est cependant déformée comme peut l'être toute scène traduite par l'objectif photographique. Et plus l'espace est contraint – ce qui est souvent le cas au sein des monuments mégalithiques – plus l'optique mise en œuvre pour couvrir le support va provoquer de déformations. La correction de la distorsion optique d'un objectif ayant une distance focale très courte et donc un angle de champ très grand, jusqu'à 180° dans la diagonale, donne cependant d'excellents résultats avec les nouvelles générations de réflex numérique. En résumé, les optiques grand angle déforment les bords de l'image en « coussinet », en « barillet », ou encore en « moustache » : les bords des images sont soit courbés vers l'intérieur, soit vers l'extérieur. Certains logiciels libres ou payant (Camera Raw dans la suite Adobe) intègrent un outil de correction des principaux défauts des objectifs, autrement dit le vignettage, le chromatisme et surtout les distorsions, l'ensemble étant intégré dans le flux de travail en Raw. L'outil « Corrections de l'objectif » contient les profils enregistrés dans la base de données des différents objectifs du marché.

Mais, quelle que soit cette correction, elle ne peut suffire à redresser la composition correctement et à la juste géométrie de l'objet vrai. C'est donc ce travail de report de la synthèse graphique au sein du modèle tridimensionnel qui sera l'objet du document suivant, où les enlèvements de matière seront superposés à la morphologie du support et à toutes les informations générées par le fichier 3D. Plusieurs options de représentations sont possibles, qui vont des témoignages des impacts conservés jusqu'à la synthèse des signes interprétés. Notons que ce travail de redressement était encore, au début de ce PCR, entièrement manuel, par action sur les points d'ancrage du dessin afin d'inscrire la figure dans la trace restituée par le modèle 3D. Mais une nouvelle procédure opérée dans Photoscan, qui intègre la photographie servant au levé par éclairage tournant, autorise désormais un redressement concomitant.

Un autre pas décisif est celui qui a permis de rendre compte des relations d'antéro-postériorité entre signes, entre enlèvements de matière. On ne mesure pas encore bien l'importance de cette chronographie, car c'est au niveau interprétatif qu'elle rendra l'aide la plus efficace. Connaître les choix du graveur en termes de présence des signes s'avère crucial pour décrire des assemblages qui étaient très probablement portés par un récit partagé, où devait régner un ordre hiérarchique entre les différentes entités.

D'une manière générale, qu'il s'agisse du dessin vectoriel synthétique ou de l'image produite depuis le nuage de points (une carte des écarts, par exemple), l'opérateur doit faire l'inventaire des sécantes. A chaque point de rencontre ou de contact, un retour au document de référence permet, ou pas, de décider la chronologie des tracés. Prenant la dalle L6 de Gavrinis en objet expérimental, nous avons proposé quatre extraits de l'image de base pixellisée où l'antériorité d'une gravure est visuellement attestée, et susceptible d'être vérifiée par un autre opérateur. Ces extraits correspondent à quatre cas de figure que nous reprenons pour mémoire (Cassen et al. 2014 – JAS) :

- La superposition complète d'un tracé sur un autre, sans ambiguïté de lecture, les bords du tracé postérieur se prolongeant dans le creux du tracé précédent ;
- L'enlèvement de matière lors du recoupement d'un signe sur un autre plus ancien ;
- L'empreinte négative d'un tracé antérieur altéré qui parvient néanmoins à déformer le tracé postérieur au point de croisement (effet « trou noir ») ;
- L'évitement de tracés qui ne peut se concevoir sans une antériorité d'un signe sur un autre ; cette argumentation est bien entendu moins puissante que les trois précédentes et ne devra pas être trop sollicitée, mais à bon escient peut participer pleinement au déroulé chronologique de la composition.

La succession des signes peut donc être rendue par une matrice (type Harris) qui va accompagner le document graphique synthétique. Elle résume ce qui aura été décrit par ailleurs dans le texte d'accompagnement décrivant les choix de l'opérateur et les difficultés rencontrées (para-donnée).

L'ultime série documentaire susceptible d'être produite concerne l'inventaire des signes/motifs, au sens où sera mis en exergue (colorée, texturée) la surface placée en réserve (le champlevé) et non son contour, ou bien le signe iconique (crosse de jet, lame de hache, etc.) quand le tracé se confond avec le motif. Autrement dit les sujets représentés ; ce qu'a vraiment voulu projeter le graveur. Plus généralement, enlèvements de matière ou sujets proprement dits peuvent être inscrits dans les différents visuels informatifs, qu'il s'agisse

de la texture photoréaliste, de la microtopographie, de l'ombrage en graduation de radiance, de la carte des écarts, de la carte des vecteurs normaux, etc. Chaque fond va rendre une information certes voisine mais aussi distincte selon ce que veut privilégier l'observateur en première ou seconde lecture.

3.2.3. Philosophie des traitements 3D

3.2.3.1. Transformation des maillages triangulaires en quadrangulaires

Après reconstruction 3D et consolidation des différents chantiers d'acquisition, une représentation tridimensionnelle en haute définition est obtenue – et ce quelle que soit la technique d'acquisition. Ce premier jeu de données se présente toujours de la même manière :

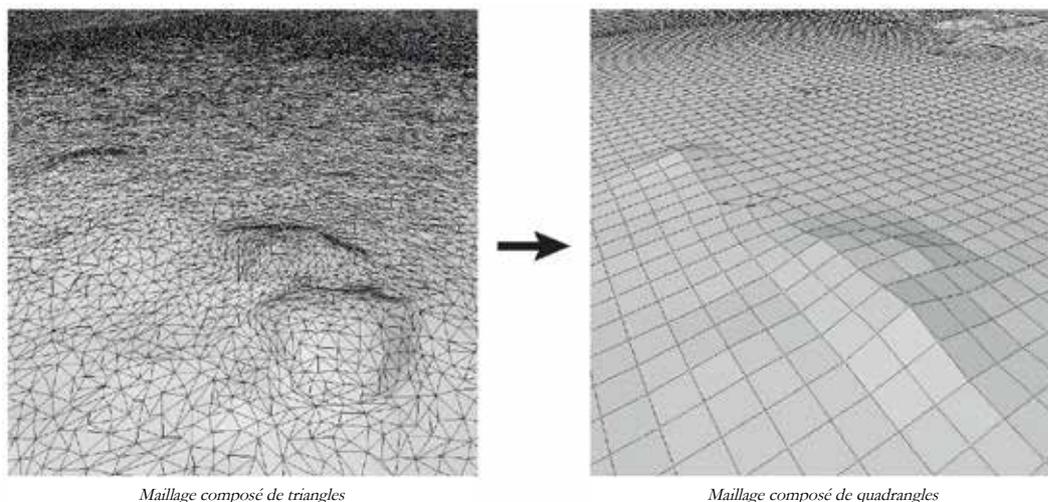
- d'une part, la géométrie de l'objet est constituée de centaines de milliers – voire millions – de petits triangles ;
- d'autre part, si la technique d'acquisition inclut la couleur, une texture est produite. Les coordonnées de texture¹⁰ sont générées automatiquement, ce qui provoque un découpage de la surface en une multitude d'îlots.



La partie gauche est le modèle 3D haute définition ; à droite l'image qui sert de texture. Les parties bleutées correspondent aux fragments de l'image mappés sur le maillage de gauche – exemple de l'orthostate R3 de Kercado, Carnac.

De plus, les différents éléments enregistrés ne sont pas qualifiés – c'est-à-dire que le sol, les orthostates et les dalles de couverture appartiennent au même maillage. De même, les états de surface sont difficilement exploitables : microreliefs sont bien contenus dans le maillage, mais difficile à visualiser, et le dépliage des UV ne tient généralement pas compte des zones d'intérêt et crée des discontinuités difficiles à rétablir visuellement sur le fichier texture.

¹⁰ La génération de coordonnées de texture consiste à déplier la surface de l'objet sur un plan – de la même manière que les géographes ont cherché le meilleur système de projection pour décrire la surface du globe terrestre. Cependant, l'expression « système de projection » n'est pas utilisé en infographie dans la mesure où le dépliage est discontinu et il n'est pas normé, défini par une formule mathématique. Le terme consacré est « dépliage des UV » : il désigne plus spécifiquement le découpage du maillage le long des arêtes pour obtenir la meilleure représentation possible des différentes parties du modèle 3D. Le terme UV renvoie à un système de coordonnées (UVW) propre à l'objet 3D et distinct de l'espace XYZ dans lequel il se situe.

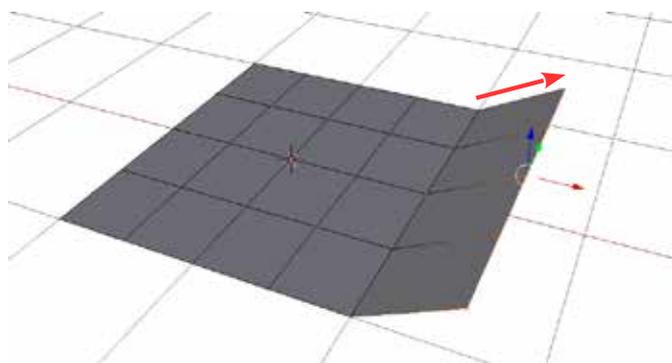


La « même information » avant et après retopologie.

La première étape du traitement consiste donc à réaliser la retopologie du modèle 3D. C'est une technique de modélisation qui utilise un modèle 3D au maillage dense pour le rendre manipulable, plus léger. Concrètement, il s'agit de transformer les maillages composés de myriades de triangles en quadrangles plus grands. Cette opération est différente de la décimation automatique qui réduit seulement le nombre de triangles, mais le maillage n'en sera pas pour autant plus organisé. Ce processus s'appelle la **retopologie** et permet en outre d'alléger drastiquement la géométrie du modèle tout en conservant sa bonne lecture.

3.2.3.2. Nettoyage et complétion des données manquantes

À l'issue de la retopologie – réalisée semi-automatiquement grâce au logiciel Instant Field-Alignement Meshes –, le maillage est majoritairement composé de quadrangles. Cependant, il ne s'agit encore que d'un maillage intermédiaire car selon les conditions d'acquisitions, toutes les zones n'ont pas forcément pu être parfaitement acquises – la végétation peut être un des facteurs. Il convient donc de combler les lacunes présentes. Cette tâche est facilitée par la nature même du maillage puisque les nouvelles faces générées sont également des quadrangles. Le maillage conserve ainsi sa nature quasi-homogène (puisque'il n'est pas exclu dans certains cas que des triangles se glissent).

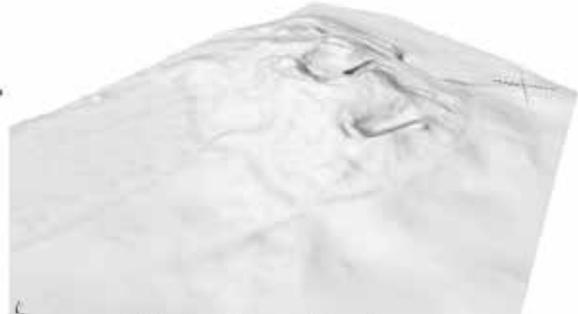


Les faces sont créées par extrusion d'un bord du maillage ; les nouvelles faces sont donc quadrangulaires par défaut.

L'exercice de complétion des lacunes peut parfois être délicat dans la mesure où il est parfois difficile d'obtenir directement un bon placement des sommets créés. Il est peu probable en effet que les faces créées soient du premier coup dans le plan que nous voudrions, et l'objectif est effectivement de ne pas rendre perceptible la différence entre ce qui a été réellement documenté et ce qui est extrapolé – il s'agira d'une information générée plus tard, sous la forme d'une texture. C'est pourquoi il est possible de combiner les outils d'édition de maillage (création, suppression, subdivision, découpage, etc.) avec des outils de sculpture (lisser, gonfler, creuser, etc.).



Résultat brut de la retopologie automatique



Résultat de la retopologie après nettoyage

*Opération de nettoyage et de reconstruction après la retopologie
exemple du Mané er Hroëck, Locmariaquer.*

3.2.3.3. Segmentation du modèle

Le modèle issu de la retopologie peut être segmenté en différentes parties de manière à apporter une dimension sémantique au modèle 3D. Il est ainsi possible de s'éloigner des topologies simples recherchées au moment de l'acquisition (notamment en photogrammétrie). C'est aussi lors de cette phase de travail que la granularité du modèle est définie.

En l'occurrence, pour les objets d'étude qui nous concerne, trois niveaux sont distingués :

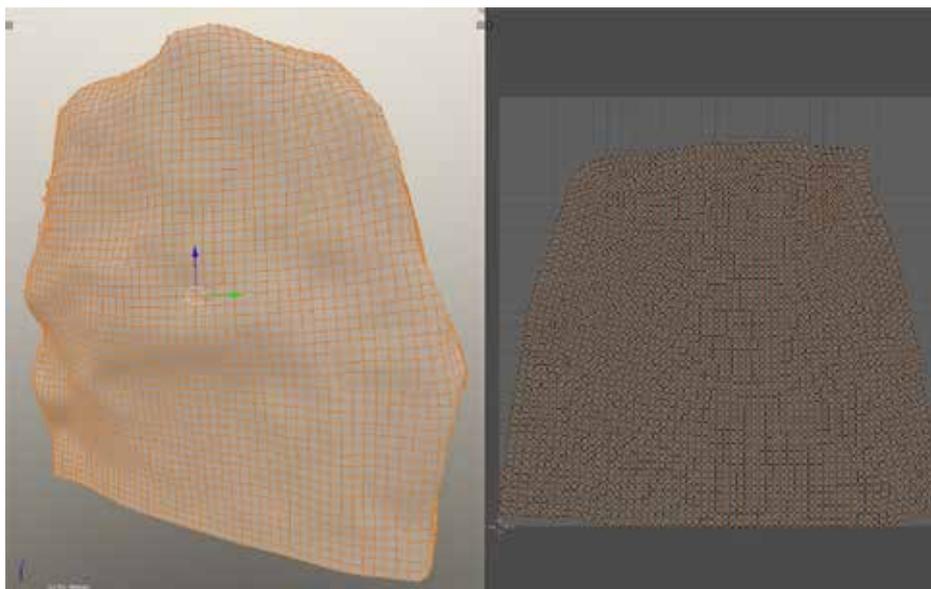
- chaque **bloc orné** est individualisé et fait l'objet d'un seul maillage ;
- les autres blocs formant les **structures internes** sont représentés à travers une seule surface. L'objectif de ce projet n'est effectivement pas de procéder à une description exhaustive de l'architecture, mais de placer le bloc orné dans son contexte ;
- enfin, le **tumulus et son environnement** sont décrits par le même objet virtuel. Il est parfois difficile de reconnaître l'emprise des éboulis et cela ne rentre pas dans les objectifs scientifiques et techniques du projet.

Cette organisation permet de focaliser l'attention sur le bloc orné, et d'assurer un rendu optimal des différentes surfaces car la texture appliquée sur les différents objets 3D possède une résolution adaptée : « faible » pour le tumulus et l'environnement, moyenne pour les structures internes, et élevée pour les blocs ornés.

À l'issue de cette phase de travail, la géométrie du modèle « tel que saisi » de l'objet d'étude peut être considérée comme quasiment achevée – il ne reste plus qu'à effectuer le travail de texture décrit ci-après. Les différents maillages peuvent ensuite être édités et déplacés comme l'opérateur le souhaite pour entamer le travail de restitution et s'approcher d'une restitution « tel que construit » ou tout autre état intermédiaire qui doit être documenté dans le cadre du projet.

3.2.3.4. Dépliage des UV

L'effet immédiat de la retopologie est de perdre le détail des microreliefs – de la même manière que la texture photoréaliste appliquée sur le modèle de référence (issu de photogrammétrie ou de lumière structurée) n'apparaît pas dans un premier temps sur le modèle provenant de la retopologie. Avant de résoudre ces points, il faut d'abord redéfinir les coordonnées de texture. Il s'agit de trouver comment déplier de façon la plus pertinente possible le maillage sur un plan. Plusieurs points sont à prendre en



Création des coordonnées de texture : le maillage à gauche et les dépliage à droite

– exemple : orthostate R3 de Kercado, Carnac.

considération :

- générer le moins de distorsion possible ;
- assurer le maximum de continuité de surface pour faciliter le futur travail de cartographie ;
- ne pas interférer avec le programme iconographique ;
- optimiser le remplissage de l'espace carré de la texture (afin d'obtenir les plus petits *texels*¹¹ possibles avec une texture de même dimension).

Le travail consiste donc à déterminer où placer les coutures pour déplier correctement le maillage.

3.2.3.5. Transfert des informations (carte photoréaliste, carte des vecteurs normaux, carte d'occlusion ambiante)

Une fois que le modèle allégé possède des coordonnées de texture, il est alors possible de transférer un premier lot d'information à partir du modèle haute définition¹² pour créer :

- la carte photoréaliste¹³ ;
- la carte des vecteurs normaux¹⁴ ;
- la carte d'occlusion ambiante¹⁵.

Parmi ces trois modes de représentation, deux d'entre eux peuvent être la source de nouveaux documents. Il s'agit de la carte photoréaliste et de la carte des vecteurs normaux – la première synthétise les aspects colorimétriques, la seconde contient toutes les données concernant les microreliefs. La troisième carte ne servira pas à la documentation, mais à recevoir les différentes informations cartographiées, comme il sera expliqué ultérieurement. Elle renseigne néanmoins le contexte et la volumétrie car les parties les plus sombres indiquent que cette zone reçoit particulièrement peu de lumière.

Les deux premières cartes peuvent être exploitées comme nous allons l'expliquer maintenant.

11 *Texel* = *texture element*. Cela correspond à la surface couverte par un pixel de la texture (2D) sur le modèle (3D).

12 Dans le jargon des infographistes française, la locution anglaise « *baking* de texture » est couramment utilisée.

13 Le terme de « *diffuse map* » est couramment utilisé.

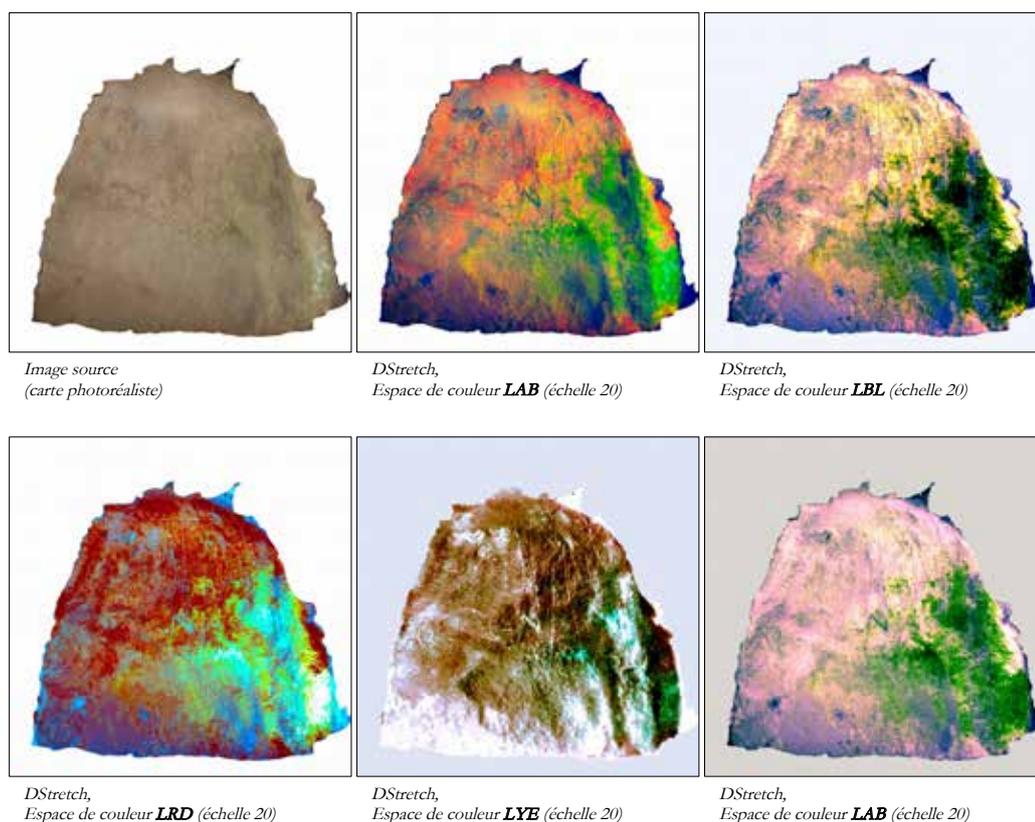
14 Le terme de « *normal map* » est couramment utilisé.

15 Le terme « *ambient occlusion map* » est couramment utilisé.

1. Exploitation de la carte photoréaliste

La carte photoréaliste 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 de mettre en avant des nuances de couleurs imperceptibles dans l'espace de couleur RVB et d'accéder à des informations difficiles à accéder à l'œil nu. Par exemple, d'anciens graffiti désormais effacés réapparaissent, des développements de mousses fines sont détectés plus facilement, etc.

Bien entendu, la cartographie des événements n'est pas immédiate car il faut une certaine expertise pour distinguer par exemple les noirs de fumée (suite aux explorations aux éclairages combustibles) des développements biologiques (champignons, algues, lichens...), des résidus de moulage, ou encore des dépôts minéraux plus récents (salpêtre). Néanmoins, grâce à un aller-retour entre l'objet réel et les documents en cours de constitution, il est tout à fait possible de déterminer l'origine du désordre mis en avant.



Déclinaison de la carte photoréaliste à l'extension DStretch du logiciel ImageJ,

– exemple : orthostate R3 de Kercado, Carnac.

Ces différentes observations peuvent être directement cartographiées sur Adobe Illustrator par exemple, sur l'image convertie dans un autre espace de couleur. Si l'espace de dessin est aux mêmes dimensions que celles de la texture, alors il est possible d'exporter la nouvelle couche d'information pour l'appliquer sur le modèle 3D. De cette manière, un atlas spécifique à cet objet peut être généré.

2. Exploitation de la carte des vecteurs normaux

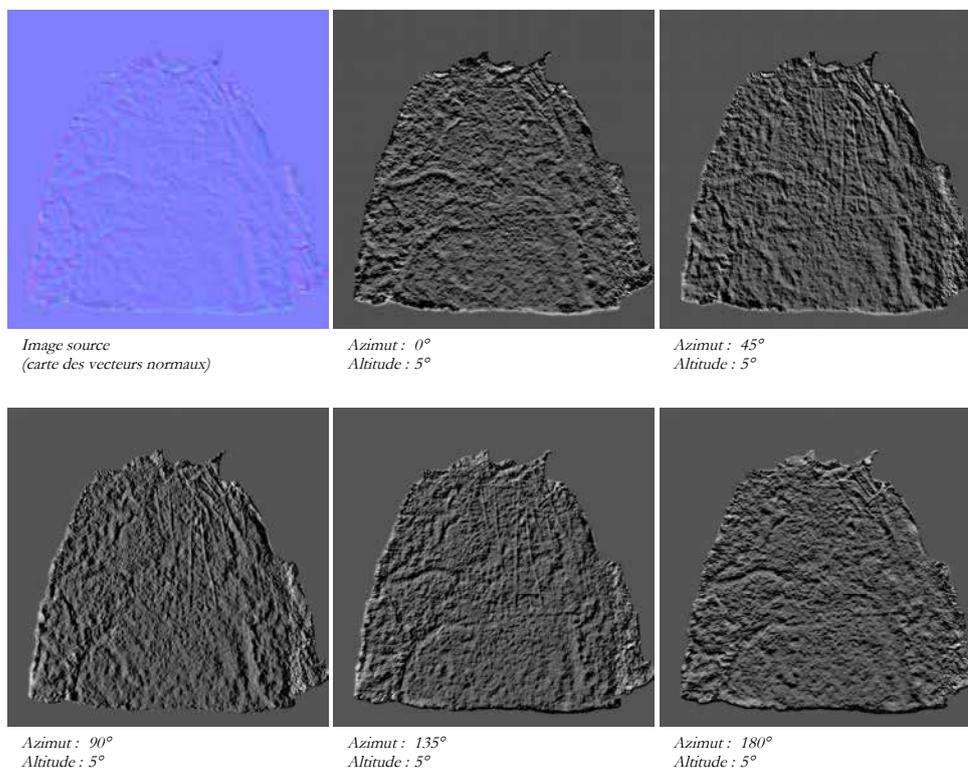
La carte des vecteurs normaux est une façon de coder des microreliefs et d'affecter le rendu de la surface géométrique en temps réel. Il s'agit toujours d'une image en RVB, et en informatique graphique, les couleurs rouge, vert et bleu correspondent respectivement aux axes x, y et z – l'axe z étant vertical. Pour chaque *texel*, l'orientation du modèle haute définition est comparée à celle du modèle issu de la

retopologie. Localement, les variations d'orientation sont transcrites avec des proportions plus ou moins importantes de rouge, vert ou bleu en suivant cette règle de conversion :

- X: de -1 à +1 > rouge, de 0 à 255
- Y: de -1 à +1 > vert, de 0 à 255
- Z: de 0 à -1 > bleu, de 128 à 255

Puisque les surfaces des deux modèles sont sensiblement parallèles, le vecteur normal à la surface est principalement parallèle à l'axe z – cela explique pourquoi ces cartes sont principalement bleutées. De cette manière, c'est une carte possédant toutes les informations de microreliefs qui est produite. Selon la résolution du maillage haute définition et de la dimension des *texels* du modèle issu de la retopologie, une quantité plus ou moins importante de détails peuvent être transcrits.

Cette image peut donc être ultérieurement rééclairée comme nous le souhaitons, à la manière de ce que le logiciel RTI (*reflectance transformation imaging*) propose. Néanmoins, plusieurs limites de ce logiciel sont résolues à travers l'approche adoptée (notamment, l'image sur laquelle nous travaillons n'est pas une perspective, et la carte des vecteurs normaux est bien plus précise avec le protocole proposé ici). Cette carte peut donc être ré-interrogée en l'éclairant virtuellement, en déplaçant précisément une source lumineuse à 360° en azimuth et selon une altitude de 90° au-dessus de l'horizon. Cette opération s'appelle le « matriçage de surface de Phong » et s'applique grâce à un filtre du même nom présent dans le logiciel Krita.



*Déclinaison de la carte des vecteurs normaux « matriçage de surface de Phong du logiciel Krita
exemple de l'orthostate R3 de Kercado, Carnac.*

Comme la carte est un développé, toute la surface peut être interrogée en une seule fois. Il est ainsi possible d'analyser les surfaces concaves ou à proximité d'une autre paroi difficiles à atteindre en réalité avec la procédure des éclairages tournants et rasants.

Cette procédure n'a pas encore été testée et ne se substitue pas encore aux éclairages tournants et rasants. Elle permet malgré tout de résoudre des points difficiles. Néanmoins, le potentiel suggéré est important et pourrait amener une évolution importante des méthodes de travail.

En attendant que ce nouveau pas soit franchi, le protocole actuel reste valide : la projection du levé des gravures sur le support. Mais alors que cette opération était effectuée manuellement auparavant, cette étape est maintenant semi-automatisée.

3.2.3.6. Transfert du levé des gravures

Le transfert du levé des gravures nécessite d'être anticipé avant le travail de reconstruction 3D en photogrammétrie, puisque le premier cliché de la station réalisé pour le levé des gravures est inclus dans le jeu photogrammétrique. Cette première photo a la particularité d'être prise avec un éclairage frontal. Elle comprend souvent une échelle dans son champ, mais cela n'a jusqu'à maintenant posé aucun problème au moment de l'aérotiangulation des clichés.

En parallèle de cette précaution, le levé est effectué dans Adobe Illustrator comme expliqué dans le chapitre [3.2.2. Levé des gravures](#).

Quand le tracé des contours, la synthèse des enlèvements de matière et l'interprétation des signes et motifs est effectué, ces trois niveaux d'interprétation peuvent être exportés. L'image doit alors partager les mêmes caractéristiques que le cliché intégré dans le chantier de reconstruction Photoscan, c'est-à-dire même format et même nombre de pixels. Une fois la substitution effectuée, ces trois images peuvent être projetées sur le maillage haute définition. Le résultat est une nouvelle texture qui est exportée puis chargée dans Blender afin de procéder à un transfert de texture.

De cette manière, les informations se retrouvent dans le même système de coordonnées et se superposent avec l'ensemble. Elles s'ajoutent donc à l'atlas en cours de constitution. Mais avant de détailler plus avant l'organisation de cette base de données, la manière dont les désordres sont inventoriés sera décrite.

3.2.4. L'inventaire des désordres

On le sait, l'accès libre à la plupart des monuments contenant des gravures sur leurs parois a entraîné de nombreux dommages. La pression touristique croissante depuis les années 1960 augmente notablement le surlignage des figures (Carnac, Locmariaquer, entre autres), et ne peut éviter que le vandalisme ordinaire n'abîme les supports et l'environnement des architectures qui les contiennent. Des hivers plus humides ces dernières années sont probablement à l'origine de nouvelles colonisations biologiques (Gavrinis) quand la restauration même de certaines tombes n'a pas entraîné la progression d'algues et de mousses bénéficiant de déséquilibres climatiques dans des espace désormais confinés (Arzon, Locmariaquer). L'observation attentive des dalles gravées nous a tout naturellement poussé à rendre compte de ces désordres, dans les limites de nos compétences.

Les figures d'altération de la pierre prennent des formes variées qui ont été recensées et décrites dans un glossaire illustré, document ICOMOS téléchargeable sur le site de l'organisation et dont nous pouvons nous inspirer : (<http://www.international.icomos.org>)

Ce glossaire définit quelques termes généraux (altération, dégradation...) et distingue 5 **grandes catégories de formes d'altération** dans lesquelles sont classées plus de 70 altérations différentes :

1. **fissures et déformations** (fracture, clivage...) ;
2. **détachements** (boursoufflure, éclatement, délitage, désagrégation, fragmentation, pelage, desquamation) ;
3. figures induites par des **pertes de matière** (alvéolisation, érosion, dégât mécanique, microkarst, partie manquante, perforation, pitting) ;
4. **altérations chromatiques et dépôts** (croûte, dépôt, altération chromatique, efflorescence, encroûtement, aspect luisant, graffiti, patine, encrassement, subefflorescence) ;
5. **colonisations biologiques** (algue, lichen, mousse, moisissure, plante).

Ces termes ont été mobilisés dans la description préliminaire des désordres relevés au sein de la tombe à couloir de Gavrinis, notamment par le LRMH (Cassen *et al.* 2013).

On le sait, la **présence d'eau** est déterminante dans l'apparition de la plupart des altérations. L'eau mobilise les sels solubles, gèle, dissout les minéraux, favorise l'implantation et l'activité des organismes vivants, modifie les propriétés mécaniques... La **circulation de l'eau** dans les milieux confinés des tombes sous tumulus, ou en surface des stèles gravées, est donc un paramètre qui devra à n'en pas douter être mieux maîtrisé pour résoudre plusieurs des désordres observés.

- L'eau peut monter par **capillarité depuis le sol** jusqu'au sommet des orthostates dans les cas les plus extrêmes. Une nappe phréatique subaffleurante, un sous-sol mal drainé, une contre-pente malencontreuse induisent la concentration de grands volumes d'eau au pied (stèle de Saint-Samson) ou au sein d'un édifice (tombes de Kercado, Pierres Plates, Mané Rutual). Dans ces zones de remontées capillaires, les dégradations sont fréquentes (Bromblet 2010) : l'eau imbibe les matériaux qui montrent des taches d'humidité plus ou moins sombres ; en se concentrant et en s'évaporant, l'eau permet aussi la cristallisation de sels solubles qui forment des **efflorescences**

(Gavrinis, Kercado, Mané Kerioned), des croûtes salines superficielles et qui, en contaminant plus en profondeur la pierre, sont capables de produire différents types d'altérations (selon le cas, la pierre se desquame - formation d'écaillés - ou se désagrège - formation d'un sable - de façon uniforme ou en créant des figures particulières ressemblant à des alvéoles - Sellier 1997).

- **L'eau de pluie** peut bien sûr s'infiltrer à travers les maçonneries néolithiques, ou appareils restaurés, et venir s'évaporer en permettant la cristallisation de sels solubles et en provoquant des dégradations identiques à celles que l'on observe dans les zones de remontées capillaires. Les **transferts gravitaires** (perméabilité) s'ajoutent aux **transferts capillaires** sur ces surfaces.

À propos des efflorescences salines, rappelons que les sels ont de nombreuses origines possibles, naturelles ou liées aux activités humaines. L'action des sels est plus particulièrement évidente à proximité de la mer où les matériaux sont contaminés par les embruns et la pluie chargée en sels (chlorure de sodium - halite), par l'usage de matériaux pollués (eau de gâchage des mortiers, cf. Gavrinis) ou même par la nappe phréatique plus ou moins salée (Mané er Hroëck). Certaines pierres, extraites à proximité de la mer (orthogneiss et migmatite de Rhuys), peuvent d'ailleurs être déjà contaminées en carrière. Cela dit, le chlorure de sodium n'engendre que des dégradations très modérées comparé à d'autres sels beaucoup plus dommageables tels que les sulfates de sodium (thénardite/mirabilite - Bromblet 2010).

Quant aux nombreux **organismes vivants actifs** dans l'environnement et qui interfèrent avec les supports gravés et les pierres en œuvre, ils peuvent être séparés en deux groupes : ceux qui entraînent la formation de dépôts visibles, tels que les **algues, champignons, lichens** ; ceux qui, comme certaines **bactéries**, provoquent une décohésion du matériau sans former de dépôt visible.

- Les algues participent ainsi à l'altération du support par le phénomène de **rétenion d'eau** qu'elles entraînent, par la production de certains **acides organiques**, de façon mécanique par l'accrochage sur le support, mais aussi par des modifications chromatiques inesthétiques.
- Les lichens s'accrochent aussi sur le matériau grâce à leurs racines. Ils forment des **recouvrements colorés** sur les surfaces humides et parmi les grands groupes morphologiques de lichens, ce sont les *foliacés* et les *crustacés* que l'on rencontre majoritairement sur la plupart des monuments mégalithiques.
- Les bactéries sont une source de désordre que nous ne savons pas reconnaître visuellement. Mais cette microflore spécifique a été signalée à maintes reprises dans les altérations des roches des monuments historiques.

Le **manque d'entretien**, les **traitements inadaptés**, la **fréquentation excessive** et le **vandalisme** sont enfin les grandes causes contribuant à ces familles de désordres dont il faut bien faire l'inventaire pour une meilleure politique de protection des signes gravés néolithiques. Mais les diagnostics ne sont jamais faciles, et le LRMH plaide pour des enquêtes poussées. La recherche des causes d'une altération peut en effet nécessiter de nombreuses investigations pour caractériser les matériaux sains et altérés, identifier les produits de l'altération, analyser l'environnement actuel (atmosphère, hydrogéologie, climatologie, cheminement des eaux) et passé de l'édifice et souvent même retracer son histoire et celle de ses altérations et restaurations anciennes. L'expérience en cours à Gavrinis, notamment en termes de suivi climatologique (débuté en 2016), sera certainement d'un grand profit pour répondre à ces questions en suspens.

En tout cas, nous avons profité de l'enregistrement photographique des surfaces, voire de leur observation *in situ* à la loupe binoculaire (Kercado, Mané Groh, Gavrinis), pour tenter les premières **cartographies des désordres** sur les dalles gravées. A cet égard, le résultat graphique du travail conduit en Galice en vue de la restauration du dolmen de Dombate fut des plus instructifs (Cebriáandel Moral et al. 2011).

3.2.5. *Organisation d'une base de données sous la forme d'un atlas*

Grâce à la déclinaison des cartes photoréaliste et des vecteurs normaux, plusieurs niveaux d'information peuvent être extraits, chacun d'entre-eux pouvant faire l'objet d'une carte venant se mapper parfaitement sur l'objet 3D. Nous avons également expliqué comment le levé du programme iconographique peut être intégré sur le modèle tridimensionnel. Ainsi, n'importe quelle information jugée utile peut être cartographiée.

Devant cette grande quantité d'information, il devient nécessaire de déterminer ce qui peut être cartographié, et d'établir des thèmes. Une liste (non-exhaustive pour le moment) répertorie l'ensemble de ces cartes selon la nature des surfaces. Cette base de données a été conçue en s'appuyant sur des travaux antérieurs concernant les Alignements de Carnac (Boujot et Mens 2000 ; Sellier 1991) et la fiche de documentation de l'état sanitaire construite par E. Heddebeaux construite à partir de (Boujot et Mens 2000). Trois catégories – identiques à la granularité définie dans le chapitre concernant la segmentation des modèles – ont été définies pour les architectures mégalithiques : le bloc orné, les maçonneries en pierre sèche, et les surfaces tumulaires avec l'environnement immédiat.

Cette structuration est à considérer comme une liste permettant de définir un cap pour orienter les futurs travaux. Toutes les informations ne sont pas encore prises en compte, et ne le seront peut-être jamais.

Aussi, toutes les informations ne sont pas encore inventoriées. Avec l'expérience, il sera possible de compléter certaines parties.

3.2.5.1. Système d'information pour les blocs ornés

Les blocs ornés sont au cœur de ce programme de recherche. Par conséquent, la réflexion s'est essentiellement concentrée sur cette échelle de documentation. Cela se traduit aussi par la création d'un objet spécifiquement à chaque support orné – l'atlas est donc individualisé pour chaque pierre. Deux catégories d'information peuvent être définies : l'un concerne la synthèse des interventions naturelles, l'autre la synthèse des interventions anthropiques.

- **Synthèse des processus naturels :**
 - Description de la géométrie du bloc
 - *Face d'affleurement, face d'arrachement, diaclase, piédestal, encoche, coupole balustr.*
 - Descriptions des microformes prémégalithiques
 - *Pseudolapiés, vasques, rainures.*
 - Descriptions des microformes postmégalthiques
 - *Désagrégation granulaire, écaillage, pseudolapiés, sillons sommitaux, exfoliation, vasques et cuvettes, desquamation, cannelures, réseaux polygonaux.*
- **Synthèse des interventions anthropiques**
 - Traces d'extraction et de manutention du bloc
 - *Mortaises d'extraction, usure liée à la manutention, etc.*
 - Dressage des surfaces
 - *Cette partie doit encore se nourrir de l'expérimentation.*
 - Programme iconographique
 - *Contours, cupules de percussion, synthèse des enlèvements de matière, signes et motifs.*
 - Dégradations modernes
 - *Graffitis, dépôts de suie, cassures, etc.*
 - Synthèse de l'état sanitaire
 - *Cassures, dépôts blanchâtres, mousses, lichens, humectation des surfaces, circuit du ruissellement de l'eau, etc.*

3.2.5.2. Système d'information pour les appareils en pierre sèche

Si cette partie de l'atlas est nommée en regard des appareils en pierre sèche, elle s'applique en réalité à toutes les structures internes et toutes les structures tumulaires appareillées selon cette technique. Mais une grande partie de l'atlas présenté précédemment peut s'appliquer à ce type de maçonnerie – d'autant plus que selon la segmentation adoptée, des orthostates sont inclus dans les structures internes.

- **Appareil en pierre sèche**
 - Description de la maçonnerie
Contours des blocs formant le parement.
 - Rôle structurel
Panneresse, boutisse, indéterminé.
 - État de conservation
Parement néolithique, parement restauré (année de restauration).

3.2.5.3. Système d'information pour les construction tumulaires

Cette échelle de définition concerne à la fois les constructions tumulaires, et les abords immédiats qui ont pu être enregistrés.

- **Construction tumulaire**
 - Description de la surface du tumulus
Emprise des éboulis, estimation du tumulus initial, localisation de blocs apparents, prélèvements en carrière, ravinements.
 - Végétation
Absence de végétation, végétation rase, arbustes, arbres, localisation des troncs.
 - Impact touristique
Aménagement du site, zones de circulation.

3.2.6. Mise en œuvre des atlas

Comme nous l'avions évoqués précédemment, toutes les entrées ne sont pas nécessairement renseignées pour le moment – et peut-être ne le seront-elles jamais toutes. Néanmoins, un ensemble d'information est d'ores et déjà systématiquement appliqué à l'ensemble des objets documentés. Une nomenclature précise a été établie de manière à normaliser au maximum la base de données. L'objectif est de faciliter les exploitations futures comme présenté dans le chapitre [3.7.2. Analyse croisée des atlas de texture](#).

3.2.6.1. Supports ornés

Pour les blocs ornés, les cartes créées sont organisées en quatre thématiques : aspect visuel, levé du programme iconographique, déclinaison DStretch, et état sanitaire du bloc. Chaque fichier est nommé de la manière suivante : [Nom de la dalle ornée]_[Identifiant thématique]_[Nom de la carte]. Pour le nom de la carte, seules les lettres en gras sont utilisées. Pour les images DStretch, un suffixe est ajouté afin de conserver l'échelle de l'effet appliqué.

- Atlas de texture associé à l'objet virtuel :
 - A – Aspect visuel :
 1. [NomDalleOrnee]_A_PhotoRealiste
 2. [NomDalleOrnee]_A_OcclusionAmbiante
 3. [NomDalleOrnee]_A_NormalMap
 - B – Levé programme iconographique :
 4. [NomDalleOrnee]_B_COntours
 5. [NomDalleOrnee]_B_CUpules
 6. [NomDalleOrnee]_B_ENlevement
 7. [NomDalleOrnee]_B_Signes
 - C – Déclinaison DStretch (sur l'image A_PR) :
 8. [NomDalleOrnee]_C_crgb-20
 9. [NomDalleOrnee]_C_lab-20
 10. [NomDalleOrnee]_C_lbk-20
 11. [NomDalleOrnee]_C_lb1-20
 12. [NomDalleOrnee]_C_lds-20
 13. [NomDalleOrnee]_C_lrd-20
 14. [NomDalleOrnee]_C_lre-20
 15. [NomDalleOrnee]_C_lwe-20
 16. [NomDalleOrnee]_C_ybg-20
 17. [NomDalleOrnee]_C_ybk-20
 18. [NomDalleOrnee]_C_yb1-20
 19. [NomDalleOrnee]_C_ybr-20
 20. [NomDalleOrnee]_C_yds-20
 21. [NomDalleOrnee]_C_ydt-20
 22. [NomDalleOrnee]_C_yrd-20
 23. [NomDalleOrnee]_C_yre-20
 24. [NomDalleOrnee]_C_yuv-20
 25. [NomDalleOrnee]_C_ywe-20
 26. [NomDalleOrnee]_C_yye-20

- D – Synthèse de l'état sanitaire du bloc :
 27. [NomDalleOrnee]_D_Abrasions
 28. [NomDalleOrnee]_D_MOIssures
 29. [NomDalleOrnee]_D_MOUsses
 30. [NomDalleOrnee]_D_MOUssesFines
 31. [NomDalleOrnee]_D_LICHens

3.2.6.2. Maçonneries en pierres sèches

Pour les maçonneries en pierre sèche – ce qui peut s'apparenter à ce que nous appelons « structures internes » après segmentation du modèle –, ces informations sont cartographiées. À noter toutefois que comme l'effort du programme de recherche ne porte pas réellement sur cette échelle, seule la catégorie « aspect visuel » est générée. La section « D – parements en pierre sèche » est présente pour préfigurer la suite :

- Atlas de texture associé à l'objet virtuel :

- A – Aspect visuel :
 1. [Nom]_A_PhotoRéaliste
 2. [Nom]_A_Occlusion Ambiante
 3. [Nom]_A_Normal Map
- D – Parements en pierre sèche
 4. [Nom]_D_Contours des blocs
 5. [Nom]_D_Rôle du bloc
 6. [Nom]_D_Authenticité
 7. [Nom]_D_État de conservation

3.2.6.3. Constructions tumulaires

Les constructions tumulaires intègrent également les abords immédiats. De la même manière que pour les appareils en pierre sèche, le développement consiste à préfigurer la suite des travaux et n'est pas encore réellement adopté :

- Atlas de texture associé à l'objet virtuel :

- A – Aspect visuel :
 1. [Nom]_A_PhotoRéaliste
 2. [Nom]_A_Occlusion Ambiante
 3. [Nom]_A_Normal Map
- B – Description de la surface du tumulus :
 4. [Nom]_B_Emprise des éboulis
 5. [Nom]_B_Estimation du tumulus initial
 6. [Nom]_B_Blocs apparents
 7. [Nom]_B_Ravinement
- C – Emprise de la végétation
 8. [Nom]_C_Absence de végétation
 9. [Nom]_C_Végétation rase
 10. [Nom]_C_Arbustes
 11. [Nom]_C_Arbres
 12. [Nom]_C_Troncs
- D – Parements en pierre sèche
 13. [Nom]_D_Contours des blocs
 14. [Nom]_D_Rôle du bloc
 15. [Nom]_D_Authenticité
 16. [Nom]_D_État de conservation
- E – Impact touristique
 17. [Nom]_E_Équipements
 18. [Nom]_E_Zones de circulation

3.3. Représentations

3.3.1. Descriptions géométrales

Nous prenons le parti d'affirmer que les travaux menés pour décrire les objets ne peuvent pas faire l'impasse sur la description géométrale. C'est la seule manière qui autorise la comparaison à travers l'espace et le temps. Les reconstructions tridimensionnelles peuvent être déclinées sous une multitude de modes de représentation que nous allons maintenant tâcher de qualifier.

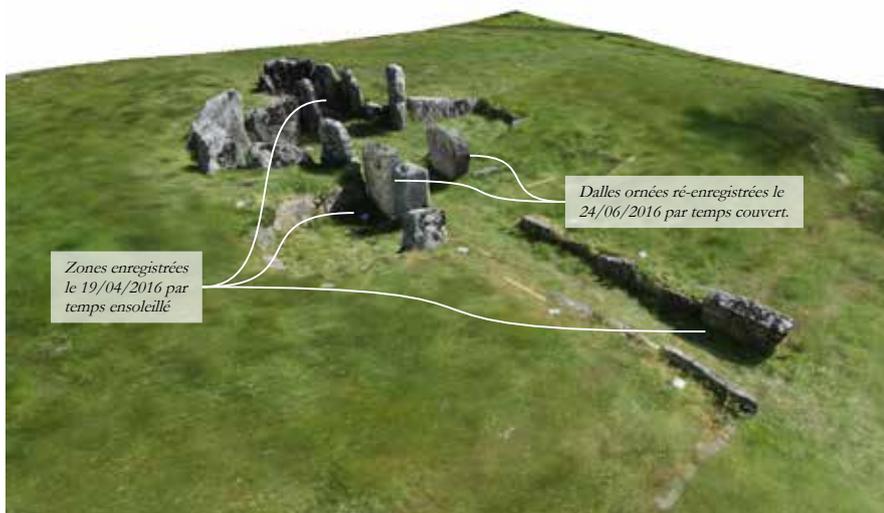
3.3.1.1. Génération et signification des différents modes de représentation

1. Représentation photoréaliste

Définition

La représentation photoréaliste est issue d'une image mosaïque. Elle peut être issue de photogrammétrie ou de la lumière structurée, et éventuellement de lasergrammétrie – à noter toutefois que cette dernière technique produit un résultat esthétique peu satisfaisant.

Pour les images issues de la photogrammétrie – puisque c'est cette technique qui est la plus mobilisée –, les conditions d'acquisition nécessitent un éclairage optimale de toute la scène. Par conséquent, le modèle est en général parfaitement illuminé et même dans les espaces sombres, le rendu des couleurs peut être jugé optimal. À vrai dire, ce sont les acquisitions en extérieur par temps ensoleillé qui sont beaucoup plus problématiques dans la mesure où les apports de lumière ne sont pas toujours suffisamment puissants pour déboucher les ombres générées par le soleil. Ce problème a notamment été rencontré pour la documentation de Cruguellic (Ploemeur, Morbihan).



Exemple de problème d'ensoleillement lors d'une acquisition en photogrammétrie : un retour a été nécessaire pour enregistrer les supports ornés dans de meilleures conditions

– exemple : Cruguellic à Ploemeur.

Utilisation

Cette information est particulièrement utile pour rendre compte de l'aspect de l'objet documenté. En outre, il est possible de cartographier de nombreuses informations à partir de cette donnée.

Il faut aussi souligner que l'aspect mosaïque de cette image permet d'acquérir de nombreuses nuances de couleur que l'extension DStretch de ImageJ est capable de révéler. Par conséquent, cette image est déclinable comme nous l'avons expliqué dans le chapitre [3.2.3.5.1. Exploitation de la carte photoréaliste](#).

Mode de création

- En photogrammétrie, la création de la texture à partir des différents clichés permet de produire un résultat optimal.
- En lumière structurée, la couleur de l'objet est aussi acquise en même temps.
- En lasergrammétrie, la couleur peut être acquise si le capteur est équipé d'un appareil photo. Cette information est alors stockée au niveau de chaque point des nuages de points. Au moment de la création des maillages, il est possible de transférer ces couleurs au niveau de chaque sommet de la surface en effectuant une moyenne, puis de transférer cette information sur une texture (la méthode est expliquée ci-après pour l'occlusion ambiante). Il est facile de comprendre que l'information, à l'issue de plusieurs transferts et moyennes, perd en qualité et produit au final un résultat peu satisfaisant.

Une fois que cette information est transcrite sous la forme de texture, la création de l'ortho-image est facilitée – soit à l'aide du logiciel Blender, soit de Meshlab.

2. Représentations « ombrées »

Définition

Les représentations ombrées sont générées à partir d'une représentation des vecteurs normaux. Nous ne reviendrons pas sur la définition de ce type d'information, exposée dans le chapitre [3.2.3.5.2. Exploitation de la carte des vecteurs normaux](#).

Utilisation

Il s'agit d'une façon de documenter les reliefs en s'approchant d'un ombrage. Cela ne correspond cependant pas exactement au standard appliqué en architecture car il n'y a – avec cette méthode – aucune ombre portée. Traditionnellement dans la mise en forme des relevés architecturaux, les ombres sont créées avec une source lumineuse placée en haut à droite (pour les élévations), et inclinée à 45° vers la gauche, et vers la profondeur. De cette manière, les ombres portées permettent de renseigner du premier coup d'œil la profondeur de la façade ou la hauteur des bâtiments.

L'absence de ces ombres portées n'est pas un inconvénient dans notre cas car les surfaces très détaillées peuvent alors exprimer d'avantage d'information. Aussi, la position de la source lumineuse n'est pas contrainte et est multipliée de manière à trouver l'éclairage optimal par rapport au contexte.

Mode de création

La carte des vecteurs normaux générée au moment de la constitution de l'objet virtuel ne peut malheureusement pas être utilisée pour la création de la description géométrale. Elle est en effet obtenue à la suite d'un calcul réalisé en mode « tangent », et non pas selon le point de vue de l'observateur. Plus précisément :

- la carte des vecteurs normaux – produite en mode « tangent » – correspond à un développé de toute la surface. Pour chaque pixel, un vecteur normal à la surface est calculé, l'intersection avec le modèle haute définition défini, et la différence d'orientation transcrite en RVB est appliquée.
- Ce qui est attendu pour la description géométrale n'est pas un développé, mais une transcription des reliefs à partir d'un seul point de vue. Cela signifie concrètement que cette fois-ci, le vecteur normal n'est plus défini localement, par rapport à la surface, mais par rapport à la caméra.

Cette différence dans le mode de génération de ces images permet de renseigner dans le premier cas seulement les microreliefs, mais sur toute la surface, et dans le second cas les microreliefs et la volumétrie de l'objet, mais selon un seul point de vue.

Blender est en mesure de calculer ces données selon ces deux modes opératoires. Pour des raisons d'efficacité, il peut être plus rapide de mobiliser Meshlab et l'ombrage « *normal map* ».

3. *Représentation en occlusion ambiante*

Définition

L'occlusion ambiante est une technique de représentation issue de l'industrie cinématographique et/ou du jeu vidéo. Le principe est d'augmenter le réalisme des modèles 3D en simulant la quantité de lumière reçue par chacune des parties. Le résultat est une image en niveau de gris : les parties les plus concaves – recevant peu de lumière – sont sombres, alors que les surfaces planes et convexes sont davantage exposées et produisent un résultat s'approchant du blanc.

Initialement, cette texture est appliquée lors du *compositing* – opération consistant à régler le mode de fusion entre les différents calques pour obtenir le rendu final. Le meilleur rendu est la fusion en produit : les pixels les plus sombres (valeurs proche de 0) sont multipliés par les pixels qu'ils superposent, ce qui génère un résultat effectivement proche de 0 ; la même opération est réalisée avec les pixels les plus clairs (valeurs proche de 255), et les résultats sont bien au-delà de l'ensemble des valeurs définissant une image (valeurs comprises entre 0 et 255 donc). Par conséquent l'affichage est limité à la valeur maximale possible, ce qui a pour effet d'éclaircir le rendu. Il est enfin possible de pondérer l'effet afin d'obtenir l'effet souhaité.

Utilisation

La représentation en occlusion ambiante permet grâce aux différentes nuances de gris de renseigner visuellement la morphologie de l'objet. Même si un objet est isolé de son contexte, il est possible – à condition que l'environnement ait été présent au moment de la génération de cette information – de déduire où se placent les pierres de calage autour d'un bloc orné dans les structures internes d'une allée couverte par exemple.

Ce rendu graphique est assez neutre ; il est donc idéal pour accueillir d'autres niveaux d'information comme les courbes de niveau, le levé du programme iconographique, l'état sanitaire, etc.

Mode de création

Cette information peut être générée de différentes manières :

- dans Meshlab, il est possible de calculer l'occlusion ambiante, mais le résultat est dans un premier temps stocké soit au niveau de chaque sommet, soit sur chaque face du maillage (la première option est préférable). Pour transcrire cette information sous la forme d'une texture, il faudra ensuite définir des coordonnées UVW (*filters / texture / parametrization : trivial per-triangle*) et transférer les couleurs de chaque sommet sur une nouvelle texture (*filters / texture / vertex color to texture*). À noter également qu'il est possible d'éditer le rendu du calcul grâce à l'outil *Quality mapper* (conversion des niveaux de gris en bandes de couleurs, réglages de la luminosité, du gamma, etc.).
- dans Blender, il est possible de réaliser un transfert (*baking*) de texture avec seulement l'occlusion ambiante. Cela peut être fait uniquement sur l'objet basse définition lui-même, soit du maillage haute définition vers le maillage basse définition. L'avantage de la seconde méthode est d'obtenir un résultat visuellement beaucoup plus riche.

4. Création d'un MNT

Définition

Deux des modes de représentation décrit précédemment (occlusion ambiante et représentation ombrée) permettent de qualifier les reliefs. Cependant, cela ne permet pas de qualifier la profondeur de l'objet par rapport au point de vue. C'est ce que permettent les courbes de niveau. Équidistantes, il suffit alors de compter le nombre de lignes séparant deux parties de l'ortho-image pour en évaluer l'altitude (dans le cas des vues en plan) ou la profondeur (dans le cas des élévations ou des coupes).

Utilisation

Afin de faciliter la lecture, 3 équidistances sont définies. Cela permet – lorsque les surfaces sont particulièrement tourmentées – de mieux apprécier encore les jeux de creux et de bosse. Le niveau le plus resserré est toujours représenté en tirets assez fin et en gris légèrement plus soutenu que le rendu de l'occlusion ambiante. Le niveau intermédiaire apparaît toutes les 5 unités et est rendu en tirets légèrement plus épais, et en noir. Enfin le niveau le plus étendu regroupe 10 unités du niveau le plus resserré ou 2 unités du niveau intermédiaire, et est visualisé en trait continu encore plus épais que le précédent.

Mode de création

Le mode de création de ces informations est assez complexe car il mobilise une suite d'opérations dans au moins trois logiciels.

Tout d'abord, dans 3DS MAX, un modificateur « UVW map » est appliqué sur l'objet à documenter. Réglé pour que la texture soit appliquée sous la forme d'un plan, la dimension de ce plan peut être réglée précisément. Une texture est alors appliquée sur l'objet – elle doit être composée d'une bande blanche et d'une bande noire, la ligne de contraste devant passer exactement au milieu de l'image. Si le modificateur est réglé avec une largeur de 10 cm par exemple, l'image appliquée se répète sur toute la profondeur de l'objet par rapport à la caméra. Aussi, les deux bandes ont une largeur de 10 cm, donc la distance en profondeur entre deux lignes de contraste est de 5 cm.

Après rendu de l'image, elle est mise à l'échelle à l'aide de Adobe Photoshop, puis elle est chargée dans Adobe Illustrator. Elle est alors superposée aux autres images, puis est vectorisée en suivant le réglage prédéfini « dessin technique ». Il ne reste alors plus qu'à mettre en forme ces nouveaux tracés selon le langage graphique explicité précédemment.

L'opération peut être répétée pour obtenir les vues de dessus, de devant et d'arrière, puis de gauche et de droite.

5. Radiance scaling

Définition

Le logiciel Meshlab possède une liste importante de filtres qui permettent d'affecter en temps réel le rendu des surfaces. L'un d'entre eux s'appelle *radiance scaling* (graduation de radiance). Il a la capacité d'explicitement les reliefs en s'appuyant à la fois sur le rayon de courbure et les caractéristiques du matériau dans sa version initiale (Vergne et al. 2011) – mais il faut préciser que le second facteur n'a pas pu être utilisé dans Meshlab. Ce filtre possède quatre sous-paramètres : le premier d'entre-eux, appelé *Lambertian Radiance Scaling*, affiche le résultat en niveau de gris, et c'est le seul que nous mobilisons pour documenter les blocs ornés. Il accentue en blanc les zones où le rayon de courbure est plus important et propose un ombrage dans les zones où les parois sont les plus parallèles au point de vue.

Le mode d'affichage (affichage plat ou lissé) du maillage impacte la détection du rayon de courbure et donc le résultat final. Concrètement, si le mode d'affichage plat est activé, les arêtes du maillage seront visibles. Il faut noter également que le degré de détection varie en fonction du zoom ou de la taille de l'image exportée. Si les résultats peuvent être très convaincants à l'affichage, il est difficile d'utiliser ce nuanceur (*shader*) pour une description géométrale des surfaces.

Utilisation

Ce mode de rendu n'est utilisé que pour la documentation des blocs ornés car les informations générées ne sont pas pertinentes pour les autres objets.

Mode de création

Ce rendu ne peut être – à notre connaissance – généré que par Meshlab.

6. Autres représentations

La construction des descriptions géométrales mobilisent d'autres informations. Cependant, elles sont pour le moment et la plupart du temps directement créées sur les plans, les élévations ou les coupes.

Néanmoins, dans le cas où l'information est directement cartographiée à travers l'atlas tel que nous l'avons présenté auparavant, le traitement est assez classique par rapport à ce qui a été exposé car une fois que la carte est affichée sur le modèle 3D, une ortho-image est rendue, redimensionnée, puis superposée aux documents déjà présents dans Adobe Illustrator. Enfin, il suffit de vectoriser le contenu de la carte (en suivant le réglage prédéfini « dessin technique » ou « vectorisation simple » en fonction de l'effet souhaité) pour pouvoir le mettre en forme plus facilement.

3.3.1.2. Mise en forme de la description géométrale

1. Précautions

Quelques précautions sont à prendre au moment de la production des ortho-images.

Il faut tout d'abord veiller que la caméra soit en mode projection parallèle, ou orthographique – en somme, il ne faut pas de perspective. Dans Blender, il est facile de spécifier le type de caméra souhaité ; dans Meshlab, il est possible de régler le FOV (*Field Of View*) sur ortho en déroulant la molette de la souris tout en appuyant sur la touche « *shift* ».

Aussi, il faut veiller à ce que le point de vue choisi corresponde à une des vues prédéfinies par le logiciel (vue de dessus, de devant, de l'arrière, de gauche ou de droite). De cette manière, si l'objet ne subit aucune rotation, il est possible de superposer précisément des vues provenant de différents logiciels.

2. Définir la taille de l'ortho-image à produire

La taille de l'ortho-image à produire est une donnée importante qu'il faut décider en accord avec l'échelle de représentation souhaitée – en sachant que toutes nos images sont introduites dans Adobe Illustrator avec une résolution de 300 ppi.

Avant de déterminer la taille de l'image, il convient de formater le cadrage des ortho-images pour que le bord de l'image corresponde exactement aux bords de l'objet représenté : en effet, toutes les mesures sont réalisées de bords à bords, et cette précaution permettra d'être beaucoup plus efficace par la suite.

En résumé, il convient d'obtenir la dimension de l'objet 3D, de définir une échelle de documentation, puis d'effectuer un produit en croix pour obtenir la dimension de l'image.

Par exemple, pour un bloc orné de 156,7 cm de hauteur, représenté à l'échelle 1/20, nous obtenons :

$$\begin{array}{c|c} 1 & 20 \\ \hline ? & 156,7 \end{array}$$

Le calcul indique une image de 7,835 cm de hauteur.

Sauf cas exceptionnel, les échelles choisies sont toujours identiques :

- bloc orné : 1/10 ou 1/20 selon la taille du bloc ;
- structures internes : 1/50 ou 1/100 selon les dimensions ;
- tumulus et abords : 1/250 ou 1/500 selon l'importance du site.

3. Construire la description géométrale

Compiler les images dans Adobe Illustrator :

Toutes les images sont donc aux mêmes dimensions, et cadrées exactement de la même manière. Glissées dans Illustrator, il n'y a pas besoin de les redimensionner car elles sont déjà à la bonne échelle – celle que nous avions choisie précédemment.

Il faut simplement veiller à répartir les images dans différents calques, selon les modes de représentation comme ce qui sera défini dans le chapitre suivant

Habiller l'ortho-image :

Enfin, divers calques d'habillage peuvent être ajoutés pour remplir le sol, souligner la silhouette des objets, insérer un personnage, une échelle graphique, des légendes, etc.

3.3.1.3. Mobilisation des modes de représentation selon l'échelle décrite

Tous les modes de représentation ne sont pas mobilisés pour chaque échelle, et il s'avère avec l'expérience que les mêmes calques sont systématiquement mobilisés.

1. À l'échelle du site

À l'échelle du site, la description géométrale comprend :

- un plan du site, décliné selon :
 - une représentation photoréaliste,
 - une représentation en occlusion ambiante,
 - une représentation en carte des vecteurs normaux convertie en niveau de gris (calque de réglage « mélangeur de couche » d'Adobe Photoshop, filtre Infra-Rouge, Bleu, Vert, Jaune, Orange, Rouge),
 - un MNT comprenant trois niveaux de lecture : 1m, 5m et 10m par exemple, mais cela peut varier selon les configurations,
 - différentes cartes provenant de l'atlas de texture.
- quatre élévations (frontale, gauche, arrière et droite), déclinées selon :
 - une représentation photoréaliste,
 - une représentation en occlusion ambiante,
 - une représentation en carte des vecteurs normaux convertie en niveau de gris (calque de réglage « mélangeur de couche » d'Adobe Photoshop, filtre Infra-Rouge, Bleu, Vert, Jaune, Orange, Rouge),
 - un MNT comprenant trois niveaux de lecture : 1m, 5m et 10m par exemple, mais cela peut varier selon les configurations,
 - différentes cartes provenant de l'atlas de texture.
- différentes coupes, déclinées selon :
 - une représentation photoréaliste,
 - une représentation en occlusion ambiante,

- une représentation en carte des vecteurs normaux convertie en niveau de gris (calque de réglage « mélangeur de couche » d'Adobe Photoshop, filtre Infra-Rouge, Bleu, Vert, Jaune, Orange, Rouge).

À cela, il faut aussi ajouter les différents calques d'habillage (titre, échelle, nord, masques, etc.).

2. À l'échelle des structures internes

À l'échelle des structures internes, la description géométrale comprend :

- un **plan des structures internes**, décliné selon :
- une représentation photoréaliste,
- une représentation en occlusion ambiante,
- une représentation en carte des vecteurs normaux convertie en niveau de gris (calque de réglage « mélangeur de couche » d'Adobe Photoshop, filtre Infra-Rouge, Bleu, Vert, Jaune, Orange, Rouge),
- un MNT comprenant trois niveaux de lecture : 1 cm, 5 cm et 10 cm par exemple, mais cela peut varier selon les configurations,
- le contour des dalles de couverture,
- différentes cartes provenant de l'atlas de texture.
- les **coupes représentant les différents parois** (élévations gauche, chevet, droite, sous- et surface des dalles de couverture), déclinées selon :
- une représentation photoréaliste,
- une représentation en occlusion ambiante,
- une représentation en carte des vecteurs normaux convertie en niveau de gris (calque de réglage « mélangeur de couche » d'Adobe Photoshop, filtre Infra-Rouge, Bleu, Vert, Jaune, Orange, Rouge),
- un MNT comprenant trois niveaux de lecture : 1 cm, 5 cm et 10 cm par exemple, mais cela peut varier selon les configurations,
- le contour des dalles de couverture,
- différentes cartes provenant de l'atlas de texture.

À cela, il faut aussi ajouter les différents calques d'habillage (titre, échelle, nord, masques, etc.).

3. À l'échelle du bloc orné

À l'échelle du bloc orné, la description géométrale comprend :

- une vue pour chaque face accessible¹⁶, déclinée selon :
 - **Général** : élévation photoréaliste
 - **Général** : élévation en occlusion ambiante
 - **Général** : MNT (5mm, 1cm et 5cm)
 - **État sanitaire** : élévations Dstretch (LAB – 20)
 - **État sanitaire** : élévations Dstretch (LDS – 20)
 - **État sanitaire** : élévations Dstretch (YBK – 20)
 - **Microreliefs** : élévation carte des vecteurs normaux (filtre infra-rouge)
 - **Microreliefs** : élévation carte des vecteurs normaux (filtre vert)
 - **Microreliefs** : élévation carte des vecteurs normaux (filtre orange)
 - **Microreliefs** : élévation carte des vecteurs normaux (filtre rouge)
 - **Microreliefs** : élévation carte des vecteurs normaux (filtre jaune)

¹⁶ Si une seule face est accessible, il faut alors aussi intégrer le profil d'élévation et de plan.

- **Microreliefs** : élévation en *radiances scaling*
- **Levé des gravures** : contours
- **Levé des gravures** : cupules / impacts de percussion
- **Levé des gravures** : synthèse des enlèvements de matière
- **Levé des gravures** : signes et motifs
- **Calques d'habillage** : environnement immédiat, contours de la dalle, blocs environnants...
- **Habillage** : légende

4. À l'échelle de l'état de surface

Dans le cadre de l'expérimentation relative au tracé gravé et à la préparation des surfaces menées, chaque niveau de préparation est documenté en photogrammétrie.

Après consolidation des différents chantiers, un maillage allégé est créé au-dessus des modèles photogrammétriques : un plan carré légèrement plus grand que celui de l'expérimentation, les UV sont dépliés puis il est subdivisé 4 fois, et le modificateur de Blender « Shrink wrap » est appliqué, ce qui a pour effet d'aimanter les sommets de ce nouveau maillage sur le modèle haute définition. Les opérations de création de carte photoréaliste et de carte des vecteurs normaux sont enfin effectuées. Ce maillage allégé servira ensuite de référence pour tous les calculs à suivre.

Le besoin était de pouvoir **qualifier** et de **quantifier** les différents niveaux de préparation.

Qualification des niveaux de préparation

Cet objectif est atteint en déclinant la carte des vecteurs normaux à l'aide du protocole décrit dans le chapitre [3.2.3.5.2. Exploitation de la carte des vecteurs normaux](#). La source lumineuse est déplacée tous les 45°, à une altitude constante de 10°. Afin de mieux comprendre la position de la source lumineuse, le même effet est appliqué à une sphère, et ce témoin est associé aux différentes cartes.

Quantification des niveaux de préparation

La quantification des niveaux de surface est transcrite à l'aide de carte des écarts produites à l'aide du logiciel CloudCompare. Ce sont les nuages de points bruts produits dans Agisoft Photoscan qui sont comparés soit les uns avec les autres, soit avec la surface créée dans Blender (et que nous appellerons « surface de référence » par la suite). Les résultats sont visualisables sous la forme d'un dégradé de couleurs. Une échelle a été spécialement conçue pour nos besoins, en valeurs absolues, pour cerner les écarts compris entre ± 1 cm, avec un resserrement de l'information à ± 1 mm. Deux cartes des écarts sont calculées :

- la première compare un niveau de préparation n avec sa version $n-1$. La matière enlevée entre chaque étape apparaît ainsi de manière assez précise ;
- la seconde compare un niveau de préparation n avec la surface de référence créée dans Blender.

La première carte présente l'inconvénient de comparer des maillages qui peuvent être « mobiles » les uns par rapport aux autres, en fonction de la précision obtenue au moment de la consolidation des données (cette phase avait été rendue délicate par l'identification de points invariants au cours des différents chantiers). Avec la seconde carte, l'un des maillages devient fixe, ce qui autorise peut-être des comparaisons plus fiables.

L'ensemble de ces images est ensuite réuni sur une planche dans Adobe Illustrator. Elles sont placées les unes à côté des autres, et organisées de façon à ce qu'un calque corresponde à un niveau de préparation.

Les données peuvent également être présentées sous la forme d'un poster.

3.3.2. Consultation des modèles 3D avec les atlas de texture

Cf. le chapitre [3.6.2.4.4. Mise en œuvre de Blend4Web](#).

3.4. Archivage pérenne des données

3.4.1. Présentation du contexte de ce travail

3.4.1.1. Motivations de ce travail

Depuis quelques décennies, les représentations tridimensionnelles des vestiges archéologiques sont utilisées pour aider à la compréhension et à la médiation de contenus archéologiques. Avec l'accession à des ordinateurs de plus en plus puissants et la diffusion des savoirs-faire, l'usage de ces représentations s'est largement et rapidement démocratisé.

Comme nous le décrirons dans le chapitre suivant, ces modèles tiennent une place particulière dans la connaissance de l'objet archéologique étudié. Cependant, il n'existait à ce jour aucune solution pérenne de sauvegarde de ces données. Or, de plus en plus de modèles sont produits chaque année dans le cadre de recherches. Dans le meilleur des cas, ils sont sauvegardés sur les machines des chercheurs avec éventuellement un stockage supplémentaire, considéré comme plus sécurisé, sur un autre poste ou un autre support. À long terme, ces conditions ne sont pas satisfaisantes pour conserver ces données.

Une réflexion commune menée par la TGIR Huma-num¹⁷, le CINES¹⁸ et le laboratoire Achéovision¹⁹ (Bordeaux) – formalisée à travers le Consortium 3D SHS²⁰ – a permis d'aboutir à la création d'un service d'archivage : de la même façon qu'on peut archiver un texte, une image ou un document sonore, l'objectif est de rendre possible l'archivage des modèles 3D.

Ce document est la formalisation d'une étape de la réflexion. Il rend compte des décisions qui ont été prises tout en ayant la volonté d'être un guide pour les producteurs qui souhaiteraient archiver leur modèles 3D au CINES. En effet, cet objectif nécessite d'être anticipé afin de faciliter la tâche. La procédure est détaillée au cours de ce document tout en introduisant les outils et les notions techniques requises.

Nous souhaitons souligner enfin que – même si tous les modèles n'ont pas vocation à être archivés au CINES, ou que toutes les structures n'auront pas accès à ce service –, la méthodologie et les préconisations sont valables pour un autre service d'archivage, que ce soit au sein du laboratoire, de l'Université, ou d'une autre structure.

3.4.1.2. Historique des projets d'archivage

La volonté d'archiver des modèles tridimensionnels n'est pas nouvelle. Dès 2003, l'UNESCO se saisit de la question à travers la *Charte sur la conservation du patrimoine numérique*²¹. Cela ne concerne pas directement les représentations virtuelles en archéologie, mais la menace de la perte (article 3), la nécessité d'agir (article 4), et l'aspect pérenne de l'information numérique (article 5) sont formellement établis. Ensuite, une série de mesures requises est annoncée : il s'agit d'élaborer des stratégies et des politiques (article 6), de sélectionner ce qu'il convient de conserver (article 7), de protéger le patrimoine numérique (article 8) et de préserver le patrimoine culturel (article 9). Enfin, les responsabilités (article 10), les partenariats et les coopérations (article 11) et le rôle de l'UNESCO (article 12) sont définis.

C'est en 2009 qu'une nouvelle charte sera rédigée plus spécifiquement pour la numérisation du patrimoine culturel. Il s'agit de la Charte de Londres (Denard 2009)²², mais elle concerne tous les médias : images, audiovisuels, textes, etc. Quelques années plus tard, après l'explosion des acquisitions 3D suite à la démocratisation de la photogrammétrie, la nécessité de préciser l'usage de la 3D se fait sentir. Néanmoins, si le terme de base de données est largement usité, les questions plus spécifiques liées à l'archivage ne sont pas abordées.

L'archivage à proprement parler a été plus spécifiquement discuté à travers les projets SAVE (Serving

17 Très Grande Infrastructure de Recherche Huma-Num. Cf. <http://www.huma-num.fr> (site consulté le 22/07/2016).

18 Centre Informatique National de l'Enseignement Supérieur. Cf. <https://www.cines.fr> (site consulté le 22/07/2016).

19 Cf. <http://archeovision.cnrs.fr> (site consulté le 22/07/2016).

20 Cf. <http://shs3d.hypotheses.org> (site consulté le 22/07/2016).

21 Cf. <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001331/133171f.pdf#page=89> (site consulté le 25/07/2016).

22 Cf. <http://www.londoncharter.org/> (site consulté le 21/10/2016).

and Archiving Virtual Environments)²³ et PFT3D (Plate-Forme Technologique 3D)²⁴. Le premier est un service américain ; le second est français (Bordeaux). Ils reposent tous les deux sur le même principe de dépôt des fichiers sur un serveur avec la possibilité de les consulter. Afin de les retrouver, un ensemble de métadonnées est renseigné (bien que nous ne les connaissions pas précisément actuellement par manque d'expérimentation).

D'autres initiatives ont également germées sur ce sujet. À partir du schéma MIDAS créé dès 1998 par English Heritage (organisme public indépendant) pour la documentation archéologique, le consortium européen 3D-ICONS a défini un nouveau schéma en vue de documenter les modèles 3D afin d'alimenter la bibliothèque numérique Europeana. Ces nouvelles spécifications, au nom de CARRARE²⁵, ont tenté d'intégrer les spécificités des modèles 3D. Cependant, avec Europeana comme objectif final, les spécificités de l'archivage pérenne semblaient être dévoyées dès l'initiative.

C'est dans ce contexte que le projet du Consortium, porté par la structure Archéovision, est apparu.

3.4.1.3. Nécessité d'archiver la 3D en archéologie

Quels que soient leurs objectifs (étude, conservation, diffusion), le modèle 3D et ses documents associés véhiculent des connaissances scientifiques et techniques, aussi bien passées que nouvelles. Par conséquent, il est légitime de vouloir les transmettre et donc de les archiver au même titre que les autres vecteurs de savoirs archéologiques (texte, photo, dessin, empreinte, échantillon, base de données, etc.). Et comme pour tous ces vecteurs, documenter la démarche qui a conduit au modèle 3D contribue à sa valeur scientifique : décrire le cheminement intellectuel suivi, ses objectifs, ses limites, ses méthodes, ses degrés de certitude et ses sources.

Satisfaire à la rigueur de la démarche scientifique conduit donc à porter une grande attention aux métadonnées : les documents archivés aujourd'hui seront les sources de demain. Il est du devoir du chercheur de rendre ces futures sources aussi « utilisables » que possible, en réfléchissant à ce dont ses successeurs pourraient avoir besoin, au regard des informations qui lui sont utiles à propos des sources auxquelles il fait appel aujourd'hui, et de celles dont qu'il regrette l'absence.

La modélisation 3D en archéologie concerne les vestiges mobiliers et immobiliers quelles que soient leur taille, leur morphologie, leur localisation géographique, et leur(s) époque(s). On distingue deux catégories de modèle 3D : le modèle *tel que saisi* et le modèle *tel que construit*. Le premier se veut être une image la plus exacte possible de l'état actuel du monument, alors que le second cherche à restituer un état antérieur, au moment de sa construction et / ou toutes étapes intermédiaires jugées pertinentes.

Le modèle est un outil permettant d'accéder à une compréhension du vestige complémentaire ou différente de celle offerte par les autres outils de visualisation, et son utilisation participe de différentes façons à l'étude.

En documentant l'existant, le modèle de terrain sert de support visuel pour l'analyse, d'aide au relevé, ainsi qu'à la présentation des résultats. Il contribue à **l'observation** (point de vue différent de celui dans la réalité), **la description** (dont mesures et édition d'ortho-images mosaïques), **la compréhension** (organisation, structure, fonction, etc.).

Le modèle de restitution, quant à lui, s'adresse plus particulièrement aux bâtiments. Comme la maquette de restitution réelle, ce modèle 3D permet de s'interroger sur la morphologie, l'agencement et la couverture des volumes, ainsi que la circulation, les ouvertures, et l'évolution chronologique des vestiges. La simulation de phénomènes physiques, difficilement accessible auparavant, est rendue plus aisée par cette modélisation 3D. Et enfin, d'un point de vue méthodologique, la compréhension immédiate du modèle favorise le travail collaboratif entre chercheurs de disciplines jusqu'à présent peu en interaction.

La visualisation 3D apparaît plus intuitive que les traditionnels plans et coupes (du moins aujourd'hui et dans la culture occidentale), et la possibilité de consulter le vestige pendant une durée plus longue que celle de la fouille, dans un autre contexte (à tout moment et en tout lieu), favorise l'émergence de nouveaux questionnements, de nouvelles hypothèses. Les attentes heuristiques liées à la modélisation 3D sont prometteuses, et renforcent la nécessité de son archivage.

23 Cf. <http://vwhl.clas.virginia.edu/save.html> (site consulté le 25/07/2016).

24 Cf. <http://archeogrid.in2p3.fr/> (site consulté le 25/07/2016).

25 Cf. <http://3dicons-project.eu/eng/Resources/Documentation/CARRARE-2.0-schema> (site consulté le 21/10/2016)

3.4.2. Introduction à la pratique de l'archivage

Avant d'entrer plus avant dans l'intégration de l'archivage dans les processus de travail, la spécification des données à renseigner et la manière de les enregistrer, nous allons commencer par définir ce que la notion d'archivage recouvre exactement et comment elle est mise en œuvre dans les domaines connexes à l'archéologie.

3.4.2.1. Définition de l'archivage et ses objectifs

1. Ce que l'étymologie peut nous apprendre

L'archivage désigne, selon la définition du Larousse, l'acte de collecte et de classement de données. Ce terme est issu du bas latin *archivum* qui désigne « l'armoire pour les actes », mais il est lui-même dérivé du grec ancien *archeion* qui signale un « bâtiment administratif, une magistrature » en relation avec les archontes²⁶.

Il est donc intéressant de constater que l'archive n'est pas quelque chose de statique, mais qu'elle est issue d'un processus (la **collecte**, le **classement** d'informations) et qu'il concerne un lieu en particulier (le meuble, le bâtiment administratif). De manière sous-jacente, la collecte introduit la **sélection** des informations et la quantité accumulée nécessite une **gestion** des informations de manière à pouvoir **retrouver un renseignement**. Si cette étape n'est pas respectée, le travail sera vain et il faudra recommencer l'opération de collecte, de sélection...

Ces principes sont également valables pour ce qui nous concerne : l'archivage numérique des représentations tridimensionnelles d'objets archéologiques.

2. L'archivage de nos jours

De nos jours, la question de l'archivage est devenue floue en raison de la multiplication des documents produits, de la dématérialisation des supports, et de la multiplication facilitée des lieux de stockage. En outre, le concept d'archivage a tendance à être confondu avec celui de la sauvegarde sécurisée, qui serait une simple copie, à l'identique, de nos données sur un autre disque dur considéré comme plus fiable que celui utilisé pour travailler.

En France, la réflexion et sa mise en œuvre ont été confiées au CINES dès 2004 (CINES 2014a).

Comme le définit le CINES (CINES 2014b), « l'archivage recouvre aujourd'hui plusieurs sens, mais ce **n'est pas une sauvegarde** [...], ce **n'est pas un service HSM**²⁷ [...], et ce **n'est pas l'ultime étape du stockage avant l'oubli ou la perte définitive** » des données.

L'archivage d'un document numérique – tel que défini par le CINES – vise à le « conserver, le rendre accessible et en préserver l'intelligibilité » sur le très long terme, c'est-à-dire plus de trente ans (délais néanmoins extrêmement courts au regard de l'âge des « données » exhumées par l'archéologue). Nous retrouvons bien ici les différents thèmes repérés à partir de son étymologie, mais le caractère numérique de nos données implique de détailler encore les enjeux.

La **conservation du document** dans le temps nécessite une gestion continue des supports physiques des contenus numériques puisque leur durée de vie est variable et – pour atteindre l'objectif des trente ans – plusieurs supports successifs seront peut-être nécessaires. Cet enjeu est propre à l'organisme hébergeur et nous n'interviendrons pas dans ce domaine.

Assurer l'accès au (contenu du) document est également un autre enjeu crucial. Outre les droits de diffusion, il est important de toujours être en mesure d'ouvrir le contenu d'un fichier. Par exemple, quel est l'utilité d'un fichier *.max sans le logiciel Autodesk 3DS Max pour accéder à son contenu ? Archiver un document nécessite que la donnée soit enregistrée dans un format de fichier dont la structure est lisible et documentée. C'est un des enjeux que nous détaillerons dans ce document.

²⁶ Les archontes sont des dirigeants politiques dans les cités grecs antiques.

²⁷ *Hierarchical Storage Manager*. Cela désigne un système permettant le stockage de données de façon hiérarchique. En fonction de différents critères (importance des données, rapidité d'accès nécessaire, etc.), les données sont réparties vers différents supports (bande magnétique, disque dur, mémoire vive, etc.) Le système gérant l'intégralité de ce type de fonctionnement transfère les données en fonction des critères établis (liés à une contrainte de coûts du stockage par exemple). – Définition Wikipedia (site consulté le 22/07/2016).

Préserver l'intelligibilité du document est le troisième enjeu et qui nécessitera certainement le plus d'effort pour le producteur de données souhaitant archiver. En effet, être en mesure d'ouvrir et d'accéder au contenu d'un fichier n'est pas suffisant pour pouvoir le comprendre. Pour pallier cette éventuelle difficulté, il est indispensable d'accompagner les fichiers archivés des clés de compréhension. Ce sont des « données de données », ou encore « données à propos de données » : des *méta-données*. Sommairement, les représentations tridimensionnelles en archéologie doivent être accompagnées de métadonnées décrivant l'objet concerné : comment il a été numérisé, pourquoi, par qui, quels documents ont été mobilisés pour compléter la modélisation, etc. Ce thème est également un point important que nous détaillerons dans ce document.

3.4.2.2. La pratique de l'archivage dans les domaines connexes

Les projets contenant des modèles tridimensionnels sont loin d'être les seuls à pouvoir être archivés. De nombreux programmes ont déjà été confrontés à l'archivage de photographies, de peintures, de textes, de vidéos, etc. numérisés. Nous pouvons à ce titre citer les travaux de digitalisation effectués par les bibliothèques comme Europeana²⁸, Gallica²⁹ et des autres instituts associés. Les documents concernés sont de nature très diverses, mais il faut pourtant définir un même schéma de documentation afin d'harmoniser la manière de présenter les informations associées à chaque fichier numérique.

Note : *Les travaux menés par les institutions comme Europeana, Gallica, etc. servent l'objectif d'exposer les contenus sur internet. Bien que les outils mobilisés soient les mêmes, il ne s'agit donc pas d'archivage. Certaines métadonnées peuvent être partagées, mais d'une part ces renseignements ne visent pas les mêmes finalités, et d'autre part les conditions de stockage des données ne sont pas les mêmes.*

1. Les plans de gestion de données comme horizon

La digitalisation de ces corpus a nécessité la mise en place d'un Plan de Gestion des Données (PGD – ou DMP pour *Data Management Plan*). Cette thématique est un sous-ensemble de celui concernant l'ouverture des données scientifiques préconisée dans le plan H2020³⁰. Le sujet est très vaste et stimule aujourd'hui de nombreuses réflexions. Ainsi ne ferons-nous que l'effleurer... Pour approfondir le sujet, se reporter à « Une introduction à la gestion et au partage des données de la recherche³¹ » et à (Cartier et al. 2015).

Sommairement, le PGD couvre les champs essentiels permettant d'anticiper l'archivage et la dissémination des données. Le travail mené à l'Université Paris-Diderot, Sorbonne-Paris-Cité et Paris-Descartes (Cartier et al. 2015) met en évidence cette structure :

- *En-tête*
 1. *Information sur le projet*
 2. *Responsabilité des données*
 3. *Ressources nécessaires à la mise en œuvre du PGD*
 4. *Jeux de données*
 1. *Description du jeux de données*
 2. *Au cours du projet – Stockage, accès et sécurité des données*
 3. *Métadonnées : documentation et organisation des données*
 4. *À l'issue du projet : dissémination des jeux de données*
 5. *Sélection et archivage*

La mise en place d'un tel document au début de projet permet d'obtenir une visibilité certaine sur la gestion du projet. En raison de la multiplicité des compétences requises pour mettre en place tous ces aspects, il est peu rationnel de confier l'ensemble de ces tâches (de l'acquisition à l'archivage en passant par le traitement des modèles) à une seule personne ; la définition du rôle de chacun est donc devenu un enjeu primordial. Les compétences et les outils sont en effet spécifiques à chacune de ces étapes. Nous allons maintenant introduire les outils et les concepts propres à l'archivage.

28 Cf. <http://www.europeana.eu/portal/fr> (site consulté le 26/07/2016).

29 Cf. <http://gallica.bnf.fr/> (site consulté le 26/07/2016).

30 Cf. <http://www.horizon2020.gouv.fr/> (site consulté le 26/07/2016).

31 Cf. http://www.inist.fr/donnees/co/module_Donnees_recherche.html (site consulté le 25/07/2016).

2. Les outils de l'archiviste numérique

Nous avons déjà défini ce que couvre la notion d'archivage de nos jours : la conservation, l'accès et l'intelligibilité du document (Cf. le chapitre [3.4.2.1.2. L'archivage de nos jours](#)). Pour atteindre ces objectifs, l'archiviste numérique dispose de plusieurs « outils ».

Pour que les données que nous souhaitons archiver soient compréhensibles et réexploitables par un autre usager que soi-même, et ce même dans plusieurs années, un certain nombre de données doivent être connues. Ce sont les **métadonnées**. Elles peuvent permettre de renseigner n'importe quel champ que le créateur de la donnée juge nécessaire de renseigner pour en faciliter la réappropriation.

***Pour aller plus loin :** pour améliorer la confiance du futur utilisateur dans les données, il existe un vocabulaire permettant de spécifier le degré de confiance que nous pouvons accorder dans le jeu de données. C'est le Trust Assertion Ontology³².*

Il s'avère que pour les projets appartenant à la même « typologie », les mêmes métadonnées apparaissent systématiquement. Afin de faciliter le travail des différentes équipes, des guides sont publiés : ce sont des **vocabulaires contrôlés**³³. Les métadonnées indispensables sont ainsi regroupées, ce qui constitue un gain de temps et une certaine « uniformisation » des informations. Cela facilite entre-autre l'interrogation de ces corpus.

Utiliser ces vocabulaires contrôlés ne suffit pas ; il faut aussi structurer logiquement le contenu des documents de manière à pouvoir séparer le fond et la forme. Conformément aux standards, les métadonnées sont écrites en XML selon un schéma défini dans le chapitre [3.4.4. Définition des métadonnées nécessaires à l'archivage des modèles 3D en archéologie](#). La manière de produire ces métadonnées sera détaillée dans le chapitre [3.4.6. Constitution de l'archive](#).

3.4.3. Impacts de l'archivage sur les méthodes de travail

3.4.3.1. Distinguer ce qui doit être archivé de ce qui ne doit pas l'être

Parmi la profusion de données produites au cours d'une étude, tout ne doit pas être archivé. Pour des raisons de capacité de stockage et surtout de choix scientifiques, les fichiers intermédiaires ne sont pas à archiver systématiquement. Il n'est pas non plus nécessaire de conserver ce qui pourrait être reproduit ultérieurement, de manière plus performante (ex : le nuage de points produit en photogrammétrie). En revanche, il faut conserver les données initiales, c'est-à-dire la source, et le résultat final. Entre les deux, il faut être en mesure de comprendre le processus permettant le passage de l'un à l'autre.

1. Les sources

Plusieurs sources peuvent être utilisées pour créer et compléter un objet virtuel. Il peut s'agir d'une numérisation 3D – lasergrammétrie, photogrammétrie ou tomographie – ou encore d'archives iconographiques, voire textuelles. Tous ces matériaux peuvent être combinés au sein d'un même système de représentation tridimensionnelle afin d'obtenir un modèle cohérent.

Les données qui auront servi à représenter directement ou indirectement un état de l'objet virtuel doivent être présentes dans le dépôt. Le document qui les présente peut lui-même être numérisé ou inséré sous la forme d'un lien (un numéro d'identification dans une base de données accessible).

Il est important de conserver ce lien entre les sources utilisées pour la numérisation et la modélisation finale car c'est ce qui constitue une partie de l'argumentation et confère le rang de démarche scientifique à l'ensemble du processus (Cf. les résultats de l'atelier *Cahier des charges*).

32 Cf. <http://vocab.deri.ie/tao> (site consulté le 25/07/2016).

33 Cf. <http://lov.okfn.org/dataset/lov> (site consulté le 25/07/2016).

2. Les processus

Par processus, nous entendons le cheminement qui a conduit à produire la dernière version de l'objet virtuel, ou celle qui sera archivée. Deux aspects sont à considérer derrière ce terme : les solutions techniques qui ont été choisies pour traiter les données, et l'argumentation scientifique des choix de restitution architecturale et archéologique. Ces informations ne peuvent pas être documentées sous la forme de métadonnées car cela nécessite des développements rédigés et structurés. Ces documents seront par la suite dénommés **paradonnées** – autrement dit des « données à côté de la donnée ».

Pour que l'archivage se passe dans des conditions optimales, il semble indispensable de produire les paradonnées (et les métadonnées) pendant toute la durée des traitements.

– Les processus techniques

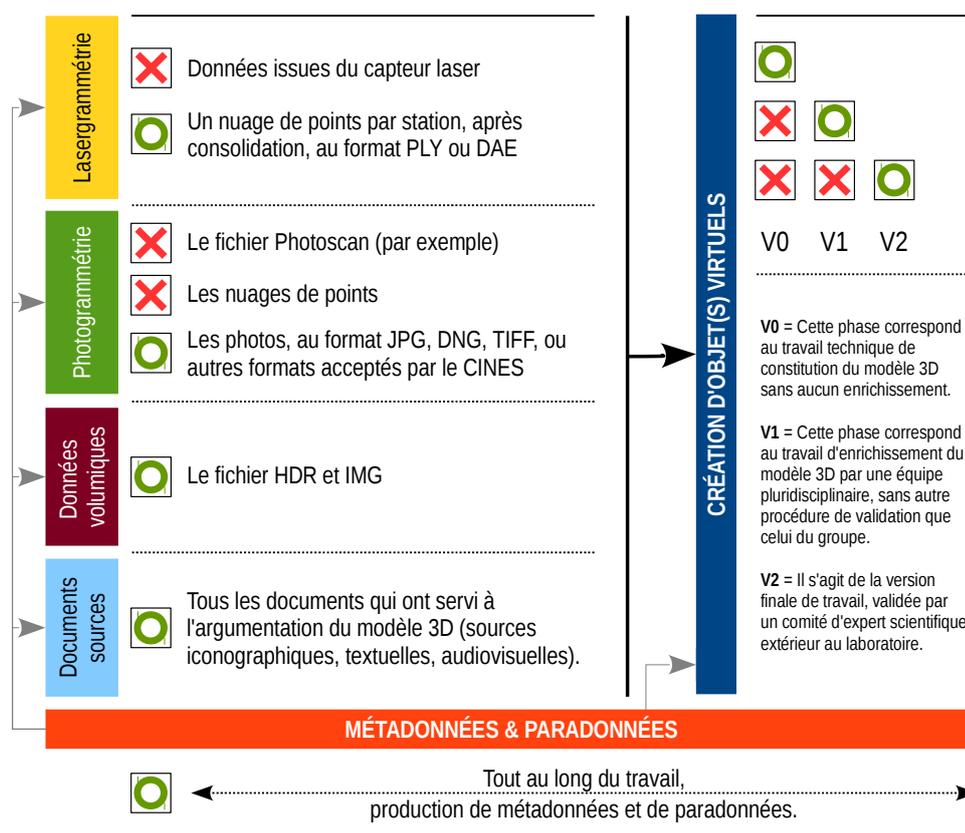
Les solutions techniques choisies peuvent avoir un impact non négligeable sur la qualité du modèle 3D produit. Par exemple, les algorithmes permettant de créer un maillage peuvent produire des résultats de qualité variable, et donc avoir un impact important sur les données produites. Il pourrait donc être intéressant de restituer l'ensemble de ces choix technologiques afin qu'une analyse critique puisse être formulée.

– Les choix de restitution

La restitution d'un objet archéologique est toujours le résultat d'une pensée. Son élaboration peut être plus ou moins complexe et est le résultat de choix successifs. Il s'agit donc de rendre compte des arguments qui ont servi à privilégier telle solution de restitution plutôt que telle autre. Cela se matérialise dans sa forme la plus développée par un texte argumenté. Plus légèrement, l'ensemble des compte-rendus de réunion restituant la nature des échanges – voire les courriers électroniques – peuvent être utiles, mais il faudra néanmoins veiller à ce que la réflexion soit suffisamment explicite.

3. Le résultat final

Le modèle 3D final est bien entendu l'objet à l'origine du dépôt. Tous les fichiers présents dans le dépôt servent à comprendre ce document. Selon la nomenclature établie au début des ateliers, un modèle 3D peut se voir attribuer un numéro de version (Cf. les résultats de l'atelier *Vocabulaire*). Il faut souligner que c'est bien la version finale qui doit être archivée, et non pas la version n-1 car elle présente une validation moins importante, elle possède moins de valeur ajoutée que le dernier état.



4. Synthèse

De manière plus synthétique, le schéma ci-après permet de distinguer ce qui doit être archiver et ce qui ne doit pas l'être :

3.4.3.2. Adapter ses méthodes de travail à l'archivage

L'archivage est un travail aujourd'hui encore peu valorisé et assez fastidieux d'une manière générale. Il implique de prendre du temps pour renseigner ce qui est fait, à l'aide d'informations qui n'intéressent pas l'exploitation du projet à court terme. Cependant, c'est une étape essentielle pour envisager une ré-exploitation des efforts fournis.

Pour atteindre cet objectif, il convient donc d'anticiper les questions d'archivage dès le début du projet.

1. Travailler (dans la mesure du possible) avec les formats compatibles du CINES

La mission du CINES est d'archiver les données que nous lui transmettrons. Pour cela, il faut s'assurer que les données puissent être lues dans un avenir plus ou moins lointain. De plus, comme les formats de fichier évoluent dans le temps, il faut être en mesure de faire évoluer les archives pour qu'elles soient toujours compatibles avec les logiciels en vigueur. Pour cela, il faut adopter des formats de fichiers dont la structure a été publiée. C'est la condition pour que le CINES puisse faire évoluer les fichiers déposés (il s'agit d'une de ses missions). Afin de rendre cela possible, il faut donc que la structure des fichiers numériques soit publiée : ce sont les formats ouverts et libres. En les utilisant, l'institut sera en mesure de restructurer les fichiers pour qu'ils restent lisibles, et ce malgré l'évolution technologique.

Une liste de ces formats ouverts a été publiée par le CINES³⁴. Nous les présentons ci-après dans le cadre d'une application d'archivage des modèles 3D.

Note : *Il ne s'agit que des formats acceptés par le CINES dans une perspective d'archivage ; cela n'interdit pas l'utilisation d'autres formats pour les phases intermédiaires de travail.*

- Pour les données issues de la numérisation :

| Cas | Nature du fichier | Format (extension) |
|------------------------------|--|--|
| Lasergrammétrie, topographie | Nuages de points | Préférer le Collada (*.dae), sinon le Stanford Polygon File Format (*.ply) en ascii (et non pas en binaire). |
| Photogrammétrie | Clichés sans traitements | *.tiff, *.dng |
| Tomographie | Images en niveau de gris associées à des descripteurs. | Préférer le format ANALYZE (*.hdr et *.img), sinon DICOM. |

- Pour les fichiers non-3D :

| Nature du fichier | Format (extension) |
|---|--|
| Protocoles d'acquisition | *.odt, *.pdf |
| Méthodologies (articles, mémoires, ...) | *.odt, *.pdf |
| Archives utilisées | Audio : *.wav, *.oga (OGG), *.aiff, *.flac, *.aac Images : *.gif, *.jpeg, *.tiff, *.png, *.svg ; Texte : *.odt Vidéo : *.mp4 (MPEG-4), *.ogv (OGG), *.mkv |

³⁴ Cf. <https://facile.cines.fr/> (site consulté le 22/07/2016).

| | |
|---|--------------|
| Autres textes (contrats, objectifs scientifique, ...) | *.odt, *.pdf |
|---|--------------|

- Pour les fichiers 3D :

| Nature du fichier | Format (extension) |
|---------------------|-------------------------------------|
| Modélisation finale | *.dae, *.ply |
| Textures finales | *.gif, *.jpeg, *.tiff, *.png, *.svg |

D'une manière générale, sont archivés les documents qui ne pourront pas être réalisés à nouveau.

- Pour un modèle de niveau V0 : les données primaires (listing de points, clichés, etc.) et les données nécessaires pour refaire une modélisation du terrain (texte expliquant les objectifs techniques et scientifiques recherchés, données techniques, etc.).
- Pour un modèle de niveau V1 et plus : les données initiales des différentes sources utilisées, le cheminement intellectuel conduisant à l'hypothèse de restitution, la restitution elle-même.

2. Adopter une arborescence de dossiers pour gérer ses fichiers

Afin de faciliter la procédure d'archivage du projet, il est très fortement recommandé d'anticiper cette étape. Il est très difficile de se poser cette question à la fin du projet car retrouver les documents à archiver sera très difficile s'ils sont éparpillés dans différents dossiers, sur différents supports. Néanmoins, en raison de la diversité des objets d'études, des objectifs scientifiques, et des méthodes de travail, il n'est pas possible d'édicter une règle universelle sur la gestion des données.

Il est en revanche possible de fournir des exemples qui illustrent des pratiques tentant de concilier les contraintes du projet avec les perspectives d'archivages. Ils sont regroupés à travers différents cas d'études en annexe.

Pour approfondir : *Cette thématique entre en résonance avec la réalisation d'un plan de gestion de données (Cf. le chapitre 3.4.2.2.1. Les plans de gestion de données comme horizon), lui-même étant un sous-ensemble de la thématique de l'ouverture des données scientifiques préconisée dans le plan H2020. Le sujet est très vaste et stimule aujourd'hui de nombreuses réflexions. Ainsi ne ferons-nous que l'effleurer... Pour approfondir le sujet, se reporter à « Une introduction à la gestion et au partage des données de la recherche³⁵ » et à « Réaliser un plan de gestion de données de la recherche » (Cartier et al. 2015).*

3.4.3.3. Conclusion

Parmi l'ensemble des données produites au cours d'une étude, nous avons distingué ce qui doit absolument être conservé et de ce qui ne doit pas l'être pour le CINES. Ensuite, l'impact de l'intégration de l'archivage sur les méthodes de travail a été évalué, et des exemples tentant de concilier les contraintes de l'étude et la perspective de l'archivage ont été fournis.

Il a été spécifié qu'il était fortement souhaitable que les métadonnées et les paradonnées soient produites au fur et à mesure de l'avancement du projet. Elles vont maintenant être détaillées précisément dans le chapitre suivant.

35 http://www.inist.fr/donnees/co/module_Donnees_recherche.html (site consulté le 25/07/2016).

3.4.4. Définition des métadonnées nécessaires à l'archivage des modèles 3D en archéologie

3.4.4.1. Méthodologie mise en œuvre pour définir ces métadonnées

Un certain nombre d'information doit accompagner les fichiers que nous choisissons d'archiver afin de les rendre exploitables dans un futur plus ou moins proche. Pour les définir, nous nous sommes d'abord appuyés sur les dernières recommandations du CINES (CINES PAC V7). Cela nous a fourni un cadre pour les métadonnées générales.

Ensuite, pour les métadonnées spécifiques aux acquisitions et représentations tridimensionnelles, un autre document réalisé en interne à Archéovision a servi de support.

Ces deux sources ont été fusionnées et synthétisées de manière à produire une liste des métadonnées nécessaires à l'archivage des modèles 3D en archéologie. La synthèse a consisté à les réorganiser de manière à dissocier celles que l'archéologue doit remplir lui-même de celles qu'un « archive manager » pourrait compléter – et ce dans l'objectif de rendre l'ensemble le plus aisé à accomplir.

3.4.4.2. Vue synoptique des métadonnées

Le schéma présenté ci-après est structuré selon trois niveaux imbriqués. Le niveau le plus important est celui dénommé « 2. Objet virtuel » : il est attaché au fichier 3D contenant la modélisation, et les niveaux inférieurs et supérieurs n'auraient aucune raison d'exister sans ce niveau 2.

Un certain nombre de métadonnées a été défini pour décrire l'objet virtuel. Cependant, sa constitution est argumentée et s'appuie sur d'autres fichiers, de diverses natures. Il peut être constitué à partir de numérisations de structures ou d'artefacts réels, selon plusieurs techniques d'acquisition. Ce premier état peut ensuite être confronté à des représentations plus anciennes, qu'elles soient textuelles ou picturales. Toutes ces données qui viennent alimenter la constitution de l'objet virtuel doivent l'accompagner afin de permettre la reproductibilité des résultats – c'est en effet la seule manière d'assurer une démarche scientifique. Toutes ces données, pour être réappropriables, doivent également être escortées d'un ensemble de métadonnées. Mais le processus qui a permis la transformation des documents sources en objet virtuel doit lui aussi être documenté à travers des paradonnées car les choix peuvent impacter dans une certaine mesure le résultat final.

L'objet virtuel enfin s'inscrit dans un projet, décrit un objet ou un site réel, doit pouvoir être retrouvé, etc. Le niveau supérieur est donc également nécessaire pour rassembler des informations essentielles comme celles concernant l'objet réel, la manière dont le dépôt est structuré, et comment le dépôt a été et doit être géré à l'avenir.

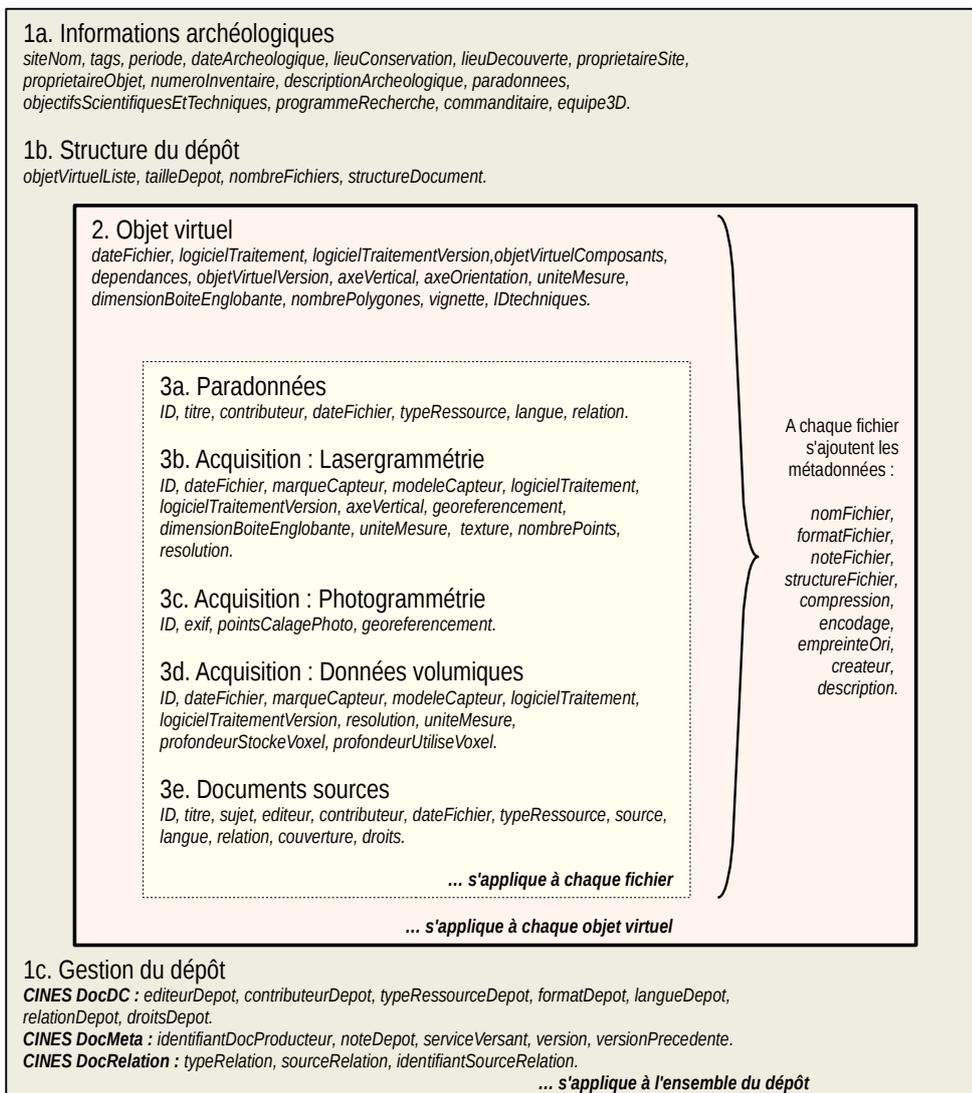
L'imbrication de ces différents niveaux d'informations est synthétisée dans le schéma placé page suivante.

3.4.4.3. Catalogue des métadonnées

Le catalogue de métadonnées qui suit explicite chacune des métadonnées que nous avons sélectionnées en les qualifiant.

Note : *les clés suivies de [*] sont remplies semi-automatiquement ; les clés suivies de [**] sont générées automatiquement.*

Définition : *Chacune des métadonnées que nous allons présenter seront définies par quatre entrées que nous allons maintenant définir. La **clé** est l'élément qui permet d'identifier le contenu de la métadonnée. Il s'agit toujours d'une suite de caractère, sans espace – pour faciliter la lecture, le début de chaque mot est mis en majuscule. Cette clé est défini par la **valeur** : c'est un court texte qui permet d'explicitier le contenu attendu. Parfois, le nombre d'information attendu ou souhaité peut varier selon les clés :*



Tout le dépôt s'organise autour de l'objet virtuel. Les catégories lasergrammétrie, photogrammétrie, données volumiques, parodonnées et documents sources s'organisent en filiation à cet objet virtuel. Les informations archéologiques, la structure et la gestion du dépôt ne sont attachées à aucun fichier.

*la cardinalité sert à clarifier cela. L'information peut être obligatoire (= 1), optionnelle (= 0), ou multiple (= n). Quand des couples tels que cardinalité = 0, n se présentent, cela signifie dans ce cas qu'il est possible de laisser le champ vide, mais que si l'utilisateur le souhaite, il peut saisir autant de ligne qu'il le souhaite. Enfin, la clé peut référer à des vocabulaires contrôlés déjà existants³⁶. Pour ne pas perdre le lien avec la source originelle, le nom du vocabulaire contrôlé mobilisé est renseigné par la **filiation**. Si nous nous appuyons sur la première métadonnée que nous allons décrire ('siteNom'), la métadonnée est issue du CINES PAC v7 et du DCMI (Dublin Core Metadata Initiative) et y est nommée « title »*

Informations archéologiques

Clé : `siteNom`

Valeur : Nom du site archéologique concerné.

Cardinalité : 1

Filiation : DCMI (`title`)

Attribution : [infoArchéo](#),

Clé : `tags`

Valeur : Mots clés qui définissent le dépôt. Les références temporelles ou spatiales doivent être mises dans les champs `dateArcheologique`, `periode`, `lieuConservation` et `lieuDecouverte`. Ce sont des mots clés génériques pour un référencement "externe" au projet. Si possible, il faudrait se raccrocher à des vocabulaires contrôlés en archéologie, architecture, etc. (Cf. RAMEAU? PACTOLS?).

Cardinalité : 1, n

Filiation : DCMI (`subject`)

Attribution : [infoArchéo](#),

Clé : `periode`

Valeur : Période archéologique concernée, désignation de la période par un nom (nom issu du thésaurus Périodes ?). Ce sera toujours un nom.

Cardinalité : 0, n

Filiation : DCMI (`coverage`)

Attribution : [infoArchéo](#),

Clé : `dateArcheologique`

Valeur : ISO-8601 si possible mais pas nécessaire. Il est possible de noter les dates sous les formes <date>, <start>/<end>, <start>/<duration>, <duration>/<end>.

Cardinalité : 0, 1

Filiation : CINES PAC v7 (`coverage`) – DCMI

Attribution : [infoArchéo](#),

Clé : `lieuConservation`

Valeur : Indiquer le lieu de conservation de l'objet réel sous la forme de son adresse postale et/ou selon les coordonnées GPS.

Cardinalité : 0, n

Filiation : DCMI (`coverage`)

Attribution : [infoArchéo](#),

Clé : `lieuDecouverte`

Valeur : Indiquer le lieu de découverte de l'objet réel sous la forme de son adresse postale et/ou selon les coordonnées GPS.

Cardinalité : 0, n

Filiation : DCMI (`coverage`)

Attribution : [infoArchéo](#),

Clé : `proprietaireSite`

Valeur : Propriétaire du site archéologique concerné.

Cardinalité : 1, n

Filiation : /

Attribution : [infoArchéo](#),

Clé : `proprietaireObjet`

Valeur : Propriétaire de l'objet archéologique concerné.

Cardinalité : 1, n

Filiation : /

Attribution : [infoArchéo](#),

Clé : `numeroInventaire`

Valeur : Indiquer le- numéro-s d'inventaire de l'objet réel (s'il existe). Il est recommandé d'utiliser l'identifiant d'un système

formel d'identification `Nom de la base / Numéro d'inventaire`.

Cardinalité : 1, n

Filiation : DCMI (`source`)

Attribution : [infoArchéo](#).

Clé : **`descriptionArcheologique`**

Valeur : Description de(s) objet(s) archéologique(s) à l'origine de ce dépôt.

Cardinalité : 1, n

Filiation : DCMI

Attribution : [infoArchéo](#).

Clé : **`paradonnees`¹**

Valeur : En plus des paradonnées attachées à chaque objet virtuel, d'autres paradonnées peuvent être insérées ici sous la forme de liens (hors du dépôt) ou de chemins (dans le dépôt) vers le(s) rapport(s) contenant la description et/ou l'analyse de l'objet réel et/ou de l'objet virtuel.

Cardinalité : 0, n

Filiation : /

Attribution : [infoArchéo](#).

Clé : **`objectifsScientifiquesEtTechniques`**

Valeur : Description des objectifs scientifiques et techniques.

Cardinalité : 0, n

Filiation : DCMI (`description`)

Attribution : [infoArchéo](#).

Clé : **`programmeRecherche`**

Valeur : Référence du/des programme(s) de recherche.

Cardinalité : 0, n

Filiation : DCMI (`description`)

Attribution : [infoArchéo](#).

Clé : **`commanditaire`**

Valeur : Nom du commanditaire de l'objet virtuel.

Cardinalité : 0, n

Filiation : /

Attribution : [infoArchéo](#).

Clé : **`equipe3D`**

Valeur : Entité(s) – personne(s) ou organisme(s) – responsable(s) de la réalisation de l'objet virtuel ; le nom doit apparaître sous sa forme développée. Indiquer l'organisme – et ses tutelles – ou le prestataire plutôt que les personnes

Cardinalité : 1, n

Filiation : /

Attribution : [infoArchéo](#).

Structure du dépôt

Clé : **`objetVirtuelListe`**

Valeur : Pointe (sous la forme de liste) vers tous les fichiers DAE ou PLY du dépôt qui ont le statut d'objet virtuel.
Attention car les nuages de points de lasergrammétrie seront également au format DAE ou PLY.

Cardinalité : 1, n

Filiation : /

Attribution : [structureDepot](#).

Clé : **`tailleDepot`**

Valeur : Taille du dépôt non compressé en octet.

Cardinalité : 1

Filiation : /

Attribution : [structureDepot](#).

1 Il faudra définir précisément ce que nous entendons par paradonnées.

Clé : `nombreFichiers`
Valeur : Nombre de fichiers présents dans le dépôt, y compris les fichiers XML.
Cardinalité : 1
Filiation : /
Attribution : [structureDepot](#),

Clé : `structureDocument`
Valeur : Description de la structuration du dépôt en fichiers. Ce peut être un texte libre ou le nom d'un fichier (texte) qui en décrit le contenu.
Cardinalité : 0, 1
Filiation : CINES PAC v7 – DocMeta
Attribution : [structureDepot](#),

1. Métadonnées renseignant le dépôt

Note : *les métadonnées sont ici classées dans leur ordre d'apparition car elles sont toutes uniques.*

Gestion du dépôt

Clé : `editeurDepot`
Valeur : Il est possible de renseigner à la fois le nom de l'entité déposante (laboratoire, structure, société...) et le nom du responsable du dépôt. Le nom doit apparaître sous sa forme développée. *Le nom de la personne qui dépose et son rattachement institutionnel*
Cardinalité : 1, n
Filiation : DCMI
Attribution : [docDC](#),

Clé : `contributeurDepot`
Valeur : Toutes les personnes qui ont contribué à la création du document peuvent être listées ici. Leur rattachement peut également être spécifié, et le nom doit apparaître sous sa forme développée.
Cardinalité : 0, n
Filiation : DCMI
Attribution : [docDC](#),

Clé : `typeRessourceDepot`
Valeur : Nature ou genre du contenu du document, c'est-à-dire objet virtuel + tout autre document contenu dans l'archive (photographie, périodique, monographie, enregistrement sonore, thèse électronique, etc.)
Cardinalité : 0, n
Filiation : DCMI (^type`)
Attribution : [docDC](#),

Clé : `formatDepot`
Valeur : Cette entrée recense tous les [formatFichier](#) présents dans le dépôt.
Cardinalité : 1, n
Filiation : DCMI
Attribution : [docDC](#),

Clé : `langueDepot`
Valeur : Langue principale du contenu du document, au format ISO 639-3. Par exemple : `fra` pour français, `eng` pour anglais, etc.
Cardinalité : 1, n
Filiation : DCMI
Attribution : [docDC](#),

Clé : `relationDepot`
Valeur : Relation à un ou plusieurs paquets d'archives déposés au CINES ayant un lien fort avec le dépôt (fournir les identifiants).
Cardinalité : 0, n
Filiation : DCMI
Attribution : [docDC](#),

Clé : `droitsDepot`
Valeur : Droits de propriété (intellectuelle et associée à la communication) associés au document. Par exemple, Cf. *Creative Commons*. Les droits associés au documents sources prévalent sur les droits accordés au dépôt.
Cardinalité : 1, n

Filiation : DCMI
 Attribution : **docDC**,

Clé : **`identifiantDocProducteur`**

Valeur : Identifiant du dépôt fourni par le producteur, dans le cas où le producteur possède un système d'information (plan de classement ou autre référentiel).

Cardinalité : 1

Filiation : CINES PAC v7 – DocMeta

Attribution : **docMeta**,

Clé : **`noteDepot`**

Valeur : Notes complémentaires relatives au dépôt (texte libre).

Cardinalité : 0, n

Filiation : CINES PAC v7 – DocMeta

Attribution : **docMeta**,

Clé : **`serviceVersant`**

Valeur : Identification de l'organisme qui a versé le dépôt ; nom écrit sous sa forme développée (nom de l'organisme tel qu'enregistré à l'INSEE).

Cardinalité : 1

Filiation : CINES PAC v7 – DocMeta

Attribution : **docMeta**,

Clé : **`version`**

Valeur : Numéro de version du document, surtout s'il existe déjà une version précédente du document archivée dans le système.

Cardinalité : 0, 1

Filiation : CINES PAC v7 – DocMeta

Attribution : **docMeta**,

Clé : **`versionPrecedente`**

Valeur : Référence(s) de la version précédente archivée du document fournie par le producteur.

Cardinalité : 0, 1

Filiation : CINES PAC v7 – DocMeta

Attribution : **docMeta**,

Clé : **`typeRelation`**

Valeur : Liste de choix qui caractérise le type de relation avec un autre dépôt :

- **`maj`** = mise à jour des métadonnées descriptives, déclarées dans le sip.xml ou dans les métadonnées métier ;
- **`version`** = nouvelle version d'un objet déjà archivé ;
- **`filiation`** = relation père-fils où le fils permet d'ajouter des éléments de compréhension sur le père.

Cardinalité : 1

Filiation : CINES PAC v7 – DocRelation

Attribution : **docRelation**,

Clé : **`sourceRelation`**

Valeur : Liste de choix qui indique la source de la relation :

- **`PAC`** = identifie le service PAC d'archivage du CINES ;
- **`Producteur`** = identifie le système d'information du producteur.

Cardinalité : 1

Filiation : CINES PAC v7 – DocRelation

Attribution : **docRelation**,

Clé : **`identifiantSourceRelation`**

Valeur : Identifiant de l'objet dans le système d'information référencé par la balise [`sourceRelation`](#).

Cardinalité : 1

Filiation : CINES PAC v7 – DocRelation

Attribution : **docRelation**,

2. Métadonnées renseignant chaque fichier

Note : les métadonnées sont ici classées par ordre alphabétique puisqu'elles peuvent être attribuées à plusieurs type de fichiers à la fois.

Les différents types de fichier sont listés dans les attributions et sont `objetVirtuel`, `paradonnées`, `lasergrammetrie`, `photogrammetrie`, `donneesVolumiques` et `documentsSources`.

A

Clé : `axeVertical`
 Valeur : Axe vertical de la scène : x, y ou z.
 Cardinalité : 1
 Filiation : /
 Attribution : `objetVirtuel`, `lasergrammetrie`.

Clé : `axeOrientation`
 Valeur : Si le modèle est orienté avec les points cardinaux, préciser celui qui indique le Nord.
 Cardinalité : 1
 Filiation : /
 Attribution : `objetVirtuel`.

C

Clé : `compression` *
 Valeur : Algorithme ou logiciel de compression / décompression du fichier (si compression externe au format). Exemple: tar, zip...
 Cardinalité : 0, 1
 Filiation : CINES PAC v7, FichMeta
 Attribution : `objetVirtuel`, `paradonnées`, `lasergrammetrie`, `photogrammetrie`, `donneesVolumiques`, `documentsSources`.

Clé : `contributeur`
 Valeur : Toutes les personnes qui ont contribué à la création du document peuvent être listées ici. Leur rattachement peut également être spécifié, et le nom doit apparaître sous sa forme développée.
 Cardinalité : 0, n
 Filiation : DCMI
 Attribution : `paradonnées`, `documentsSources`.

Clé : `couverture`
 Valeur : Précise la couverture spatiale et temporelle du document.
 Cardinalité : 0, n
 Filiation : DCMI
 Attribution : `documentsSources`.

Clé : `createur`
 Valeur : Nom de l'auteur du document.
 Cardinalité : 1
 Filiation : DCMI
 Attribution : `objetVirtuel`, `paradonnées`, `lasergrammetrie`, `photogrammetrie`, `donneesVolumiques`, `documentsSources`.

D

Clé : `dateFichier`

Valeur : Date (au format ISO-8601) du dernier enregistrement de l'objet virtuel, de la date d'acquisition, ou de la création du document source.

Cardinalité : 1

Filiation : DCM1

Attribution : [objetVirtuel](#), [paradonnées](#), [lasergrammetrie](#), [donnéesVolumiques](#), [documentsSources](#),

Clé : `dependances`

Valeur : Chemin et nom des fichiers qui dépendent du fichier (ex: les textures d'un modèle 3D).

Cardinalité : 0, n

Filiation : /

Attribution : [objetVirtuel](#),

Clé : `description`

Valeur : Description du contenu du document.

Cardinalité : 0, 1

Filiation : DCM1

Attribution : [objetVirtuel](#), [paradonnées](#), [lasergrammetrie](#), [photogrammetrie](#), [donnéesVolumiques](#), [documentsSources](#),

Clé : `dimensionBoiteEnglobante`

Valeur : Indiquer sous la forme `x= ; y= ; z=` les dimensions de la boite englobant tous les objets 3D de l'objet virtuel.

Cardinalité : 1

Filiation : /

Attribution : [objetVirtuel](#), [lasergrammetrie](#),

Clé : `droits`

Valeur : Droits de propriété (intellectuelle et associée à la communication) associés au document. Par exemple, Cf. [Creative Commons](#) ou [Open Data Commons](#) par exemple.

Cardinalité : 1, n

Filiation : DCM1

Attribution : [documentsSources](#),

E

Clé : `editeur`

Valeur : Il est possible de renseigner à la fois le nom de l'entité déposante (laboratoire, structure, société...) et le nom du responsable du dépôt. Le nom doit apparaître sous sa forme développée. *Le nom de la personne qui dépose et son rattachement institutionnel*

Cardinalité : 1, n

Filiation : DCM1

Attribution : [documentsSources](#),

Clé : `empreinteOri` **

Valeur : Empreinte numérique (fonction de hachage) du fichier calculée avec les algorithmes MD5, SHA-1 ou SHA-256.

Cardinalité : 0, 1

Filiation : CINES PAC v7, FichMeta

Attribution : [objetVirtuel](#), [paradonnées](#), [lasergrammetrie](#), [photogrammetrie](#), [donnéesVolumiques](#), [documentsSources](#),

Clé : `encodage` *

Valeur : Type et version de l'encodage du fichier. C'est obligatoire dans le cas de fichiers aux formats texte et vidéos, dans objet dans les autres cas (voir liste prédéfinie dans le [sip.xsd](#) : ASCII, UTF-8, PCM, FLAC, AVC, AAC, THEORA, Vorbis).

Cardinalité : 0, 1

Filiation : CINES PAC v7, FichMeta

Attribution : [objetVirtuel](#), [paradonnées](#), [lasergrammetrie](#), [photogrammetrie](#), [donnéesVolumiques](#), [documentsSources](#),

Clé : `exif`

Valeur : Possède-t-on les informations EXIF sur le cliché ? (Oui / non)

Cardinalité : 1, n

Filiation : /

Attribution : [photogrammetrie](#),

F

Clé : `formatFichier` *

Valeur : Description du format du fichier (voir liste prédéfinie dans le [sip.xsd](#) : pdf, txt, xml, gif, jpg, tiff, png, svg, wav, odt, mp4, mpeg-4, ogg, aiff, flac, aac, mkv, geotiff, jpg2000, tei, dae et ply). Utiliser une liste de termes de type MIME : couple `type/sous-type` et si possible `type/sous-type/logiciel` comme `image/jpeg`, `3D/dae/Blender_2.77a`, `texte/odt` etc. Utiliser l'extension plutôt que le nom usuel (préférer `*.dae` à `collada`).

Cardinalité : 1

Filiation : CINES PAC v7, FichMeta

Attribution : [objetVirtuel](#), [paradonnées](#), [lasergrammetrie](#), [photogrammetrie](#), [donnéesVolumiques](#), [documentsSources](#),

G

Clé : `georeferencement`

Valeur : Indiquer si les données sont inscrites dans un système de projection, et si oui lequel grâce à son code EPSG (par exemple `EPSG::4326` pour WGS84).

Cardinalité : 0, 1

Filiation : /

Attribution : [lasergrammetrie](#), [photogrammetrie](#),

I

Clé : `ID`

Valeur : `ID` est un attribut qui permet de regrouper tous les fichiers appartenant à la même procédure d'acquisition. Par exemple, toutes les photos d'un même chantier photogrammétrique sont regroupées sous le même identifiant ; les différents fichiers constituant une donnée volumique (les fich.iers *.hdr et *.img) partagent également le même identifiant ; etc. Cette clé fait directement écho à [IDtechniques](#).

Cardinalité : 1, n

Filiation : /

Attribution : [paradonnées](#), [lasergrammetrie](#), [photogrammetrie](#), [donnéesVolumiques](#),

Clé : `IDtechniques`

Valeur : `IDtechnique` recense les `ID` faisant référence aux méthodes de constitution de l'objet virtuel.

Cardinalité : 1, n

Filiation : /

Attribution : [objetVirtuel](#),

L

Clé : `langue`

Valeur : Langue principale du contenu du document, au format ISO 639-3. Par exemple, `fra` pour français, `eng` pour anglais, etc.

Cardinalité : 1, n

Filiation : DCMI

Attribution : [paradonnées](#), [documentsSources](#),

Clé : `logicielTraitement`

Valeur : Nom du logiciel utilisé pour traiter les données.

Cardinalité : 1

Filiation : /

Attribution : [objetVirtuel](#), [lasergrammetrie](#), [donnéesVolumiques](#),

Clé : `logicielTraitementVersion`

Valeur : Numéro de version du logiciel mentionné dans [logicielTraitement](#)

Cardinalité : 1

Filiation : /

Attribution : [objetVirtuel](#), [lasergrammetrie](#), [donnéesVolumiques](#),

M

Clé : `marqueCapteur`
 Valeur : Marque du matériel utilisé pour l'acquisition.
 Cardinalité : 1
 Filiation : /
 Attribution : **lasergrammetrie**, **donneesVolumiques**,

Clé : `modeleCapteur`
 Valeur : Modèle du matériel utilisé pour l'acquisition.
 Cardinalité : 1
 Filiation : /
 Attribution : **lasergrammetrie**, **donneesVolumiques**,

N

Clé : `nombrePoints`
 Valeur : Indiquer le nombre de points formant le nuage.
 Cardinalité : 1
 Filiation : /
 Attribution : **lasergrammetrie**,

Clé : `nombrePolygones`
 Valeur : Nombre de polygones constituant le modèle 3D.
 Cardinalité : 1
 Filiation : /
 Attribution : **objetVirtuel**,

Clé : `nomFichier` *
 Valeur : Nom du fichier, incluant le chemin d'accès relatif au fichier dans l'arborescence du document.
 Cardinalité : 1
 Filiation : CINES PAC v7, FichMeta
 Attribution : **objetVirtuel**, **paradonnees**, **lasergrammetrie**, **photogrammetrie**, **donneesVolumiques**, **documentsSources**,

Clé : `noteFichier`
 Valeur : Note complémentaire relative au fichier (texte libre).
 Cardinalité : 0, 1
 Filiation : CINES PAC v7, FichMeta
 Attribution : **objetVirtuel**, **paradonnees**, **lasergrammetrie**, **photogrammetrie**, **donneesVolumiques**, **documentsSources**,

O

Clé : `objetVirtuelComposants`
 Valeur : Lister le-s objet-s présent-s dans l'objet virtuel.
 Cardinalité : 0, n
 Filiation : /
 Attribution : **objetVirtuel**

Clé : `objetVirtuelVersion`
 Valeur : Indiquer la version (V0, V1, ou V2) de l'objet virtuel².
 Cardinalité : 1
 Filiation : /
 Attribution : **objetVirtuel**

P

Clé : `pointsCalagePhoto`

2 Cf. les travaux du groupe vocabulaire.

Valeur : Présence de points d'amer géoréférencés : "Oui" ou "non"
Cardinalité : 1
Filiation : /
Attribution : [photogrammetrie](#),

Clé : ``profondeurStockeVoxel``
Valeur : Profondeur bit/pixel stocké
Cardinalité : 1
Filiation : /
Attribution : [donnéesVolumiques](#),

Clé : ``profondeurUtiliseVoxel``
Valeur : Profondeur bit/pixel utilisé
Cardinalité : 1
Filiation : /
Attribution : [donnéesVolumiques](#),

R

Clé : ``relation``
Valeur : Relation à un ou plusieurs paquets d'archives déposés au CINES ayant un lien fort avec le dépôt (fournir les identifiants).
Cardinalité : 0, n
Filiation : DCMI
Attribution : [paradonnées](#), [documentsSources](#),

Clé : ``resolution``
Valeur : Pour la lasergrammétrie par différence de phase ou temps de vol, indiquer la résolution du nuage de points (distance entre deux points adjacents à 10 m).
Pour la lasergrammétrie par triangulation, indiquer seulement la distance entre deux points adjacents.
Pour les données volumiques, indiquer la taille des voxels. Utiliser à chaque fois l'unité de mesure indiquée dans ``uniteMesure``.
Cardinalité : 1
Filiation : /
Attribution : [lasergrammetrie](#),

S

Clé : ``source``
Valeur : Indique la provenance du document.
Cardinalité : 1
Filiation : DCMI (`source`)
Attribution : [documentsSources](#),

Clé : ``structureFichier` *`
Valeur : Description de la structure du fichier, typiquement XML. Ce peut être un texte libre, le nom d'un fichier associé qui en décrit la structure, un URI du schéma XSD.
Cardinalité : 0, n
Filiation : CINES PAC v7, FichMeta
Attribution : [objetVirtuel](#), [paradonnées](#), [lasergrammetrie](#), [photogrammetrie](#), [donnéesVolumiques](#), [documentsSources](#),

Clé : ``sujet``
Valeur : Mots clés qui caractérisent le document. Les références temporelles ou spatiales doivent être mises dans les champs ``couverture``.
Cardinalité : 0, n
Filiation : DCMI (`subject`)
Attribution : [documentsSources](#),

T

Clé : `texture`

Valeur : Est-ce que la couleur a été acquise? (Oui / Non) – si oui, la couleur est stockée sur chaque point pour la lasergrammétrie.

Cardinalité : 1

Filiation : /

Attribution : [lasergrammetrie](#),

Clé : `titre`

Valeur : Titre du document.

Cardinalité : 1, n

Filiation : DCMI

Attribution : [paradonnées](#), [documentsSources](#),

Clé : `typeRessource`

Valeur : Nature ou genre du contenu du document, c'est-à-dire objet virtuel + tout autre document contenu dans l'archive (photographie, périodique, monographie, enregistrement sonore, thèse électronique, etc.)

Cardinalité : 0, n

Filiation : DCMI (`type`)

Attribution : [paradonnées](#), [documentsSources](#),

U

Clé : `uniteMesure`

Valeur : Indiquer l'unité de mesure du modèle (millimètre, centimètre, mètre, kilomètre...).

Cardinalité : 1

Filiation : /

Attribution : [objetVirtuel](#), [lasergrammetrie](#),

V

Clé : `vignette`

Valeur : Chemin du/des fichier(s) image donnant une vue 2D de l'objet virtuel. Cela a pour seule fonction d'indiquer un aspect de l'objet virtuel sans avoir à l'ouvrir.

Cardinalité : 0, n

Filiation : /

Attribution : [objetVirtuel](#),

3.4.4.4. Conclusion

Dans un premier temps, il a été expliqué que les métadonnées permettant de documenter les dépôts d'archives contenant des modèles 3D ont été sélectionnées à partir des préconisations édictées par le CINES et d'un document interne à Archéovision. Tout cela présentait une quantité assez importante d'information qu'il convenait de structurer afin de faciliter la compréhension du futur utilisateur de ce schéma et la constitution d'un outil permettant d'automatiser dans une certaine mesure la production des fichiers XML (Cf. le chapitre [3.4.6.1.Procédure pour constituer les métadonnées](#)). Enfin, chacune des métadonnées a été décrite sous la forme d'un catalogue en deux parties : la première partie concerne le dépôt (niveau 1), et la seconde s'attache à tous les fichiers (niveaux 2 et 3).

Néanmoins, le schéma n'est pas encore complet dans la mesure où toutes les techniques d'acquisition 3D ne sont pas ici prises en compte. C'est notamment le cas pour la lumière structurée – son absence se justifie par le manque de recul sur cette technique pour être certain d'être pertinent dans le choix des métadonnées.

La structure adoptée permettra malgré tout de facilement intégrer d'autres techniques d'acquisition en ajoutant simplement un nouveau niveau 3.x, et en attribuant des métadonnées existantes à ce module. Si de nouvelles particularités apparaissent, il sera toujours possible de créer de nouvelles clés.

3.4.5. *Définition des paradonnées nécessaires à l'archivage des modèles 3D en archéologie*

Toutes les informations nécessaires à une future réappropriation des données archivées ne peuvent pas être stockées sous la forme de métadonnées. En effet, certains points nécessitent des développements beaucoup trop longs et complexes pour être intégrés sous cette forme.

Il n'est pas nécessaire de fournir un fichier de paradonnées pour chaque thématique ; le même document peut regrouper toutes les informations nécessaires.

3.4.5.1. Objet virtuel

Lorsqu'un travail de restitution est effectué, **des choix sont réalisés** à partir de la confrontation entre le modèle 3D et des documents d'archives. La précision de la source doit d'abord être discutée, avant d'expliquer plus en détail comment l'information influence la restitution.

Néanmoins, en raison de la diversité des cas pouvant être rencontrés et des objectifs scientifiques, il semble judicieux de laisser l'opérateur libre de structurer ces informations comme il le souhaite.

3.4.5.2. Photogrammétrie

Les acquisitions en photogrammétrie ne peuvent pas être entièrement documentées sous la forme de métadonnées. Le schéma adopté s'attache à renseigner chaque fichier présent dans le dépôt. Or, le processus permettant la transformation du jeu de clichés en modèle 3D nécessite beaucoup de manipulations qui ne peuvent être ni associées aux photos, ni à l'objet virtuel ; elles documentent la **gestion du chantier photogrammétrique**. Elles ne peuvent donc pas être passées sous silence car l'exploitation future du corpus pourrait être rendue difficile.

Un inventaire de ces thèmes recense :

1. les conditions d'enregistrement
2. l'organisation des chantiers
3. l'orientation du modèle, mise à l'échelle et géolocalisation

Il semble indispensable que ces renseignements soient disponibles pour le futur utilisateur des données. Néanmoins, la structure du document de paradonnées reste à ce jour libre.

3.4.5.3. Autres informations

Les autres sources permettant de former l'objet virtuel – lasergrammétrie, données volumiques, et documents sources – peuvent également nécessiter la production de parodonnées. En revanche, il est impossible d'extraire des points récurrents. Chaque opérateur est laissé libre de renseigner les informations qu'il juge indispensable.

3.4.6. Constitution de l'archive

3.4.6.1. Procédure pour constituer les métadonnées

1. État de l'art

Le renseignement d'un dépôt d'archive nécessite de fournir un certain nombre de métadonnées qui devront être *in fine* stockées dans un fichier au format XML.

Bien que ce langage soit lisible, son édition reste difficile en raison de la quantité de balises nécessaires pour qualifier les données. Par conséquent, il convient d'inventer un outil qui facilitera cette tâche.

L'état de l'art révèle que toutes les solutions reposent aujourd'hui sur un logiciel disponible sur l'internet, et l'édition est réalisée en même temps que le dépôt du fichier à archiver (ou plus précisément à stocker) sur un serveur. Cette pratique entre parfaitement en résonance avec les tendances actuelles : de plus en plus d'outils sont développés à travers des supports web. Plusieurs avantages sont évidents : le produit n'est développé qu'une seule fois car il est multi-plateforme, et les contraintes matérielles de l'utilisateur sont résolues par les calculs effectués sur des serveurs distants ; la seule contrainte reste la bande passante qui doit être suffisamment fluide... La plupart des services existants – comme Europeana, LoCloud, ou Midas – s'appuient sur le logiciel MINT³⁷ (*Metadata INTeroperability services*). Il s'agit d'une plateforme web conçue pour faciliter la conception et le développement d'initiatives d'agrégation de contenus et de métadonnées.

2. Orientation possible

Néanmoins, les pratiques actuelles engendrent certaines rigidités dans la mesure où leur adaptation aux spécificités du projet devient plus technique. Bien que le schéma proposé à travers ce document soit cohérent, il sera malgré tout certainement appelé à évoluer pour intégrer de nouvelles techniques d'acquisition, pour corriger certains défauts, ou encore pour s'adapter à certaines spécificités voulues par les usagers. De plus, le principe consistant à laisser le choix du lieu d'archive a guidé la rédaction de ce schéma, tout en conservant comme objectif la solution proposée par le CINES – l'institut de référence sur ce thème en France. Mais il est possible qu'une autre structure exprime le besoin d'ajouter de nouvelles informations, ou d'en abandonner d'autres.

Par conséquent, il semble important de **conserver une grande flexibilité dans la manière de renseigner les métadonnées**. À l'heure de la rédaction de ce rapport, l'adoption du langage YAML³⁸ semble être la solution la plus adaptée pour répondre à cet objectif que nous nous fixons.

Ce principe consisterait à renseigner les métadonnées à travers un éditeur de texte capable de colorer la syntaxe selon le langage, à l'instar du logiciel libre Atom³⁹. Concrètement, ce programme permet de colorer les clés en rouge, les valeurs en vert et les commentaires (précédés de `#`) en gris, comme l'illustration ci-après le montre :

37 Cf. <http://mint.image.ece.ntua.gr/redmine/> (site consulté le 21/10/2016).

38 <http://yaml.org/> (site consulté le 21/10/2016=

39 <https://atom.io/> (site consulté le 21/10/2016)

```
1 - Métadonnées archéologiques:
2   siteNom: Mané er Hroëck # Indiquer le nom du site
3   tags: tumulus carnacéen, ciste, stèle, gravures, haches,
4   crosses, anneaux, symbole phallique, # lister les mots clés pour
   faciliter l'indexation du dépôt
5   période: Néolithique # Indiquer la période archéologique
```

Capture d'écran du logiciel Atom et de la coloration syntaxique de YAML pour l'édition des métadonnées d'archives

L'adaptation de ce schéma pour des applications plus spécifiques est facilité dans le sens où il suffit à l'utilisateur d'ajouter ou de supprimer une valeur selon les règles syntaxiques – très simples – de YAML. **Néanmoins, cela devra être fait en connaissance de cause car la modification du schéma entraînera une incompatibilité avec les spécifications du CINES.**

La production du fichier YAML reste une étape dans la formalisation des métadonnées. La conversion de ce fichier *.yml en *.xml doit encore être pensée.

Note : *L'adoption du langage YAML est encore sujette à caution. D'autres alternatives pourraient encore être envisagées comme le CSV par exemple.*

3.4.6.2. Procédure pour constituer les paradonnées

Les paradonnées sont des fichiers au format ODT ou PDF, et il s'agit principalement d'un fichier texte. La création de ce type de fichier est donc déjà maîtrisée pour des chercheurs en SHS. Il n'y a aucune contre-indication quand à la manière de structurer et de mettre en forme ce fichier.

Il faudra seulement veiller à ce que le contenu soit en adéquation avec les préconisations formulées dans le chapitre [3.4.5. Définition des paradonnées nécessaires à l'archivage des modèles 3D en archéologie.](#)

3.4.6.3. Structure de l'archive pour un dépôt au CINES

Note : *Un dépôt est constitué d'un seul fichier archive. Il peut prendre l'extension *.zip, *.7z, *.tar, *.rar... Il contient tous les fichiers.*

Pour un dépôt au sein du CINES, une archive doit toujours être constituée de la même manière, à savoir :

- 1. | Dossier SIP = le dossier racine pour l'archivage ; il contient aussi un fichier sip.xml qui contient toutes les métadonnées demandées par le CINES
- 1.1. | Un dossier DEPOT qui contient :
- 1.1.1. | Un dossier DESC : dans lequel il y a le fichier xml des métadonnées que nous avons fixé pour l'archivage (important)
- 1.1.2. | Tout ce qu'on veut : dossiers, sous dossiers, fichiers organisés comme on veut, pourvu que ce soit décrit dans les métadonnées

Le dossier DEPOT – à partir du moment où le répertoire DESC contient toutes les métadonnées – peut stocker tous les documents que l'utilisateur souhaite archiver. Les fichiers peuvent y être organisés comme bon lui semble à condition que ce soit décrit dans les métadonnées, afin qu'un autre usager puisse s'y retrouver plus tard...

3.4.7. Conclusion et perspectives

Dans un premier temps, les enjeux et les spécificités propres à l'archivage ont été présentées. À partir des spécifications du CINES – structure de référence sur l'archivage en France – est des travaux initiés par Archéovision (Bordeaux), un schéma de métadonnées a été construit et chaque clé a été détaillée.

Cependant, cette manière de documenter ne pouvait pas intégrer toutes les informations nécessaires à une future exploitation ; l'importance des métadonnées a alors été soulignée. Enfin, des pistes pour renseigner les métadonnées dans un fichier XML ont été évoquées, bien que cela reste encore à définir plus précisément et à formaliser.

L'objectif à terme est de publier ces recommandations sous la forme d'un nouveau schéma spécifiquement dédié à l'archivage pérenne des modèles 3D. Il serait alors souhaitable que ce document soit traduit en diverses langues pour qu'il puisse profiter à la communauté européenne – voire internationale.

Néanmoins, il est déjà reconnu qu'il est incomplet, et qu'une mise à jour devra être effectuée pour intégrer des techniques d'acquisition sur lesquelles nous n'avons pas encore d'expérience. Nous pouvons à ce titre citer par exemple les acquisitions en lumière structurée, les images hyperspectrales, thermiques, etc.

Il faut enfin souligner que s'il a été décidé de se fonder sur les recommandations exigeantes du CINES, la volonté a été de produire un schéma léger, souple d'utilisation et facile à faire évoluer. Si une autre structure d'hébergement est choisie, la solution restera compatible avec les standards actuels.

3.5. Stockage des données

3.5.1. Recherche d'un lieu de stockage

Rappels sur le vocabulaire :

L'archivage et le stockage des données numériques sont deux sujets assez différents dans la mesure où l'archivage consiste à :

- structurer les informations de manière à éviter l'obsolescence technologique ;
- renseigner les données de manière à conserver leur exploitabilité dans un avenir plus ou moins lointain ;
- placer les données sur un support pérenne.

Le stockage renvoie davantage vers une perspective à court terme.

Possibilités de stockage :

A l'heure actuelle, les données sont conservées sur plusieurs disques durs du laboratoire. Au fur et à mesure de leur production, elles sont structurées de manière à répondre aux exigences du schéma établi au sein du Consortium 3D SHS, bien que ce schéma ne soit pas encore totalement finalisé.

Nous souhaitons en outre pouvoir nous associer avec d'autres institutions mieux structurées que le LARA ne l'est sur les questions de stockage pour pérenniser d'avantage les résultats. À ce titre, plusieurs solutions se dessinent.

- Le CINES – Centre Informatique National de l'Enseignement Supérieur – est l'institut en charge d'archiver les données produites par l'administration française. Il est l'interlocuteur du Consortium 3D SHS et représente à ce titre la solution d'archivage idéale. Cependant, les perspectives d'accès à leurs services ne sont qu'à moyens termes et ne correspondent pas à l'urgence de notre besoin.
- L'OSUNA – Observatoire des Sciences de l'Univers Nantes Atlantique – dont le LARA et l'UMR 6566 sont des équipes associées, possède un service de stockage / archivage. Ce peut être une solution locale (et payante) pour répondre à nos besoins.
- Le CNP – Centre National de la Préhistoire – pourrait également être sollicité. Au démarrage du PCR un premier contact a été établi avec Geneviève Pinçon, la directrice du Centre ; une rencontre permettrait de faire avancer le dossier et recueillir ainsi les souhaits du Ministère de la Culture.
- Notons enfin que la recherche d'un institut autre que le CINES pour archiver les modèles 3D produits dans le cadre de ce PCR n'est pas un problème en soi : le CINES représentant l'acteur

le plus important en France sur les questions d'archivage, les métadonnées accompagnant les dépôts, si elles ne sont pas modifiées, restent compatibles avec un niveau d'exigence élevé. C'était d'ailleurs un souhait au moment de la réflexion que de proposer une solution suffisamment flexible pour ne pas devoir être dépendant des exigences du CINES.

3.5.2. *En attendant le schéma du Consortium 3D SHS*

Le schéma proposé par le Consortium 3D SHS n'est pas encore tout à fait finalisé – il se situe dans la phase de validation. Néanmoins, pour ne pas laisser la documentation des travaux présentés dans le chapitre 4 en souffrance, une fiche s'appuyant largement sur les travaux du Consortium a été générée, tout en s'adaptant aux spécificités de nos méthodes de travail.

Il s'agit d'un travail préliminaire à l'archivage dans la mesure où toutes les informations relatives à cet archivage sont déjà rassemblées. Il ne devrait y avoir plus qu'à les extraire vers le système de renseignement mis en place par le Consortium.

Cette fiche est placée en annexe de ce rapport.

3.6. Consultation du Corpus et diffusion des résultats

3.6.1. *Publications scientifiques et ouvrages « grand public »*

Cette question est traitée plus longuement dans le chapitre 5.4. *Perspectives de diffusion*.

3.6.2. *Site internet*

En complément des médias papier, il semble aujourd'hui important de disposer d'un outil en ligne pour structurer et diffuser les résultats engrangés à travers ce PCR.

3.6.2.1. Stratégies mises en place par des programmes similaires

Parmi les différents projets consistants à documenter l'art pariétal, un certain nombre d'entre eux ont donné naissance à des plate-formes de diffusion vers un public plus large. Nous n'aborderons que quelques uns d'entre eux, et ne visons pas l'objectivité d'un état de l'art.

Le premier projet qui attire l'attention est *The Rock Art Database*⁴⁰. Il s'agit d'un service collaboratif mis en place par l'Université de Griffith (Australie) afin d'offrir un espace permettant de regrouper la documentation sur l'art pariétal et d'encourager le développement d'une communauté multilingue, internationale autour de ces représentations. Les objectifs poursuivis consistent donc à inventorier les sites, héberger les contenus, et maintenir le développement de cet outil. Il est précisé que le contenu est et restera gratuit (sans être mentionnée, la licence appliquée est proche d'une licence *creative commons*) et qu'il n'y a aucune ligne éditoriale (chaque contributeur est responsable des informations qu'il délivre). Enfin, il n'existe aucun filtre concernant les contributeurs possibles : tout le monde peut sur simple demande devenir membre. Parmi les conséquences de cette politique d'utilisation, les contenus sont très hétérogènes et les inventaires très partiels. À travers ce projet, une interface de visualisation 3D des parois a récemment été mise en ligne. Cependant, seules les aspects concernant les œuvres peintes ont été prises en compte. De plus, l'interactivité est relativement pauvre et le design peu ergonomique.

⁴⁰ <http://www.rockartdatabase.com/> (site consulté le 15/11/2016).

Cet aspect collaboratif transparait à travers d'autres projets en cours au Royaume-Uni.

Au Pays de Galles, le projet participatif *Heritage Together*⁴¹ (financé par *Humanities Research Council's* « *Connected Communities* ») consiste à collecter les photographies des monuments réalisées par la communauté. Les personnes travaillant sur ce projet produisent ensuite les modèles 3D, puis les mets à disposition de la communauté à travers le site internet. Ils organisent à ce titre des ateliers de formation pour augmenter l'implication du public et assurer de meilleures prises de vue. À la fin du traitement, une archive numérique est créée. Ce projet est mené au sein du département ingénierie informatique des Universités de Bangor et de Aberystwyth, et du département archéologie des Universités de Bangor et de Manchester, et de l'institut Gwynedd Archaeological Trust. Le projet est en cours depuis 2013.

En Irlande, le projet *Corcadhuibhne 3D*⁴² poursuit le même objectif, mais en limitant cette fois-ci les objets aux pierres ornées ou sculptées : les pierres Ogham, l'art pariétal, les croix chrétiennes, etc. La stratégie mise en place reste globalement identique à celle de *Heritage Together*. Le projet est mené en collaboration avec *The Discovery Programme*, *Ogham in 3D*, *Dublin Institute for Advanced Studies*, le musée *Chorca Dhuibhne*, et l'institut *Oidbreacht Chorca Dhuibhne* et a débuté à partir de 2015. Si le projet *Heritage Together* consiste à « seulement » enregistrer en 3D et à diffuser l'objet sur internet sans autre information, *Corcadhuibhne 3D* s'attache à rassembler les informations et produire une courte historiographie accompagnant le modèle 3D.

Cette démarche peut laisser perplexe quant aux résultats pouvant être obtenus car notre expérience montre plutôt que la technicité des reconstructions et des traitements nécessitent une anticipation au moment de l'acquisition en prenant grand soin des différents réglages des capteurs (appareils photo en l'occurrence) – mais il faut dire que les programmes iconographiques auxquels nous sommes confrontés sont d'une manière générale beaucoup moins profondément inscrits dans la roche et plus difficiles à « lire ». Il faut enfin mettre en perspective cette démarche avec le *Nordthumberland and Durham Rock Art Pilot Project* (NADRAP) dirigé par P.G. Bryan (Mills et Andrew rapport 2011) qui, entre 2004 et 2008, s'est appuyé sur le réseau d'associations et de bénévoles pour enregistrer en 3D les quelques 2400 panneaux répartis sur environ 1500 sites.

Le dernier exemple que nous mobiliserons concerne les pierres Ogham⁴³. Avec l'appui technique de *The Discovery Programme*, du *Dublin Institute for Advanced Studies*, du *Trinity College of Dublin*, et du *National Monuments Service*, les objets sont numérisés en lasergrammétrie (la photogrammétrie n'est pas annoncée parmi les techniques). L'objectif étant de documenter les inscriptions oghamiques, les renseignements sont consignés selon les standards EPIDOC⁴⁴ – *epigraphic documents in TEI XML*. Il s'agit d'un standard international permettant de documenter les écrits anciens et s'appuie en partie sur les spécifications du TEI – *Text Encoding Initiative*. Le site internet est développé par Jean-François Bucas et présente une particularité très intéressante puisque le fichier TEI XML généré pour la documentation de l'objet sert à la construction des pages accessibles aux visiteurs. Puisque les informations sont renseignées dans un langage balisé, elles peuvent être facilement extraites et remises en forme dans différentes pages. La jonction entre les documents produits par et pour la recherche servent ainsi directement à la médiation vers le public – il faut seulement souligner que le discours reste assez technique et qu'il ne s'adresse pas à tout le monde, mais les clés de compréhension sont fournies en introduction du site pour celui qui est intéressé.

3.6.2.2. Définition d'une ligne éditoriale

Fort de ce panorama subjectif de quelques pratiques relativement récentes dans la médiation de l'art pariétal, il faut déterminer une ligne éditoriale pour le site internet que nous appelons de nos vœux. Ainsi :

1. la possibilité de consulter les modèles 3D de manière interactive est aujourd'hui incontournable.
2. les données devraient pouvoir être consultées selon plusieurs entrées : accès géographique, chronologique, selon les objets présents dans le programme iconographique, etc.
3. accéder à la représentation tridimensionnelle est une chose, mais ces objets sont rarement orphelins de documentations antérieures. Il semble important de pouvoir mettre en relation les différents sites avec les archives connues,
4. plusieurs niveaux de lectures peuvent être créés à partir du même objet. L'idéal serait de pouvoir fournir à tout le monde un accès « grand public », puis un approfondissement pour celui qui le souhaite, sans pour autant restreindre l'accès à travers la création de compte car il est difficile de juger le degré d'expertise des lecteurs : le seul filtre devrait être le désir d'approfondir ou non la connaissance.

41 <http://heritagetogether.org/> (site consulté le 16/05/2016).

42 <http://www.corcadhuibhne3d.ie/> (site consulté le 16/05/2016).

43 <https://ogham.celt.dias.ie> (site consulté le 16/05/2016).

44 <https://sourceforge.net/p/epidoc/wiki/Home/> (site consulté le 15/11/2016).

Avec ces objectifs en ligne de mire, la recherche des solutions s'oriente vers la mise en place d'un logiciel prenant la forme d'un site internet et permettant la gestion de données. La question de la visualisation 3D sera déconnectée et traitée séparément.

3.6.2.3. Outils de structuration et catalogage des données

1. Gestion des données

Il existe de nombreux outils permettant de diffuser des contenus sur l'Internet. En revanche, les solutions permettant de le faire de manière structurée, tout en étant axées sur les éléments architecturaux, sont plus rares. Ces outils sont issus du domaine dit *web des données*, un domaine en pleine expansion et qui consiste – schématiquement – à enrichir les documents publiés de métadonnées afin de pouvoir les lier – de quelques manières que ce soit – ultérieurement.

Une recherche de solutions existantes a fait émerger des solutions propriétaires (Content DM⁴⁵, Semantika⁴⁶), des logiciels financés par des services publics (LoCloud⁴⁷, Nakala⁴⁸), des systèmes de catalogage diffusés sous licence libre (Omeka⁴⁹, CollectiveAccess⁵⁰, Arches⁵¹, Collection Space⁵²), des inventaires qui ne permettent pas de structurer les contenus (Open Exhibits⁵³).

Parmi l'ensemble de ces solutions, **Arches** attire particulièrement notre attention car c'est le seul à être orienté vers la documentation du patrimoine architectural. Il intègre en outre des fonctionnalités particulièrement intéressantes dans la mesure où :

- il permet de créer une fiche pour chaque site ; les informations sont stockées sous la forme de métadonnées issues des vocabulaires contrôlés standards (CIDOC-CRM, DublinCore, etc.), ce qui permet une grande interopérabilité avec d'autres solutions et une évolution du système d'information créée sur les architectures néolithiques de l'Ouest de la France.
- il est suffisamment flexible pour intégrer toute sorte de documentation en créant des liens entre les fiches « sites » et les fiches « archives ».
- il repose sur un système d'informations géographiques (SIG) qui permet une interrogation spatiale et temporelle des données ; l'outil est encore une fois totalement paramétrable dans la mesure où il est possible d'intégrer par exemple de nouveaux fonds de cartes, issues aussi bien d'archives que des traitements LIDAR (puisque la zone de classement UNESCO a récemment été acquise par scanner aéroporté).
- des requêtes peuvent aussi être menées de manière assez intuitive avec la visualisation des résultats sous la forme de graphes schématisant des réseaux.

Cependant, le logiciel Arches ne semble spécialisé ni dans le stockage des données, ni dans leur diffusion vers un large public. Cela reste avant tout un logiciel de gestion de données pour le patrimoine culturel matériel, et plus spécifiquement architectural.

2. Stockage des données

Le stockage des données sur un serveur est également un enjeu crucial. À ce sujet, il semble qu'un des services les plus aboutis pour le stockage des données de recherche soit **Nakala**. C'est un service proposé par la Très Grande Infrastructure de Recherche (TGIR) **HumaNum** spécialisé dans l'exposition des données de recherche. Il s'inscrit dans un écosystème d'outils permettant d'exposer (Nakala), signaler

45 <http://www.oclc.org/en-US/contentdm.html> (site consulté le 16/05/2016).

46 <http://www.semantika.si/en-us/Projects/Cultural-heritage> (site consulté le 16/05/2016).

47 <http://www.locloud.eu/> (site consulté le 16/05/2016).

48 <http://www.huma-num.fr/services-et-outils/exposer> (site consulté le 18/05/2016).

49 <http://omeka.org/> (site consulté le 16/05/2016).

50 <http://www.collectiveaccess.org/> (site consulté le 16/05/2016).

51 <http://archesproject.org/> (site consulté le 11/07/2016).

52 <http://www.collectionspace.org/> (site consulté le 16/05/2016).

53 <http://openexhibits.org/> (site consulté le 16/05/2016).

(Isidore⁵⁴), diffuser (Nakalona⁵⁵), archiver⁵⁶ et stocker⁵⁷. Les solutions étant interopérables, cela permet à Nakala de se focaliser sur une seule mission.

L'outil Nakala propose un service d'accès permanents aux données grâce à un identifiant pérenne⁵⁸, et ce de manière sécurisée. Les métadonnées associées aux fichiers sont exposées grâce aux technologies du Web des données (entrepôt RDF, *Resource Description Framework*, de type *Triple Store*⁵⁹). Ainsi l'accès est interopérable en utilisant le protocole OAI-PMH⁶⁰ et l'ensemble du corpus déposé peut être ultérieurement moissonné par d'autres moteurs de recherche comme ceux de Gallica ou Europeana.

3. Diffusion vers un public plus large

La proposition d'un site internet comme Arches a déjà été proposée. Mais il s'agit avant tout d'un outil de gestion de données qui ne remplit pas le rôle de « médiation ».

Par conséquent, cette fonction devrait être assurée par un autre site internet. Mais il n'est *a priori* pas nécessaire de doubler les informations puisque ce second site pourrait être directement alimenté par le premier : les pages peuvent se créer automatiquement (grâce à l'utilisation du langage PHP) en allant puiser les informations à la fois dans l'espace Nakala et parmi les fiches créées dans Arches.

Nous tenons à souligner qu'il ne s'agit là que d'une idée mais que nous manquons d'expertise pour mener la réflexion à terme.

3.6.2.4. Outils de visualisation des blocs ornés

1. Inventaire des solutions

Il existe de nombreuses manières permettant de diffuser des modèles 3D à travers un site internet. Néanmoins, toutes ne se valent pas et le choix de telle ou telle solution peut être issu de la méthode de travail adoptée et influencer par conséquent la quantité d'information délivrée. Le panorama sera balayé en regroupant les différentes possibilités en trois catégories, chacune d'entre elles reflétant des efforts de déploiement plus ou moins importants.

– Les outils de visualisation en ligne :

Sketchfab⁶¹ est certainement la solution la plus utilisée à ce jour. Propriétaire, le logiciel est particulièrement fluide et accepte facilement une grande variété de modèles 3D. De nouvelles fonctionnalités apparaissent régulièrement comme le support de modèles animés (lus en boucle), ou encore l'utilisation de casques immersifs (Oculus Rift notamment). De ce fait, il est souvent qualifié de « Youtube des modèles 3D ». Certaines fonctionnalités disponibles par défaut sont intéressantes comme l'annotation ou le basculement entre différents modes de visualisation. Néanmoins, pour des questions juridiques de propriété de modèles 3D après dépôt, il est particulièrement dommageable de l'utiliser comme plateforme principale de diffusion des modèles 3D. Les conditions générales d'utilisation peuvent en effet changer du jour au lendemain, sans préavis. Il est difficile d'imaginer que le produit issu d'une finance publique puisse tomber ainsi dans le giron d'une entreprise privée.

54 <http://www.rechercheisidore.fr/> (site consulté le 18/05/2016).

55 <http://www.huma-num.fr/services-et-outils/diffuser> (site consulté le 18/05/2016).

56 <http://www.huma-num.fr/services-et-outils/archiver> (site consulté le 18/05/2016).

57 <http://www.huma-num.fr/services-et-outils/stocker> (site consulté le 18/05/2016).

58 Un identifiant pérenne (ou PID, pour *persistent identifier*) permet de désigner une ressource numérique indépendamment de sa localisation. NAKALA utilise des identifiants de type *handle* gérés par la Corporation for National Research Initiatives qui est une organisation à but non lucratif. Il existe d'autres dispositifs d'identifiant, DOI (qui sont des *handles* avec des services payants associés), ARK, URN, etc. Pour en savoir plus : <http://www.handle.net> (site consulté le 18/05/2016).

59 Un Triple Store, comme son nom l'indique, diffuse des données exprimées sous la forme de « triplets » d'informations (sujet, prédicat, objet) : Le Triple Store constitue la base du Web de données (ou Web Sémantique). Le format de modélisation et de représentation de ces triplets se nomme RDF (Resource Description Framework) et le langage d'interrogation SPARQL. Ces technologies sont au cœur des projets tel qu'ISIDORE ou encore Europeana. Pour en savoir plus : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Triplestore> (site consulté le 18/05/2016).

60 Un entrepôt OAI-PMH permet la diffusion de métadonnées descriptives via le protocole standardisé OAI-PMH (Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting). Pour en savoir plus : http://fr.wikipedia.org/wiki/Open_Archives_Initiative (site consulté le 18/05/2016).

61 <https://sketchfab.com/> (site consulté le 14/11/2016).

Il existe une autre alternative : **p3D**⁶². Les fonctionnalités sont tout à fait comparables, même si elles sont moins étendues (pas de support Oculus Rift, ni de modèles animés). En revanche, l'accent est porté sur la propriété des modèles 3D qui reste par défaut celle du créateur. En effet, ce site s'adresse avant tout à ces infographistes 3D qui cherchent une solution simple pour communiquer le modèle 3D à leurs clients. Leur marché est donc plus restreint.

Sur des aspects plus pratiques, ces deux logiciels offrent une solution de mise en ligne des modèles 3D très aisée puisqu'il suffit de glisser et déposer les fichiers (géométrie et texture) dans l'interface pour lancer le chargement. Les deux outils permettent de prendre en charge des atlas plus ou moins fournis. Par exemple, p3D accepte un jeu de 11 cartes (cartes diffuse, spéculaire, de brillance, de réflexion, de lueur, d'occlusion ambiante, des vecteurs normaux, de relief, et trois autres cartes de détail). Sketchfab permettrait en plus de paramétrer l'illumination de la scène et le post-traitement du rendu.

- Les outils « prêt à l'usage » à déployer sur un serveur :

Pour répondre à des objectifs plus précis, il existe d'autres solutions comme 3DHop⁶³, Potree⁶⁴ ou encore Cesium⁶⁵. Néanmoins, leur mise en place est légèrement plus compliquée puisqu'ils nécessitent d'être déployés sur des serveurs maintenus par l'utilisateur. Il faut aussi souligner que ces trois solutions sont placées sous une licence libre.

3DHOP est un logiciel développé par la même équipe s'occupant de Meshlab – logiciel de traitement de nuages de points et de maillage très connu. Cette solution est donc principalement dédiée à la même communauté que celle utilisant Meshlab, à savoir beaucoup de personnels en lien avec l'archéologie. Il s'inscrit donc dans la perspective de charger des modèles *très haute définition* à travers une page internet. Son développement est relativement récent (2014) et de nouvelles fonctionnalités sont régulièrement ajoutées. Il permet entre autres d'annoter le modèle, d'explorer les surfaces à la torche virtuelle, d'activer et de déplacer un plan de coupe pour sectionner l'objet, ou encore de mesurer. La plus grande limite actuelle, que nous pouvons évoquer, est la gestion de la couleur : elle n'est pas placée sur un fichier image qui vient se plaquer sur l'objet 3D, mais elle est directement stockée dans chaque sommet du maillage. Cette stratégie ne permet pas d'obtenir une représentation fidèle des couleurs car l'information est interpolée entre chaque points. Ce protocole appelé même à charger des modèles encore plus lourds que ceux actuellement pris en charge pour obtenir un meilleur résultat visuel.

Potree, développé dans le cadre du projet Harvest4D (Université de Vienne), est orienté vers la consultation des nuages de points dans un navigateur internet. Dans certains domaines, cette possibilité est intéressante (géologie par exemple), mais cela est trop restrictif par rapport aux usages que nous envisageons. Néanmoins, les fonctionnalités offertes (mesures de distances, des angles, des surfaces, des volumes, création des profils d'élévation, manipulation de l'aspect des points et création des plans de coupe) sont tout à fait intéressantes.

Cesium est un logiciel appartenant à la catégorie des globes virtuels. Son intérêt consiste à pouvoir intégrer des modèles 3D d'architecture, mais également issus d'acquisition LIDAR sur des territoires entiers. Il permet en outre de traverser toutes les échelles – de plusieurs km² au cm². Cependant, il faut souligner que, n'étant pas développé spécifiquement pour la consultation de structures archéologiques, il n'y a pas réellement d'outils spécifiques à nos besoins. Les choses tendent à évoluer grâce aux travaux de (De Roo et al., 2016) pour intégrer les fonctionnalités de SIG 4D.

- Les outils entièrement configurables issus de l'industrie du jeu vidéo :

La dernière catégorie d'outil présentée ici est issue de l'industrie du jeu vidéo. Ces outils ont la particularité de pouvoir générer une application autonome. Trois solutions sont ici décrites : Unity 3D⁶⁶, Unreal Engine⁶⁷, Blend4Web⁶⁸. Soulignons qu'ils ne limitent pas les interactivités possibles. Ils contiennent en effet une boîte à outils permettant de configurer de manière très précise l'apparence de l'interface et les actions pouvant être déclenchées.

Le logiciel le plus utilisé dans cette catégorie est certainement **Unity 3D**. Il reste un logiciel propriétaire dont l'utilisation est entièrement gratuite. Malgré sa large adoption, les interactions doivent être paramétrées grâce à la création de scripts dans le langage MonoScript – spécifique à Unity 3D. Des compétences spécifiques doivent donc être acquises pour obtenir tout le potentiel de ce logiciel. À cette première limite s'ajoute le fait que le support officiel de la technologie WebGL est très récent (début 2016).

Le concurrent direct, et autre poids lourd de ce marché, est **Unreal Engine**. À la différence du premier, les interactions peuvent être paramétrées à l'aide d'une programmation visuelle (utilisation de « boîtes » définissant des actions qui sont reliées entre elles). Le rendu graphique est particulièrement soigné. Néanmoins, la documentation de ce logiciel indique que l'export en HTML 5 (technologie WebGL)

62 <https://p3d.in/> (site consulté le 14/11/2016).

63 <http://3dhop.net/> (site consulté le 14/11/2016).

64 <http://potree.org/> (site consulté le 14/11/2016).

65 <https://cesiumjs.org/> (site consulté le 14/11/2016).

66 <https://unity3d.com/> (site consulté le 14/11/2016).

67 <https://www.unrealengine.com/what-is-unreal-engine-4> (site consulté le 14/11/2016).

68 <https://www.blend4web.com/en/> (site consulté le 14/11/2016).

est encore expérimental et que l'utilisateur doit s'attendre à des erreurs⁶⁹. Ce n'est donc pas une solution fiable quand seul cet objectif est souhaité.

Enfin, le logiciel **Blend4Web** fonctionne comme une extension du logiciel Blender, qui est la cheville ouvrière de la quasi-totalité de nos traitements mis en place dans le cadre du PCR. Cette intégration permet en outre d'éviter toute la procédure d'export, d'import et de reparamétrage des modèles. Il est conçu uniquement pour exporter vers le format HTML 5, ce qui assure une diffusion du contenu à travers une très grande variété d'écran – à condition qu'un navigateur internet moderne soit disponible sur le terminal. Aussi, avec ce seul objectif, l'outil présente une très grande fiabilité et est constamment optimisé. La comparaison des performances de scènes tout à fait comparables exportées en HTML par Unity et Blend4Web, réalisée par Andrey Prakhov⁷⁰, montre que Blend4Web est bien plus performant que Unity, et ce sur tous les tableaux – certains terminaux n'arrivant même pas à afficher la scène Unity. Enfin, à l'instar de Unreal Engine, il n'est pas nécessaire de coder les interactions à travers un langage de programmation : cela peut être réalisé grâce à la programmation visuelle (paramétrage de boîtes reliées entre elles).

Dans la même logique, nous pouvons citer également le logiciel **Godot Engine**⁷¹, logiciel libre également, spécialisé dans l'export HTML 5 de scènes 2D ou 3D. Mais le langage de programmation nécessaire pour paramétrer les interactions a freiné son exploration...

2. Synthèse

De manière synthétique, tous les logiciels ne permettent pas d'obtenir les mêmes interactions. Les capacités de chacun sont répertoriées à travers le tableau suivant :

| Fonctionnalité | Sketchfab | p3D | 3DHop | Potree |
|--|-----------|-----|-------|--------|
| Consultation du modèle en mode orbite | x | x | x | x |
| Consultation du modèle en mode "première personne" | x | | | |
| Basculer entre un affichage avec texture, matcap, et sans ombrage | x | x | | x |
| Affichage du maillage | x | x | | |
| Afficher une visualisation en rayon X | | x | | |
| Animation du type plateau tournant | | x | | |
| Subdivision du modèle à l'affichage | | x | | |
| Explorer une surface à l'aide d'une torche virtuelle | | | x | |
| Créer des annotations | x | | x | |
| Mesurer directement sur le modèle (une distance, une aire, un volume...) | | | | x |
| Créer une coupe dans le modèle | | | x | x |
| Lire un modèle animé | x | | | |
| Supports de masques immersifs | x | | | |
| Insérer des crédits | o | o | | |

Le logiciel Cesium n'est pas intégré dans le tableau dans la mesure où il s'agit d'un support qui doit être adapté aux objectifs fixés. Cela nécessite un effort assez lourd, mais le potentiel justifie l'exploration de cet outil.

Les solutions Unity 3D, Blend4Web et Unreal Engine ne sont pas davantage décrites puisque la logique même de ces outils est de configurer les interactions comme l'utilisateur le souhaite. En somme, tout est potentiellement configurable.

* * *

69 <https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Platforms/HTML5/GettingStarted/index.html> (site consulté le 14/11/2016).

70 <https://www.blend4web.com/en/community/article/280/> (site consulté le 14/11/2016).

71 <https://godotengine.org/> (site consulté le 14/11/2016).

Fort de ce constat, il nous semble que le meilleur outil pour valoriser l'art pariétal dans les contextes architecturaux est Blend4Web pour trois raisons essentielles :

- il s'intègre parfaitement à la chaîne d'outils que nous utilisons,
- son utilisation est facilitée grâce à la programmation visuelle,
- c'est l'un des rares outils capables de générer un export HTML propre.

À l'occasion du projet consistant à documenter et à valoriser les architectures funéraires de l'Île d'Yeu (Vendée) réalisé au printemps 2016 (demande conjointe du SRA Pays de Loire et de la municipalité de Yeu), Blend4Web a pu être testé pour créer une application interactive. Le retour d'expérience est décrit ci-après.

3. Définition du contenu d'une application

Une fois le meilleur outil défini, il convient de décider ce qu'il doit permettre de réaliser par rapport aux objets d'étude rassemblés par le PCR.

Le premier objectif à atteindre est la possibilité de **basculer entre différent(e)s textures** – chacune d'entre elles correspondant à un niveau d'information de l'atlas défini précédemment. Au sujet du programme iconographique, trois interprétations peuvent être mises en avant : les contours, la synthèse des enlèvements de matière, et les signes et motifs ; à cela peuvent s'ajouter l'état sanitaire, la description morphologique du bloc, etc. bien que ces thèmes soient moins prioritaires.

L'application doit permettre la possibilité de **lire une animation prédéfinie** afin de soulever des dalles de couverture, explorer les surfaces à l'aide d'une torche virtuelle, etc.

Il devrait être possible d'**afficher ou de masquer certains objets de la scène** afin d'accéder à des annotations sur certaines parties du monument en délivrant une partie du contenu directement au sein de l'application, ou encore en activant une ou plusieurs sections sur le modèle.

D'autres fonctionnalités sont implémentées par défaut au sein de Blend4Web, comme la possibilité de consulter le modèle comme s'il était placé sur un plateau tournant (rotation automatique autour de l'objet), ou encore d'afficher un mode stéréo (au moyen de lunettes aux verres rouge et cyan).

À l'avenir, il serait souhaitable que d'autres fonctionnalités soient implémentées comme :

- la possibilité de consulter le modèle à la première personne (avec possibilité de se déplacer dans la scène),
- l'activation d'un mode de visualisation en rayon X pour mieux visualiser l'agencement des structures internes,
- l'activation d'un matériau *matcap* pour mieux visualiser les microreliefs,
- l'exploration des microreliefs d'une surface à l'aide d'une torche virtuelle,
- créer une coupe dans le modèle 3D.

4. Mise en œuvre de Blend4Web

Malgré la diversité des interactions souhaitées, les actions voulues peuvent être résumées en trois grandes familles : changer la texture, masquer / faire apparaître un objet, et lire une animation, ce qui rend cette mise en œuvre assez simple. Le principe général est détaillé ci-après.

- Changer la texture d'un objet :

Pour changer une texture de manière interactive avec Blend4Web, il faut – après avoir créé le bouton déclencheur, définir l'action qui sera réalisée. En l'occurrence, le matériau de l'objet source sera appliqué sur l'objet destinataire.

- Masquer / afficher un objet :

L'action d'afficher ou de masquer un élément de la scène nécessite un paramétrage un peu plus poussé. Après avoir cliqué sur le bouton déclencheur, une variable est créée (R2 dans le cas ci-après). Par défaut, sa valeur est égale à 0, mais l'action lui ajoute +1. En fonction de la valeur de R2, l'enchaînement peut varier.

- si $R2 = 1$, alors l'objet A est affiché et l'objet B est masqué ;
- si $R2 \neq 1$, alors l'objet A est masqué et l'objet B est affiché. Ensuite, la valeur 0 est de

nouveau attribué à R2.

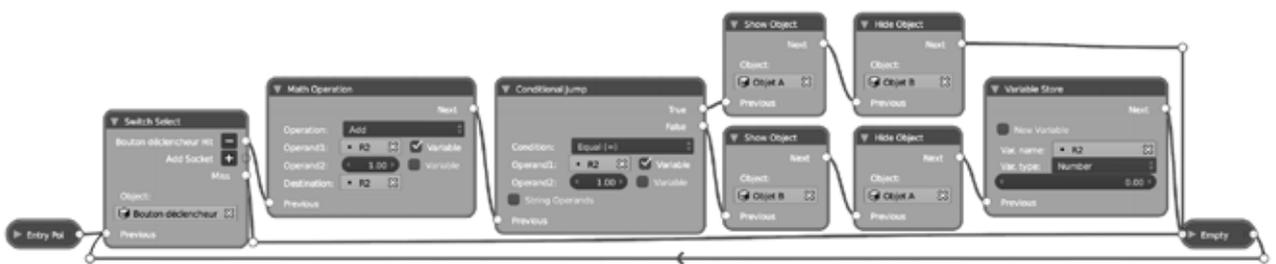
À noter toutefois que pour être complet, il faudrait encore ajouter une boîte juste après l'entry point pour masquer l'objet B.

– Lire une animation :

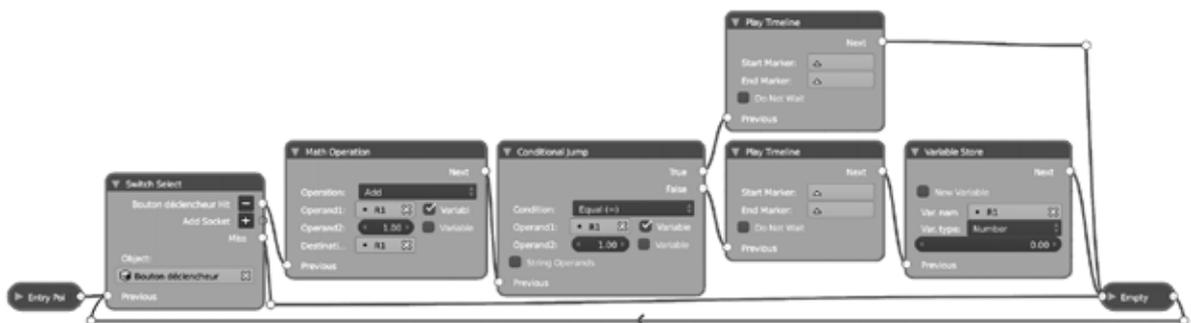
Pour jouer une animation, la logique est similaire au procédé décrit précédemment. Mais cette fois-ci, les boîtes *show / hide object* sont remplacées par *play timeline*. L'animation doit également être enregistrée et des marqueurs apposés sur la barre de temps afin de pouvoir y faire référence.



Changer la texture d'un objet



Masquer / afficher un objet



Masquer / afficher un objet

5. Conclusion

En conclusion, plusieurs solutions permettant d'exposer des contenus 3D ont été proposées. Le panorama n'est pas exhaustif puisque nous aurions également pu explorer la technologie X3D – antérieure à WebGL mais de notre point de vue plus compliquée à mettre en place, notamment en terme d'interaction.

Parmi cet inventaire, une solution a été mise en avant, Blend4Web, pour l'intégration très forte avec les outils utilisés dans la chaîne opératoire mise en place pour le PCR (Blender) et pour sa facilité de mise en œuvre.

3.6.2.5. Vers une solution idéale

Après avoir parcouru différentes solutions, il nous semble que l'outil idéal reposerait sur quatre piliers qui sont Arches, Nakala, Cesium, et Blend4Web.

- Arches est à ce jour le seul outil de gestion de données spécialisé sur la documentation du patrimoine culturel matériel bâti.
- Nakala est un service développé par la TGIR HumaNum qui permet à la fois d'héberger des données, mais de ne pas seulement les « laisser dormir sur un serveur » puisqu'un identifiant pérenne est attribué à chaque donnée. De cette manière, il est possible d'enrichir les informations avec d'autres services tel qu'Isidore, et l'ensemble des données peut être moissonné par des moteurs de recherche comme Gallica ou Europeana. En plus du site internet spécifique au projet, les différents fichiers peuvent connaître d'autres expositions.
- Cesium est un globe terrestre qui peut être enrichi de différentes manières : les modèles 3D et les traitements LIDAR peuvent être combinés dans la même interface, assurant ainsi une continuité spatiale dans la documentation.
- Blend4Web, enfin, permettrait de développer un discours riche sur chaque bloc orné replacé dans son contexte architectural.

Le principal avantage de l'association de ces services est la possibilité de créer une plate-forme collaborative rassemblant des partenaires choisis, tout en laissant la possibilité de rendre le contenu accessible au plus grand nombre. De plus, tous les outils cités ici sont diffusés sous licence libre – c'est-à-dire que le code source est ouvert et accessible au plus grand nombre. Ainsi, il est possible de l'adapter aux spécificités du projet et éventuellement de faciliter la migration des données vers d'autres plate-formes si le souhait est formulé (par exemple, si le développement du logiciel est arrêté).

Cependant, le logiciel Arches – qui reste le cœur de la solution envisagée – n'est pas construit pour la médiation vers le grand public : c'est vraiment un outil de gestion de données spécialisé sur le patrimoine architectural. Bien que notre expertise ne s'étende pas davantage, il semble possible de créer un autre site internet (ou de développer des fonctionnalités au sein de Arches) qui permettrait de construire des pages internet à partir du contenu engrangé dans Arches (grâce au langage PHP).

L'intégration des différents modules cités pourraient être synthétisée selon le schéma suivant :

3.7. Exploitations futures du corpus

Le protocole présenté dans le chapitre [3.2.3. Philosophie des traitements 3D](#) est dans une certaine mesure contraignant puisqu'il nécessite de suivre précisément un schéma préétabli. Pour le suivre parfaitement, il est indispensable de travailler avec une fiche récapitulative sous les yeux pour nommer correctement les fichiers, ranger efficacement les données, etc.

Néanmoins, la rigueur exigée permet de meilleures exploitations (production de descriptions géométrales et consultation interactive) et de meilleures réappropriations des modèles dans un futur plus ou moins lointain. Cela concerne autant la géométrie que les atlas de texture.

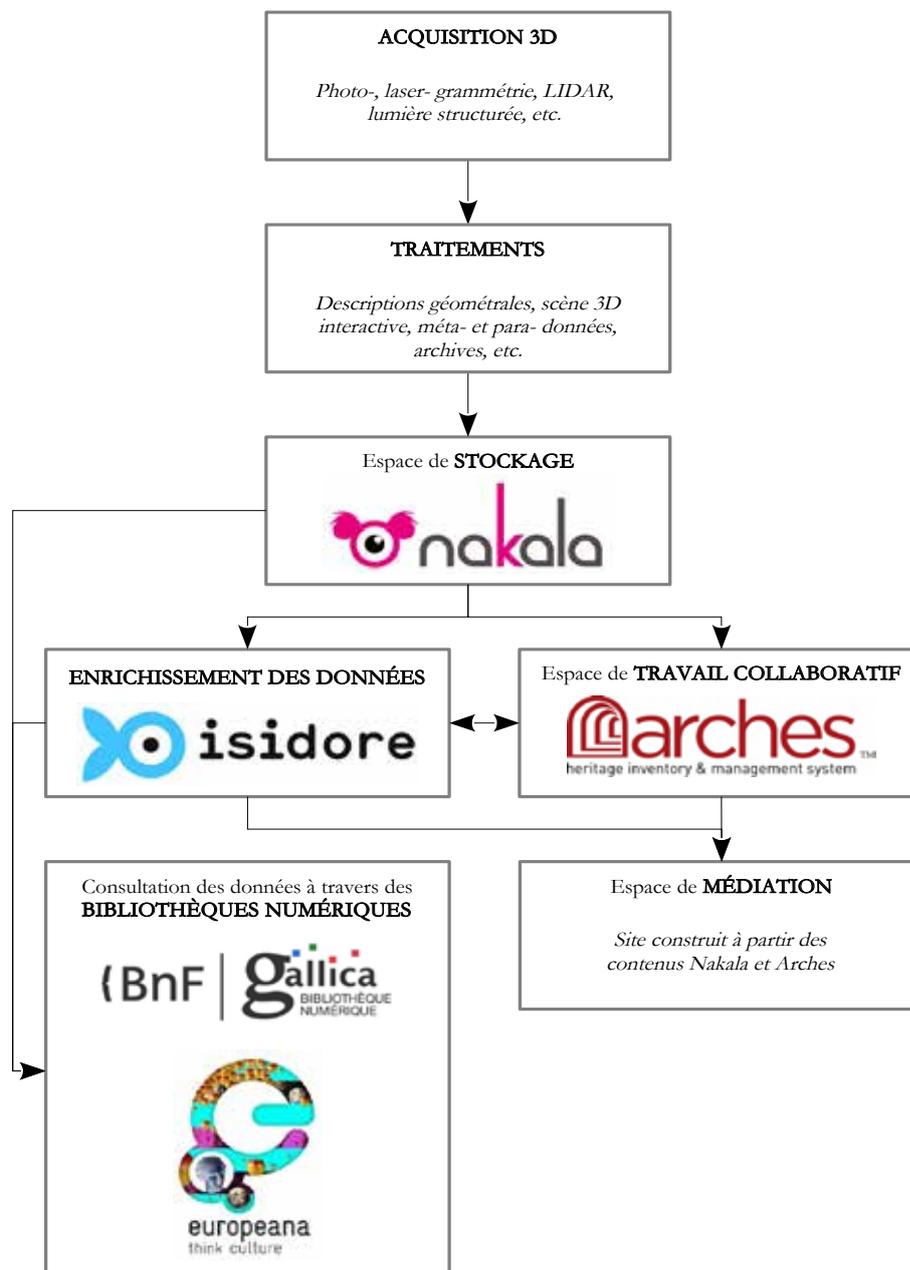
3.7.1. Futures exploitations de la géométrie

Dans le cadre du PCR, seul l'état actuel du contexte architectural dans lequel se situe le bloc orné est documenté. À l'avenir, dans le cadre d'un autre projet, il pourrait être envisagé d'engager des études selon les typologies architecturales reconnues.

Ce travail sera facilité dans le sens où une grande partie du travail est déjà réalisé : l'état moderne étant documenté, il faudrait seulement mieux segmenter les modèles. Dans le cadre du PCR, seuls les blocs ornés sont individualisés ; les autres éléments appartenant aux structures internes sont décrits par un seul maillage ; l'enveloppe tumulaire et l'environnement proche ne sont pas différenciés.

Une dimension « état sanitaire » pourrait également être envisagé : les acquisitions réalisées dans le cadre du PCR produisent une image du monument à un instant t . Elles pourraient être comparées à de nouvelles acquisitions accomplies quelques années plus tard afin de mieux évaluer les éventuels mouvements tumulaires et déplacements de blocs. Les travaux engagés sur les tumuli polonais (Gawalkiewicz et Szafarczyk 2016) montrent en effet que les pluies plus abondantes qu'auparavant pouvaient engendrer des désordres et accélérer le processus d'étalement des sédiments formant l'enveloppe tumulaire.

Enfin, à l'issue de la procédure d'inscription au Patrimoine mondial de l'Humanité, une hausse significative de la fréquentation touristique est attendue. Cela engendrera assurément des formes d'érosion anthropique qu'il conviendra de qualifier et de quantifier. Le recours à ces modèles tridimensionnels sera alors d'une grande aide pour le suivi de ce patrimoine fragile.



3.7.2. Analyse croisée des atlas de texture

Comme il a été présenté dans le chapitre 2.1.2.4.Enrichissements et perspectives, les modèles 3D ne sont plus seulement accompagnés d'une seule texture (habituellement la carte photoréaliste), mais d'une multitude d'information que nous avons organisée – selon la nature de la surface décrite : tumulus, maçonnerie de pierre sèche ou bloc orné – à travers un atlas. Puisque pour chacun des blocs, les données sont organisées dans un même système de coordonnées, la grande quantité d'information ainsi structurée peut être analysée *a posteriori* pour extraire de nouvelles informations.

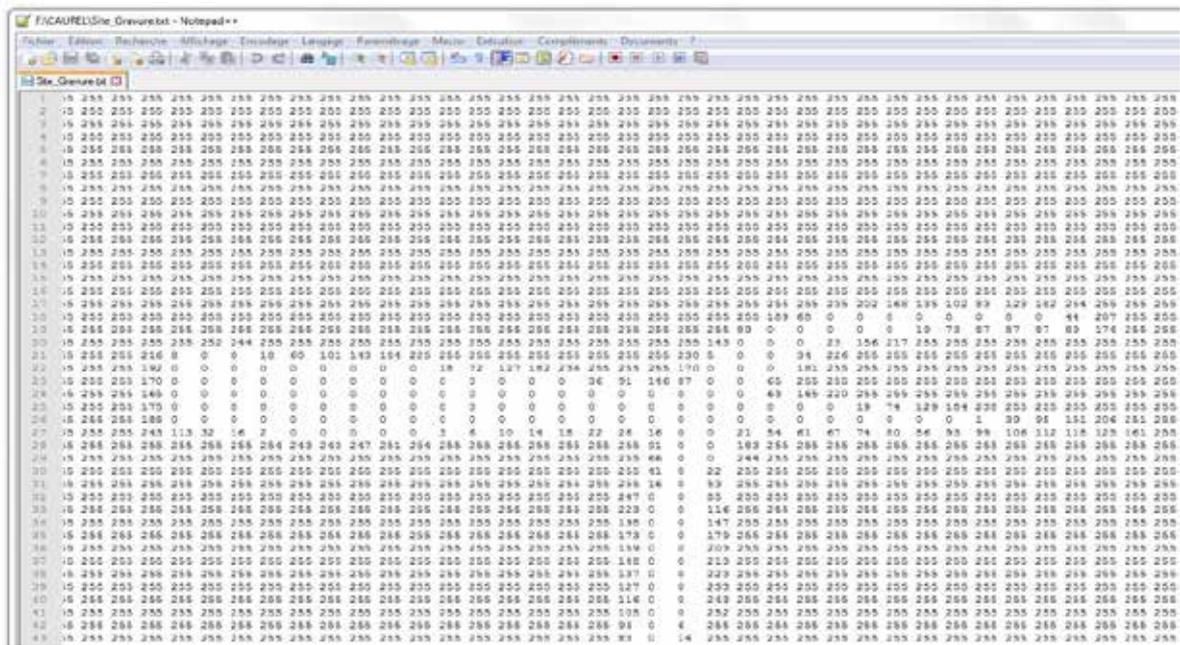
Par exemple, afin d'adopter des mesures conservatoires les plus efficaces, il conviendra de définir quels blocs ornés possèdent / possédaient des développements biologiques (mousses et lichens), puis de définir s'il existe une superposition avec le programme iconographique pour établir des priorités d'intervention.

C'est dans cette optique qu'un travail a été initié avec Élodie Plissonneau, chargée d'études à la MSH Ange Guépin à Nantes.

3.7.2.1. Requêter avec R

Le principe consiste à comparer des cartes construites dans le même système de projection – c'est-à-dire décrivant le même bloc – afin d'évaluer le degré de superposition de différentes informations. Mais avant de décrire le script, il faut convertir les données dans un format analysable par le logiciel R⁷².

Bien que le travail consiste à analyser des images entre elles, R ne peut pas lire une image couleur, en JPG par exemple : il faut convertir l'image en texte. Pour que l'opération fonctionne et soit la plus simple possible, l'image ne doit comporter qu'une seule bande (une image RVB en comporte 3, une image en CMJN 4) ; une conversion en niveaux de gris permet de fusionner les différents canaux en un seul. Néanmoins, la taille de la carte doit être contrôlée puisque le script analysera chaque cellule des cartes – or, la plupart de ces documents ont une taille de 4096 x 4096 pixels, soit 16 777 216 pixels. Par conséquent, les temps d'analyse seront extrêmement longs pour établir simplement une réponse de type « oui, il y a / non, il n'y a pas superposition entre la gravure et les mousses et lichens ». Il sera donc prudent de réduire la dimension de la carte à 512 x 512 pixels par exemple (262 144 cellules).



Exemple d'une image texte sur un sujet arbitraire

Une fois que le jeu de données sera formaté convenablement, le script R rédigé par É. Plissonneau pourra être démarré. Il devra simplement être modifié au préalable pour indiquer dans quel répertoire les données à analyser se situent – et lire les commentaires (écrits en vert) pour éviter toutes mauvaises surprises. Le script pourra être exécuté en une seule fois grâce aux commandes `Ctrl+A`, puis `Ctrl+R`.

72 <https://www.r-project.org/> – site consulté le 07/11/2016. R est un logiciel libre proposant aux utilisateurs un langage et un environnement logiciel pour les calculs statistiques et graphiques.

Il faut enfin de nouveau souligner que pour que le script reconnaisse les fichiers à analyser, ils doivent tous porter le même nom, ou du moins adopter la même structure (par exemple : `nomDuBloc_suffixe`). De même, l'absence d'un seul fichier compromettra le calcul et une erreur sera formulée.

Le script R permettant l'analyse croisée de plusieurs cartes (gravures, lichens et mousses dans ce cas) :

```
#####
#Script R valide le 24/05/16
#Version 1
#Objectif: balayer l'intégralité des fichiers d'une arborescence
#afin de tester si les gravures sont recouverte par des mousses ou lichens
#Principe: pour chaque site,
# on détermine les pixels concernés par la gravure (sur le gravure.txt)
# on regarde sur mousse.txt (resp. lichen.txt) si la mousse (resp. le lichen) recouvre ces pixels
# le résultat est un fichier texte contenant les informations: (nomdusite)(mousse:oui/non)
#(lichen:oui/non) #oui si la mousse (resp. le lichen) recouvre la gravure
#####

#Arborescence sur laquelle appliquer l'algorithme
#(D): dossier principal / (d): sous-dossier / (F):fichier
#(D:dossier qui contient tous les sites archeo) : Touslessites
# (d1:dossier qui contient tous les fichiers du site1):Site1
# (d1F1:fichier1 du site1): Site1_Gravure.txt
# (d1F2:fichier2 du site1): Site1_Mousse.txt
# (d1F3:fichier3 du site1): Site1_Lichen.txt
# ...
# (d2:dossier qui contient tous les fichiers du site2):Site2
# (d2F1:fichier1 du site1): Site2_Gravure.txt
# (d2F2:fichier2 du site1): Site2_Mousse.txt
# (d2F3:fichier3 du site1): Site2_Lichen.txt
# ...
# (d3:dossier qui contient tous les fichiers du site3):Site3
# (d3F1:fichier1 du site1): Site3_Gravure.txt
# (d3F2:fichier2 du site1): Site3_Mousse.txt
# (d3F3:fichier3 du site1): Site3_Lichen.txt
# ...
# ...
#!!!!!! Attention: tous les fichiers (gravure, mousse, lichen) doivent être présents, sinon la
fonction produira des erreurs...

#Sélection de l'espace de travail (D)
chemin=setwd('D:/Touslessites') #chemin du dossier principal

#Algorithme de recherche: fonction presence_sur_gravure
presence_sur_gravure=function(chemin){
setwd(chemin) #chemin du dossier principal
sites=dir(getwd()) #vecteur contenant le nom de tous les sites de (D)
tableau_resultat=data.frame(cbind('sites'=sites,'mousse'=rep('non',length(sites)), 'lichen'=rep('non',length(sites)))) #création du tableau résultat:par défaut, mousse et lichen sont 'non'
levels(tableau_resultat[,2])=c('non','oui');levels(tableau_resultat[,3])=c('non','oui') #on modifie les niveaux qui peuvent être pris par les colonnes 2 et 3 (mousse et lichen)
for (i in 1:length(sites)){ #boucle pour parcourir l'ensemble des dossiers (d1),(d2),...
site=sites[i] #sélection d'un des sites: site
setwd(paste('./',site,sep='')) #entrée dans le (d) du site
gravure=read.table(paste(site,'_Gravure.txt',sep='')) #chargement du fichier gravure du site:
(d F1)
mousse=read.table(paste(site,'_Mousse.txt',sep='')) #chargement du fichier mousse du site: (d
F2)
lichen=read.table(paste(site,'_Lichen.txt',sep='')) #chargement du fichier lichen du site: (d
F3)
for (j in 1:nrow(gravure)){
for (k in 1:ncol(gravure)){ #double boucle pour parcourir la totalité du fichier gravure
if(tableau_resultat$mousse[i]!='non' && tableau_resultat$lichen[i]!='non'){ #teste si on a déjà
oui pour les mousses et les lichens
if(gravure[j,k]==0){ #si le pixel de (dF1)=0: alors gravure
if(mousse[j,k]==0){ #on teste si présence de mousse sur ce pixel: (si pixel=0 alors
mousse)
tableau_resultat$mousse[i]='oui'} #si il y a mousse: on modifie le tableau résultat
en mettant 'oui' dans la colonne mousse du site

```

```

    if(lichen[j,k]==0){ #on teste si présence de lichen sur ce pixel: (si pixel=0 alors
lichen)
        tableau_resultat$lichen[i]='oui'} #si il y a lichen: on modifie le tableau résultat
en mettant 'oui' dans la colonne lichen du site
    }
}else{break} #arrête de parcourir l'image dès que les infos mousse et lichen sont égales à oui
dans le tableau résultat
    }
}

setwd(chemin) #sortie du (d) du site pour recommencer toute l'opération avec le site suivant de
la boucle
}
write.table(tableau_resultat, '../presence_sur_gravure.txt', row.names=FALSE) #créé un fichier texte
avec le tableau résultat à côté du dossier de départ
}

#une fois que tout a été compilé 1 fois, il suffit de ne lancer que les lignes ci-dessous, tant
que R n'a pas été fermé
chemin=setwd('D:/Touslessites')
presence_sur_gravure(chemin)

#Remarques:
#pour changer de dossier qui contient les sites, il suffit de changer le 'chemin'

```

Le résultat de ce calcul est un fichier TXT nommé 'presence_sur_gravure.txt' contenant un tableau avec, dans une première colonne, le nom du bloc, et dans les deuxième (lichens) et troisième (mousses) la réponse oui / non à l'interrogation « y a-t-il superposition ? ».

3.7.2.2. Limites et alternatives possibles

L'analyse croisée des différentes cartes avec le logiciel R présente plusieurs limites.

Avant de commencer l'interrogation des données, il faut procéder à une suite de manipulation : réduction de la taille de l'image, puis conversion en niveau de gris, et enfin enregistrement dans un format bien particulier (image textuelle). Malgré ces optimisations, le temps de calcul semble ne pas être négligeable pour une requête de seulement quelques dizaines de sites... En effet, si le corpus est réduit à 5 cartes par blocs de 512x512, cela représente déjà 1 310 720 cellules à interroger les unes après les autres. Ce chiffre est à multiplier pour chaque support orné – l'inventaire dans son état actuel fait état de plus de 250 supports. À moins de disposer d'un super-ordinateur, il est difficilement envisageable de requêter toutes les cartes de cette manière.

D'autres solutions pourraient être envisagées, mais elles n'ont pas été investiguées pour le moment. L'attention se porte notamment sur deux librairies libres dédiées à la manipulation d'image : il s'agit de OpenCV⁷³ et le Python-pillow⁷⁴. Il est probable que le temps d'interrogation soit plus court car les algorithmes sont conçus pour le traitement d'un flux d'image en temps réel.

Conclusion

Les protocoles mis en place cette année pour la documentation des architectures ornées du Néolithique armoricain permettent de futures exploitations pour des objectifs dont nous ne pouvons pas clairement baliser le cadre actuellement. Par exemple, de futurs programmes de recherche pourront s'attacher à comprendre plus précisément l'architecture selon les différents types reconnus à travers des exercices de restitutions virtuelles ; le suivi de l'état sanitaire des blocs ornés ou des sites pourra être réalisé dans de bonnes conditions ; dans le cadre de mesures conservatoires, la base de données pourra être interrogée afin de déterminer sur quels sites intervenir en priorité, etc.

73 Open Computer Vision. <http://opencv.org/> – site consulté le 07/11/2016.

74 <https://python-pillow.org/> – site consulté le 07/11/2016. Python-pillow est une branche de la librairie PIL (Python Imaging Library) qui a pour objectif de la rendre plus accessible.

4. Les sites enregistrés pour l'année-test

Chaque monument fera l'objet d'une exposition et d'un descriptif similaires. Après une brève présentation du site et une introduction aux gravures connues par le biais d'un historique des recherches, les procédures d'acquisitions seront résumées avant que le descriptif des signes ne soit débuté. Il s'agit, en l'occurrence, de produire une analyse surfacique et chronologique des tracés, soutenue par un va-et-vient constant entre texte et images, images obtenues d'une compilation photographique sous éclairages tournants, finalement replacées dans une restitution tridimensionnelle du support. La synthèse graphique est décrite après ce redressement de la composition. On recherche également, quand elle est pertinente, une géométrie ayant pu structurer la scène à partir d'axes simples traversant le support, normaux entre eux. Cette nouvelle synthèse est alors comparée aux levés existants en recherchant accords et divergences. On tendra, autant que possible, vers une modélisation dynamique de la scène décrite, qui laisse entendre un début d'interprétation ou tout du moins quelques clés de compréhension.

La numérotation des figures (de 1 à n) est propre à chaque site (le site qui suit reprend à partir de la fig. 1).

4.1. Cruguellic (Ploemeur, Morbihan)

Dominant les plages de Fort Bloqué à l'ouest, la tombe à couloir de Cruguellic est aujourd'hui cachée derrière un rideau de végétation qui empêche toute visibilité vers le large. Cette implantation sur le versant du relief, et non à son sommet, est très probablement en rapport avec ce lien maritime visuel, à l'image des monuments du même type inventoriés autour de l'embouchure de la Loire qui privilégient ces choix topographiques sur la pente dominant l'océan.

Z. Le Rouzic mentionne bien, près du hameau de Cruguellic, un « tertre tumulaire allongé, entouré de gros blocs arcbutés vers le centre » (Le Rouzic 1965, p. 37), mais on peine à entrevoir ce qu'il a bien pu décrire. Seule l'élévation occidentale conservée des parois a pu être confondue avec la structure périphérique d'une tumulation. Malmené pendant la guerre (installation d'un projecteur anti-aérien), le monument est cependant connu des amateurs locaux et notamment de la Société archéologique lorientaise qui signale les dégradations successives. La construction d'un centre de vacances va pousser finalement la Direction des antiquités de Bretagne à intervenir par la fouille en 1974 et 1975 (Le Roux 1975, 1977).

Les désordres constatés semblent remonter aux époques gallo-romaine puis médiévale, mais des tessons de l'âge du Fer signent un passage antérieur, sans doute moins destructeur. Le type architectural (fig. 1) est celui historiquement désigné par « sépulture à double transept » (L'Helgouac'h 1965) ; il s'agit de l'exemple le plus occidental des tombes cantonnées entre la région de Carnac et la Basse-Loire. Le cairn est presque carré et limité par des muraillements en pierre sèche. Le mobilier récolté du Néolithique moyen est sans surprise Auzay-Sandun mais on note une réutilisation au Néolithique récent et au Campaniforme (Le Roux 1978).

Deux des montants en granite, « en position très incertaine à la suite des bouleversements subis » (Le Roux 1975, p. 538), portent une ornementation gravée, interprétée dans les deux cas comme ces figurations dérivées de l'« écusson » (fig. 14), motif bien connu dans l'art des dolmens à couloirs. La publication de 1977 rétablit néanmoins le pilier W4 comme élément d'architecture « en place ». La figure en « écusson » y est rapprochée du motif similaire décrit dans la tombe à couloir de Pen Hap dans l'Île-aux-Moines (Morbihan), autrement dit la « hache-engainée » du vocabulaire usuel. Une autre ornementation occupe presque toute une des faces d'un bloc « trouvé déchaussé et brisé sur le site » (Le Roux, Lecerf 1977, p. 15), mais qui est présenté debout et calé sur la photographie de la publication de 1975 (fig. 39 dans *Gallia-Préhistoire*). Aucune élévation n'étant produite pour accompagner les plans, il est difficile de se faire une image de la structuration interne avant et après la fouille (notre numérotation actuelle des orthostates, tout en se conformant à la distinction faite entre ouest (W) et est (E) ne peut pas suivre l'ordre donné par les auteurs en 1977). On note d'ailleurs que cette orientation de la dalle (et donc des gravures) est inverse à la position actuelle restaurée ; le levé des gravures suit cette ancienne disposition (fig. 5 dans Le Roux, Lecerf 1977). Les auteurs reconnaissent, parmi d'autres lignes, les restes d'un « écusson » à double encadrement et ligne médiane verticale. Une autre variation proposera une ornementation apparentée à l'« écusson » classique des dolmens à couloir morbihannais avec peut-être une concession au style des « dolmens en équerre » type Pierres Plates (Le Roux 1978).

Étonnamment, E. Shee-Twhohig ne reproduit aucun des dessins de gravures, peut-être publiés au moment d'établir son inventaire et, contrairement à son habitude, ne propose aucun levé personnel alors que le catalogue mentionne bien le monument et ses représentations (ses missions en Morbihan étaient probablement achevées). Représentations décrites comme devant être le motif en « bouclier » (*buckler motif*) sur chacune des deux dalles (Shee-Twhohig 1981, p. 164). On le sait, il s'agit d'un autre terme pour décrire la figure en « écusson ». Nous verrons en conclusion la confusion sémantique et sémiotique que l'usage de ces mots induit.

4.1.1. Procédures d'acquisition

- La morphologie tridimensionnelle des supports a été rendu par une photomodélisation des surfaces :
- *orthostate W4* : corpus de 55 clichés au format jpeg obtenus avec un appareil Fujifilm X-E2, allant de Crug_08 (1) à Crug_08 (55) ; focale de 18 mm ; ouverture comprise entre f/7,1 et f/16 pour un temps de pose compris entre 1/60^e et 1/30^e ; ISO 800 ; traitement photogrammétrique par logiciel *Agisoft Photoscan*.

- *orthostate E7* : corpus de 75 clichés au format jpeg obtenus avec un appareil Fujifilm X-E2, allant de Crug_07 (1) à Crug_07 (75) ; focale de 18 mm ; ouverture comprise entre f/11 et f/16 pour un temps de pose de 1/30^e ; ISO 800 ; traitement photogrammétrique par logiciel *Agisoft Photoscan*.
- Le levé photographique des gravures par éclairages tournants, sur lequel va porter notre descriptif, a été mené le 19 avril 2016 sous barnum de toile noire étanche (2 x 2 x 2,5 m) et s'est fondé sur 1 station d'images compilées, se recouvrant partiellement, formant un total de 61 clichés (Nikon D5300 ; objectif AF-S Nikkor 10-24 mm ; ISO 400 ; format RAW ; ouverture à 16 ; focale 12 ; temps de pose allant de 1 à 3 s).
- Le dessin vectoriel des tracés et anomalies fut opéré par logiciel *Adobe Illustrator CS6* sous tablette graphique Wacom/Intuos.

4.1.2. Descriptif des signes

Bien que cela ne soit nulle part spécifié dans les publications successives, la dénomination des orthostates conservés dans leur fosse de fondation suit l'orientation cardinale de la tombe. W4 est donc le pilier ouest n° 4. Nous proposons par conséquent de nommer le second pilier gravé et replanté dans la restauration actuelle par sa position à l'est, autrement dit E n° 7, bien qu'il soit en quelque sorte artificiel.

Une seule station fut nécessaire pour chaque dalle, étant donné leur taille. Chaque motif identifié sera désigné par une lettre capitale (A) et les signes le composant seront sous-numérotés (A1, A2). Le descriptif débutera de façon arbitraire à la verticale du support en suivant ensuite le sens des aiguilles d'une montre.

4.1.2.1. Orthostate W4

Le corpus photographique couvrant la face se compose de 70 photos au format .NEF (2,44 Go) ; 70 photos ont été corrigées au format .jpeg pour un traitement plus souple à la palette, mais ne seront en fin de compte utilisés que 19 clichés DSC_0131 à DSC_178). Le corpus graphique (2,03 Go) est composé de 19 fichiers vectoriels au format .ai et de 2 fichiers de synthèse.

La dalle est un granite à deux micas, dont le haut semble être intact, ce qui n'est pas le cas de la partie basale, manifestement tronquée au niveau du motif gravé ainsi que le cliché au moment de son dégagement le prouve (Le Roux 1977). La restauration a d'ailleurs réenfoui 45 cm de gravures, autrement dit la racine de l'orthostate plantée dans la fosse (ou tranchée) d'implantation.

Deux tracés ont pu être inventoriés, sans surprise (fig. 10). Aucune autre gravure ne marque la partie supérieure du support, malgré une recherche attentive.

Le tracé A1 est complet et s'apparente à la « boucle » généralement visible au-dessus des représentations de cétacé. On note cependant un arc sommital plus resserré que la norme.

Le tracé A2 suit cette première forme, mais une interruption de tracé, du e à un accident naturel dans la roche, empêche d'en suivre parfaitement le contour.

4.1.2.2. Orthostate E7

Le corpus photographique couvrant la face se compose de 61 photos au format .NEF (2,1 Go) ; 61 photos ont été corrigées au format .jpeg pour un traitement plus souple à la palette (utilisation des photos DSC_0201 à DSC_260). Le corpus graphique (4,5 Go) est composé de 49 fichiers vectoriels au format .ai et de 2 fichiers de synthèse.

La dalle est un granite à deux micas, sur laquelle il est presque impossible de détecter les gravures pourtant présentes. Seul un éclairage rasant vers midi autorise leur détection, encore que l'observateur non averti puisse très facilement confondre certains plis naturels avec des tracés anthropiques. On est au surplus assez inquiet des difficultés actuelles à les percevoir quand on examine la dalle photographiée en 1974 (Le Roux 1975) où aucune colonisation biologique n'est visible. La couverture présente en lichens doit donc contribuer à cet estompage. Mais il est également clair que la météorisation, même en quarante ans d'attaque de la roche qui peut paraître un espace de temps bien réduit, a pourtant et significativement affecté la surface du support. Notons cependant la reconnaissance inespérée de quelques larges négatifs d'éclats conservés dans certains tracés.

Trois motifs bien reconnaissables du répertoire armoricain ont été identifiés - crosses de jet, hache emmanchée, cétacé - et nous allons les passer en revue (fig. 7).

*

Le **motif A** est constitué d'un seul tracé en continu, le signe se confondant par conséquent avec le motif. Il s'agit d'une crosse senestre, penchée par rapport à un axe central et longitudinal proposé dans la configuration restaurée actuelle, qui passerait d'ailleurs par son milieu.

*

Le **motif B** est une hache emmanchée.

- B1 et B2 dégagent la lame rectiligne, au tranchant étroit, B1 étant postérieur à B2. B2 recoupe nettement la crosse A.
- B3 sort également en champlevé le crosseron du manche. B3 recoupe B1 et vient presque entamer le corps de la lame.
- B4 est l'enlèvement symétrique permettant de dégager le crosseron.
- B5 est un tracé exactement orienté dans le prolongement de B1. Il dessine le talon de la lame et semble recoupé par B4, mais la relation est fragile .
- B6 est l'enlèvement de matière symétriquement placé, sans rejoindre B5 semble-t-il, à moins que la bordure du support n'ait tronqué cette relation attendue.
- B7 est un tracé continu qui dessine le manche, recoupant B2 à gauche et B6 à droite. Notons que l'extrémité proximale est courbée, soit que le modèle l'exigeait, soit que la bordure de la stèle ne l'ait imposé.

*

Le **motif C** est sans discussion possible un des composants bien reconnaissable du registre néolithique de l'ouest de la France. Plutôt qu'une « hache-charrue », nous suggérons un nouveau spécimen de cétacé (cachalot - Cassen, Vaquero 2000).

- C1 dégage le côté gauche de la « tête », englobant d'ailleurs son extrémité, très endommagée.
- C2 est une reprise, postérieure à C1. C'est un tracé courbe qui divise la surface en champlevé, rectiligne en haut, curviligne en bas.
- C3 est un enlèvement placé sur le « ventre », dans le prolongement de C9, mais qui lui est bien distinct. Le signe ainsi dégagé et un segment rectiligne oblique.
- C4 assure le tracé inférieur du « corps ». Il est interrompu par C1. Nous n'avons pas identifié son achèvement sur le bord de la stèle, où devrait se trouver la « queue ».
- C5 est l'autre tracé sur le côté droit de la tête, postérieur à C1 et postérieur à C8.
- C6 dessine le dos de l'animal, et ici encore l'extrémité gauche ne permet pas de reconnaître l'attache d'une nageoire caudale. C7 et C8 sont vraisemblablement la suite du même enlèvement rectiligne, simplement interrompu par C9.
- C9 est le signe caractéristique de la figure, « souffle » du mammifère marin, superposé à C6.

*

Le **motif D** est à son tour constitué d'un seul tracé en continu, le signe se confondant avec le motif. Il s'agit cette fois d'une crosse dextre, mais interrompue par une cassure dans le support. Elle est penchée, comme sa voisine, par rapport à un axe central et longitudinal. Le motif est excentré en regard de la composition en son ensemble, et surmonte ce qui devrait être l'emplacement de la queue du cachalot.

Un déroulé chronographique peut donc être déduit de ces relations d'antéro-postériorité.

- la phase 1 débute l'inscription en oblique du corps (tracés des deux bords, sans connaître l'ordre de réalisation) ;
- la phase 2 dessine le bord gauche de la tête, et nous l'orientons du haut (plus large tracé) vers le bas (plus étroit) ;
- la phase 3 dessine le bord droit de la tête, en suivant le même principe de reconnaissance (large en haut, étroit en bas) ;
- la phase 4 sépare l'extrémité de la tête ;
- la phase 5 inscrit le souffle du cachalot, sans pouvoir mieux orienter le sens de réalisation.

*

La tranche nord de l'orthostate E7

L'absence d'une représentation de « queue » à l'extrémité gauche du motif principal est finalement intrigant et serait une exception dans le registre actuel. La question s'est donc posée, à l'issue de la restitution des tracés, sur un éventuel prolongement du motif sur la tranche orientée au nord. Elle nous a conduit à

revenir sur l'acquisition photogrammétrique en recalculant un modèle tridimensionnel spécifique et plus précis sur la tranche afin d'en faire ressortir le maximum de détails. Aucun enregistrement par éclairages tournants n'avait en effet été programmé, aucune gravure n'ayant été ici inventoriée par les fouilleurs.

La figure 15 présente le résultat de plusieurs illuminations virtuelles fournies par des filtres appliqués à la carte des normales. Il en ressort une anomalie en creux qui correspond exactement aux deux tracés détectés sur la face contiguë (face sud-est), sans pour autant que l'on puisse l'affirmer preuve à l'appui. Ces deux tracés supposés viennent s'achever sur une fissure naturelle dans le granite, fissure qui formerait alors la nageoire caudale dans notre hypothèse interprétative. Plus généralement la formule s'apparente à un typique hors-champ iconographique qui entraîne une dynamique supplémentaire à l'image de l'animal en mouvement.

4.1.3. Synthèse graphique

4.1.3.1. Le modèle 3D et le redressement du levé

Les fichiers .AI obtenu des éclairages tournants sur les deux orthostates E7 et W4, contenant les calques superposés correspondant à tous les dessins des contours pour chaque cliché compilé, a été allégé en fusionnant ces calques sous une même rubrique. Une estimation des tracés, autrement dit des signes gravés, a été proposée en étant guidé par cet inventaire des contours. Puis cette synthèse a été copiée sur la face est du modèle 3D du monolithe W4 et la face ouest du monolithe E7, ombré suivant trois filtres (gradation de radiance, occlusion ambiante et carte de normales/filtre bleu) plus aptes à faire ressortir le motif dans la pierre. On corrige ainsi les données vectorielles à travers l'outil de déformation manuelle qui joue sur les points d'ancrage, afin de faire coïncider le dessin et le modèle 3D, ou géométral.

4.1.3.2. La géométrie des compositions

Aucune étude n'est actuellement possible pour l'*orthostate* W4 après la restauration des années 70.

Compte tenu de la position actuelle de l'*orthostate* E7, résultat de la dernière restauration des années 70, un doute peut demeurer quant à l'intérêt de conduire un tel exercice. Mais l'orientation du sens de lecture des gravures est la bonne, et l'équilibre général de la dalle semble tout à fait satisfaisant relativement à sa morphologie, probablement très proche de son installation primitive en tant que stèle. Nous pouvons donc orienter la scène, alternativement selon deux axes verticaux (fig. 8).

L'axe 1 divise la surface en deux moitiés. On note en ce cas qu'il passe à peu près au centre de la tête du cachalot, tête descendue à la verticale alors que le corps est oblique, déterminant un souffle également penché. L'axe 2 est établi à une dizaine de centimètres à droite, car il vient ici faire coïncider deux tracés, celui dégagant le bord droit de la tête du cétacé d'une part, et celui dessinant le tranchant à gauche de la hache emmanchée d'autre part. Cette disposition de part et d'autre d'un axe imaginaire laisse entendre une nouvelle foi le système d'oppositions et de corrélations à l'œuvre entre tous les signes du registre armoricain. Une relation similaire a été soulignée sur un orthostate du Mané Lud à Locmariaquer (Cassen 2011). Il nous semble que cette séparation virtuelle dénote l'intention du graveur, en tant que la hache-signe doit s'opposer à l'animal fabuleux.

4.1.3.3. La comparaison avec le levé Le Roux-Lecerf

L'orthostate W4 : Il est difficile d'établir un comparatif puisque nous n'avons pu enregistrer que 40% de la gravure détectée par la fouille des années 70 (fig. 14). On peut néanmoins affirmer qu'aucune des deux cupules remarquées par nos collègues (Le Roux, Lecerf 1977) n'est présente dans cette partie du motif examinée. Nous doutons également des resserrements à la partie inférieure des tracés formant la boucle ; il y a probable confusion avec la courbure des contours. La photo publiée en 1975 est à cet égard très claire. La terminaison basale du motif est aussi douteuse, toujours sur la foi des clichés produits.

L'orthostate E7 : Le levé graphique publié en 1977 (Le Roux, Lecerf 1977), le seul à notre disposition, fut manifestement établi sur un bloc inversé par rapport à la position actuelle (Le Roux 1975), résultat de la plus récente restauration. Les tracés suivent ensuite un parti-pris de rectilignes, parfois effectives,

parfois fidèles seulement aux fissures naturelles dans le granite. On reconnaît bien entendu le manche de la hache sur la gauche et une moitié de la lame polie, mais qui sont autant de signes non identifiés par nos collègues. Un bord de la tête du cétacé est conforme à notre levé mais le souffle est arrêté sur une fissure, et repéré sur un seul côté. Bref, il était impossible à partir de cet enregistrement de reconnaître les motifs en question.

4.1.4. Conclusions

La tombe à couloir et « double transept » de Cruguellic se présente dans un état restauré mais le plan des structures internes est tout à fait conforme aux données archéologiques obtenues par la fouille des années 1970. Le cairn est de forme quadrangulaire. Le mobilier Auzay-Sandun appartient au registre classique du Néolithique moyen des débuts du IV^e millénaire dans l'ouest de la France, et ne se distingue par aucun véritable objet socialement valorisé.

Deux dalles gravées ont été détectées au cours de la fouille de sauvetage conduite par la Direction des antiquités de Bretagne, les deux trouvées plantées de chaque côté du couloir, au centre du monument. Si, selon les fouilleurs, l'orthostate occidental (W4) est en place, celui du côté oriental (E7) serait le résultat d'une première restauration, trouvé sur le cairn et hors contexte. Il était en tout cas dressé en 1974, mais dans une orientation inverse à sa position actuelle. Les deux monolithes semblent, quoi qu'il en soit, les restes d'anciennes stèles en réemploi. Le cas est évident avec W4 où le motif est pour plus de sa moitié enterré dans la tranchée de fondation du pilier, une gravure elle-même tronquée à son extrémité inférieure. E7 ne présente pas d'argument aussi fort, car si l'on remarque une gravure de crosse interrompue par une cassure, le fait pourrait être tout aussi bien rapporté à un dommage au sommet du monolithe postérieurement à son intégration dans la tombe. Les visites successives au Campaniforme, à l'âge du Fer et durant la période gallo-romaine, ont passablement perturbé la structure du monument.

Notre inventaire des désordres s'est d'ailleurs limité aux supports gravés. Sur W4, on ne peut noter qu'une seule thermoaltération vers la base du monolithe, assez classique pour rendre compte de feux allumés sur le sol, probablement à des périodes plus récentes que le Néolithique. Le développement des lichens a également été cartographié, plus dans un souci expérimental que pour l'information présentement extraite. En revanche, sur E7, la coïncidence entre une concentration de lichens d'espèces différentes et la partie très dégradée de l'extrémité céphalique du cachalot, n'est sans doute pas le simple reflet du hasard. Et il en est de même avec le secteur de rencontre manche-lame, affecté d'une colonisation semblable qui a amplement brouillé l'information en compliquant la tâche de détection des tracés. Il est intéressant de noter que cette colonisation biologique s'est faite en 42 ans, cette partie du bloc ayant été trouvée enterrée en 1974.

Si notre levé sur la dalle W4 n'apporte pas beaucoup d'informations nouvelles par rapport au précédent levé, si ce n'est bien entendu la position enfin connue du motif sur son support et la nature et la largeur des tracés, les résultats obtenus sur E7 sont cette fois sans commune mesure. Trois grands motifs du répertoire armoricain sont identifiés : la crosse, en double exemplaire, la hache au manche croisé et le cachalot soufflant.

- Le cétacé est similaire à l'individu répertorié au plafond de la tombe de Kercado (Carnac), où nous avons aussi détecté une portion de disque à l'extrémité de la tête ; la présence d'un pénis est de surcroît un point important de comparaison.
- La hache emmanchée présente un dessin similaire au type Bégude, qui est le plus ancien dans la classification européenne des lames polies en jade alpin (Pétrequin *et al.* 2012). Notons que la hache est figurée superposée au manche, ce qui est une erreur fonctionnelle mais s'accorde à de nombreuses représentations semblables, où la présence est donnée à la lame polie en pierre au détriment de la crosse (Cassen 2007).

Au-delà des analogies régionales, soulignons combien ce nouvel exemplaire de cétacé éclaire un motif semblable, reproduit sur une stèle néolithique de la vallée de l'Essonne (Cassen *et al.* 2014, et à paraître), qui conserve deux signes en crosses pour limiter les deux extrémités du corps. Une particularité peu compréhensible jusqu'à la découverte de la figure de Cruguellic.

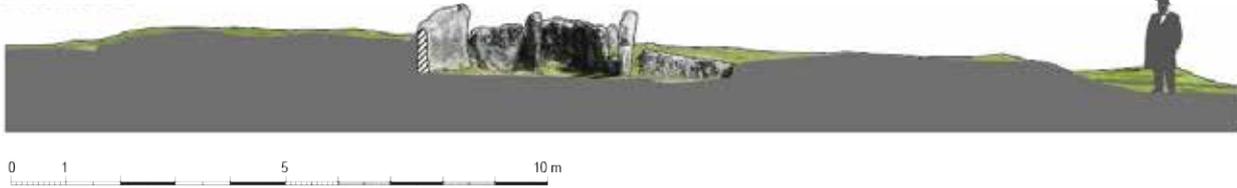
Pour finir, nous ne serions trop insister sur le grave danger d'altération qui court en surface des deux dalles gravées, directement exposées aux agents atmosphériques, sans compter la pression touristique (depuis plusieurs années : « Festival Les pierres parlent en Bretagne », avec scène aménagée sur une partie du cairn pour des animations - conteurs, musiques).

<http://www.lespierresparlent.info/>

La possibilité de conserver ces deux dalles (de peu d'envergure et peu impliquées dans la structure architecturale) dans un espace de type lapidaire de musée, tandis que des *fac-simile* prendraient leur place (et notamment en rehaussant de teintes les gravures désormais comprises) nous apparaît comme une priorité conservatoire et une initiative tout à fait réalisable.

Cruguellic
(Ploemeur, Morbihan)

Elévation C-D



Elévation en façade sud



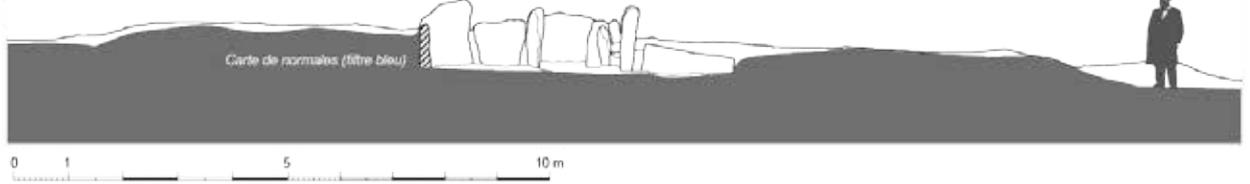
Vue planaire (orthophotographie)



Figure 1

Cruquellie
(Ploemeur, Morbihan)

Elévation C-D



Elévation en façade sud



Microtopographie sur modèle en occlusion ambiante

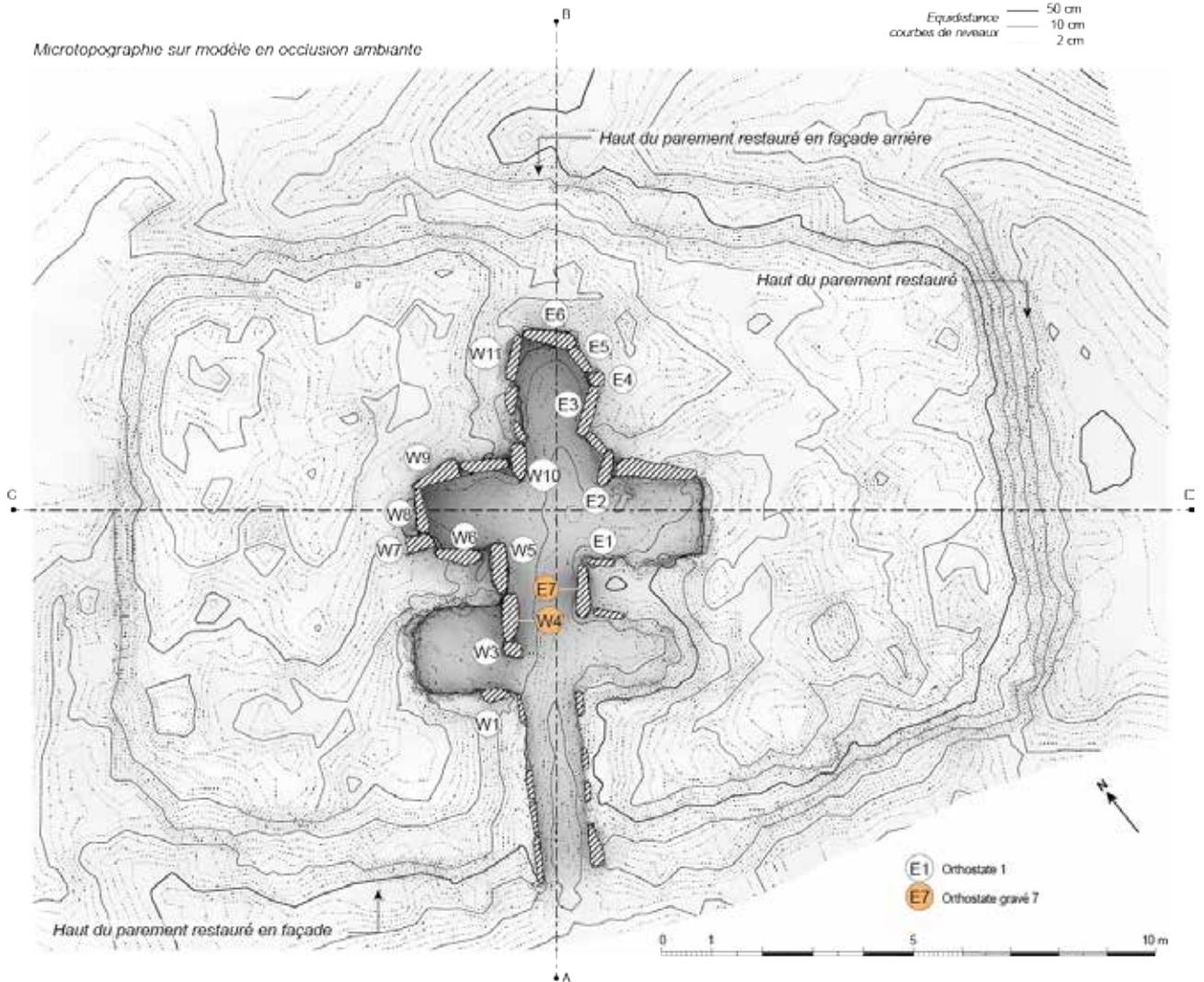
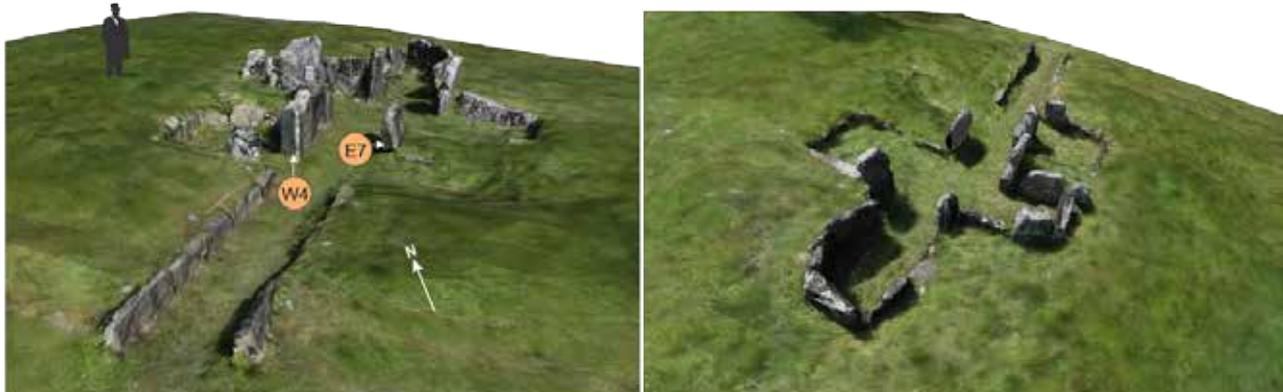


Figure 2

Cruguellic
(Ploemeur, Morbihan)



Vues extraites du modèle 3D allégé
en vue d'une consultation en temps réel sur Internet



Figure 3

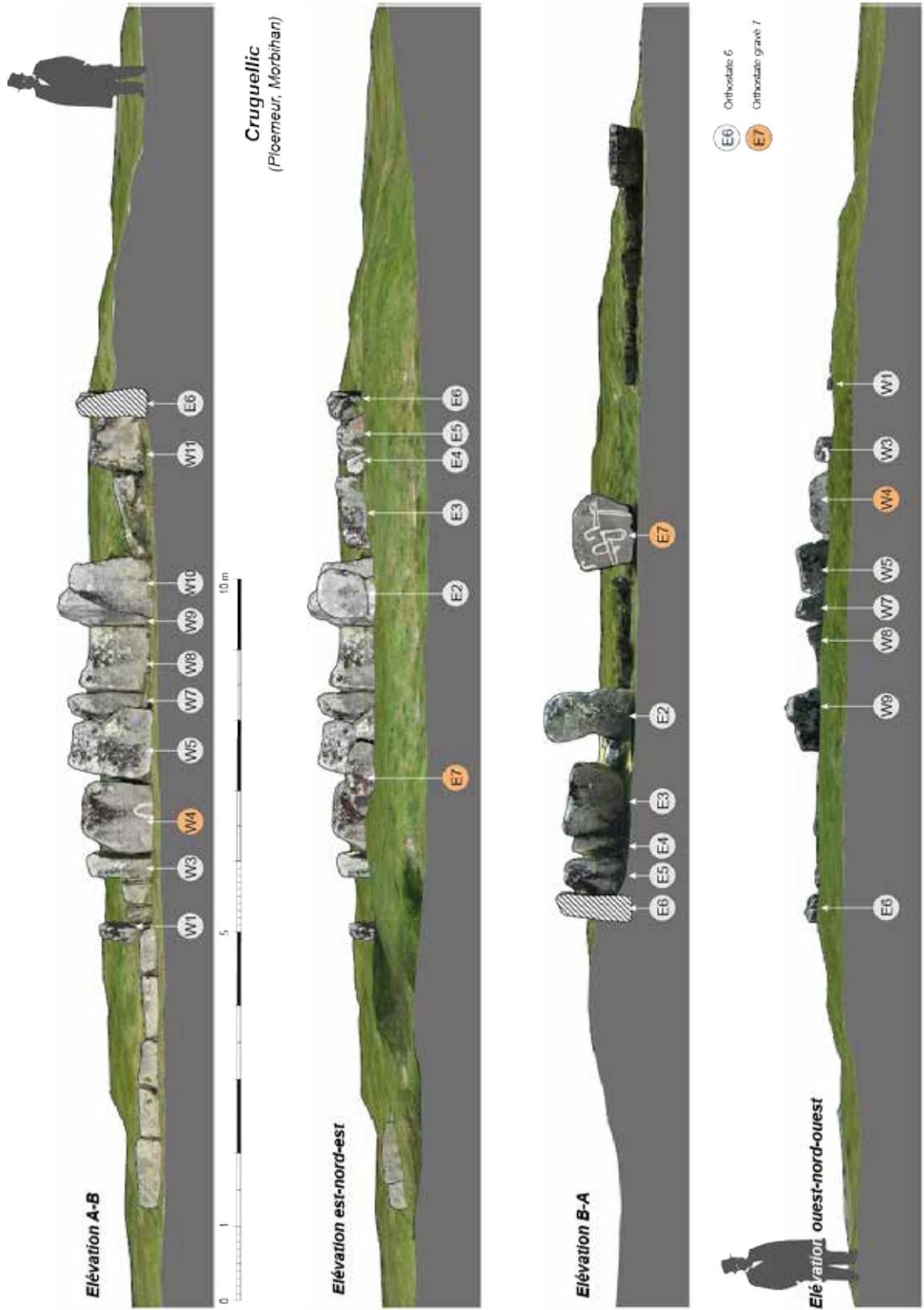


Figure 4

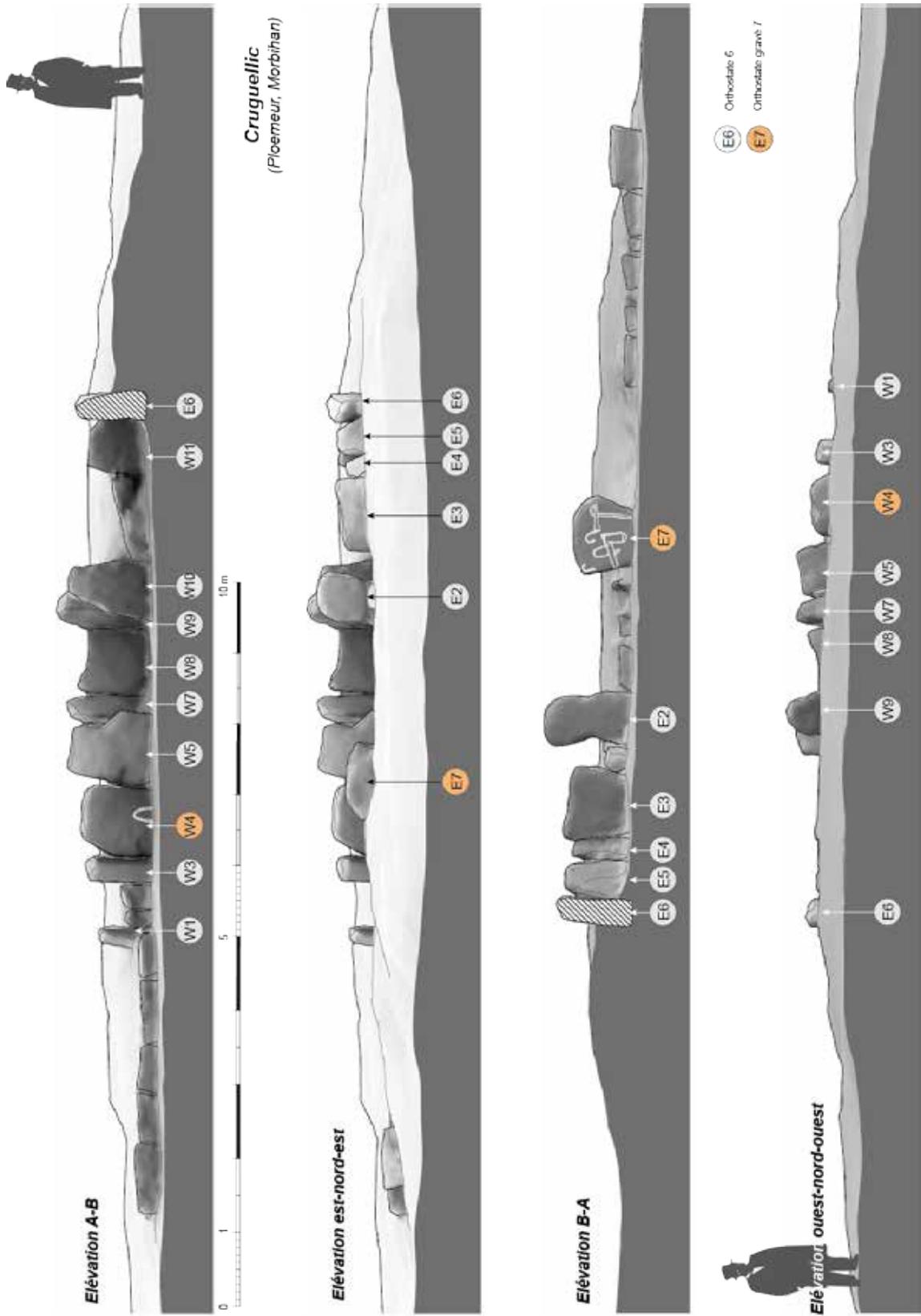
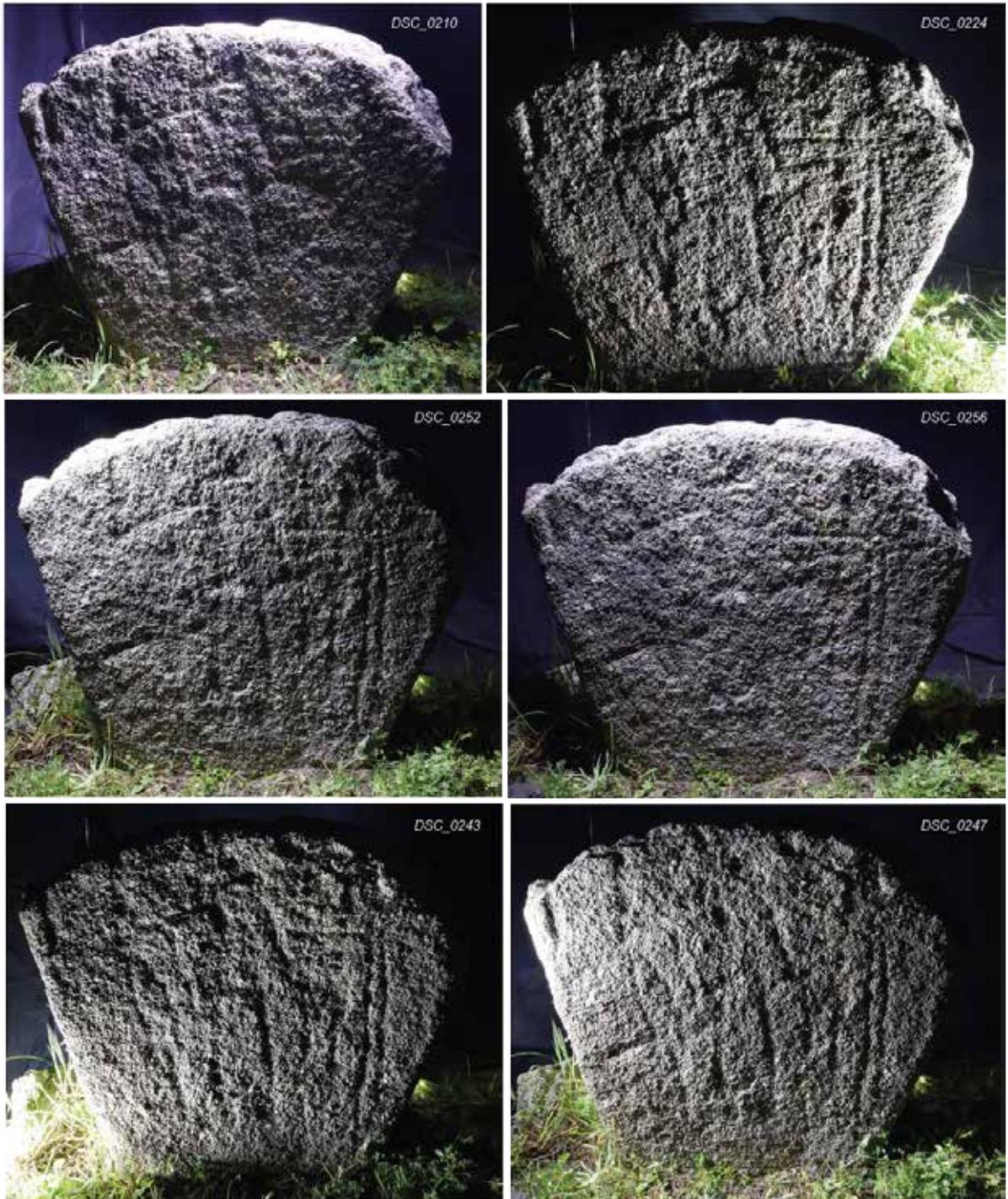


Figure 5

Cruguellic
(Ploemeur, Morbihan)



Orthostate E7

Figure 6

Cruguellic
(Ploemeur, Morbihan)

Orthostate E7

Eclairages tournants / Photos compilées
Nikon D5300 / DSC_0201 à DSC_0260
Levé (non redressé) sur l'original

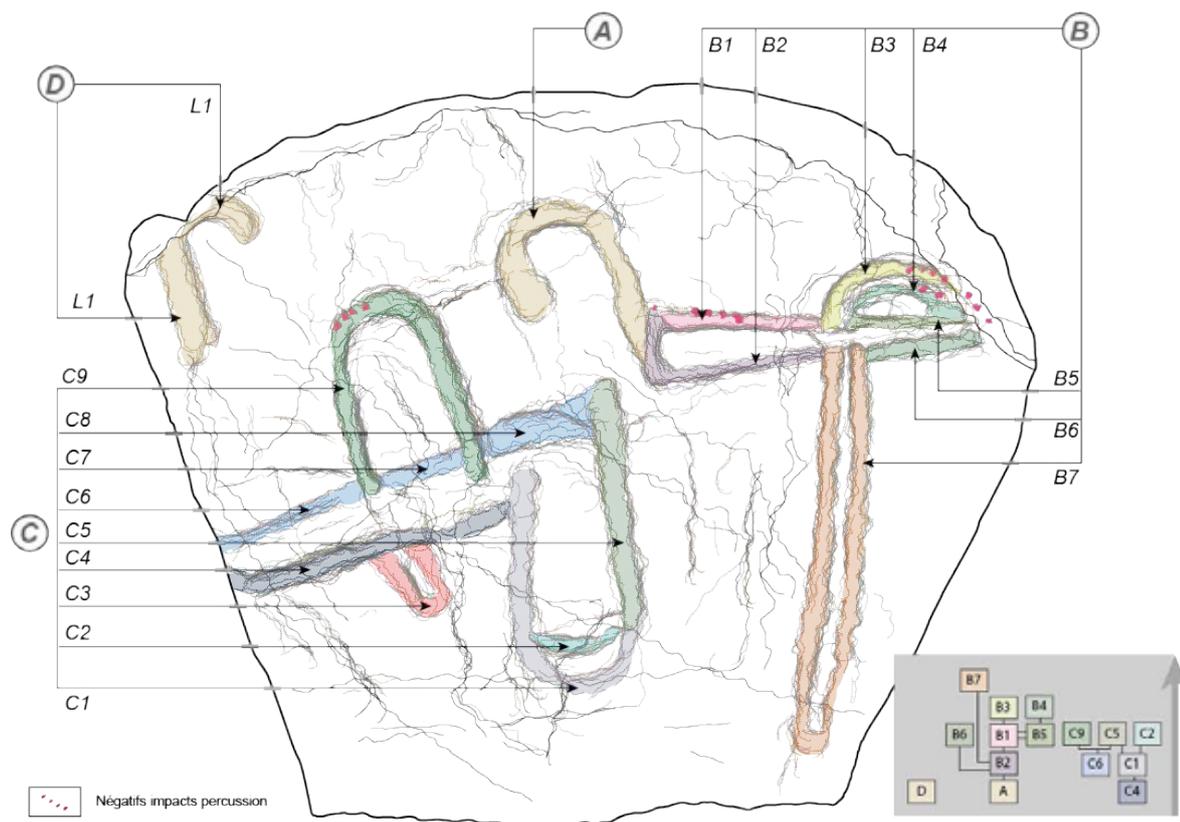
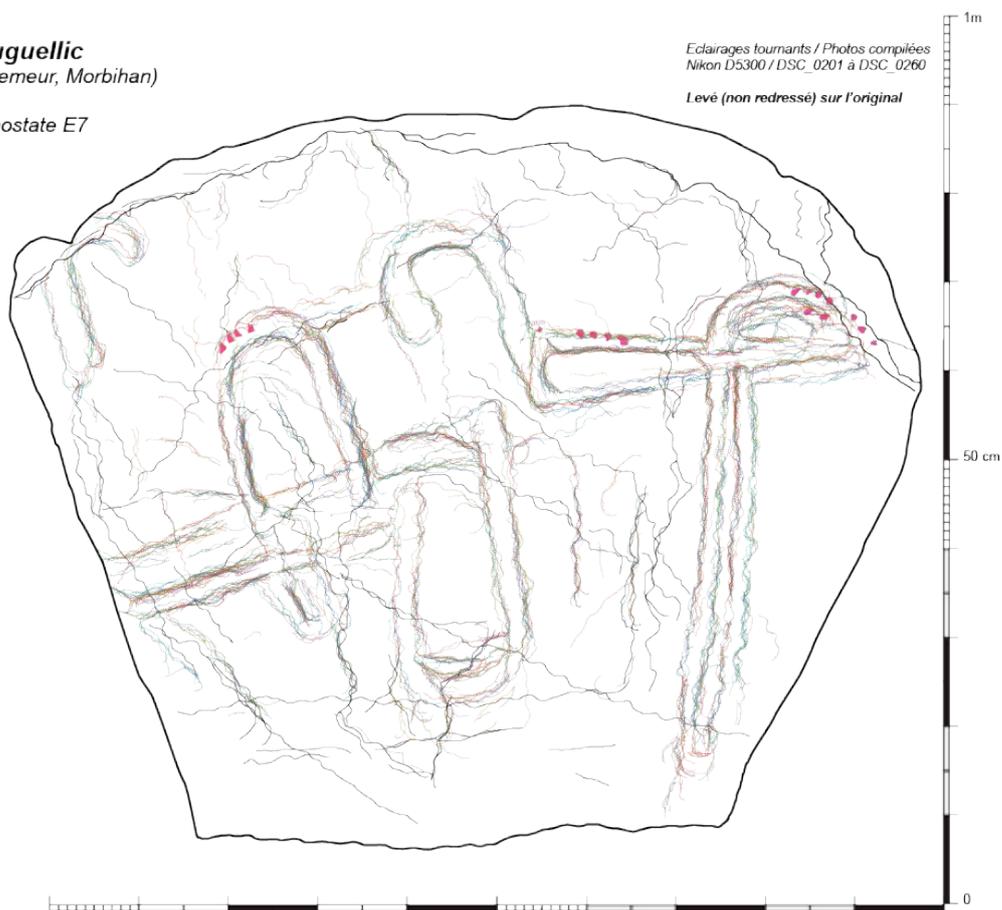
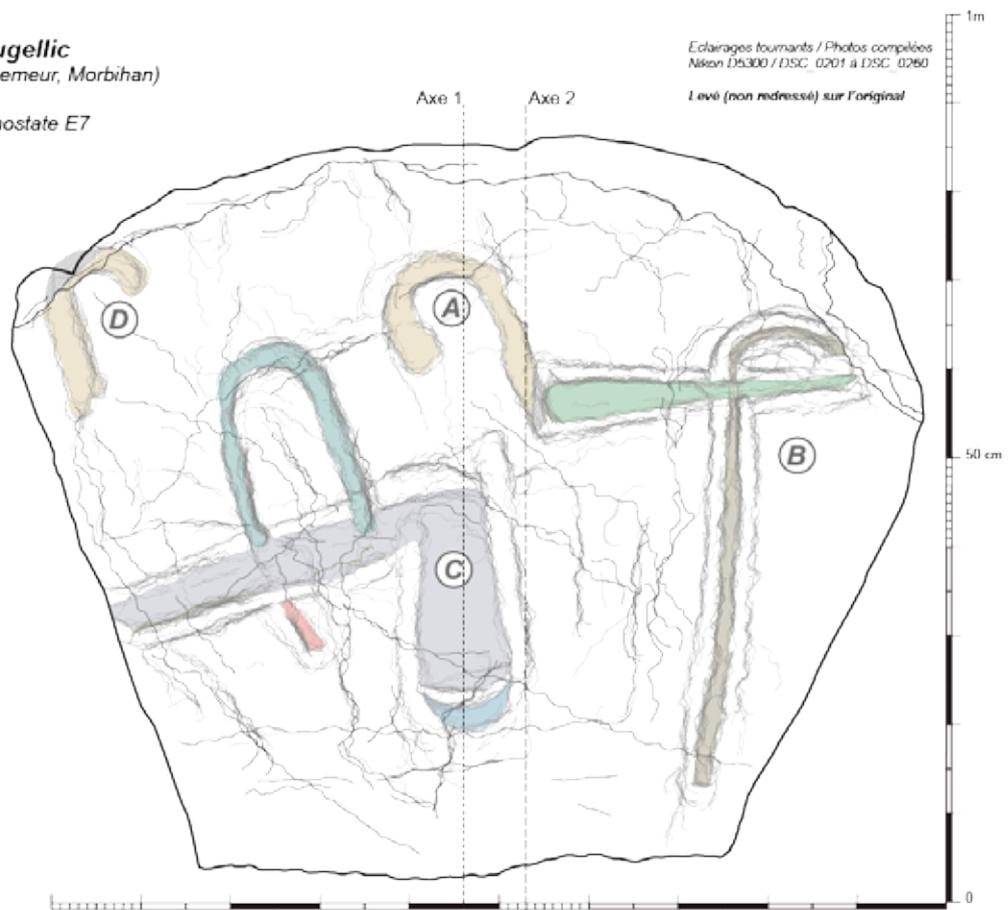


Figure 7

Crugellic
(Ploemeur, Morbihan)

Orthostate E7

Eclairages tournants / Photos complètes
Nikon D5300 / D5C 0201 à D5C 0260
Lévé (non redressé) sur l'original



Modélisation chronographique

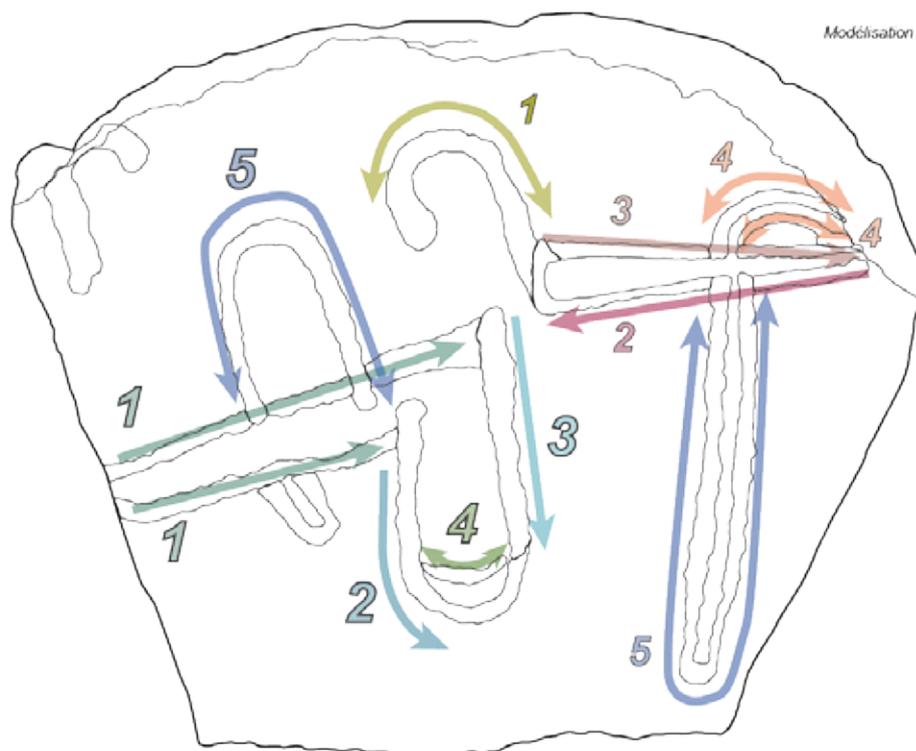


Figure 8

Cruguellic
(Ploemeur, Morbihan)

Orthostate E7

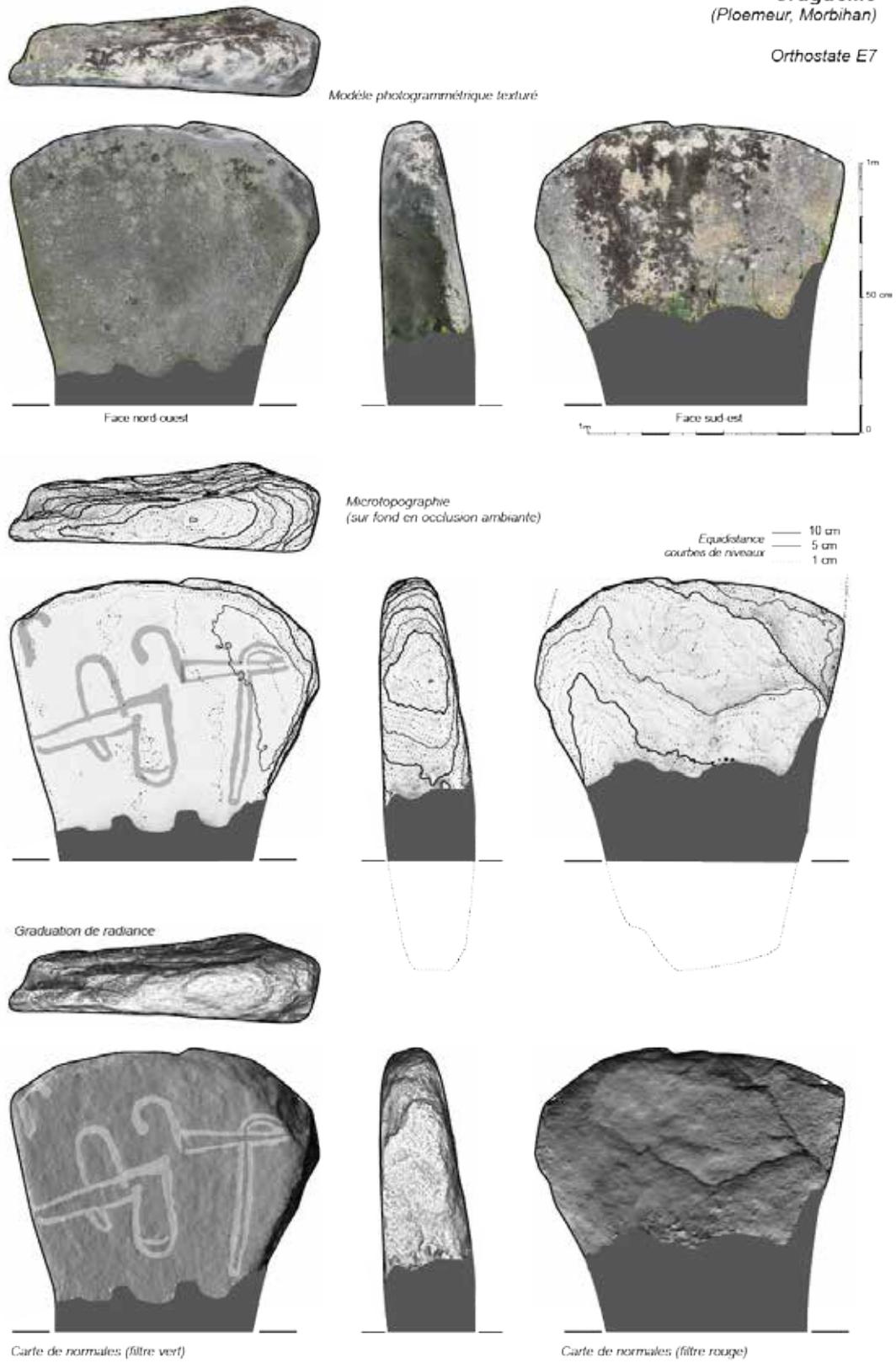


Figure 9

Cruguellic
(Ploemeur, Morbihan)

Orthostate W4

Eclairages tournants / Photos compliquées
Nikon D5300 / DSC_0131 à DSC_0178

Levé (non redressé) sur l'original

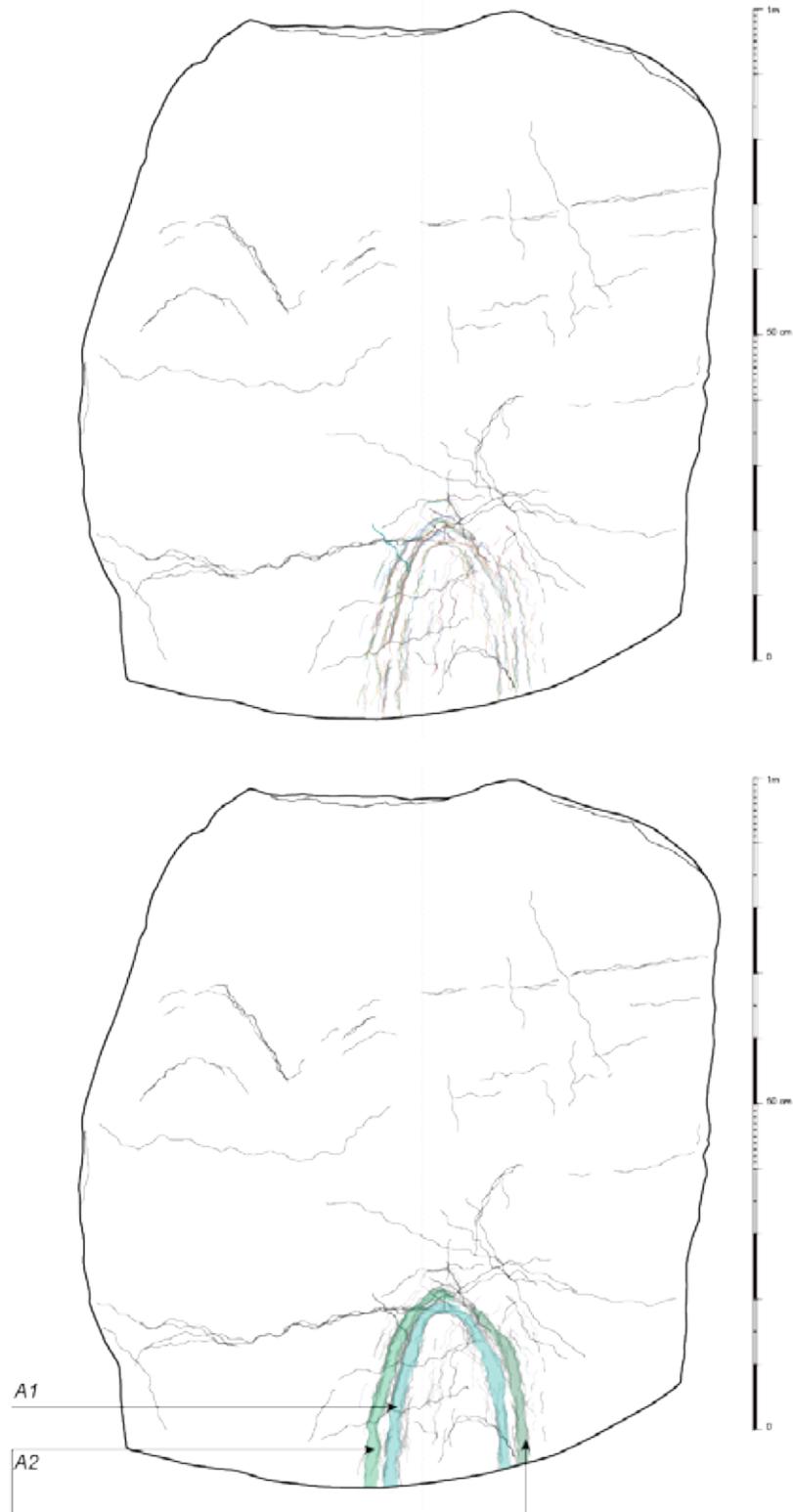


Figure 10

Cruguellic
(Ploemeur, Morbihan)

Orthostate W4

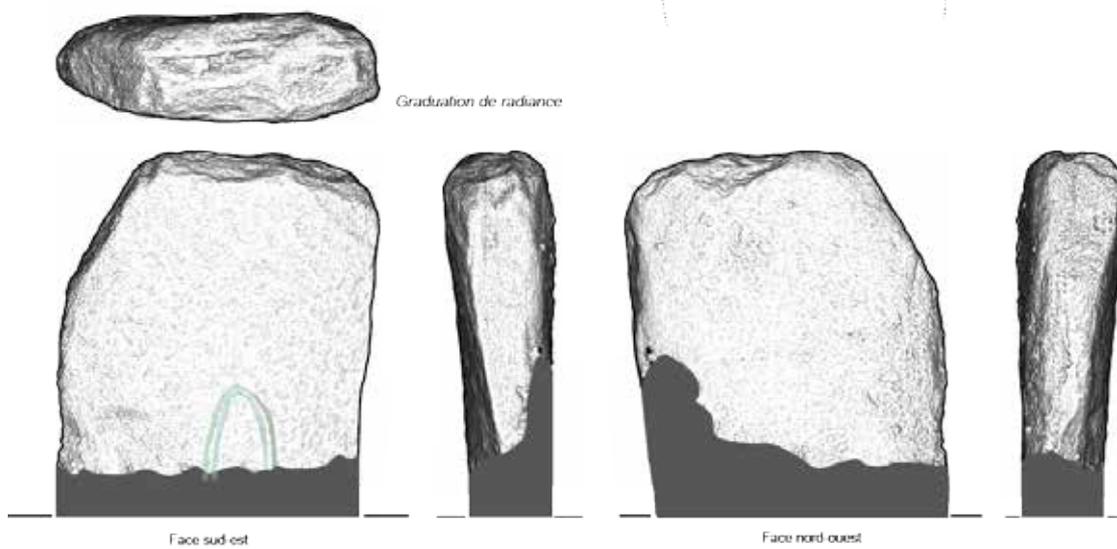
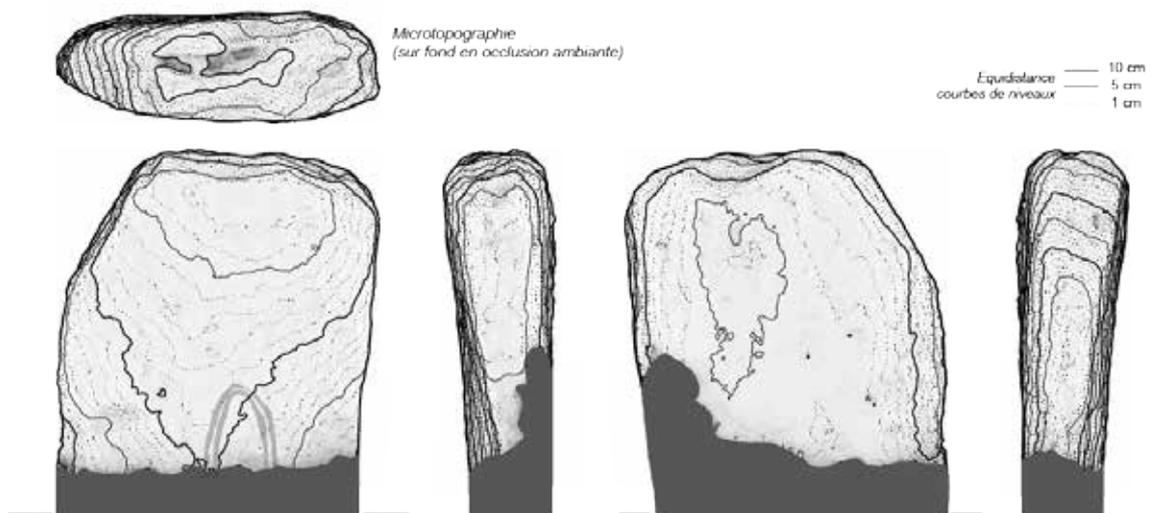


Figure 11

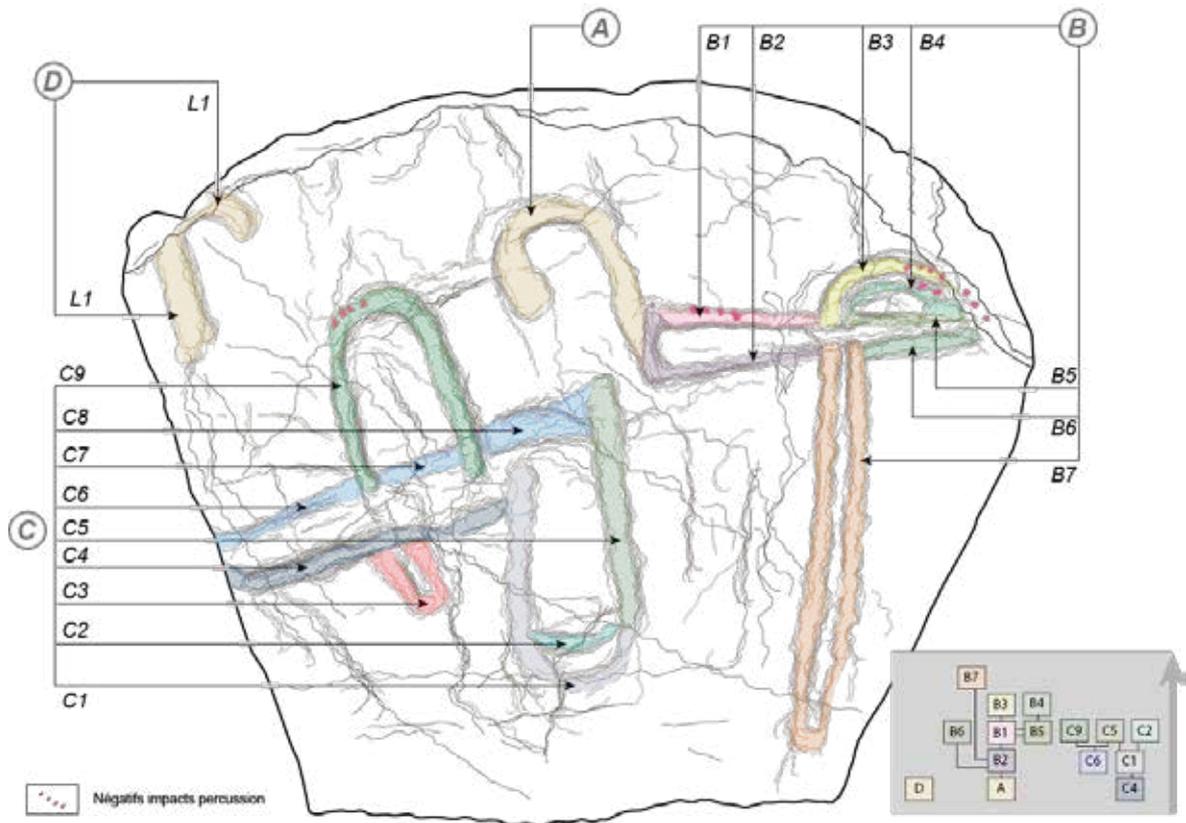


Figure 12

Cruguellic
(Ploemeur, Morbihan)

Orthostate W4
Inventaire des désordres



Cliché DSC_013

Traitement DStretch
Espace de couleur kds
Echelle 20



Figure 13

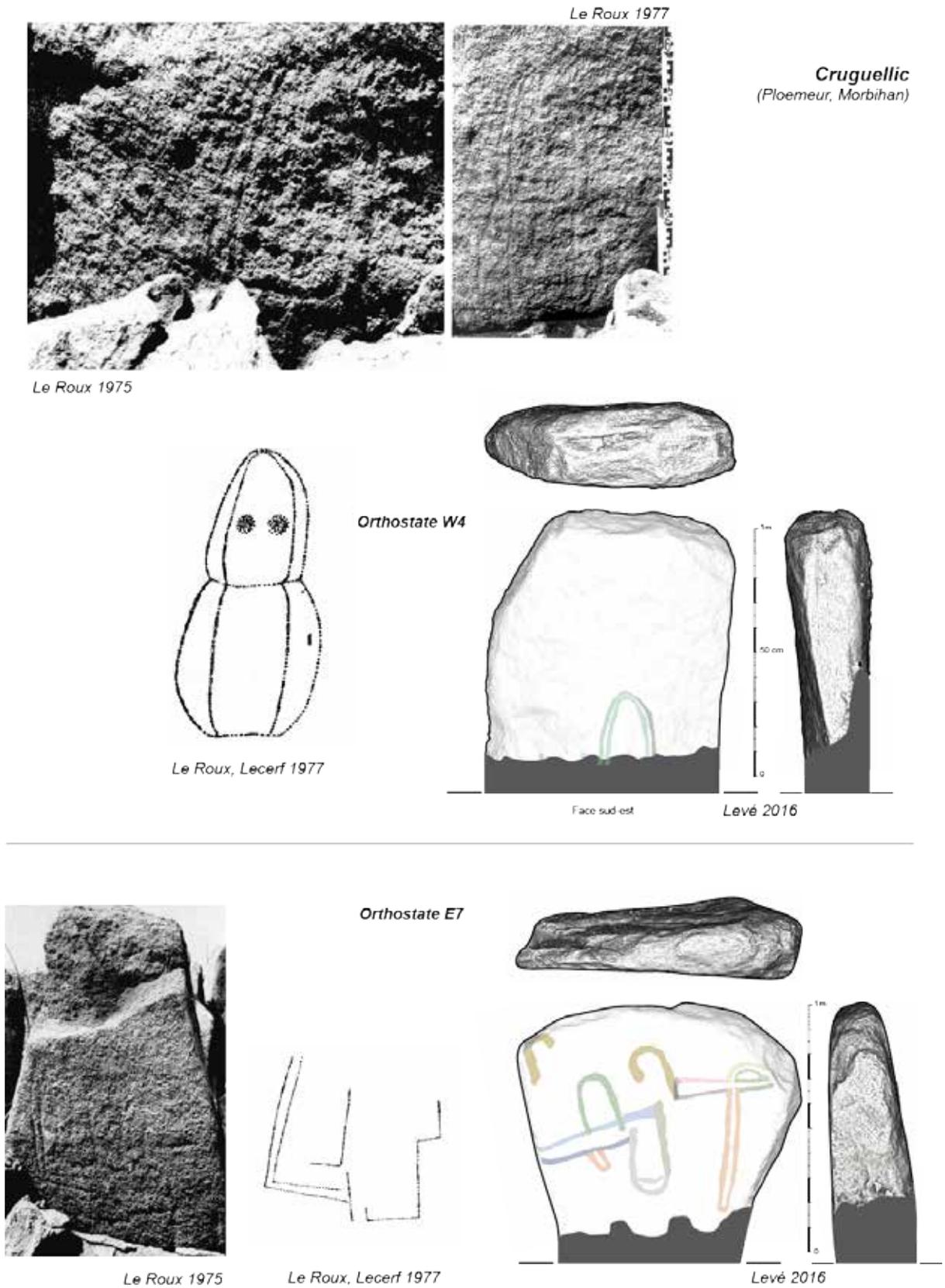


Figure 14

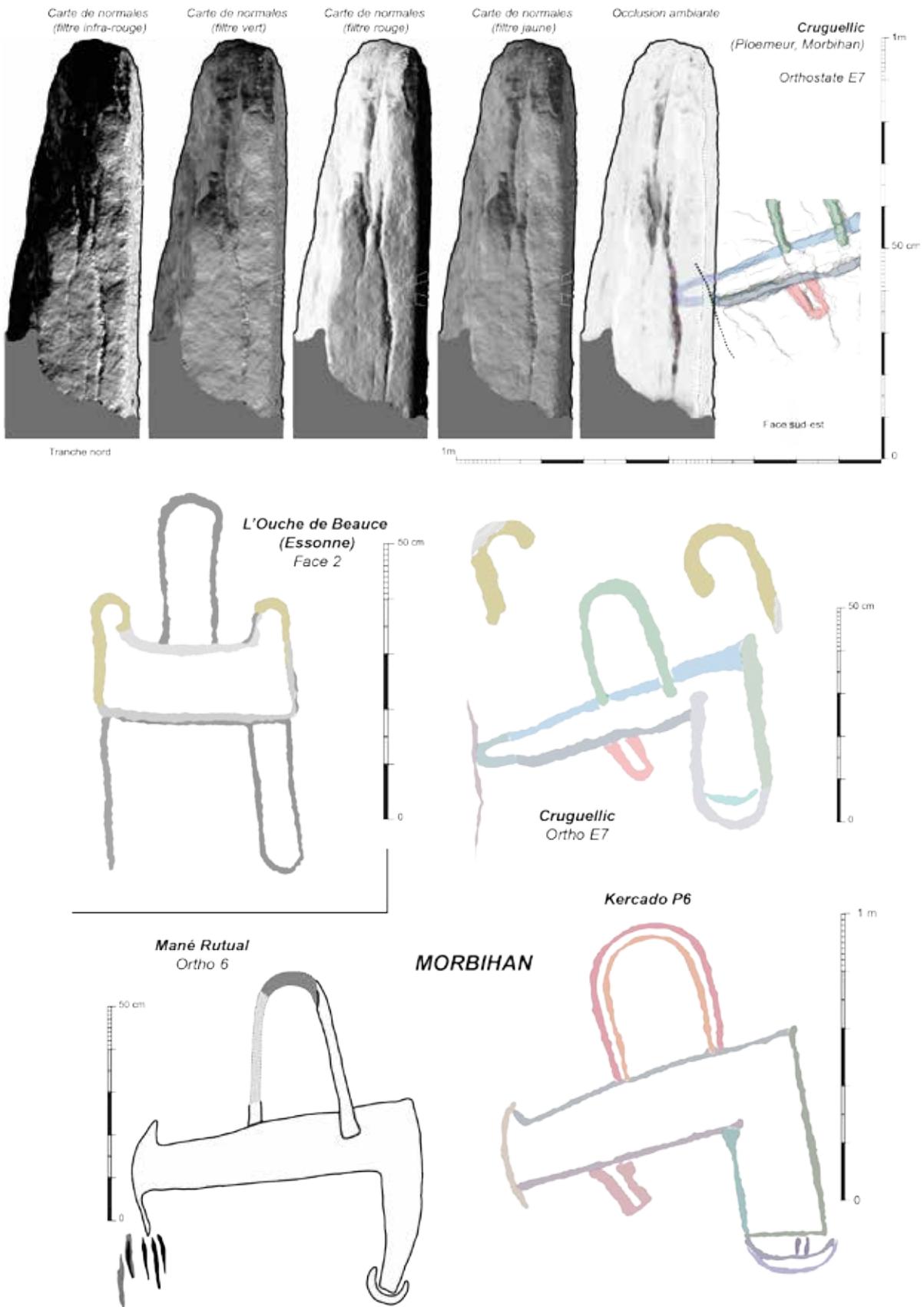


Figure 15

4.2. Mané Groh (Erdeven, Morbihan)

La tombe à couloir Lann er Groh, sur le relief du Mané Groh (et non Mané Croc'h) dominant au sud-ouest l'étendue marécageuse d'Er Varquez, n'est pas isolée mais demeure au contraire très entourée de structures variées, funéraires et symboliques (Gaillard 1892, Le Rouzic 1965) : un coffre, peut-être inclus dans le cairn de la tombe à couloir, une autre tombe à couloir mais ruinée juste au nord de la précédente, une enceinte d'anciennes pierres dressées 200 m plus à l'est, et bien sûr les deux tertres de Lannec er Menhir et Lannec er Gadouer 200 m au nord (Boujot, Cassen 1997). Les tertres et pierres dressées du secteur de Bovelann commencent juste à 100 m au sud-est du Mané Groh, indiquant en réalité une densité remarquable de monuments formant une bande quasi continue jusqu'à Carnac par Plouharnel.

Le « dolmen de Mané Groh » (cad. F 232) est inscrit sur la liste des édifices protégés au titre des monuments historiques dans le département du Morbihan, classement par liste de 1889.

4.2.1. L'orthostate de chevet n° X

A l'heure où nous écrivons ces lignes (novembre 2016), le géométral du monument n'est pas encore calculé. Aussi n'avons-nous pas encore nommé les différents orthostates, *a fortiori* celui qui est à la place du chevet, dominant les autres, face au couloir d'accès. Il est largement amputé de son sommet sur la partie droite ; les cassures sont nettes mais anciennes et révèlent probablement une manutention des néolithiques pour adapter ce monolithe à la configuration de la cellule latérale sur la droite. La dalle de couverture vient en effet ici reposer. A la météorisation prononcée de la surface vient s'ajouter une couverture de mousses, à l'aplomb de cette dalle de couverture, qui empêche le bon rendement des éclairages tournants. Nous n'avons pas nettoyé cette surface : les mousses sont peu accrochantes mais elles emportent avec elles beaucoup de matière lors de leur enlèvement. Aussi aimerions-nous plutôt, un jour prochain, et après discussion avec le LRMH, utiliser un herbicide qui pourrait progressivement détruire cette mousse sans qu'une action mécanique n'entame la surface éventuellement gravée. Car la scène actuelle est trop limitée à la partie accessible au levé, et trop décentrée par rapport au panneau original, pour que nous puissions assurer qu'elle est ici au complet.

Les gravures furent détectées durant le programme de fouille mené sur Lannec er Gadouer (Erdeven). L'éclairage zénithal en juillet est en effet le moment le plus favorable pour détecter les tracés sur la dalle (Boujot et al. 2000, p. 291). Il ne permet cependant pas d'en établir le levé, et un éclairage nocturne est seul à même de restituer la somme des signes en creux, très largement érodés. C'est d'ailleurs sur la base de plusieurs clichés éclairés de façon circulaire qu'un essai de restitution des gravures par détection des teintes a permis la reconnaissance de ce qui semblait figurer une hache emmanchée. Un autre signe manifestement était adjoint au premier mais nous n'avons pu vraiment le qualifier et nous avons laissé son statut en attente, bien que le dessin, restitué par N. Bernigaud (Ecole Pratique des Hautes Etudes) alors en stage au laboratoire, puisse laisser entendre une seconde hache emmanchée.

Cette méthode empirique appliquée à l'époque a consisté à utiliser l'outil « baguette magique » dans un logiciel de traitement de l'image (Adobe Photoshop en l'occurrence) pour venir sélectionner les ensembles de pixels partageant des nuances colorées plus ou moins voisines selon le choix de la tolérance sur l'outil en question (valeurs comprises entre 1 et 15). Ces ensembles de nuances sont alors exportés sur un calque et la synthèse compilée réunit l'information dispersée sur les différents clichés. Mais cette méthode n'est pas bonne, le choix visuel arbitraire par l'opérateur est beaucoup trop prégnant en dictant une image le plus souvent préconçue. Cette technique, appliquée sur la stèle de Guib, sera vite abandonnée malgré les effets esthétiques positifs de la représentation obtenue. Au Mané Groh nous verrons que cette seconde « hache » est en réalité une crosse dont la « lame » transversale n'est qu'un effet d'un ressaut naturel dans la roche...

4.2.1.1. Descriptif des signes

Le levé photographique des gravures par éclairages tournants, sur lequel va porter notre descriptif, a été mené sous barnum de toile noire étanche (2 x 2 x 2,5 m) et s'est fondé sur 1 station d'images compilées, se recouvrant partiellement, formant un total de 61 clichés (Nikon D5300 ; objectif AF-S Nikkor 10-24 mm ; ISO 400 ; format RAW ; ouverture à 16 ; focale 12 ; temps de pose allant de 1 à 3 s).

Le haut de l'orthostate révèle en lumière très rasante plusieurs anomalies rectilignes qui semblent d'origine anthropique par l'organisation de segments paraissant converger (fig. 1). Mais le contrôle par foyers lumineux opposés n'a pas permis de confirmer la nature volontaire des lignes. Seuls trois secteurs en **A**, **B** et surtout en **C** laissent subsister un doute favorable. Il est en tout cas certain que plusieurs impacts sont décelables et plusieurs négatifs d'éclats ont pu être recensés. Ils ne témoignent cependant que d'une préparation de la surface de la pierre, très saine en partie haute du monolithe.

Plus bas, plusieurs tracés sont identifiables, partagés entre trois motifs relevant de la hache emmanchée, de la crosse et de l'anneau, à peu près centrés sur le support mais déportés vers la gauche.

- **D1** est l'extrémité distale du manche. S'il n'est pas vraiment droit, il ne montre pas non plus le crosseron recourbé qui est généralement attendu. **D2** est le prolongement et s'il donne l'apparence d'un élargissement au contact de la lame, il faut davantage y voir le résultat d'une forte érosion plutôt qu'une intention du graveur.
- On note à l'intérieur du manche plusieurs forts impacts qui n'ont pas été éliminés, ni par la régularisation du signe, ni par la météorisation.
- La lame polie **E** est curieusement inscrite en trois temps. **E1** est le plus ancien tracé et forme un talon pointu. **E2** lui succède et vient se superposer au manche. **E3** s'appuie sur ces deux derniers signes et s'élargit légèrement pour rendre l'apparence d'un tranchant élargi. Mais le nombre des tracés récurrents est trop faible pour conclure fermement sur le type qui pourrait avoir été dessiné, autrement dit le type Saint-Michel.
- Le motif **G** est inattendu. Il s'est progressivement formé au fur et à mesure de la compilation, et bien que le cercle soit incomplet nous le considérons comme fiable ; l'expérience acquise en Forêt de Fontainebleau et en Bourgogne nous a finalement permis de reconnaître ici une association de signes pertinente, qu'un examen attentif des mêmes clichés a ensuite complété.
- **G1** et **G2** sont les deux arcs de cercle les plus clairs, leur tracé continu étant antérieur à **D2**. **G3** est un fragment de cercle dont un seul côté est bien renseigné, juste après la grande fissure naturelle sur le support, mais que la bonne correspondance graphique avec **G2** autorise à assimiler au motif de l'anneau.
- Une cupule **H** est nette à l'enregistrement. Un doute subsiste pour deux autres exemplaires entrevisibles juste en dessous.

4.2.1.2. Conclusions

Plusieurs signes groupés marquent le tiers moyen du support granitique. Dans l'état actuel de la lecture, gênée par une couverture dense de mousse sur la partie droite développée sous l'abri de la dalle de couverture du compartiment nord-est, la scène semble se cantonner en bordure gauche de la dalle. Des anomalies rectilignes dans le tiers supérieur ne peuvent pas être validées en tant que gravures, en dépit d'une préparation manifeste de la surface.

Deux motifs désormais bien classiques et très souvent associés, la hache emmanchée et la crosse de jet, sont présentés verticalement, parties actives des armes orientées vers la gauche (tranchant, crosseron). Leurs parties basales s'arrêtent au même niveau, alors que le haut de l'instrument hache surpasse la crosse. Les deux motifs se superposent à un anneau également tracé en creux, d'un diamètre avoisinant les 24 cm (fig. 2). Hasard ou intention, la profonde fissure/diaclase qui marque le support dans ce secteur gauche vient s'achever à l'intérieur de l'anneau.

En tout cas, le motif de la hache incluse dans un anneau est une association désormais récurrente dans l'art pariétal en Gâtinais (Forêt de Fontainebleau) et en Bourgogne.

Mané Groh
(Erdeven, Morbihan)

Eclairages tournants / Photos compléées
Nikon D5000 / DSC_0534 à DSC_0642

Levé (non redressé) sur l'original

-  Desquamation
-  Mousses
-  Cupule de percussion

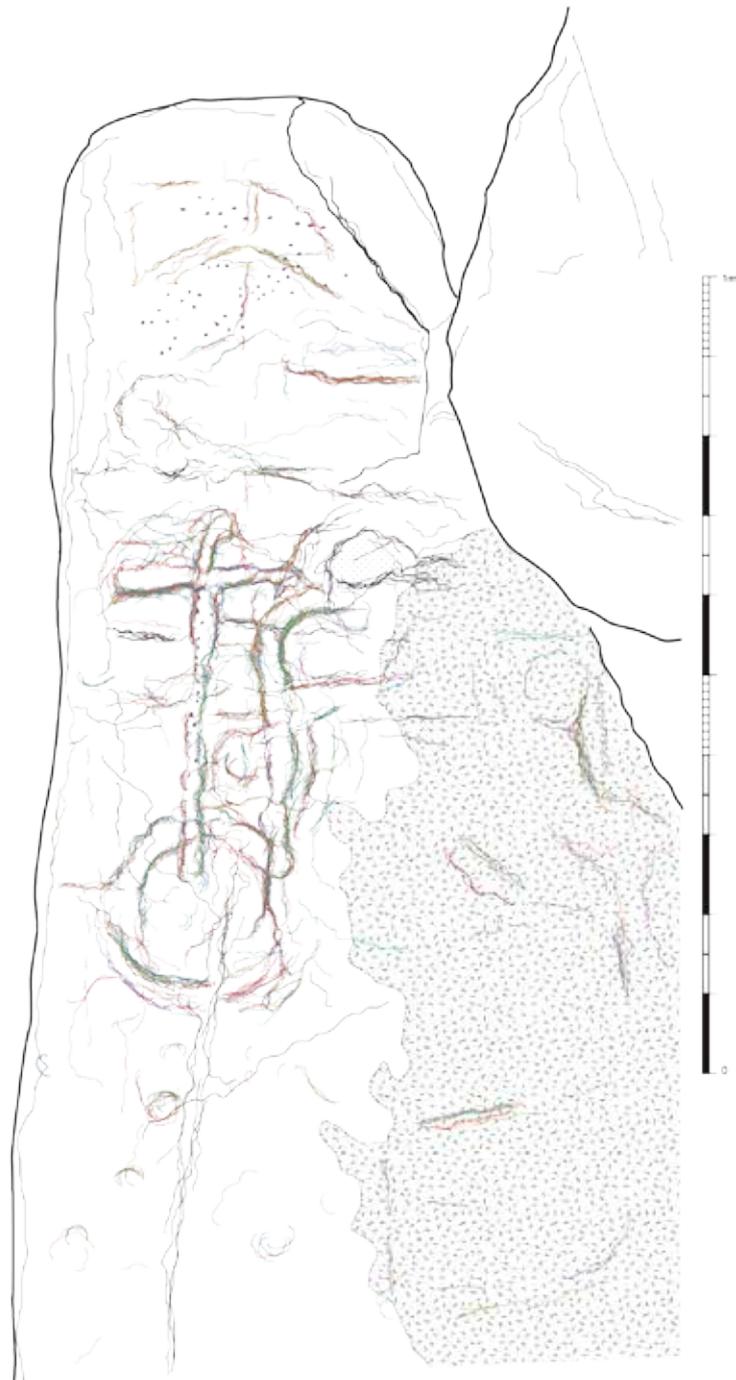


Figure 1

Mané Groh
(Erdeven, Morbihan)

Eclairages tournants / Photos compilées
Nikon D5000 / DSC_0534 à DSC_0642

Levé (non redressé) sur l'original

-  Desquamation
-  Mousses

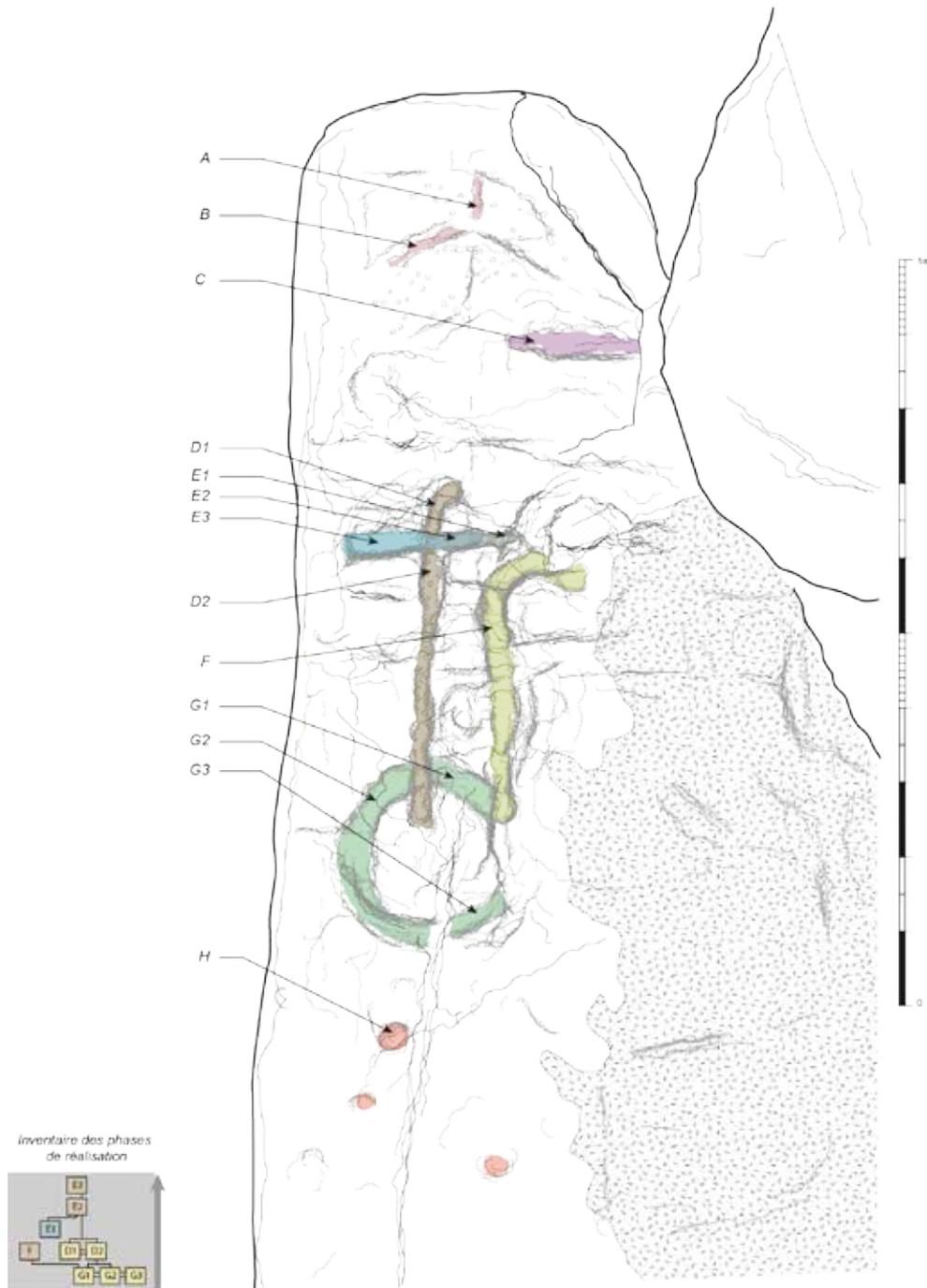


Figure 2

4.3. Manio 2 (Carnac, Morbihan)

Sur le grand plateau de Carnac dont l'arête rocheuse principale débute au tumulus du Moustoir, au nord, et se termine à la mer au sud du village de Kerduval, le plateau secondaire Er Manieù (« les Montagnes ») contient plusieurs tertres dont une majorité fut découverte par Z. Le Rouzic à la fin du XIXe siècle (on se reportera à l'inventaire posthume, Le Rouzic 1965). La fouille de celui qu'il est convenu de nommer Manio 2 sera, en 1922 (28 mars-6 mai), une avancée importante dans l'enquête archéologique ouverte sur un type discret de monument funéraire (cistes sous terre), 50 ans après les travaux pionniers de J. Miln menés sur la même commune à Mané Ty Ec et Mané Pochat er Ieu.

4.3.1. Contexte

4.3.1.1. Le tumulus

Z. Le Rouzic collabore ici avec Saint-Just et Marthe Péquart, et leurs travaux seront rapidement publiés en 1923 dans un volume réunissant les explorations conduites au même moment sur les tumulus de Crucuny et Castelic. L'intérêt de la fouille réside dans une observation initiale de Z. Le Rouzic qui remarquait qu'un grand menhir « indicateur » du tertre ne présentait, avec ses 4 m de haut, ni les dimensions des 59 stèles environnantes (d'une hauteur de 1 m en moyenne, agencées en 7 files parallèles surmontant le tertre), ni la direction de celles-là plutôt orientées SO-NE (fig. 1). Les auteurs évoquent avec cet ensemble « l'extrémité » orientale du site de Kermario, mais nous savons que des stèles couchées, voire encore dressées dans les taillis et sous-bois, subsistent au-delà de cette limite, en venant d'ailleurs s'arrêter sur le grand tertre 3 du Manio (le plan Bouillant 1844 en témoigne amplement, et les prospections de C. Obeltz en dehors du périmètre appartenant à l'Etat ont permis de retrouver ces éléments intermédiaires).

Les limites du tertre 2 du Manio semblent bien avoir été observées sur le terrain, sous la forme de « murailles » plutôt que de dalles redressées, mais les photographies ne sont guère lisibles et le plan est peu précis (Le Rouzic et al. 1923, planche VI). On s'accorde néanmoins à y voir une forme quadrangulaire ou trapézoïdale allongée, plus élargie à l'est. Une base argileuse est surmontée d'un mélange de terres humiques et de moellons qui forment un tumulus de 1 m de haut sur 35 de long et 16 m en « façade » alors que l'extrémité occidentale (tronquée par un ancien chemin) ne fait que 11 m.

L'intérieur est assez confus, et nous avons pensé que cette difficulté de lecture provenait d'une mauvaise différenciation sur le terrain, et lors de la publication, entre de vrais espaces funéraires et des structures plus réduites mais déclarées « petits monuments circulaires » alors que l'espace au centre de ces derniers, de plan quadrangulaire et de côté ne dépassant pas les 30 cm, suggère plus volontiers des calages de poteaux en bois pour plusieurs d'entre eux, d'ailleurs alignés dans l'axe du tumulus, qui auraient formé une superstructure en surface, ou la fondation d'un bâtiment antérieur à la couverture finale de la tumulation (Boujot, Cassen 1992 ; Boujot, Cassen 2000). Au surplus, une limite appareillée fut décelée par les fouilleurs dans le tiers oriental du monument, laissant entendre une partition que nous avons pensé pouvoir mettre en relation avec un agrandissement du tumulus vers l'ouest, incluant cette fois un autre coffre (n° 21), le seul qui soit d'une taille comparable à celle du coffre n° 3 contiguë à la stèle « aux serpents » (Cassen 2000b).

Cette stèle est aussi réputée pour la découverte de 5 lames polies faite au contact de sa racine, à l'intérieur du tumulus (Le Rouzic et al. 1923, p. 70) : un premier couple comprend une lame en diorite (75 x 52 mm), l'autre étant en fibrolite (53 x 45 mm), tranchants au ciel, à toucher la face occidentale ; l'autre couple, placé sur la face méridionale au contact du cinquième « serpent » gravé, est formé d'une lame en roche tenace altérée (95 x 48 mm) et d'une lame plate cette fois très bien achevée et conservée (84 x 52 mm) ; enfin la cinquième lame en diorite fut trouvée en avant et détachée de la face occidentale (65 x 38 mm). Une analyse structurale, mettant en rapport ces lames « souterraines » avec les gravures cachées des serpentiformes en vis-à-vis, a été proposée à la lumière des découvertes faites dans le caveau de Lannec er Gadouer et en les confrontant à la disposition similaire des gravures de l'orthostate R8 à Gavrinis (Cassen 2000a).

4.3.1.2. Le coffre 3

C'est donc le coffre n° 3 qui va intéresser notre descriptif des acquisitions et des rendus graphiques. Il apparaît au jour par sa dalle de couverture dont la longueur approche les 4 m, dalle appuyée sur une « muraille » de pierres plates laissant l'espace d'une cavité de 3,55 x 1,15 m. L'intérieur est rempli d'une terre glaise compacte (l'extérieur du coffre est lui aussi dessiné avec le même comblement argileux dans le rapport manuscrit de ZLR, probable noyau central sédimentaire sans moellons), mais dans ce comblement induré se dégage aisément lors de la fouille une fosse étroite, allongée selon le même axe, mesurant 1,50 m pour 0,45 m de large et 0,5 m de profondeur, remplie d'un sédiment meuble et noirâtre où seront récoltés des tessons d'un vase incomplet à l'extrémité occidentale, et un « tranchet » en silex de localisation inconnue (armature à tranchant transversal).

Ce vase sera déclaré perdu quand G. Hamon reprendra l'inventaire des objets récoltés en 1922, déposés au musée de Carnac (Hamon 2003). Mais la reprise des archives Le Rouzic (Le Rouzic 1922), notamment par le biais des deux versions du rapport manuscrit adressés au Ministère des Beaux-Arts, permettra de retrouver dans le dessin n° 7 de la fig. 45 du doctorat de G. Hamon l'individu récolté au sein de cette probable fosse sépulcrale. Ce récipient, sans doute ovoïde, se singularise en effet par un bord encoché reconnu par Z. Le Rouzic (mais non spécifié à la publication), très proche en réalité - par le rythme des intervalles des impressions obliques - de l'exemplaire au décor Castelic découvert par F. Gaillard en 1897 au sein du coffre central du tumulus allongé sur 90 m au Mané Hui à Carnac (Boujot, Cassen 1992) ; une tombe bien connue pour avoir conservé un ensemble clos, dont 2 lames en jade alpin et 2 lames en fibrolite aux côtés d'armatures de flèches tranchantes.

Enfin, signalons qu'une véritable couverture de pierres plates imbriquées les unes dans les autres sera signalée par les fouilleurs au-dessus de la grande dalle du coffre, allant des bords jusqu'au sommet, « comme si l'on avait eu pour but de protéger la surface de la dalle et d'empêcher l'infiltration de la terre et des eaux dans l'intérieur » (Le Rouzic 1923, p. 80). Cette construction n'est pas anodine, elle prouve que la gravure de la hache n'était plus visible à ce stade de finition du monument.

4.3.1.3. Le sondage

La dalle du coffre fut soulevée sur vérins (fig. 3) puis reposée sur son support appareillé et recouverte de terres et moellons après la fouille du tumulus en 1922. Seule sa partie sommitale émergeait ces dernières années sur une cinquantaine de centimètres en surface du sol. Le levé de la hache emmanchée, nous l'avons dit invisible, nécessitait d'accéder à la surface gravée sur laquelle nous n'avions aucune indication de la part des découvreurs : ni relativement à sa position sur le support, ni sur la direction du signe par rapport au grand axe du monolithe. Une ouverture assez large s'imposait et pour cela des autorisations furent demandées en vue d'un sondage archéologique (l'équipe était constituée, outre les auteurs, de Birte Todt, Laurent Lescop et Christian Obeltz).

Le décapage est parti de la partie affleurante du bloc que nous supposons être la dalle de couverture du coffre 3, en élargissant progressivement la fenêtre de fouille. Très vite la section nettement triangulaire de la pierre (ainsi que l'avait décrit Z. Le Rouzic) laissait entendre que les deux versants de la face supérieure plongeaient dans le tumulus en imposant un enlèvement important de matériaux rapportés par la restauration. Ces matériaux ont été stockés au nord du tumulus et en limite cadastrale.

Les limites de la dalle furent atteintes sur près des deux tiers de sa périphérie dans la partie occidentale (fig. 2). Une large partie orientale est en réalité fermée sous une couverture de ciment et de béton due à la restauration et à la construction du puits de lumière au pied de la stèle n° 1. L'extension du sondage fut donc arrêtée dans cette direction, dès lors que la gravure était repérée sur le versant méridional de la dalle et plutôt à son extrémité occidentale. En accord avec le SRA de Bretagne, cette ouverture est restée ouverte en vue d'un possible aménagement des parois permettant à terme une visite des lieux.

4.3.2. *Le programme iconographique*

4.3.2.1. Descriptif des signes retenus

La réalisation du sondage nous a fait prendre conscience, devant la taille imposante de la dalle gravée et son étroite relation spatiale au « menhir aux serpents », qu'un enregistrement actualisé de cette gravure et de son support gagnerait à être accompagné d'un enregistrement comparable des signes gravés au pied de la stèle dressée n° 1. Dès lors, c'est l'ensemble architectonique comprenant le coffre 3 et la stèle 1 ainsi que

les stèles environnantes qui devait faire l'objet de nouvelles acquisitions numériques et d'un traitement archéologique.

L'acquisition et le traitement des données peuvent être résumés comme suit.

- La morphologie tridimensionnelle du support de la hache emmanchée et celui des motifs ondulés sur la stèle 1, ainsi que l'environnement immédiat, ont été rendus par une photomodélisation des surfaces (corpus de 240 clichés au format jpeg, allant de IMG_9348.JPG à IMG_9590.JPG ; appareil Canon EOS 600D ; focale de 18 mm ; ouverture 3,5 et 8,0 pour un temps de pose allant du 1/60^e au 1/10^e ; ISO entre 100 et 3200 ; traitement photogrammétrique par logiciel *Agisoft Photoscan*).
- Le levé photographique des gravures par éclairages tournants, sur lequel va porter notre descriptif, s'est fondé sur trois stations d'images compilées formant un total de 364 clichés (Nikon D5000 ; objectif 10.5mm f/2.8G ED DX Fisheye-Nikkor et DX Nikkor 18-70 mm AF-S ; ISO 200 ; format RAW ; ouverture à 16 ; correction objectif dans *Adobe Photoshop CS5*).
- Le dessin vectoriel fut opéré par logiciel *Adobe Illustrator CS5* sous tablette graphique Wacom/Intuos.

4.3.2.2. La hache emmanchée du coffre 3

L'acquisition s'est faite de jour, sous bâche noire opaque tendue sur une armature.

Corpus photographique (1,39 Go) : 113 photos au format .NEF (12,4 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 112 photos corrigées au format .jpeg (4,3 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ; Utilisation des photos DSC_0153 à DSC_0264.jpeg.

Corpus graphique vectoriel (913,8 Mo) : 36 fichiers vectoriels au format .ai (24,8 Mo en moyenne) + 3 fichiers de synthèse.

La gravure est à peine visible de jour, seul le manche apparaît partiellement à l'œil averti. Un éclairage adéquat au soleil levant ou couchant permet néanmoins de mieux la découvrir. Elle est en tout cas érodée par la météorisation et fragilisée par la nature du support ; des desquamations gênent la lecture du secteur où l'emmanchement de l'arme se fait. La dalle en granite de Carnac présente en effet des aspects caractéristiques des faces d'affleurement mais aussi d'arrachement. L'extrémité sud-orientale a été manifestement amputée d'une partie du bloc d'origine, mais anciennement. Les bords les plus lisibles conservent plusieurs négatifs d'enlèvements qui peuvent être directement en relation avec une mise en forme ; des parties pourraient être piquetées et participer de cette intervention, mais seule une vue dégagée serait à même de conclure.

Seul le versant méridional de la dalle offre un témoignage clair de préparation, d'une part au niveau supérieur de la hache emmanchée sous forme de ponctuations régulières qui correspondent au niveau 2 de notre échelle des états de surface (cf. Gavrinis), d'autre part au bas du manche sous l'aspect d'impacts obliques et assez profonds qui nous feraient douter de l'intervention néolithique (et l'on pense aux pioches métalliques des fouilleurs...) si l'érosion ne semblait assez poussée pour introduire un doute sur leur origine véritable.

Le motif a été dégagé par enlèvement de matière en périphérie, avec un soin poussé au niveau de l'extrémité distale de la lame polie où le champlévé est le plus apparent.

Les surfaces principales seront désignées par des lettres capitales, les détails descriptifs secondaires par des lettres minuscules (fig. 6).

- **A1** est l'enlèvement le plus ancien, préparant l'installation de la lame polie et de son tranchant ; **A2** nous paraît contemporain et dégageant largement l'extrémité croisée.
- La surface **C** ceinture l'ensemble du motif sur toute sa partie droite, englobant le manche et la lame. On réalise d'ailleurs qu'une percussion plus ancienne **B** est perceptible à l'extrémité proximale du manche.
- la surface périphérique **E** est l'équivalent de **C** pour la partie gauche du manche et le talon.
- **F** assure le dessin de l'autre bord du talon, en recoupant **D** qui marque le bord inférieur du crosseron.
- À ces grandes lignes reconnues, qui parfois ne livrent pas un développé régulier des signes, viennent s'ajouter des détails apparus sous éclairages tournants qui rétablissent les tracés originels.
- Il en va ainsi des secteurs **a1**, **a2** et **a3** qui ne doivent pas être confondus avec des enlèvements anthropiques mais sont les témoignages négatifs de parties desquamées ou écaillées du signe. En rétablissant les manques, la lame et le manche apparaissent beaucoup plus clairement, dans une zone fortement altérée par la nature du support.

La caractérisation du signe « hache » nécessite donc de compléter toute la partie abîmée à la jonction inférieure de la lame polie avec son manche, faute d'avoir pu être guidé par des détails conservés du tracé originel. C'est ce que nous proposons ici, avec un degré raisonnable de restitution. Dans cette configuration, le motif s'apparente bien à une lame à talon pointu et manche croisé. Ce résultat est assez éloigné du calque établi par E. Shee-Twohig (1981) qui n'a pas reconnu le croisé, pas plus que Z. Le Rouzic (Péquart et al. 1927), mais qui avait néanmoins reproduit la forme arrondie du tranchant.

En somme, le type reconnaissable est Bégude, et l'on songe immédiatement à une des lames en jade de la tombe sous dalle du Fort Saint-Julien à Quiberon (JADE 2008_867), sise aux côtés de la grande stèle couchée Men Guen (Le Rouzic 1965), une lame surpolie qui était accompagnée de quatre bracelets en serpentinite (Gaillard, 1892b ; Mortillet, 1907 ; Marsille 1927 ; Cassen et al. 2010, p. 73), l'autre lame étant une Bernon mais reprise probablement d'une Bégude (Pétrequin et al. 2012).

Conclusions sur la hache n° 1 : Le motif très altéré sur la dalle de couverture du « coffre » 3 a cependant bien été reconnu, il s'agit d'une grande lame (54 cm) étroite (8,5 cm) au talon pointu, emmanchée dans une forme croisée caractéristique de ces représentations en Morbihan. Le type Bégude ne fait pas de doute.

On note que son implantation transversale par rapport à l'axe longitudinal du monolithe ne peut convenir à un signe de cette nature sur pierre dressée. Les instruments emmanchés sont verticalement présentés, ou légèrement obliques dans l'animation d'une scène (stèle TDM/Gavrinis). Cette pierre n'est donc pas une stèle gravée en situation de réemploi.

4.3.2.3. Les signes ondulés sur la stèle 1

Deux stations ont été nécessaires pour restituer le développé des gravures implantées sur deux faces de la stèle 1, un fait qui n'apparaît pas explicitement sur les levés antérieurs de Z. Le Rouzic et E. Shee-Twohig. La face principale gravée est une ancienne surface d'affleurement ; la face opposée au nord-est est très clairement une face d'arrachement avec son réseau diaclasé et polygonal.

1. Station 1

Corpus photographique (956,8 Mo) : 83 photos au format .NEF (12,0 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 83 photos corrigées au format .jpeg (5 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ; utilisation des photos DSC_0093 à DSC_0175.jpeg.

Corpus graphique vectoriel (2,13 Mo) : 71 fichiers vectoriels au format .ai (27,2 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse.

D'un abord *a priori* facile, car les serpentiformes apparaissent au premier coup d'œil sur la partie droite de la dalle, l'enregistrement des tracés présente plusieurs risques de confusion avec des fissures ou des reliefs naturels dans la roche. La « tête » du serpent le plus à gauche, « remarquablement dessinée » selon les fouilleurs (Le Rouzic et al. 1923, p. 79), a été confondue avec une dépression naturelle. Le cliché DSC_0174 montre bien (dans l'encadré proposé fig. 8) combien on peut passer sans effort d'un tracé en creux à un autre en relief par simple illusion d'optique. En réalité une extrémité renflée existe bien, assimilable à une tête de reptile, mais elle est juste inscrite au-dessus du modelé naturel, et bien entendu en creux (fig. 7).

On peine à trouver une relation chronographique, sinon peut-être entre les deux tracés centraux, dont l'un en **B** semble antérieur au tracé **C**, mais le secteur de recouvrement est mal renseigné avec trop peu d'occurrences sous éclairages tournants.

Il est en revanche notable qu'une dynamique spécifique oppose deux couples de tracés. Les signes **A** et **B** voient leurs extrémités renflées ovoïdes tournées vers la gauche ; les signes suivant **C** et **D** sont résolument tournés vers la droite, en une extrémité trapézoïdale pour **C**, mais non reconnue pour **D** en raison de la restauration. Cette dichotomie est vérifiable sur le dessin redressé à l'aide du modèle photogrammétrique qui met également en évidence les différences de hauteurs atteintes par ces deux couples.

Deux cupules de petite taille **a** et **b** sont identifiables, l'une mordant sur le signe **B**, l'autre placée entre **B** et **A**. Une vérification s'impose pour apprécier la relation d'antéro-postériorité, le détail étant d'importance : ou bien la cupule est antérieure, cas de figure classique sur un affleurement gravé, extrait à une autre époque en vue de son érection, ou bien elle est postérieure à cette construction et doit être comprise dans l'espace confiné du tumulus. On touche ici à la fonction même de ces cupules au Néolithique.

Soulignons enfin que les quatre tracés **A** à **D** se poursuivent dans le sol actuel, réservé dans l'espace de la restauration. La recherche des extrémités inférieures donnerait peut-être l'altimétrie du paléosol néolithique si ces gravures ont été pensées en ce sens, non occultées par la masse du tertre et par la fosse

de fondation de la stèle.

2. Station 2

Corpus photographique (986,7 Mo) : 82 photos au format .NEF (12,4 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 78 photos corrigées au format .jpeg (3 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ; utilisation des photos DSC_0176 à DSC_0230.jpeg.

Corpus graphique vectoriel (472,4 Mo) : 31 fichiers vectoriels au format .ai (15,4 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse.

Comme pour la face sud-ouest précédemment commentée, la gravure **E** sur cette nouvelle face sud-est n'est pas centrée sur son support mais au contraire déportée vers la gauche, dans la continuité des quatre autres tracés.

Ici encore l'extrémité inférieure se poursuit en terre, tandis que l'extrémité supérieure disparaît dans le ciment de restauration sans que nous puissions en restituer la géométrie (fig. 8).

3. Conclusions sur les signes ondulés

Contrairement aux relations et aux représentations antérieures de Le Rouzic et Shee-Twohig, les 5 tracés ondulés ne sont pas inscrits sur une même face, mais se partagent entre une face principale de la stèle 1 (ancienne face d'affleurement au sud-ouest) et la face latérale plus mince au sud-est. Sur la première courent deux couples de signes curvilignes, distingués par leurs extrémités supérieures divergentes, une opposition également remarquée à travers des hauteurs différentes. Sur la seconde face est déroulé un motif semblable, spatialement rapproché des signes précédents tout en étant séparés d'eux par l'arête de la stèle.

4.3.2.4. Conclusions générales

L'enregistrement d'une gravure de hache emmanchée sur la dalle couchée du tertre du Manio 2, objectif premier de notre intervention, a vite révélé que le probable contexte funéraire auquel est rattaché ce signe ne peut être déconnecté de la stèle gravée implantée à 1 m de cet ensemble. La qualification de « menhir indicateur » suggérée par certains de nos prédécesseurs du XIXe siècle (dont Z. Le Rouzic) n'est donc pas un concept spatiotemporel à exclure, sauf que l'indication n'est pas le tumulus comme il fut supposé mais la tombe recouverte par cette enveloppe tumulaire.

Cette tombe consiste en une première et large délimitation de plus de 3,5 m sur un peu plus d'1 m, faite de moellons appareillés sur 0,5 m de haut pour supporter la dalle de couverture gravée, tandis qu'une fosse beaucoup plus étroite (1,4 m par 0,5 m de large et 0,5 m de profondeur), au centre de cet espace induré, pourrait refléter le volume de la tombe creusée dans le sous-sol (les ossements n'étant pas conservés dans ce milieu acide non protégé). C'est en tout cas à son extrémité occidentale, autrement dit à l'aplomb exact de la gravure de hache, que fut récolté un vase au profil ovoïde, bord rentrant, dont la lèvre est imprimée d'encoches obliques ; une armature de flèche tranchante, non positionnée en plan, provient également du comblement noirâtre de cette fosse allongée.

Le poterie découverte, sans décor sur la panse (fig. 3), peut néanmoins être rapprochée d'un Néolithique plutôt ancien, ou bien du Castellet ancien, mais non pas des normes céramiques connues dans les tombes à couloir et les contextes domestiques de la fin du Ve et des débuts du IVe millénaire. Pour préciser cette datation relative un peu lâche, un charbon prélevé par Z. Le Rouzic, lors des fouilles de 1923, a été sélectionné pour un comptage radiocarbone ; il s'agit d'une petite tige de chêne de 2 ans (analyse N. Marcoux, université de Rennes 1 - réf. Musée R82.21.48) choisie pour sa brève durée de vie parmi une dizaine de charbons récoltée au niveau de la fosse étroite, sans réelle précision. Les conditions de récolte et surtout d'enregistrement planimétrique, on le sait, ne sont jamais excellentes avec les fouilles menées par Z. Le Rouzic ; il y avait donc un risque, ce que confirme le résultat obtenu. Cette datation AMS a été possible grâce au programme JADE 2 dirigé par E. Gauthier et P. Pétrequin (ANR 2013-2016 : *Objets-signes et interprétations sociales des jades alpins dans l'Europe néolithique*).

Le résultat (NSF-Arizona AMS Laboratory) : AA103577 : 4 405 ± 42 BP [3324, -2910 av. J.-C.], s'accorde aux témoignages dispersés du Néolithique final que Z. Le Rouzic a pu recueillir sur le site (Musée de Carnac) et n'éclaire donc pas la date de réalisation de la tombe ni la céramique à bord encoché.

Notons néanmoins qu'un fragment de plat à paroi sub-verticale fut découvert dans la structure 33 du tertre (Hamon 2003). Les exemplaires comparables les plus proches sont issus des contextes funéraires remarquables des tumulus Saint-Michel (Carnac) et Lannec er Gadouer (Erdeven), datés entre 4600 et 4300 av. J.-C.

Enfin, la gravure restitue parfaitement l'image d'une lame de type Bégude insérée dans un manche crossé venant avec son extrémité distale dépasser le talon de la première. Ce type dessiné trouve des modèles vrais similaires dans la région (Pétrequin et al. 2012), notamment avec les deux lames surpolies en jade (éclogite, jédéite) découvertes aux côtés d'anneaux larges en serpentinite sous la dalle d'une probable tombe au Fort Saint-Julien (Quiberon). La comparaison est d'autant plus pertinente qu'une grande stèle chutée (er Men Guen), manifestement implantée aux côtés de cette sépulture sous dalle, répète la configuration du Manio 2 ; une relation structurale également suggérée pour la famille des « sépultures sous dalles » du secteur de Malesherbes au sud de Paris (Cassen et al. à paraître 2017). Ces convergences structurales doivent être soulignées.

Le Manio 2 (Carnac, Morbihan)



Figure 1



Figure 2

Le Manio 2 (Carnac, Morbihan)

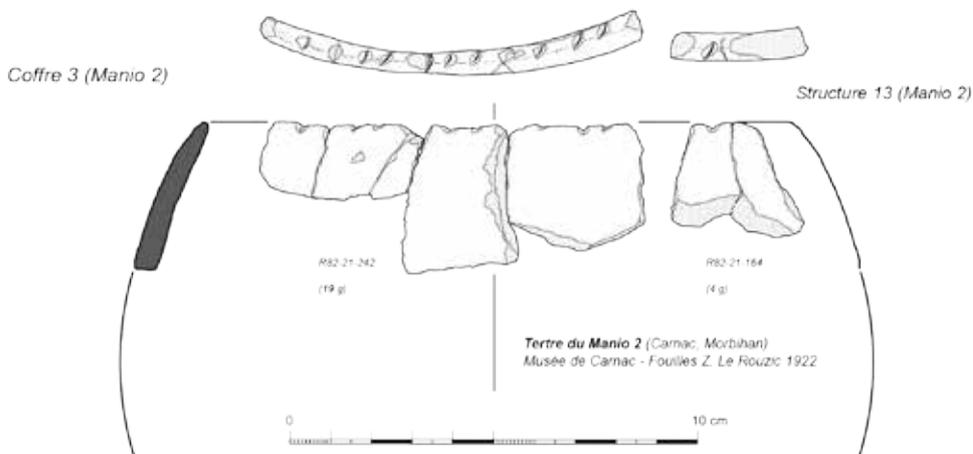
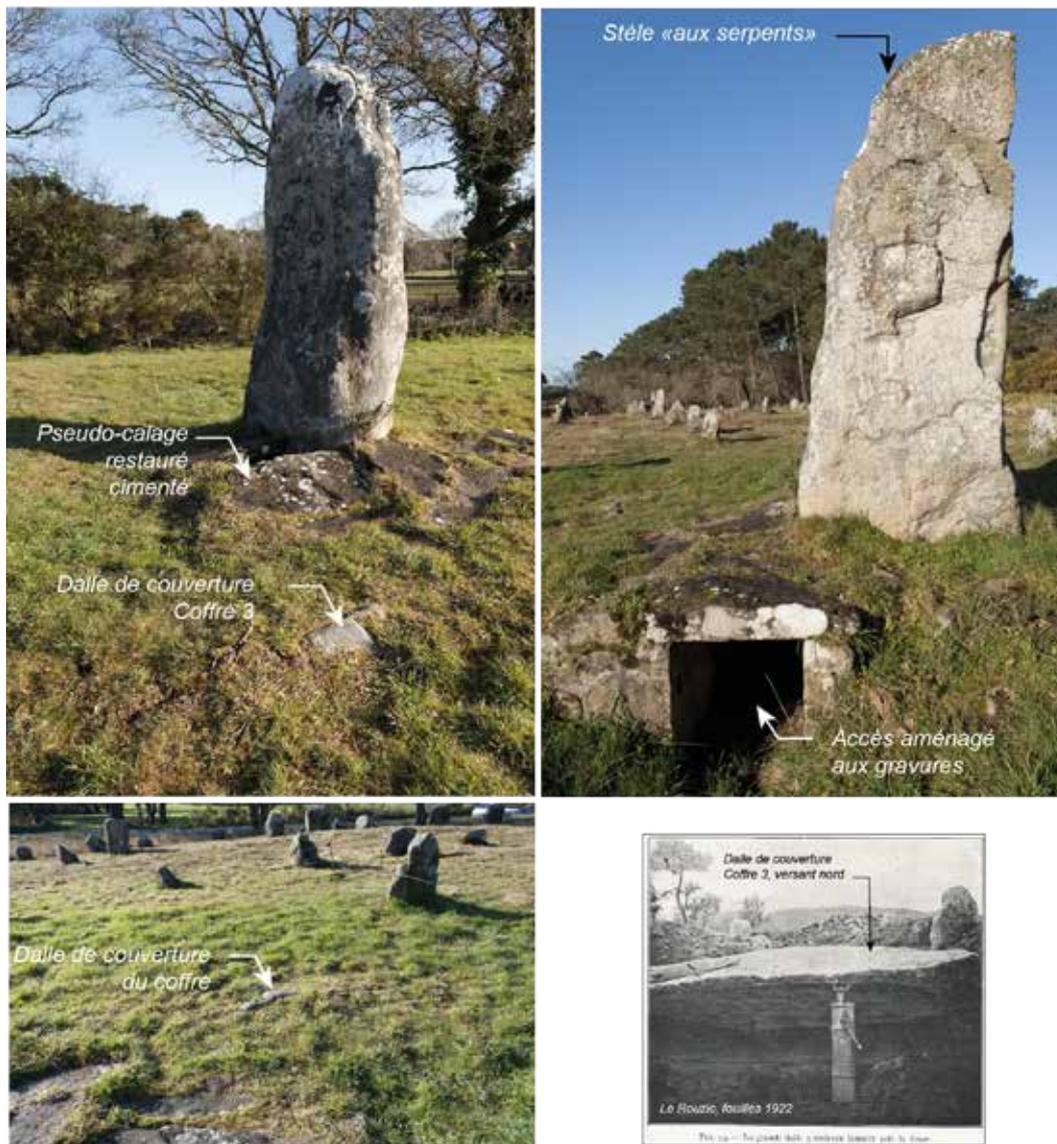


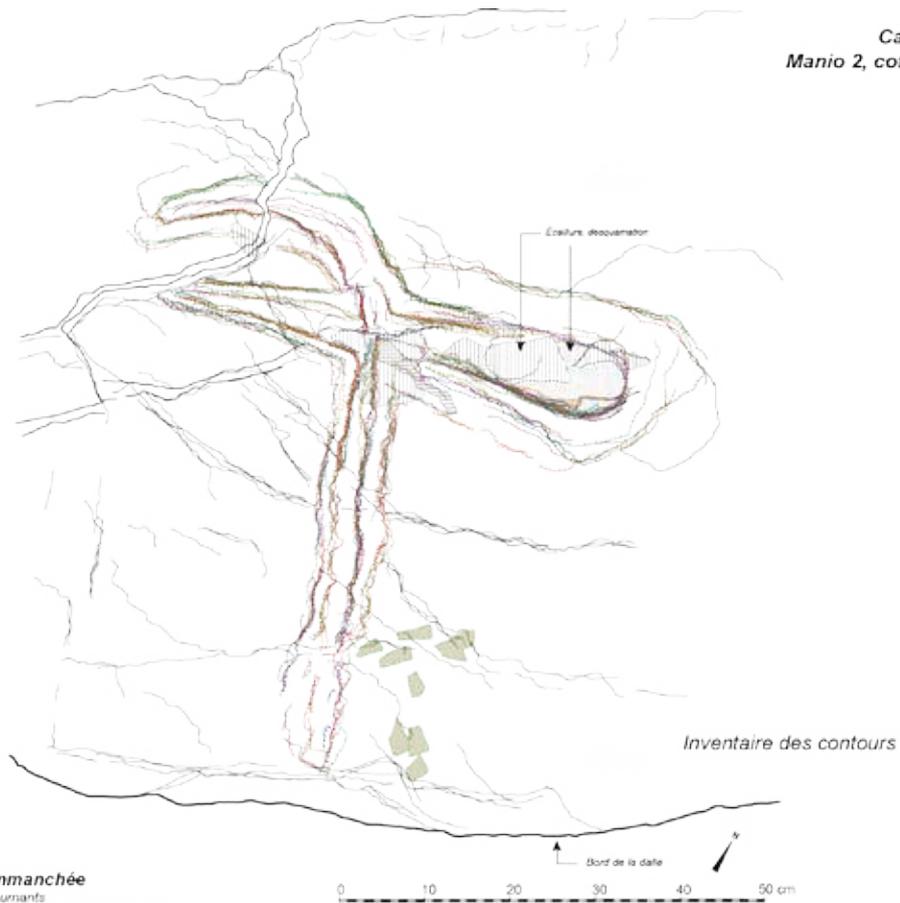
Figure 3

Carnac, le Manio 2
Coffre n° 3



Figure 4

Carnac
Manio 2, coffre 3



Hache emmanchée
Eclairages tournants
Photos DSC_0155.jpg à DSC_0220.jpg

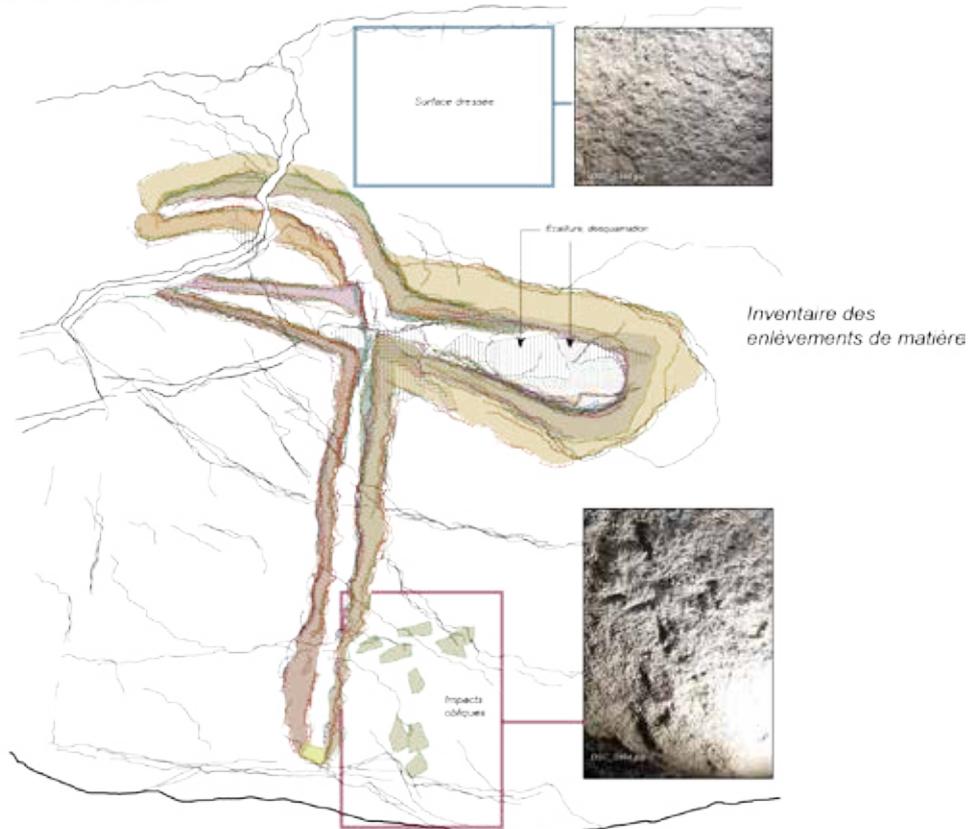


Figure 5

Carnac
Manio 2, coffre 3

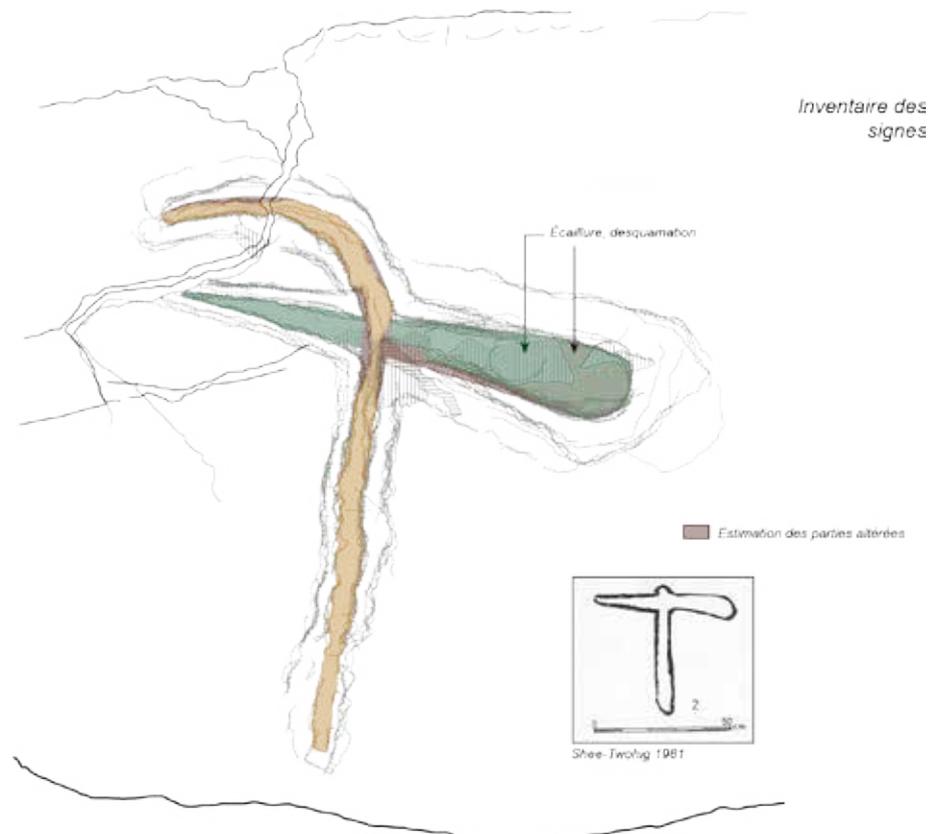
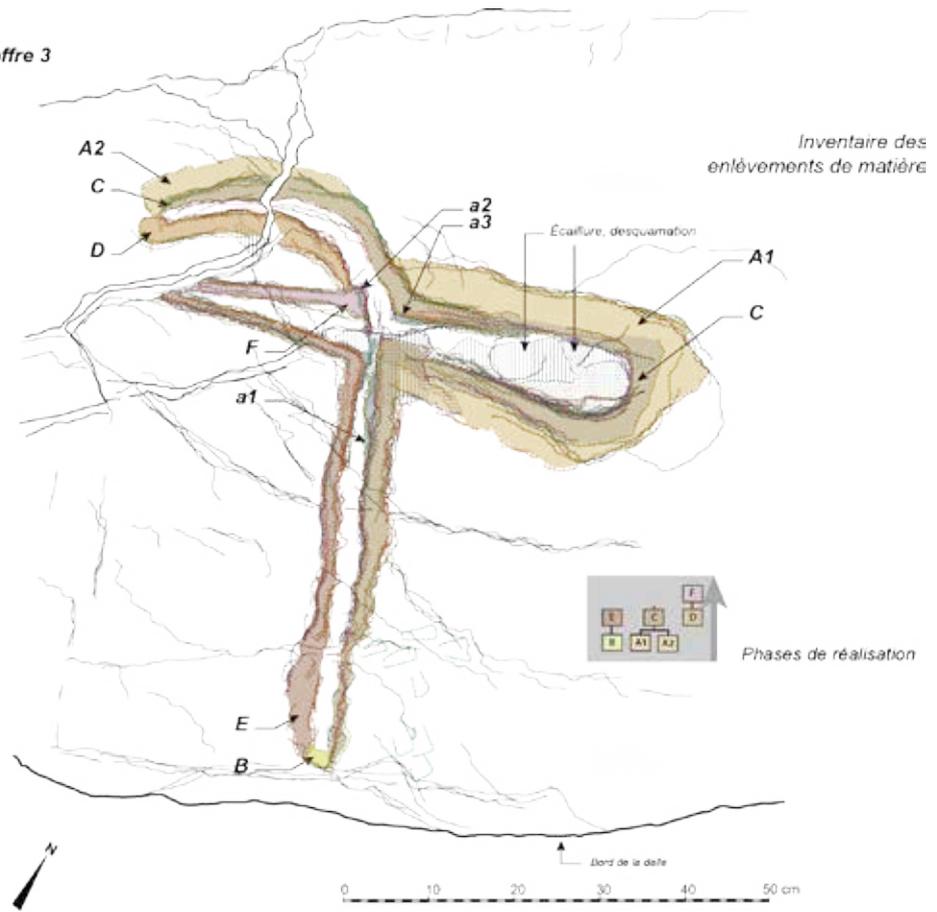


Figure 6

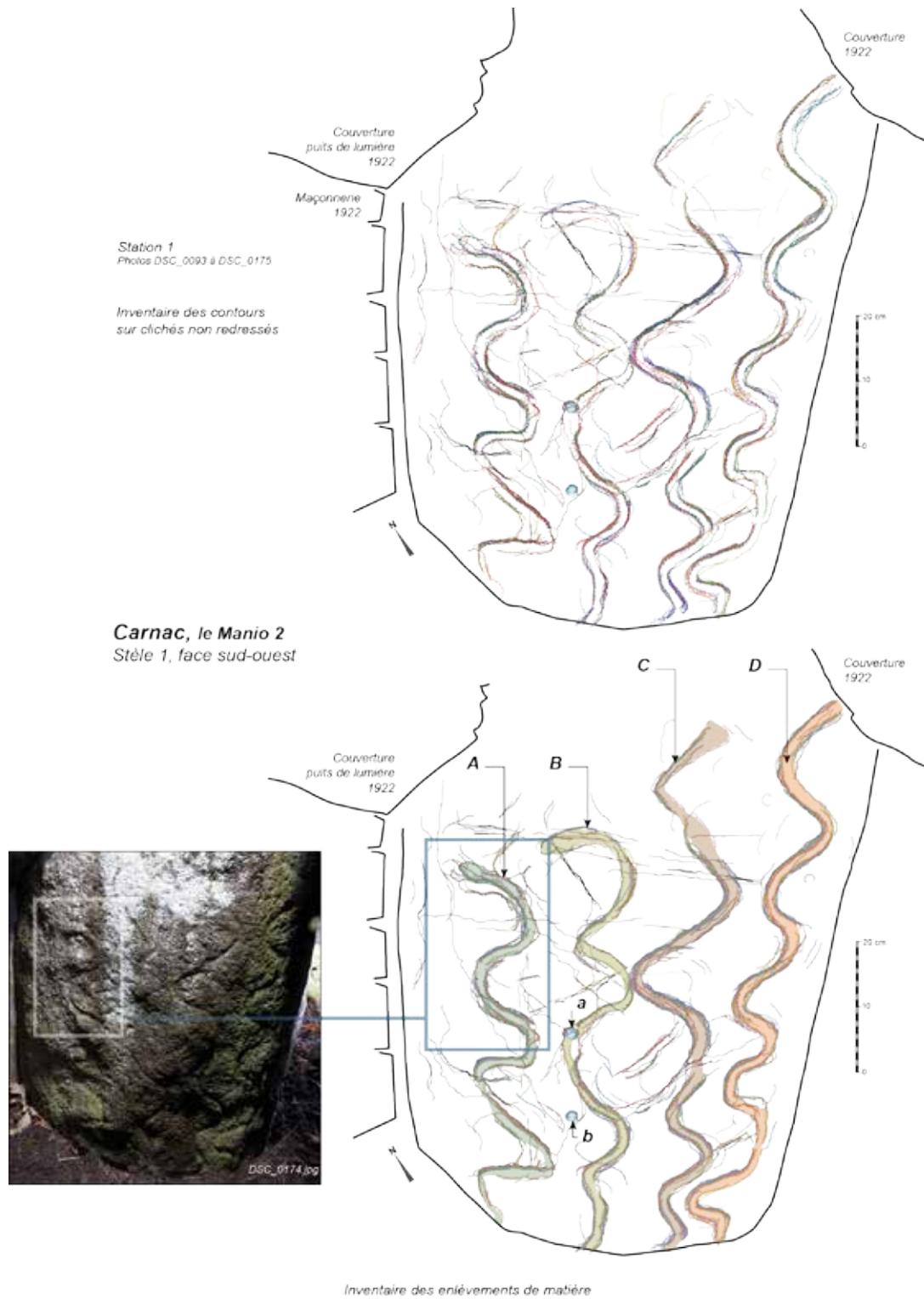


Figure 7

Carnac, le Manio 2
Stèle 1, face sud-est

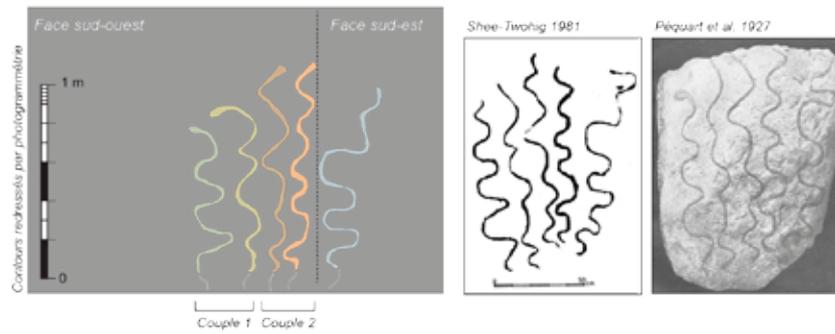
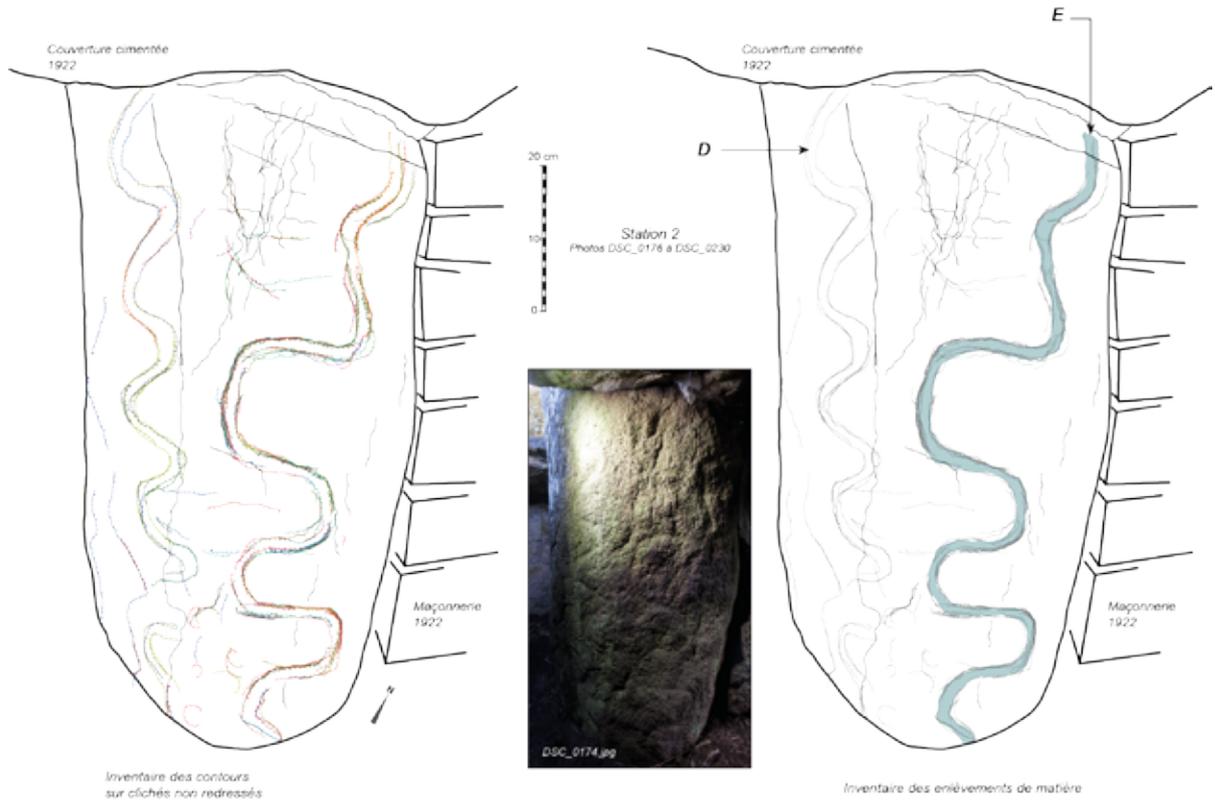


Figure 8

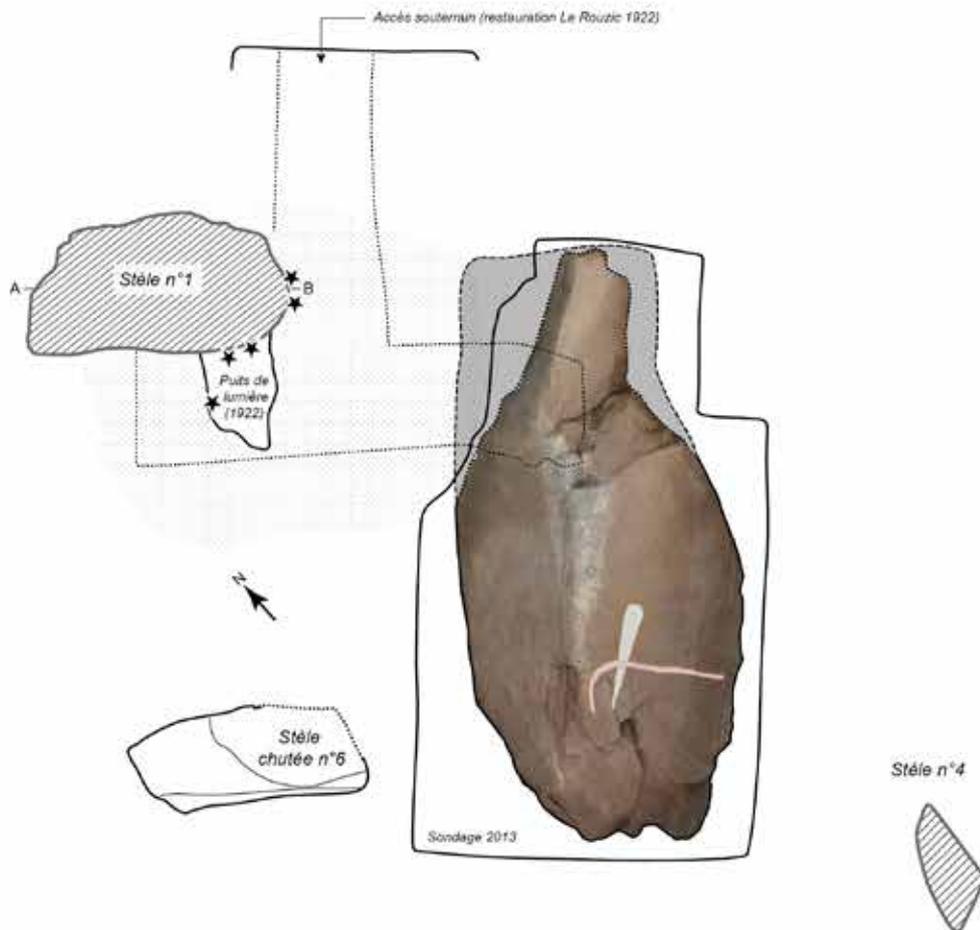
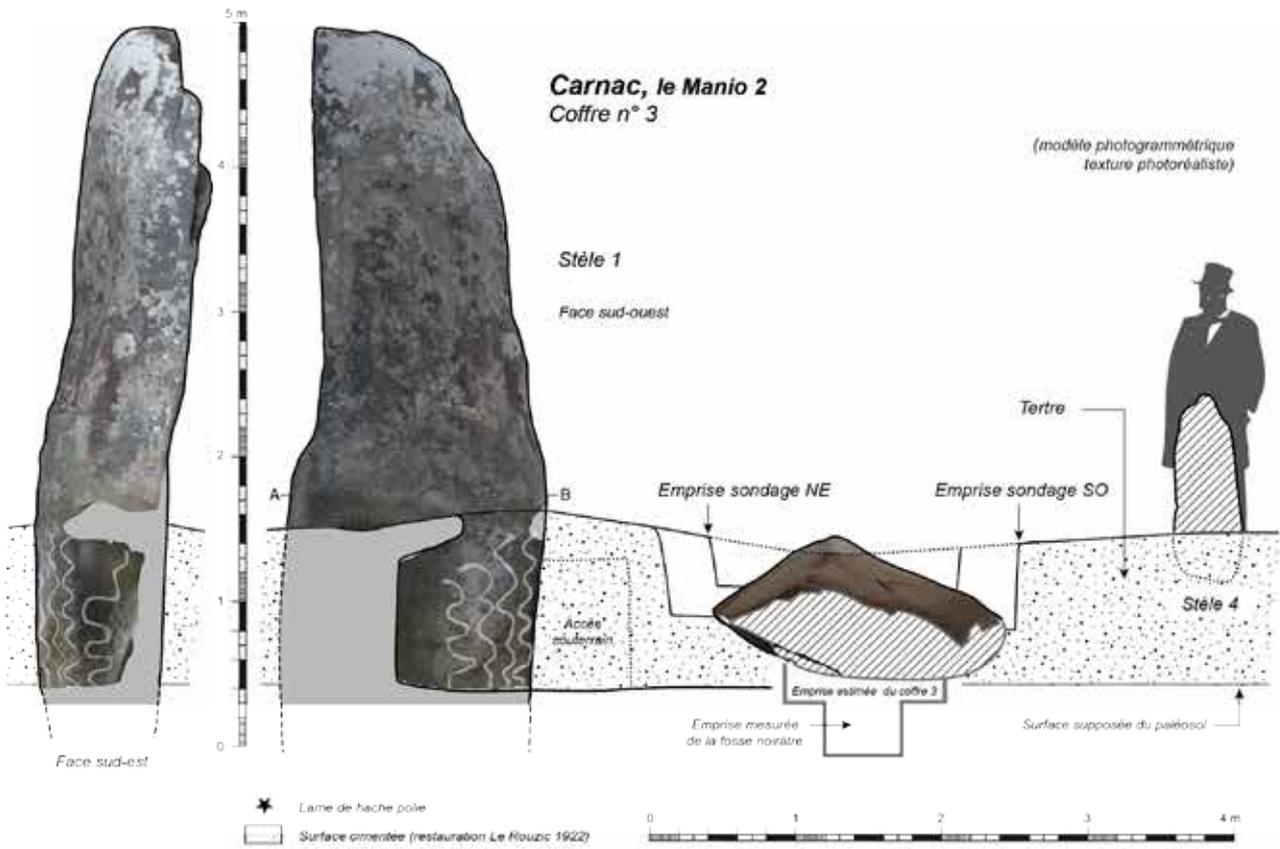


Figure 9

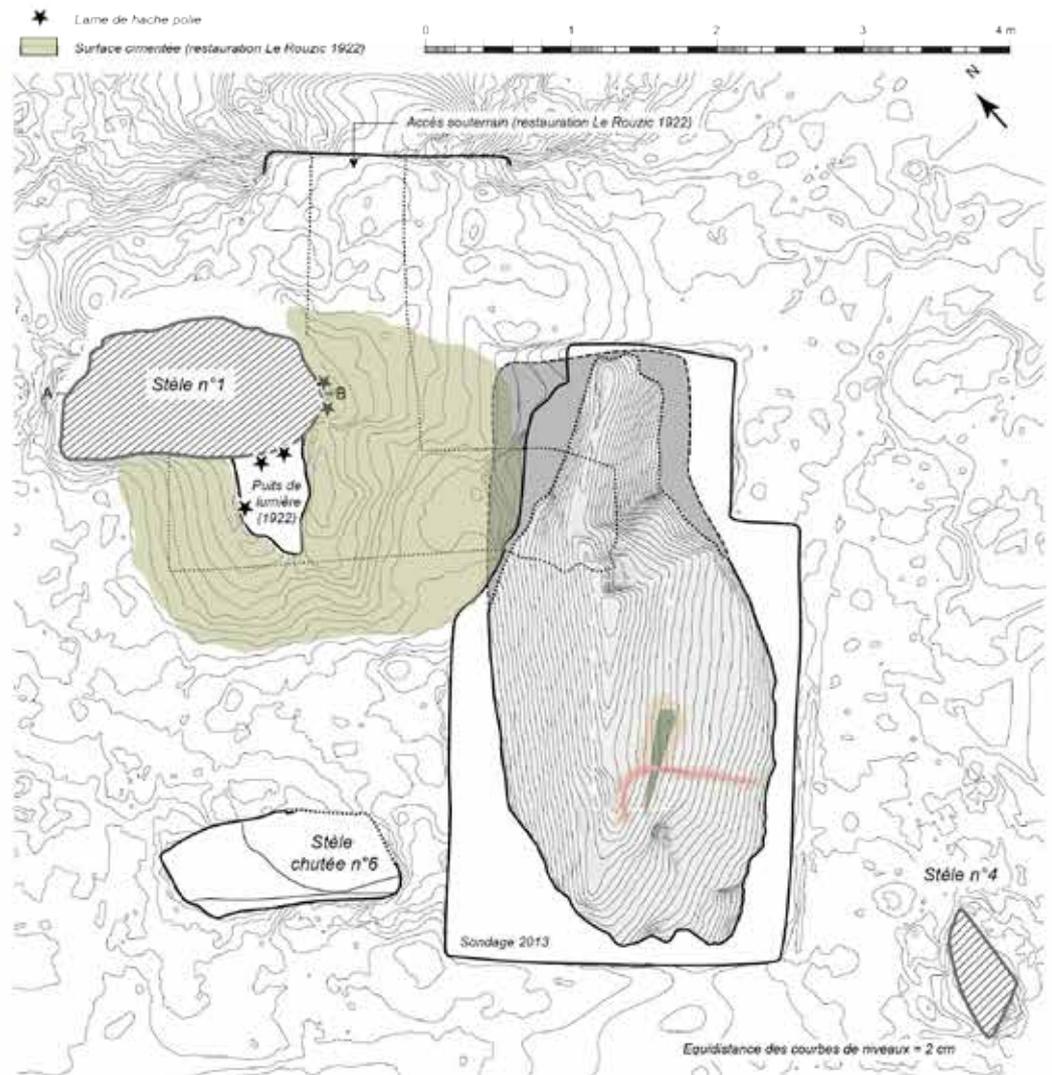
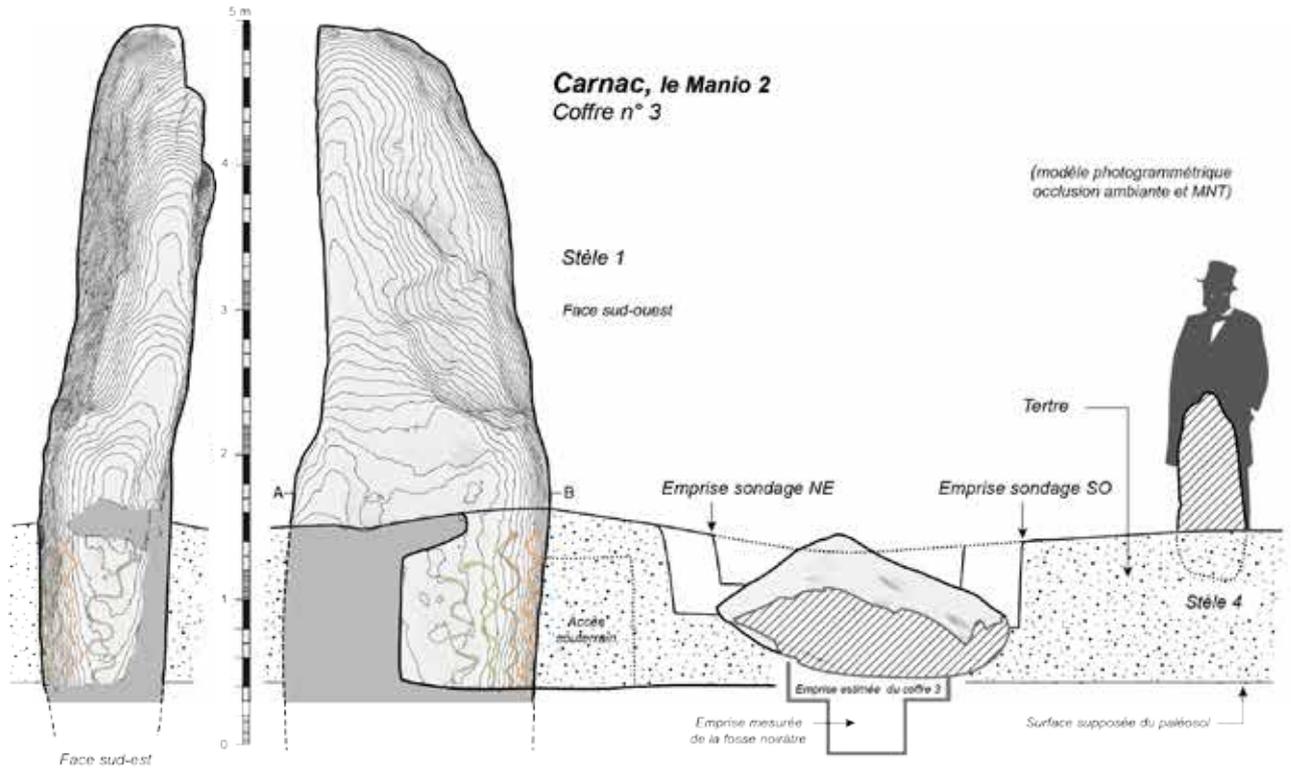


Figure 10

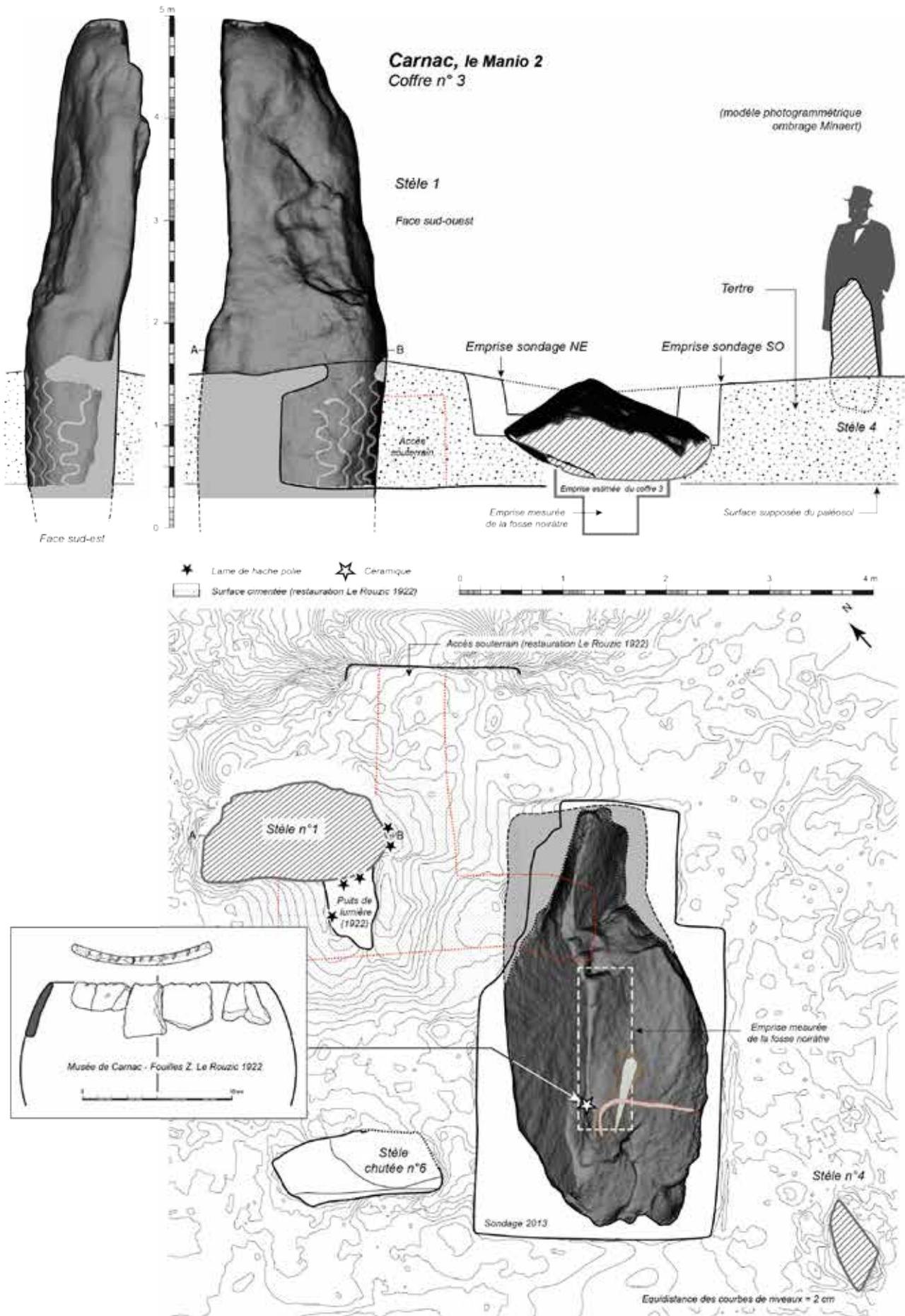


Figure 11

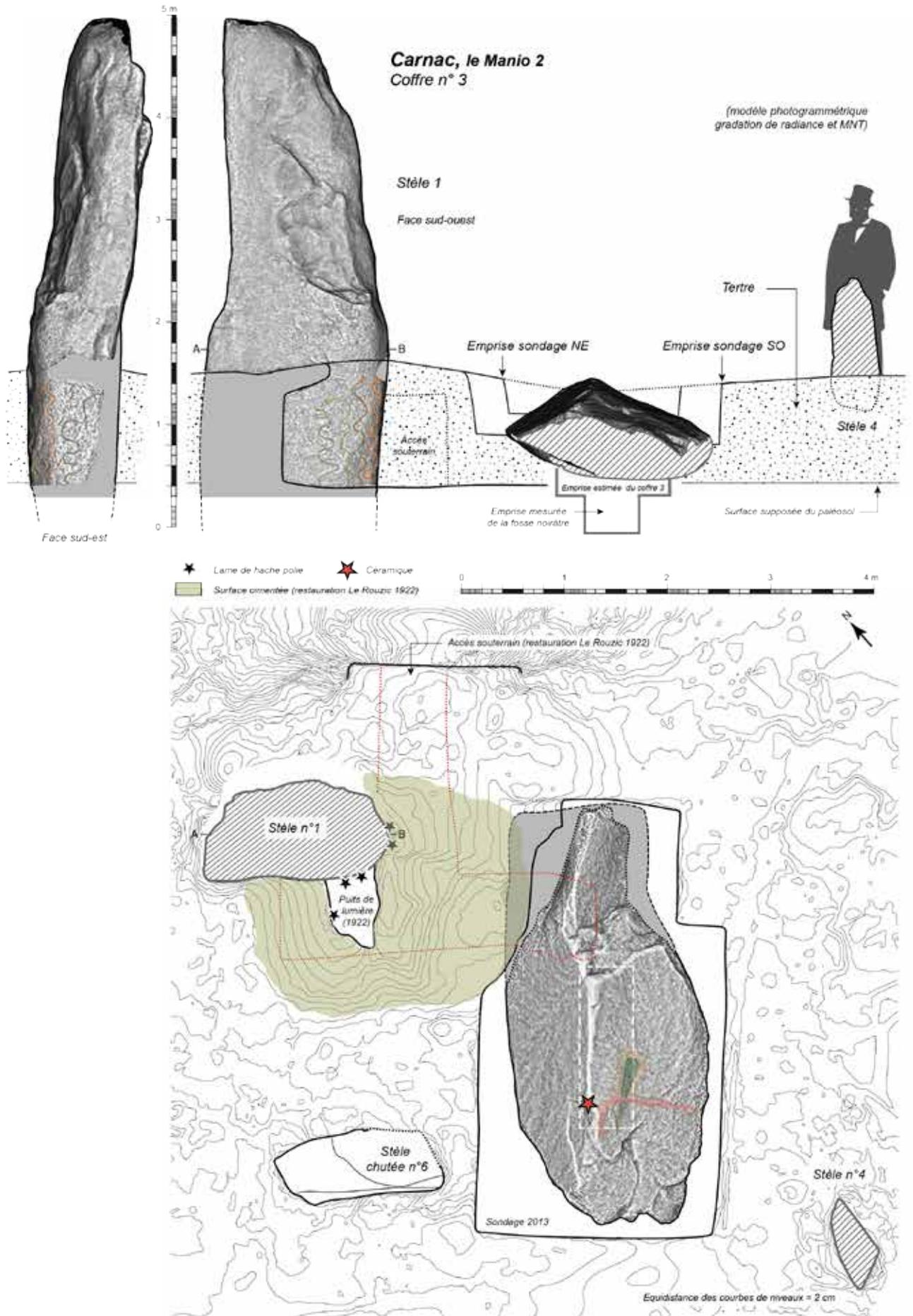


Figure 12

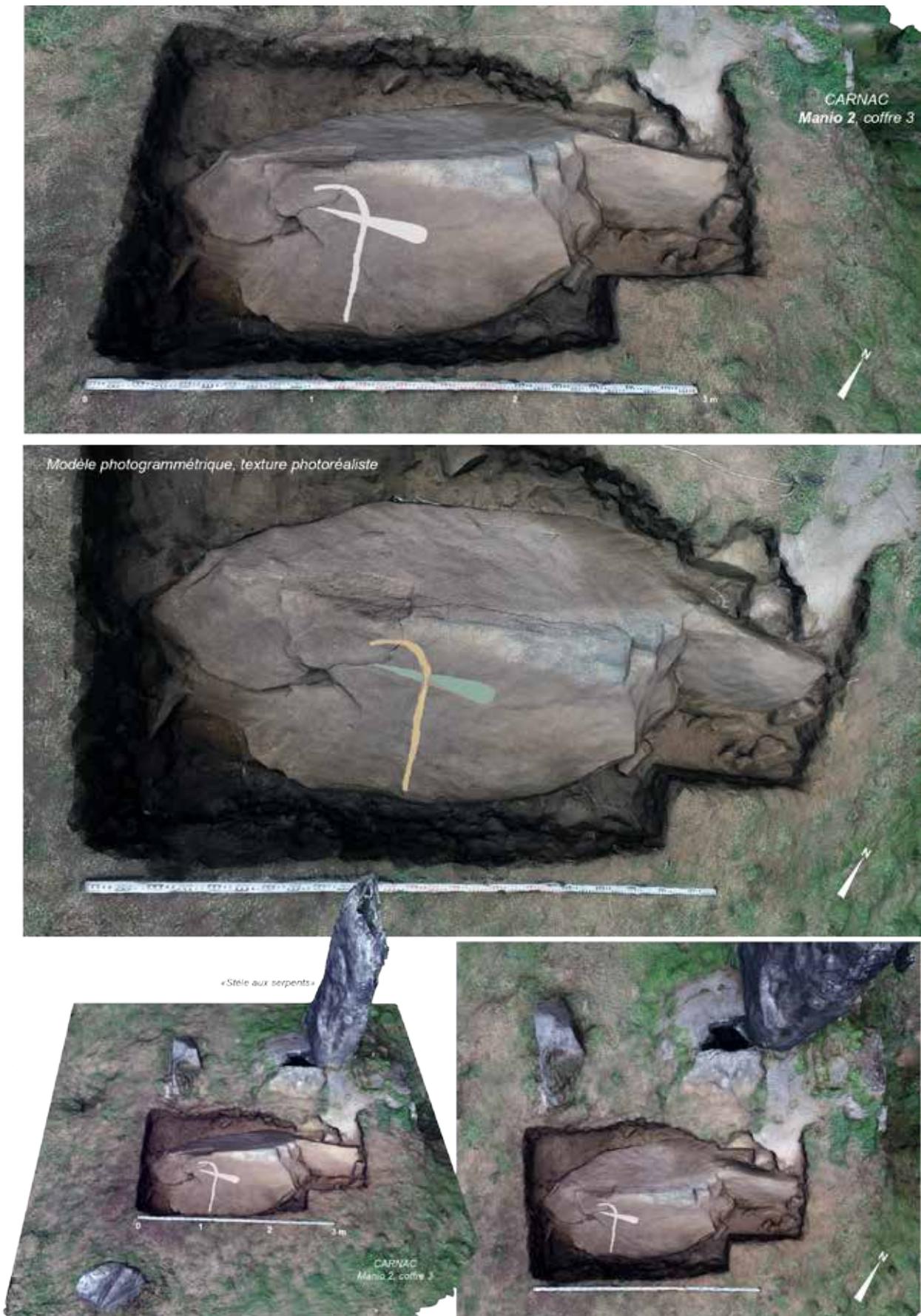


Figure 13

4.4. Kercado (Carnac, Morbihan)

Profitant de leur exploration sur le Mont Saint-Michel, M. Lefebvre et R. Galles en viennent, en 1863, à s'intéresser au dolmen Mané er Groez près du manoir de Kercado, bien visible depuis le site précédent (à 1,6 km à vol d'oiseau). Le cairn est imposant (40 m de diamètre et 3,5 m de haut) et l'on y voyait Gavrinis depuis son sommet (pourtant éloigné de 13,2 km)... Creusant une tranchée transversale nord-sud, les fouilleurs accèdent à la chambre par un côté de la grande dalle de couverture (angle nord-est), entre deux orthostates. Curieusement, et après en avoir cherché trace, ils ne découvrent aucune des gravures qui marquent pourtant les parois du couloir et de la chambre quadrangulaire, preuve dès cette époque de leur état altéré.

Deux couches distinctes séparées par un lit de pierres aplaties sont par endroits remarquées. Le remplissage se singularise aussi pour avoir contenu des ossements humains calcinés, un changement d'état qui a permis cette conservation. Au moins deux adultes et un enfant sont décomptés à partir des éléments de radius, péroné, phalanges, côtes, crâne (Closmadeuc 1863). Des os d'oiseaux s'ajoutent à cet inventaire. Sept perles en « jaspe » et une huitième de forme cylindrique allongée composent le premier lot en variscite. Une hachette en jade (une jadéite - Pétrequin et al. 2012, p. 582) et une autre en « grès » (en réalité une fibrolite, probablement finistérienne) sont ici comptabilisées et remarquées pour leur finition. On reconnaît enfin, dans la céramique décrite par les fouilleurs, le modèle ornemental campaniforme, et les belles aquarelles de L. de Cussé en feront état vers 1870 (Le Pennec 2011).

C'est d'ailleurs L. Davy de Cussé qui rendra justice des signes gravés à Kercado, par l'intermédiaire du second volume de son *Recueil des signes sculptés* qui paraît en 1866. Avec le plan de la tombe, les gravures sont assez fidèlement reproduites, mais limitées à un orthostate du couloir (R3), un orthostate (C1) et la dalle de couverture de la chambre. Les dalles R4, L4, C3 et C4 ne sont pas encore détectées.

G. de Closmadeuc range la grande gravure au plafond dans la famille des « asciformes », sorte d'instrument ou de hache emmanchée (Closmadeuc 1866, p. 18) et reproduit sans le modifier le dessin de Davy de Cussé.

En 1924, Z. Le Rouzic intervient à nouveau à l'occasion d'un programme de restauration. Il tamise les terres sorties de la chambre et de la galerie et récolte un abondant mobilier Campaniforme et des perles en callaïs. Une seconde hachette en jadéite (détermination P.R. Giot) sera trouvée mais à l'extérieur de la tombe, bien en avant du couloir d'entrée (Le Rouzic 1927, p. 81). L'exploration en façade, au niveau de l'entrée du monument, laisse d'ailleurs peu de doute sur l'existence d'un sol enterré plus ancien, piégé sous le cairn (au moins une structure de combustion sous le dallage au début du couloir - Le Rouzic 1927, p. 84), d'où pourrait provenir la hachette en jade. Une dalle trouvée à l'extérieur du cairn, sur le sol en secteur sud, est arbitrairement remontée au sommet du monticule pour être dressée comme « menhir indicateur ». A cet endroit, le fouilleur découvre les rejets des précédentes explorations conduites par le dessus de la chambre et, par tamisage, récolte de nouvelles perles en callaïs. Dans ce même lot sédimentaire examiné avec soin, deux plaquettes en or, des pointes de flèches à ailerons équarris, des « vases caliciformes » renvoient manifestement à l'étape Campaniforme. Côté couloir et sur sa couverture, des témoignages gallo-romains signent une forme d'occupation (extraction de matériaux ? vénération des lieux ?) souvent attestée dans la région.

Au point de vue architectural, la fouille de Z. Le Rouzic permet de découvrir un parement délimitant le cairn, qui est circulaire, ainsi qu'un dallage disposé sur 3 à 6 m en avant du mur périphérique. Deux parements anciens sont également détectés dans le prolongement des parois du couloir (allongement de la structure d'accès et agrandissement du cairn ?), et c'est la restauration de 1924-1925 qui appliquera deux dalles sur ces murs extérieurs, l'une au nord provenant de la couverture en première partie du couloir (dalle ramenée par la restauration de 1863), l'autre au sud recueillie près de l'entrée. Le plan et l'élévation nord publiés par R. Galles en 1864 montrent en effet que la première dalle de couverture était absente (brisée en deux - Galles, Galles 1864). C'est donc Z. Le Rouzic qui remonte une dalle trouvée sur place (interprétée comme dalle de fermeture) pour former le trilithe actuel à l'entrée du couloir. Au-delà, 27 blocs couchés marquent vers le sud un ouvrage de pierres dressées, certaines étant à peine émergentes, mais un ouvrage disposé de façon excentrique par rapport à l'emprise du cairn. Cette ceinte sera aussi restaurée, aidée par les pierres de calage des stèles découvertes en fouille (mais un doute subsiste sur la différence séparant les stèles « redressées » des stèles « restaurées », en sorte que le plan actuel devra être probablement revu par de futures investigations). Toutes les couches sédimentaires traversées par ces tranchées exploratoires donneront du mobilier d'époques différentes. Enfin les gravures sont inventoriées sur cinq supports au lieu des deux reproduits par L. Davy de Cussé ; la « hache-charrue » est confirmée comme instrument emblématique des populations d'agriculteurs en Morbihan, « outil agricole, sorte de charrue très primitive » (Péquart et al. 1927, p. 50).

Les levés par calques opérés par E. Shee-Twohig seront ensuite les plus reproduits par les archéologues européens, notamment pour décrire la fameuse hache-charrue (Shee-Twohig 1981). Concernant cette dalle de couverture, la ligne graphique directrice est cependant semblable aux trois levés historiques de Davy de Cussé, Le Rouzic/Péquart et Shee-Twohig, bien que le levé Le Rouzic/Péquart soit curieusement déformé alors que le calque fut appliqué sur un moulage. Nous proposerons finalement une nouvelle représentation qui ajoutera une courbe fermée à l'extrémité inférieure droite du motif, motif désormais interprété comme cétacé, plus précisément un cachalot (Cassen, Vaquero Lastres 2000). Ce dessin fut obtenu de la compilation de seulement cinq diapositives prises dans les années 1990, et ne sera pas non plus documenté et argumenté selon le processus que nous introduirons à partir du début des années 2000 (Cassen, Vaquero Lastres 2003b). Relativement aux autres supports gravés dans la tombe (deux orthostates dans la chambre, trois dans le couloir), bien peu de commentaire ne sera donné aux tracés mal compris car trop altérés, sinon à propos du motif circulaire bien vu par Le Rouzic/Péquart sur la dalle R3 qui sera interprété comme une « représentation solaire » (Péquart et al. 1927, p. 59). Mais, plus loin dans leur *Corpus des signes gravés*, la composition d'ensemble leur fera penser à « un plan cadastral avec parcelles de terrain, sentiers, points d'eau » (Péquart et al. 1927, p. 68), sans que l'on sache si le point d'eau s'est substitué au soleil à travers ces signes circulaires. Toutes ces images sont, quoi qu'il en soit, assez incertaines aux yeux de nos collègues qui, portés par la seule apparence morphologique, ne savent finalement pas si les lignes quadrangulaires de l'orthostate C1 sont plus un plan cadastral qu'un filet de pêcheur ou même un jeu de marelle...

En résumé, le site de Kercado, tel qu'il est connu par ses collections anciennes, est probablement le résultat de phases d'occupations échelonnées dans le temps. S'il est impossible d'établir une quelconque relation d'antériorité entre la tombe à couloir et l'enceinte curviligne qui la borde au sud, il est certain qu'un sol archéologique est enterré sous le cairn circulaire. La date C14 obtenue à partir de charbons sans localisation (SA 95 : 5840 ± 300 B.P ; Giot 1969), parfois mobilisée malgré son large intervalle de confiance pour reculer l'âge des dolmens bretons, est peut-être un écho de cette présence ancienne. Un vase Castelllic, décoré d'une ligne horizontale sous le bord, elle-même ponctuée de part et d'autres d'impressions ovalaires (l'emploi d'une coquille, du genre *Laevicardium*, est probable) et qui ne peut être confondu avec la production Campaniforme armoricaine (ni le décor ni les aspects de surface ne correspondent - com. orale L. Salanova) pourrait provenir de ce vieux-sol, à l'image de la situation connue à la Table des Marchands (Cassen, François 2009). En revanche, la coupe-à-socle au décor Auzay-Sandun et non Castelllic, les récipients Conguel et Kerugou (L'Helgouac'h 1965), sont bien le reflet attendu des passages divers au sein de cette sépulture mégalithique, au début du IV^e millénaire et au début du III^e.

4.4.1. Procédures d'acquisition en résumé

- La microtopographie du tumulus, le plan et les élévations des structures internes ont été enregistrés et calés par lasergrammétrie (scanner 3D Faro X3D 130) au moyen de 14 stations, totalisant 154 995 921 millions de points, et par photogrammétrie (13 chantiers).
- La morphologie tridimensionnelle des supports et le rendu orthophotographique ont été obtenus par photomodélisation des surfaces. Seules les dalles P6 (couverture), R3 et L 4 (couloir) ont été entièrement traitées et décryptées en 2016 ; nous reportons à 2017 le travail sur C1, C3 et C4 (chambre) – cf. le tableau récapitulatif pour les 6 orthostates et la dalle de couverture.
- P6 : corpus de 85 clichés (84 + 1 photo de la station pour enregistrer les gravures) au format jpeg, allant de P1860912 à P1860995 obtenus avec un appareil Panasonic DMC-GM1 ; focale de 12 mm ; ouverture à f/3,5 pour un temps de pose de 1/50^e ; ISO compris entre 200 et 800 ; traitement photogramétrique par logiciel *Agisoft Photoscan*).
- L4 : corpus de 44 clichés (42 + 2 photos de la station pour enregistrer les gravures) au format jpeg, allant de P1860827 à P1860868 obtenus avec un appareil Panasonic DMC-GM1 ; focale de 13 mm ; ouverture à f/3,5 pour un temps de pose de 1/50^e ; ISO compris entre 200 et 800 ; traitement photogramétrique par logiciel *Agisoft Photoscan*).
- R3 : corpus de 38 clichés (37 + 1 photo de la station pour enregistrer les gravures) au format jpeg, allant de 'Carnac_Kercado_R3 (1)' à 'Carnac_Kercado_R3 (37)' obtenus avec un appareil Fujifilm X-E2 ; focale de 18 mm ; ouverture à f/2 pour un temps de pose de 1/38^e ; ISO 640 ; traitement photogramétrique par logiciel *Agisoft Photoscan*).
- Le levé photographique des gravures par éclairages tournants, sur lequel va porter notre descriptif, s'est fondé sur 1 à 2 stations d'images compilées par dalle, formant un total de 256 clichés (Nikon D5300 ; objectif AF-S Nikkor 10-24 mm ; ISO 400 ; format RAW ; ouverture à 16 ; focale entre 10 et 16 ; temps de pose allant de 1 à 6 s).
- Le dessin vectoriel des tracés et anomalies fut opéré par logiciel *Adobe Illustrator CS6* sous tablette graphique Wacom/Intuos.

La numérotation des dalles reprend celle adoptée par E. Shee-Twohig en 1981.

4.4.2. Descriptif des signes

Chaque dalle de la structure interne (vestibule et chambre) sera numérotée de 1 à n, en débutant à l'entrée à gauche en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre.

4.4.2.1. La dalle de plafond P6

Le corpus photographique couvrant la face inférieure se compose de 30 photos au format .jpg (364 Mo) ; 30 clichés (DSC_0455 à DSC_0484) ont été utilisés. Le corpus graphique (2,5 Go) est composé de 31 fichiers vectoriels au format .ai et de 2 fichiers de synthèse (fig. 6).

Les bords de cette dalle en granite de Carnac ne sont pas reconnus, pris dans la masse du cairn, à l'exception du côté dirigé vers le couloir dont la tranche accessible est bien visible. Mais en réalité, ces limites semblent très proches de l'état actuel du plafond, tant les parties externes de la dalle apparaissent entre les pierres, ou encore les signes de sa morphologie qui trahissent un bord. Ce sont de gros blocs placés horizontalement au sommet des orthostates qui, pour une part, supportent la dalle en réduisant la surface à couvrir. On atteint en effet, avec cette dalle de plafond, la taille maximale qu'un constructeur peut espérer trouver dans le granite de Carnac, fortement diaclasé.

L'observation de la tranche visible permet d'ailleurs, à travers cette rencontre des deux surfaces, d'apprécier le travail de dressage, aussi bien sur la tranche que sur la face gravée. La planéité parfaite du plafond laisse cependant soupçonner qu'il s'agit d'une ancienne face d'arrachement régularisée par piquetage. Le levé par éclairages tournants a renseigné ces enlèvements ponctuels, d'un diamètre allant de 4mm à près de 20 mm, sans pour autant en rechercher l'exhaustivité, impossible à atteindre par cette méthode d'observation où le grain et les creux naturels dans la roche peuvent être confondus avec ces cupules de percussion. L'altération du support est enfin très prononcée, car ces ponctuations sont rarement mises en rapport avec un tracé, et l'on ne peut vraiment assurer cette relation que sur le sommet et bord droit de la tête du cachalot, ainsi sur le côté gauche du sexe dégagé par champlevé, où une suite d'enlèvements ponctuels pour le premier, ou obliques pour le second, démontrent l'intervention par percussion posée.

Deux désordres principaux affectent le support qui, en raison de sa hauteur, n'a que rarement été surchargé de colorants pour en faire ressortir les gravures (fig. 17). Le premier de ces désordres est une large tache blanche au centre de la gravure, qui correspond à un voile prononcé de moisissures. La coïncidence entre le motif et cette tache pourrait être expliquée par la microtopographie qui entraîne à cet endroit la plus grande accumulation d'eau. Le second désordre est localisé vers l'angle oriental de la dalle (en bas et à gauche du cachalot dans son orientation sur la stèle originale). Il s'agit d'une bande brunâtre qui est très semblable à celle que nous avons pu observer sur la partie supérieure de la dalle de couverture de la chambre de Gavrinis, et que nos collègues du LRMH expliquent par une infiltration d'eau chargée en éléments organiques. La bande sombre est l'extension maximale de cette auréole d'infiltration qui est ici bien plus fréquente que sur d'autres secteurs de la dalle, probablement en raison de la circulation de l'eau de pluie dans le cairn au-dessus de la dalle. Inutile de préciser que cette infiltration quasi permanente fragilise la roche. Enfin d'autres taches sombres ponctuelles ou allongées marquent la surface générale du support, pouvant correspondre, très vraisemblablement, à du noir de fumée au temps des explorations à la lampe à combustion ou à la torche.

Suivant le protocole en vigueur, nous nommerons les signes par une lettre capitale en commençant par le haut du support et en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre. Les chiffres accolés aux lettres désigneront les sous-ensembles d'un tracé cohérent (fig. 9).

- **A** forme la boucle supérieure du motif. En fait, pour être plus précis, c'est l'enlèvement de matière dégageant le signe « souffle » par champlevé. Et **B** en est le tracé inférieur, autrement dit l'enlèvement opposé permettant cette inscription du souffle en pseudo-relief. A tout comme B viennent recouper le tracé C.
- Nous devons aussitôt souligner que ces tracés semblent se prolonger au-delà du signe C. D'une part en N, mais avec peu d'occurrences enregistrées ; d'autre part en E mais sous la forme d'une arête plus que d'un tracé véritable à bords parallèles. Dans les deux cas avec une interruption juste avant le tracé L. Cette coïncidence ne paraît pas devoir être interprétée comme le reflet d'un simple hasard. Mais il est difficile de conclure sur l'existence d'un repentir ou de tracés antérieurs partiellement effacés.
- **C** forme le dos du cachalot, d'où jaillit le souffle par convention. Le signe est antérieur aux tracés D et M.
- **D** assure le contour supérieur de la tête de l'animal (qui, pour mémoire et anatomiquement parlant, occupe 1/3 du corps du cétacé). D vient se superposer à J.
- **F** est un signe curviligne, celui que nous avons détecté dans les années 90, mais qui ne vient pas rejoindre l'angle de D ainsi que nous l'avions estimé plutôt que relevé. F est nettement décalé par rapport à ce changement de direction, et outrepassa la base de la forme quadrangulaire de la tête.

F se superpose à son homologue I amis également à D.

- **I** est un tracé très altéré par la nature du support, fort tourmenté à cet endroit. Il débute et s'achève au surplus sous le tracé de F qui explique la grande difficulté à le distinguer. Ces deux tracés déterminent ainsi une portion de disque allongée.
- **G** et **H** sont deux segments rectilignes difficiles à enregistrer, au point qu'il n'est pas impossible qu'un ou deux autres segments aient été présents à leurs côtés. Une observation rapprochée sur ce secteur, par station sur échafaudage, serait susceptible de mieux nous renseigner. Cette éventualité est bien entendu dictée par l'interprétation que nous avançons d'une embarcation avec équipage.
- **J** est le contour inférieur de la tête. L'extrémité supérieure est élargie mais pourrait n'être qu'une mauvaise conservation du creux dans ce secteur très abîmé par des plis et fissures naturels dans le granite. J recoupe L.
- **K** est un enlèvement qui dégage par champlevé le sexe du cétacé, ainsi que nous l'avions envisagé dans notre première interprétation du motif. Curieusement, ce secteur déprimé a été creusé avant l'inscription du corps, L recoupant nettement K.
- **L** informe la partie inférieure du corps de l'animal, et semble recouper M, bien que la relation soit faiblement documentée.
- **M** est le dessin qui signifie la queue, vue en perspective. Si le « crochet » en partie haute avait bien été reproduit par les levés depuis 1866, le tracé symétrique, bien que moins développé, est une donnée nouvelle.

La matrice est ensuite construite dans *Mermaid* :

| | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| graph BT | C-->B | J-->D | I-->F | M-->L | K-->L |
| C-->A | C-->D | D-->F | L-->J | C-->M | |

4.4.2.2. L'orthostate R3

Le corpus photographique couvrant la face se compose de 204 photos au format .NEF et .jpg (3,6 Go) ; 72 clichés (DSC_0002 à DSC_0100) ont été utilisés. Le corpus graphique (5,9 Go) est composé de 72 fichiers vectoriels au format .ai et de 3 fichiers de synthèse.

Cette dalle en granite de Carnac est curieusement gravée sur un peu plus d'un quart de la surface, ce qui nous a poussé d'emblée à rechercher d'autres tracés effacés pouvant équilibrer cette répartition, mais en vain. Il semble par conséquent que cette composition excentrée soit bel et bien volontaire. Un processus d'altération des surfaces est cependant nettement déclaré et seuls les tracés principaux, qui ont été profondément inscrits au Néolithique, sont encore aujourd'hui visibles à l'œil nu, sans éclairage spécifique. Ces tracés ont d'ailleurs subi, avec l'époque moderne, de multiples rehaussements à la craie et autres matières colorées pour souligner les gravures, ce qui facilite dans un sens le repérage actuel, la lumière étant mieux réfléchi, mais a causé dans le même temps une dégradation irréversible des états de surface à l'intérieur de ces tracés.

La mise en forme et le dressage sont plutôt délicats à décrire, étant donné l'altération poussée que nous évoquons. Par chance, quelques impacts ont été préservés, répartis sur le seul secteur de la composition - mais en dehors des tracés gravés-, témoignage d'une préparation préalable du support. Ce dressage n'a pas été très poussé, plusieurs formes naturelles de la roche bien apparentes laissent entendre une ancienne face d'affleurement. Les bords sont difficilement accessibles, ne laissant aucune possibilité pour de meilleures observations sur la partie haute et droite de l'orthostate, en raison des pierres de calage et de muraillement du couloir qui empêchent l'inspection souhaitée. Cette partie non restaurée du couloir prouve que les tracés prolongés sur l'arête étaient invisibles au temps du fonctionnement de la tombe, et qu'ils furent bien entendu réalisés avant l'introduction de la dalle formant paroi.

Les désordres sont donc essentiellement biologiques, en rapport avec l'humidité fréquente qui règne à l'intérieur de la tombe et avec la lumière du jour venant de l'entrée (fig. 29). C'est en effet exclusivement en partie droite que se sont développées des mousses vertes très fines, visibles à l'œil nu mais encore mieux détectées sous traitement colorimétrique mené avec DStretch. Mousses ou algues ont également été cartographiées, dans l'attente d'une détermination par des spécialistes. Des moisissures semblables à celles marquant le plafond de la chambre occupent des espaces vacants en bas du support ou se surajoutent aux surfaces colonisées par les mousses. Enfin, une mention spécifique doit être faite relativement à des parties abrasées, presque polies, enregistrées sur le relief horizontal au tiers inférieur de la dalle, mais également dans le creux sous ce ressaut en allant vers le sol. Tandis que nous étions prêts à admettre que cette abrasion avait pu être générée par le passage et le frottement des visiteurs, l'explication ne tient pas pour la forme concave et nous n'en trouvons pas pour rendre compte de cette intervention humaine.

La description des tracés peut maintenant commencer en partant du sommet (fig. 20).

- **A** et **B** sont deux segments devant se prolonger sur la tranche. Ils restent donc mal définis. Ils sont tous deux antérieurs à **D**.
- **C** est un tracé rectiligne puis changeant de direction à son extrémité supérieure, venant mordre sur **D**.
- **D** peut être suivi suivant deux rectilignes sécantes. L'extrémité inférieure est antérieure à **G**.
- **E** est un segment rectiligne dont l'extrémité supérieure n'a pu être enregistrée, sur la tranche du support, et dont l'autre extrémité recoupe **G**.
- **F** est peut-être le prolongement de **J**, mais dans le doute - faute de pouvoir examiner la tranche - ont été nommés séparément. **F** est antérieur à **G** et **I**.
- **G** forme à nouveau un angle presque droit. Il est antérieur à **K**.
- **H** est un tracé recoupé par **I** et qui a donc été nommé par deux sous-ensembles, **H2** présentant au surplus une nette angulation.
- **I** barre ces derniers tracés et vient sur la tranche de l'orthostate sans pouvoir être suivi. Il est antérieur à **K**.
- **L** est un motif symétrique, long tracé fait de trois rectilignes, dont le segment supérieur s'appuie sur une linéation naturelle dans le granite. **L** est postérieur à **N**.
- **M** est un enlèvement de matière très localisé, repris par **H2**.
- **N** est parallèle au signe central du motif **L**.
- **O** est une longue rectiligne recoupée vers le bas par **Q**, et pour cela pourrait être divisée en **O1** et **O2**.
- **P** est un segment rectiligne recoupant le tracé **R** et recoupé par **Q**.
- **Q** barre tous les tracés à l'exception de **Z**.
- Très altéré et se confondant avec une arête naturelle dans la roche, **R** est difficile à délimiter en allant sur la gauche de son développement. Dans cette direction, il est d'ailleurs prolongé par une portion **b** que nous ne nommons pas à la même hauteur que les tracés vrais tant la trace est fugace, uniquement révélée par une sorte de négatif de tracé ressortant en surexposition sous la torche à led. La coïncidence est seulement troublante et nous pousse à maintenir cette reconnaissance. Notons que **R** est également le lieu d'une abrasion de même orientation mais dont nous ne savons pas l'âge (poli d'usure par frottements des visiteurs ?). **R** recoupe le tracé **T**.
- Prolongeant **R**, **a** est une arête rectiligne naturelle que nous avons longtemps cru pouvoir être le bord d'un tracé, alors qu'il n'en est rien.
- **S1** est une dépression circulaire aménagée sous **R**, entourée d'un second enlèvement contemporain circulaire en **S2**. Un tracé **T** vient à cet endroit recouper **S2**, et toute la question est de savoir si cet enlèvement accède au statut de signe ou s'il s'agit d'un enlèvement pour dégager plutôt une arête en relief sur le support (entre **T** et **U**). Dans le premier cas le motif comporterait par conséquent un tracé annulaire et une rectiligne vers le bas.
- **U** semble plutôt qu'un signe à part entière une dépression aménagée dans le support, comme pour dégager avec **T** une arête en champlevé.
- **V** est un segment court similaire à **W** et **P**.
- **X** est dans le prolongement exact de **Q** et pourrait à ce titre faire partie du même tracé. **X** recoupe **Y**.
- **Y** forme un tracé de longueur comparable à **Z**. Il est recoupé par **AE** mais se superpose à **R**.
- **Z** vient toucher l'extrémité inférieure de **Y** sans qu'il soit possible de les départager en chronographie. **Z** recoupe **R** mais est antérieur à **AE**.
- **AA** est un court segment recoupant à la fois **Z** et **AB**.
- **AB** est une rectiligne venant se superposer à **AD**.
- **AC** est le dernier tracé vers la gauche. Il est antérieur à **Y**.
- **AE** est une rectiligne sans lien avéré avec **AC** mais recoupée par **C**.
- **AF** enfin est un signe circulaire qui a posé un problème de reconnaissance. Il est d'ailleurs en quelque sorte doublé par une anomalie similaire 3-4 cm plus bas, également relevée par notre collègue E. Shee-Twohig en 1981. Observé à la loupe binoculaire, et apprécié par contact au doigt, le premier enlèvement de matière se différencie du second qui ne présente pas de cristaux écrasés et donc de surface lisse en fond de « cupule ». La dénivellation est d'ailleurs plus importante sur le second entre les deux bords opposés, à droite et à gauche, une indication qui plaide pour un accident local au cours du dressage, ou d'une cuvette entamée dans la pierre mais placée trop bas par rapport au projet iconographique, et finalement abandonnée. Par conséquent nous doutons

fortement de la réalité achevée de ce second enlèvement et il ne sera pas indiqué en tant que tel dans notre proposition de synthèse. En revanche le premier est maintenu en tant que signe à part entière, intégrant désormais le champ de l'interprétation générale de la scène, comme nous le verrons. Le traitement sous DStretch (espace de couleur LAB, échelle 20 ; fig. 23) révèle d'ailleurs très bien la différence de géométrie entre ces deux formes discoïdales et seule le signe AF ressort par coloration ; son diamètre d'ailleurs plus petit que celui donné par les éclairages tournants par le fait que la cuvette seule est décelée, ce qui peut être une image plus juste de l'ancienne réalité, avant que les bords ne soient par trop altérés et donc très évasés.

La matrice est ensuite construite dans *Mermaid* :

| | | | | | | |
|----------|-------|-------|--------|--------|---------|---------|
| graph BT | D-->G | G-->K | M-->H2 | T-->R | Z-->AE | AD-->AB |
| A-->D | G-->E | H-->I | O-->Q | Y-->X | R-->Z | AC-->Y |
| B-->D | F-->G | I-->K | R-->P | R-->Y | Z-->AA | AE-->C |
| D-->C | F-->I | N-->L | P-->Q | Y-->AE | AB-->AA | |

4.4.2.3. L'orthostate L4

Cette dalle en granite de Carnac ne porte pas la dalle de couverture, un muret intermédiaire sur 4 assises de moellons rehausse la hauteur de plafond. L'espace est cependant fort exigu car la transition vers la chambre s'effectue par un rétrécissement du couloir. En sorte que deux stations ont été nécessaires pour enregistrer la scène sous éclairages tournants.

Des impacts du travail dans la pierre sont décelables aussi bien en surface du support (dressage) qu'au fond ou en bordure de tracé (gravure du signe), ces derniers étant souvent d'un plus grand diamètre et probablement portés de façon oblique au vu de la morphologie des négatifs d'éclats, allongés et étroits (fig. 33).

1. La Station 1 (L4-Haut)

Le corpus photographique couvrant la face supérieure se compose de 52 photos au format .jpg et NEF (1,96 Go) ; 44 clichés (DSC_0190 à DSC_0238) ont été utilisés. Le corpus graphique (1,76 Go) est composé de 44 fichiers vectoriels au format .ai et de 3 fichiers de synthèse (fig. 33).

- **A** est un tracé courbe dont l'extrémité gauche (plus élargie ?) est difficile à synthétiser tellement les micro-reliefs naturels parasitent la bonne lecture des enlèvements.
- les creux notés **a**, **b** et **c** n'ont pas été retenus comme tracés anthropiques, faute de corrélations photographiques sur un des deux côtés, ou après avoir détecté des contradictions internes. Nous maintenons leur présence mais en les signalant différemment.
- **B** est un tracé rectiligne qui vient mordre sur A.
- **C** pose problème. Il est en effet appuyé sur une nervure naturelle dans la roche, mais d'un autre côté présente bien toutes les caractéristiques d'un enlèvement linéaire. Nous conservons donc le signe, recoupé à la fois par A et par B. Il a pu être un premier essai de courbure du crosseron sur lequel nous reviendrons.
- **D** est un clair enlèvement à angle droit, recoupé par E.
- **E** est un signe linéaire qui ne se prolonge pas au-delà de D ; les lignes de relief qui semblent le prolonger sont naturelles ou bien sont le résultat du dressage du granite.
- **F** est un large tracé très régulier qui borde le motif de la lame polie. Il recoupe B, G et probablement D mais ici sans preuve déterminante.
- **G** est un tracé conservant de gros impacts alignés en bordure gauche. Il recoupe J.
- **H** est un tracé courbe dont l'extrémité gauche a été assez arbitrairement arrêtée, dans l'attente d'un complément graphique en station 2.
- **I** paraît symétrique au signe A. Son interruption à gauche est difficile à localiser, mais son tracé est en tout cas nettement autonome de K et N.
- **J** est un fragment d'un tracé plus ancien, dont il est difficile de dire s'il fut solidaire de I.
- **K** semble dessiné dans le prolongement de I, tout en étant pourtant entièrement autonome,

retourné au contraire vers N. Son extrémité gauche est indécise, parasitée par des nervures naturelles.

- À l'image de a, b, c, ce pseudo signe **d** est trop incertain.
- **L** manque d'une liaison claire avec K pour déterminer un seul signe confondu.
- **M** est un segment rectiligne parallèle à L.
- **f** et **e** sont probablement d'origine naturelle (surtout f, e est plus ambigu) malgré l'effet de tracé.
- **N** traverse toute la composition en deux tracés symétriques, et vient recouper K et J.
- Les tracés **O** à **U** sont des segments plus ou moins rectilignes disposés sur le bord supérieur de l'orthostate. Q à U sont parallèles. Mais toutes les extrémités inférieures ne sont pas strictement reconnues, en sorte qu'un doute subsiste sur l'envergure initiale de ces signes et leurs éventuelles liaisons.

2. La Station 2 (L4-Bas)

Le corpus photographique couvrant la face inférieure se compose de 44 photos au format .jpg et NEF (1,65 Go) ; 44 clichés (DSC_0240 à DSC_0283) ont été utilisés. Le corpus graphique (1,48 Go) est composé de 35 fichiers vectoriels au format .ai et de 3 fichiers de synthèse (fig. 34).

- **A** est le signe supérieur du motif crossé dont l'extrémité gauche est ici mieux définie qu'en station 1.
- **B** est le contour du motif « hache ». **C** lui est antérieur, après avoir enlevé de la matière sur une zone altérée.
- **D** est un tracé rectiligne venant recouper **A**.
- E va déterminer un motif de hache nue. **E1** est le contour le plus visible ; **E2** est manifestement placé dans le prolongement de **E1** mais presque entièrement percuté, endommagé par une vingtaine d'impacts qui ont neutralisé le tranchant en-dessous de la ligne F.
- **F** joint les deux bords de l'orthostate et nous avons distingué 5 segments (F1-5), mais il s'agit bien d'un même dessin.
- **G** est une « cupule » bien que son fond ne présente pas la morphologie des objets de ce type, où la surface longtemps martelée est le plus souvent arasée, concave. Plusieurs négatifs d'éclats sont ici visibles, mais si la géométrie est circulaire, le fond est plat.
- **H** est un motif autonome en forme de crosse mieux circonscrit qu'en station 1.
- **I** est un autre motif autonome en forme de crosse, sans contact avec la ligne de base F.
- **J** fut difficile à qualifier de tracé, car il est installé le long d'une nervure naturelle dans le granite. Une observation à la loupe binoculaire nous a cependant confirmé son aspect anthropique (grains écrasés). Il recoupe **K**.
- **K** est une forme en croissant, mais au tracé indécis en partie gauche, altérée. Son extrémité droite est bien détachée de **H**.
- **L** est un signe cette fois reconnu par un seul enlèvement linéaire, et non en deux parties comme en station 1 où l'information au bas de la fenêtre était insuffisante. **L** est recoupé par **M**.
- **M** est l'extrémité droite du tracé N détecté en station 1.

3. Synthèse des levés sous éclairages tournants

| | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| graph BT | D-->E | G-->H | F-->J | Q-->P |
| D-->C | E-->H | I-->H | K-->L | R-->T |

Fusionnés dans le même modèle redressé, la matrice est construite dans *Mermaid* :

4.4.2.4. Synthèse graphique

1. *Le redressement des levés*

Le fichier vectoriel .AI obtenu des éclairages tournants sur les objets (P6, R3, L4), contenant les calques superposés correspondant à tous les dessins des contours pour chaque cliché compilé, a été allégé en fusionnant ces calques sous une même rubrique. Une estimation des tracés définitifs, autrement dit des signes gravés, a été proposée en étant guidé par cet inventaire des contours. A la différence des procédures antérieures, cette synthèse n'a pas été copiée sur la face du modèle 3D du monolithe ; on ne corrigera plus les données vectorielles à travers l'outil de déformation manuelle qui joue sur les points d'ancrage, afin de faire coïncider le dessin et le modèle 3D. La chaîne opératoire informatique intègre désormais directement dans le programme Photoscan le fichier de synthèse graphique et une photographie ayant permis ce levé. En sorte que le document final (vue frontale corrigée) redresse le document déformé par la station sous éclairages tournants. Ce pas est une avancée majeure dans une forme d'automatisation du processus.

2. *La géométrie des compositions*

Cette étude se fonde sur l'implantation de deux axes fictifs médians, perpendiculaires entre eux, horizontaux et verticaux, déterminés par le milieu des bords de la dalle étudiée. À partir de ces axes seront commentés l'ordonnement et l'orientation des signes dans la composition générale reconnue.

La dalle P6

Le grand motif de cachalot est nettement excentré par rapport à l'espace disponible sur le support. L'hypothèse d'une stèle réemployée expliquerait parfaitement cette disposition, laissant une partie de l'autre extrémité de la dalle en terre. Dans l'orientation donnée par cet animal, un axe vertical démontre enfin son inscription en oblique, à l'image du spécimen découvert en 2016 à Cruguellic qui lui est homologue.

La dalle R3

Les deux axes médians cantonnent toute la composition relevée dans un seul quadrant, en haut et à droite. Par ailleurs, on note une certaine tendance à l'obliquité de la scène en son entier (lames polies, arc). En pivotant le support de 6° vers la droite, trois horizontales coïncident alors avec les extrémités des deux grands couples de haches polies ; et l'arc est cette fois verticalisé. Cette nouvelle position est donc très plausible, qui serait celle voulue par le graveur.

La dalle L4

Une fois les deux axes médians implantés, il devient patent que la ligne de séparation, qui barre la dalle en deux secteurs, est nettement oblique par rapport à l'axe longitudinal aussi bien que latéral. Dans le même temps, on note que trois extrémités gauche de trois crosses sont arrêtées sur cet axe vertical imaginaire. Si l'on pivote le support d'un angle de 12,5° afin de rétablir une horizontale, la grande crosse supérieure prend au air penché alors que la petite crosse du bas se verticalise ; les crosses auparavant superposés ne le sont plus. Une comparaison avec la dalle R8 de Gavrinis montre qu'une telle configuration semble belle et bien se reproduire dans cette autre tombe à couloir. Sur R8, une crosse verticale centrale est debout sur une ligne de base à peu près horizontale, tandis qu'une grande lame nue polie est disposée obliquement sur la droite. Une telle structure partagée ne peut être le fruit d'un accident. Nous pouvons conclure que L4 à Kercado n'est pas dans la bonne position de lecture, ou tout du moins dans celle pensée initialement par le graveur.

3. Les phases de réalisation

Les matrices ont été proposées sur le modèle redressé pour P6 et L4, à partir du levé non redressé pour R3. Ces différentes d'application importent peu sur le résultat final.

La dalle P6

L'inscription de l'animal débute par la ligne de dos, surmonté ensuite du souffle. La queue et le sexe sont antérieurs à la ligne ventrale, elle-même antérieure au dessin de la tête ; le sens de réalisation va donc de la gauche vers la droite. L'embarcation est la dernière à être gravée, en bas et à droite.

La dalle R3

Le motif en anneau est la plus ancienne réalisation, ce qui souligne son importance au sein du programme iconographique. L'arc est par contre hors chronographie, sans lien avéré avec les tracés voisins. Le grand couple de lames polies positionné à gauche est réalisé de la gauche vers la droite, et le couple suivant (en symétrie inverse) prolonge cette dynamique. Le reste de la scène vient ensuite, autrement dit le secteur inscrit en haut et à droite composé de quatre lames polies.

La dalle L4

Les deux stations fusionnées dans le même modèle redressé, la matrice est construite dans *Mermaid* se fonde par conséquent sur les relations suivantes :

Peu de relations d'antéro-postériorité permettent la combinaison des différents tracés recensés. Seule la partie droite de la composition autorise une chronologie digne d'intérêt. Si, à la matrice obtenue, on intègre l'inscription de la ligne de base, supposée horizontale, on réalise alors que les deux lames polies sont aux deux extrémités du phasage, leurs tranchants diamétralement opposés : la lame oblique sur la droite est antérieure à cette ligne transversale, et le graveur efface même son extrémité, comme si elle devenait invisible dans un sol ; les différentes crosses se positionnent et se superposent en fonction de cette ligne de base ; enfin la seconde lame polie surmonte les deux dernières crosses supérieures, en une position plus verticale.

4. La comparaison avec les levés antérieurs

Seuls les trois corpus de Davy de Cussé, Péquart/Le Rouzic et Shee-Twohig méritent d'être pris en considération. Toutes les autres publications n'ont fait que reprendre l'un des dessins produits par ces auteurs.

Pour la **dalle de plafond P6**, il est très intéressant de voir comment varie chez nos collègues la représentation des signes (fig. 11), selon que le creux (l'enlèvement de matière) est enregistré ou selon que le champlevé est privilégié, et parfois en mélangeant les deux sources d'informations. Si chacun s'accorde pour figurer le contour principal du motif par le biais d'un seul tracé, une différence va se faire au niveau de la « boucle » (ou jet, ou souffle) supérieure du motif. Chez de Cussé un seul tracé est reproduit, comme si nous avions une continuité de gravure, ce qui est erroné ; chez Péquart/Le Rouzic et Shee-Twohig les deux tracés en creux sont bien respectés, figurés sur le même mode que le contour du corps de l'animal. Mais en réalité, qu'est-il important de restituer ? On voit, sur le spécimen bien conservé de Gavrinis, que le champlevé dégage clairement une seule « boucle » au-dessus du corps, et à Cruguellic un seul large tracé en creux restitue le signe courbe. Il y a donc bien une intention de ne donner à voir, par convention, qu'un seul jet, et en cela Davy de Cussé a raison de restituer le dessin du motif de cette manière. Car les commentaires portant sur le motif se fondent généralement sur les relevés Péquart/Le Rouzic et Shee-Twohig, et vont très légitimement évoquer deux boucles sur le dessus. Les dessins spontanés des archéologues modernes souhaitant reproduire le motif dessinent ainsi deux signes courbes sur la « hache-charrue » (Cassen 2009, p. 34).

Un autre détail sur l'extrémité visible en bas et à droite du dessin de Davy de Cussé mérite d'être commenté. Alors que les levés Péquart/Le Rouzic et Shee-Twohig s'accordent ici sur une même base rectiligne et une longueur similaire (de la tête), celui de Davy de Cussé présente un net arrondi et une longueur plus importante alors que la dimension du corps est par ailleurs tout à fait comparable aux deux autres corpus. La seule explication qui tient est que le premier auteur a bien reconnu le signe en « croissant » à l'extrémité inférieure du motif, mais sans voir qu'il était dissocié du contour principal. En cela le résultat du travail de Davy de Cussé nous semble le plus fidèle à l'ensemble des tracés « signifiants » inscrits dans la pierre, et son regard et ses qualités d'observateur demeurent précurseurs en la matière. On ne peut que

regretter l'absence d'un texte descriptif pour accompagner la parution de ses planches de dessins en 1866.

La **dalle R3** offre de nouvelles convergences entre les levés antérieurs mais aussi de nettes divergences (fig. 30). Davy de Cussé a bien observé que les deux grandes lames de haches verticales en symétrie inverse étaient barrées par un seul tracé, ce que n'ont pas relevé Péquart/Le Rouzic et Shee-Twohig. Mais en revanche il ne détecte pas les segments verticaux sur la gauche, bien vus par nos collègues. Le Corpus de 1927 est le seul à identifier l'anneau sur la partie gauche (à noter ici que la dimension de l'orthostate dans ce document est totalement fautive dans sa partie basse, puisque confondue avec les bords du tirage positif du moulage) ainsi que l'extrémité inférieure de l'arc, incomplet chez Shee-Twohig, absent chez Davy de Cussé. Deux autres signes circulaires dessinés par Péquart/Le Rouzic sont en réalité inexistantes, tout comme les tracés ajoutés sur la partie gauche du support qui ne renvoient qu'à des ressauts naturels dans la roche. Ces formations en relief ont également été prises pour des gravures, à certains endroits, par Shee-Twohig. Le degré d'altération des tracés explique probablement ces divergences et le fait qu'aucun auteur depuis les années 1950 n'ait pu interpréter la composition confuse relevée sur R3.

La **dalle L4** n'a été levée que par Z. Le Rouzic (sur photographie d'un moulage) et E. Shee-Twohig (par calque). Sans surprise, la synthèse de E. Shee-Twohig est la plus proche de notre résultat, mais avec de notables différences (fig. 41). Étonnamment, le disque piqueté n'est décelé ni dans la publication Péquart et al. 1927, ni par Shee-Twohig 1981. Ensuite, la lame polie de droite est bien détectée par Le Rouzic mais non reconnue par Shee-Twohig qui ne dessine qu'un seul bord. Nos deux collègues ne repèrent pas non plus le talon de la seconde lame polie, tranchant au ciel. Plusieurs tracés dans la synthèse Shee-Twohig sont enfin surnuméraires et ont été confondus avec des accidents naturels dans la roche. À noter que le sol est présenté selon un plan horizontal en 1981 : faut-il penser à une accumulation de matériaux depuis cette date qui expliquerait la pente actuelle dans le couloir (?)

4.4.2.5. Conclusions et discussions

La **dalle de plafond P6** est confirmée dans sa qualification ancienne de « hache-charrue », dont l'interprétation proposée en faveur d'un cétacé (cachalot mâle) nous semble toujours pertinente. Si elle fut ces dernières années parfois contestée, elle n'a provoqué en retour aucune autre suggestion sur un mode démonstratif similaire. Le corps et la tête sont nettement dégagés par une angulation franche ; le souffle est limité à une seule boucle fermée ; la queue est réduite aux extrémités saillantes de la nageoire caudale ; le pénis est mis en exergue par champlevé, à l'image du souffle. Mais si les tracés soulignant le souffle empiètent sur le corps de l'animal, le champlevé du sexe est recoupé par le tracé du corps, signifiant peut-être par ces détails de gravure l'intention de l'artiste de situer l'événement par l'extérieur et le pénis par l'intérieur. La nouveauté par rapport à notre levé antérieur, réalisé au milieu des années 90, se focalise à l'extrémité de la tête, non plus simple courbe qui aurait pu, dans notre première interprétation, signifier la bosse ou melon du cachalot, mais signe à part entière, détaché de cette tête. Ce nouveau motif en portion de disque, ou en « croissant », s'apparente à la famille des « embarcations », notamment avec équipage quand des segments rectilignes s'y ajoutent. Ce qui est le cas à Kercado, malgré l'altération poussée sur cette partie de la composition. Dans cette éventualité, le schéma entrevu au Mané Rutual (Locmariaquer) est structurellement reproduit, où une embarcation au contact de la tête est dissociée des segments parallèles regroupés sous la queue - un probable équipage (Cassen et al. 2005). Dans ces deux exemples, une nette opposition, pour ne pas dire confrontation, s'établit entre l'animal marin et le bateau des humains. On comprend alors pourquoi cette dalle, plausible ancienne stèle réemployée dans la construction de la tombe à couloir (état très altéré des gravures dans un espace pourtant protégé ; fort décentrement de la figure expliquée par une implantation verticale du monolithe), ne semblait animée que d'un seul motif, ce qui paraissait douteux. Nous avons en effet avancé que sur ces stèles du Ve millénaire, les scènes représentées sont toujours sous-tendues par une logique d'oppositions et de corrélations entre signes. Aucune stèle dans l'ouest de la France ne présente finalement un signe isolé, car tout signe n'a de sens que par l'intervalle créé avec un autre signe, concurrent ou complice. Ainsi, en fonction des scènes représentées, l'opposition à l'animal marin se fera à travers une arme ou un animal domestique, parfois les deux conjugués. Corrélativement, la bosse visible sur les spécimens de Gavrinis et du Grand Menhir peut demeurer dans l'interprétation première de « melon » de cachalot, car les lignes graphiques sont ici moins abstraites que pour les exemples de Kercado, Mané Rutual et Cruguellic ; aucune erreur d'attribution n'est possible. C'est encore plus visible sur l'animal de Kermaillard, le plus réaliste de la série, où il est impossible de confondre ce détail anatomique avec une quelconque embarcation. À l'opposé de la série, le cas de Dissignac (Loire-Atlantique) est intéressant, car il est à l'image de ce que serait le prolongement de la boucle vers le côté intérieur du corps tel que le laisse entendre le repentir ou tracé effacé à Kercado ; le corps est alors réduit à une seule rectiligne d'où se séparent, au-dessus et au-dessous, respectivement le souffle et la tête.

La **dalle R3**, jusqu'ici sous-estimée pour ne pas dire ignorée - à l'exception du *Corpus* de 1927 qui entrevoit parcelles, sentiers et points d'eau -, au mieux rangée dans la famille fourre-tout des « grilles » ou « réticulés », révèle enfin toute la richesse de sa composition. Il suffit pour cela de jouer à la fois sur les tracés en tant qu'ils limitent un motif, et sur les enlèvements de matière qui peuvent se confondre avec le motif. C'est le cas d'un arc figuré en bordure droite de la stèle, sans flèche à son contact. Il est difficile de conclure que la concavité imprimée au centre de l'arme détendue est une intention du graveur

pour signifier un arc à double courbure. Les poupées sont bien dégagées mais sans retournement des extrémités, à l'image de ce que nous avons observé à Gavrinis. A cette différence près avec le dernier monument, la morphologie est conforme aux autres représentations inventoriées en Bretagne (Mané Kerioned, Runesto, Ile Longue, Barnenez) ou en Bassin parisien (Le Berceau), voire au Portugal (Vale Maria do Meio) pour nous limiter au Ve millénaire en Europe occidentale. Nous avons identifié ces armes de jet sur stèle jusque dans les îles anglo-normandes (Le Déhus), en opérant une distinction dans la série européenne selon le nombre de flèches associées (de 0 à 2 - Cassen et al. 2015a et b).

Au centre de la dalle, deux couples de lames de haches polies sont disposés en symétrie inverse. La paire de gauche présente les tranchants au ciel tandis que celle de droite semble poser les tranchants sur une ligne horizontale légèrement incurvée, ligne sur laquelle nous reviendrons. Ces deux couples sont doublement similaires, en tailles et morphologies, mais aussi en disposition : d'une part les tranchants sont rectilignes et les talons pointus ; d'autre part une petite lame est accolée par l'extérieur à une grande lame. « Petite » est un euphémisme, les tailles mesurées vont en effet au-delà des objets vrais inventoriés (de la gauche vers la droite : 30,5 cm, 64 cm, 59 cm, 21 cm). La paire de droite est donc de dimensions moindres, mais tout en respectant relativement le rapport entre les lames (2,8 à droite, contre 2,1 à gauche). Il semble que cette différence soit due à un empêchement à inscrire les talons au voisinage des tracés du bord supérieur de l'orthostate, offrant ainsi un élément de chronologie dans la réalisation du panneau. Notons cependant qu'une « perforation » semble bel et bien inscrite au talon de la grande hache, un élément supplémentaire dans la comparaison faite avec Gavrinis, orthostate L6.

Sur cette partie haute du support, quatre autres lames polies ont été inscrites. Trois spécimens sont regroupés dans la continuité du tranchant de la petite lame du couple figuré talon au ciel : deux lames sont opposées par le talon qui, exceptionnellement, n'est pas pointu (7,5 et 10,5 cm de long), la troisième lame polie (21 cm) leur est adjacente, tranchant vers le haut. Notons qu'à l'image des deux grands représentants des deux couples gravés sur la gauche, réunis ou barrés en bas par un segment débordant sur la droite, ces trois nouvelles haches nues sont barrées d'un tracé rectiligne débordant sur la droite. La répétition de « l'anomalie » est très probablement volontaire mais ne saurait être mieux interprétée ; elle renforce cependant la cohérence de la scène là où tout n'était que désordre. Une quatrième lame est disposée, également en oblique (13,5 cm), au-dessus de cet ensemble. Elle est d'un contour identique à l'autre exemplaire tranchant au ciel avec qui elle pourrait former le quatrième couple de la composition, mais un couple cette fois dissocié. Ajoutons que les deux petites lames à talon équerri font davantage penser aux objets vrais en fibrolite, alors que l'ensemble des autres représentations de haches sur l'orthostate se conformerait assez bien aux objets réels en jade alpin des tombeaux et dépôts carnacéens. Identifier un type particulier dans la classification européenne semble par contre un exercice assez risqué, le dessin n'atteignant pas la précision d'autres contextes régionaux pour suggérer le modèle approprié (Gavrinis, Mané er Hroëck). Restent trois segments rectilignes inventoriés autour de cette dernière lame, dont nous ne savons quoi faire... Probablement en raison d'un manque d'information en provenance de la tranche du support, d'accès ou d'illumination impossibles.

En revenant au bas de la composition, un motif circulaire est inscrit à la gauche et au-dessus d'une poupée de l'arc. Il demeure ici deux façons de décrire ce motif, selon que l'on considère le tracé en creux comme l'élément signifiant, ou au contraire la surface dégagée en champlévé. Une troisième possibilité est de considérer d'un seul tenant l'ensemble de ces signes gravés ou réservés. La première hypothèse, la plus simple, ne retient que le signe en champlévé, il s'agit alors d'un « anneau », sans présumer d'un objet vrai de parure, ou d'une représentation géométrique. La seconde hypothèse mobilise tous les enlèvements de matière, non seulement au centre et en périphérie de l'anneau, mais également dans la continuité du travail de percussion décelé vers le bas de l'orthostate. A vrai dire, nous n'aurions peut-être pas prêté attention à ce secteur piqué rectiligne, fort évasé et plutôt irrégulier, si les découvertes en Bourgogne (Pierre aux Fées à Saint-Micaud) et en Suisse (Chemin des Collines à Sion) n'avaient pointé un motif souvent qualifié d'« objet » dans la littérature (Cassen et al. à paraître). Et ce d'autant mieux que Gavrinis conserve un tel motif sur deux de ces orthostates (cf. Corpus, rapport année 1). Une alternative est donc possible à travers cette seconde hypothèse, en considérant à la fois le signe circulaire et la tige sous-jacente : ou bien le disque central est signifiant avec sa tige, ou bien l'anneau et son entourage y compris la tige rectiligne sont seuls donnés à voir. A ce stade de la réflexion et de l'analyse, nous ne saurions décider.

Un dernier ensemble de tracés reste à commenter, au centre de l'orthostate et au bas de la composition. Ce sont trois petits segments rectilignes parallèles qui viennent se superposer à un signe horizontal à peine incurvé - qui recoupe le motif circulaire ci-dessus commenté - signe dont nous ne savons pas vraiment s'il est arrêté à l'angle du tranchant de la grande lame de hache, ou s'il se poursuivait par un tracé symétrique comme le laisse deviner un secteur détérioré ayant conservé « l'empreinte » de cet enlèvement (en tramé sur la figure). Difficile par conséquent de conclure sur cette association de signes que nous avons volontairement détachée des couples de haches. La seule référence que nous pourrions suggérer dans le registre armoricain est celle de l'embarcation avec équipage, en attendant mieux...

En définitive, un orthostate des plus confus quant à l'organisation de ses gravures se révèle un panneau parfaitement en accord avec les représentations connues non seulement en Morbihan mais aussi dans le reste du monde néolithique sous influence directe ou indirecte du phénomène carnacéen. L'arc vertical aux côtés de lames polies, nues ou emmanchées, est reproduit à Runesto, Barnenez et Le Berceau, mais mieux encore à Gavrinis sur l'orthostate L6, où l'agencement structural est directement comparable puisqu'un couple de haches à talons perforés est placé en symétrie inverse à gauche de l'arc, la corde étant cette fois dirigée vers la droite. Enfin l'arc au côté d'une embarcation est interprété en ce sens à Vale Maria

do Meio au Portugal. Ajoutons que les quatre paires de lames polies ici figurées, idéalement extraites de ces roches prisées et lointaines, sont en soi un nouveau témoignage de ce rapport fondamental à l'altérité perceptible à travers la gémellité.

La **dalle L4** a malheureusement perdu beaucoup en lisibilité, notamment sur tout son secteur gauche, et il est devenu impossible de commenter l'ensemble de son programme iconographique. Il est cependant notable que son registre doit se lire en redressant la dalle afin que la ligne transversale qui barre son milieu (ou son tiers inférieur selon que l'on estime la surface du support enfoui en terre) revienne à l'horizontale, ce qui est une proposition recevable. Plusieurs lignes de base sont connues dans le registre armoricain, et le site de Gavrinis est à ce titre emblématique du procédé. C'est d'ailleurs avec une dalle du couloir de Gavrinis (R8) que nous pensons devoir comparer L4 afin de bien faire comprendre la cohérence des signes qui ont pu être ici décryptés.

Si le secteur gauche restera encore longtemps mal compris, faute de saisir la totalité des tracés anthropiques, le secteur droit permet de reconnaître les deux symboles par excellence du monde morbihannais néolithique, la crosse de jet et la hache polie, signes non reconnus par nos prédécesseurs. La chronologie des réalisations a d'ailleurs montré que les haches « encadrent » les crosses, puisque la plus grande lame, tranchant au sol est la première inscrite tandis que l'autre plus petite, tranchant au ciel, est la dernière à être gravée sur cette moitié droite du support. À propos de leur morphologie respective, la dissymétrie notée sur la lame n° 1, due à un bord droit tandis que l'autre est arqué ou convexe, est exactement comparable aux dessins des lames 1 et 5 sur le support R3. Il est difficile de conclure sur une reproduction fidèle des objets vrais (où ce trait peut en effet apparaître sur les exemplaires sciés et partagés) ou par le fait d'un style graphique particulier du graveur. Dans ce dernier cas, la même personne serait à l'origine de ces gravures.

La comparaison avec la dalle R8 de Gavrinis autorise une correspondance structurale inattendue dans la mesure où une crosse verticale et centrale, positionnée sur une ligne de base horizontale, semble coordonner le reste de la scène. On le sait, deux couples de lames polies sont aussi inventoriés sur cet orthostate fameux, dont un est localisé sur la droite. La plus grande lame est oblique et le tranchant vient à toucher la ligne de sol, comme à Kercado. L'autre lame est tranchant au ciel mais séparé de la précédente par cette ligne horizontale, ce qui différencie cette composition de celle de Kercado. La réunion de tous ces signes suivant un schéma organisationnel similaire nous semble la marque d'un programme iconographique commun. Le décryptage à venir de R8 précisera d'éventuels liens supplémentaires, à l'image des segments rectilignes qui bordent le haut des deux dalles.

*

Remerciements : Nous sommes très reconnaissants à Christian Obeltz pour l'aide apportée au nettoyage du cairn et à son environnement ; à Madame et Monsieur de Chavagnac pour leur aimable autorisation à travailler sur leur propriété ; à Claire Tardieu pour son amicale visite lors de l'opération de terrain ; enfin à Christophe Le Pennec (Musée de Vannes) pour la documentation relative aux mobiliers anciennement découverts.

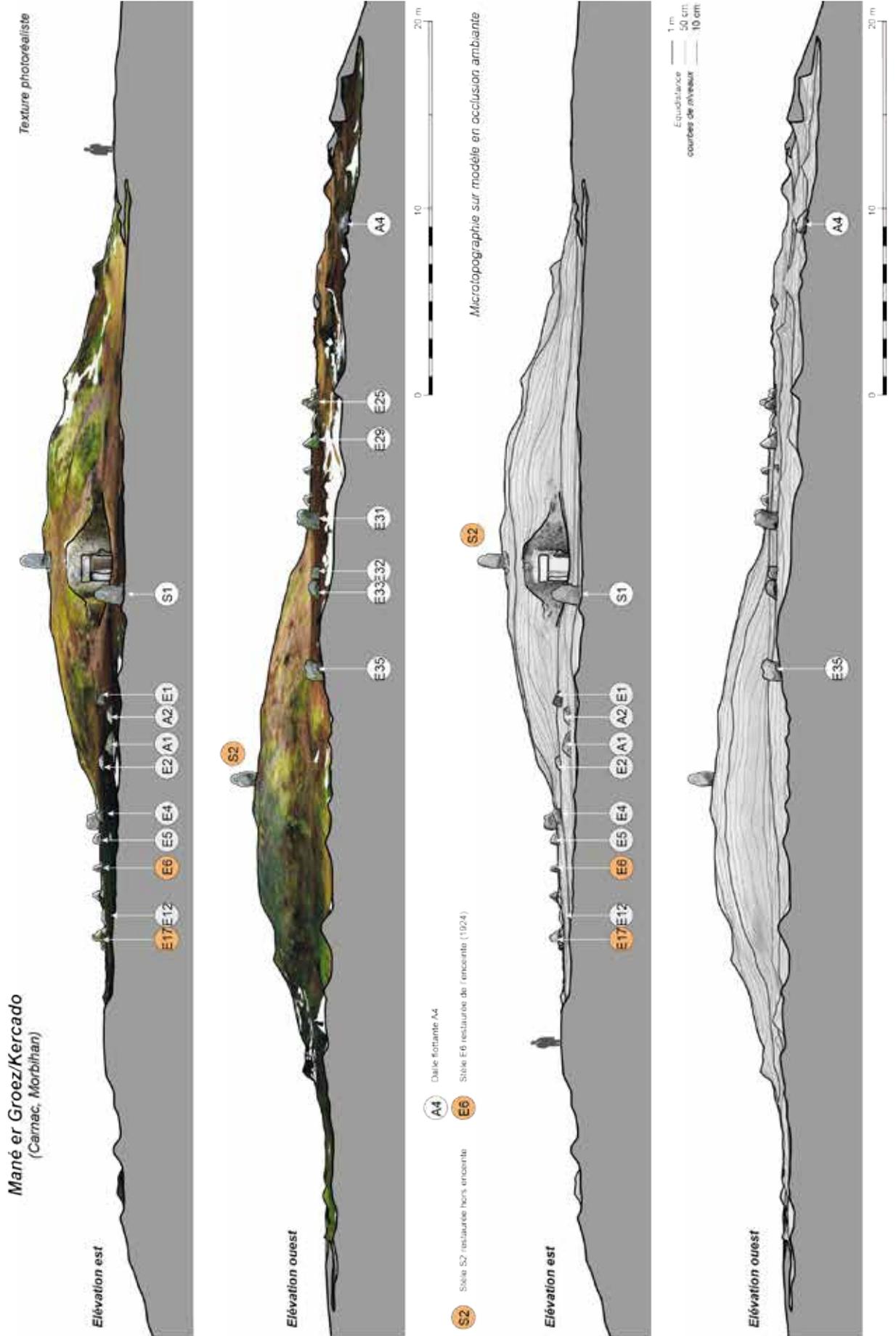


Figure 1

Mané er Groez/Kercado
(Carnac, Morbihan)

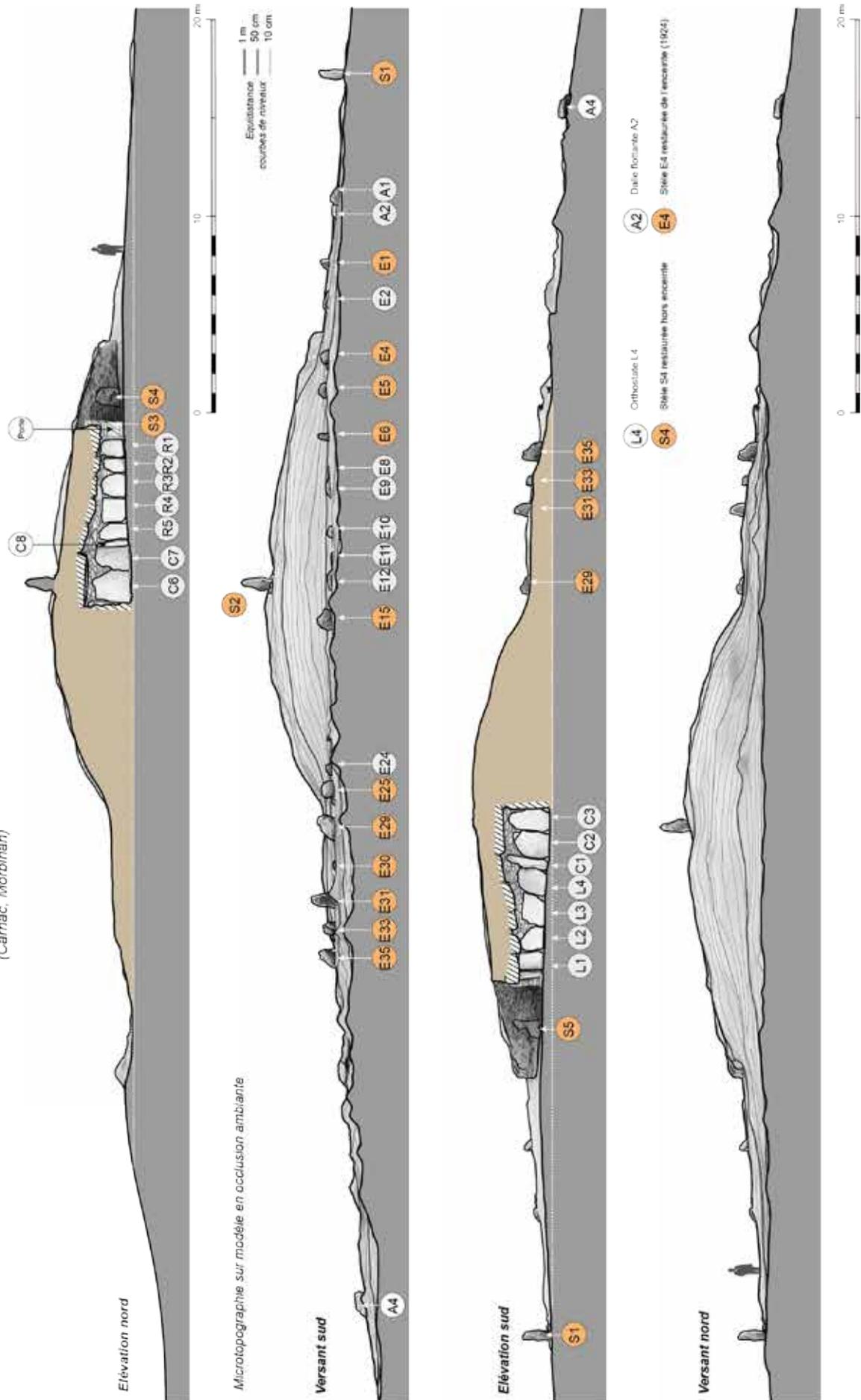


Figure 2

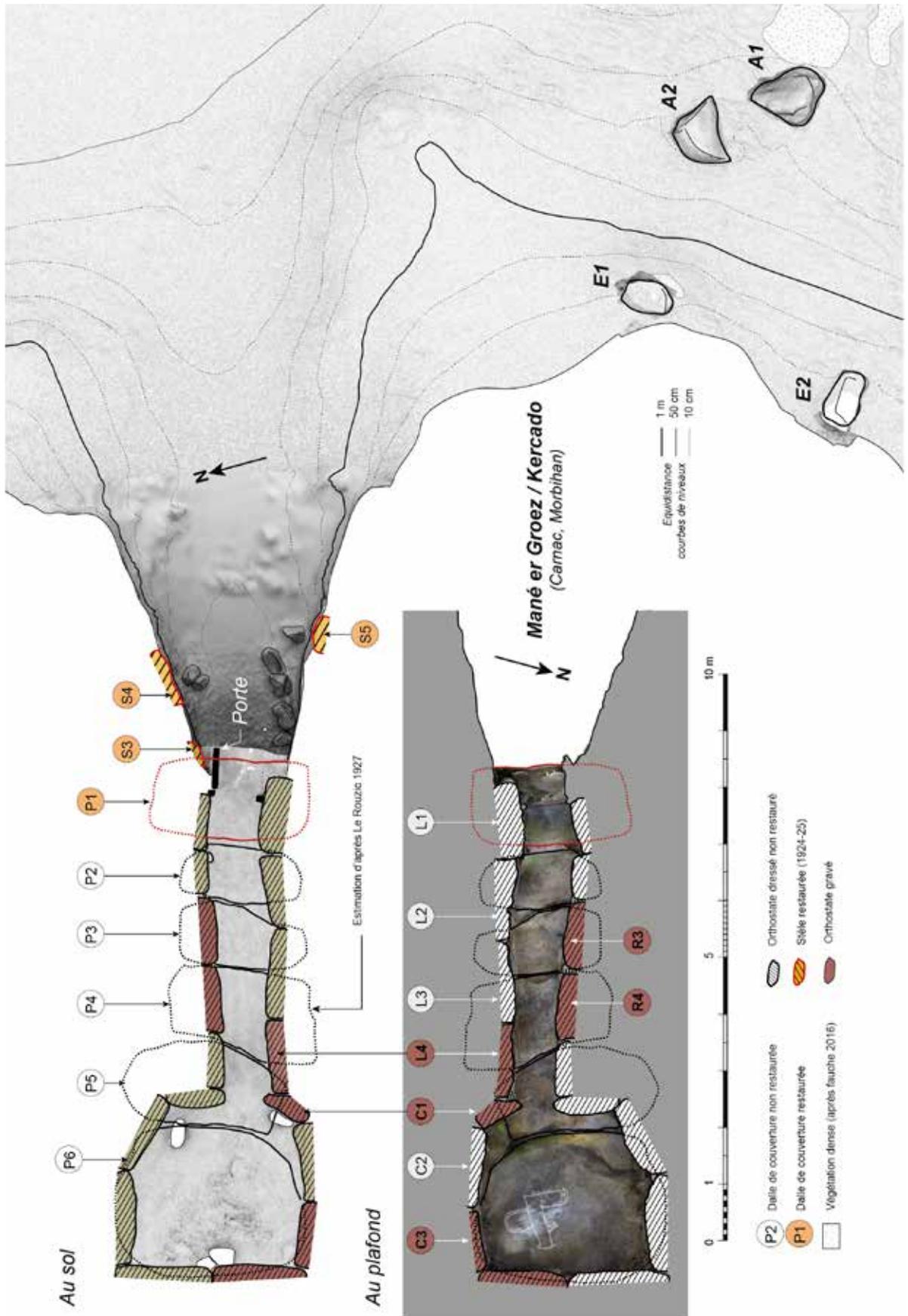


Figure 3

Mané er Groez/Kercado
(Carnac, Morbihan)

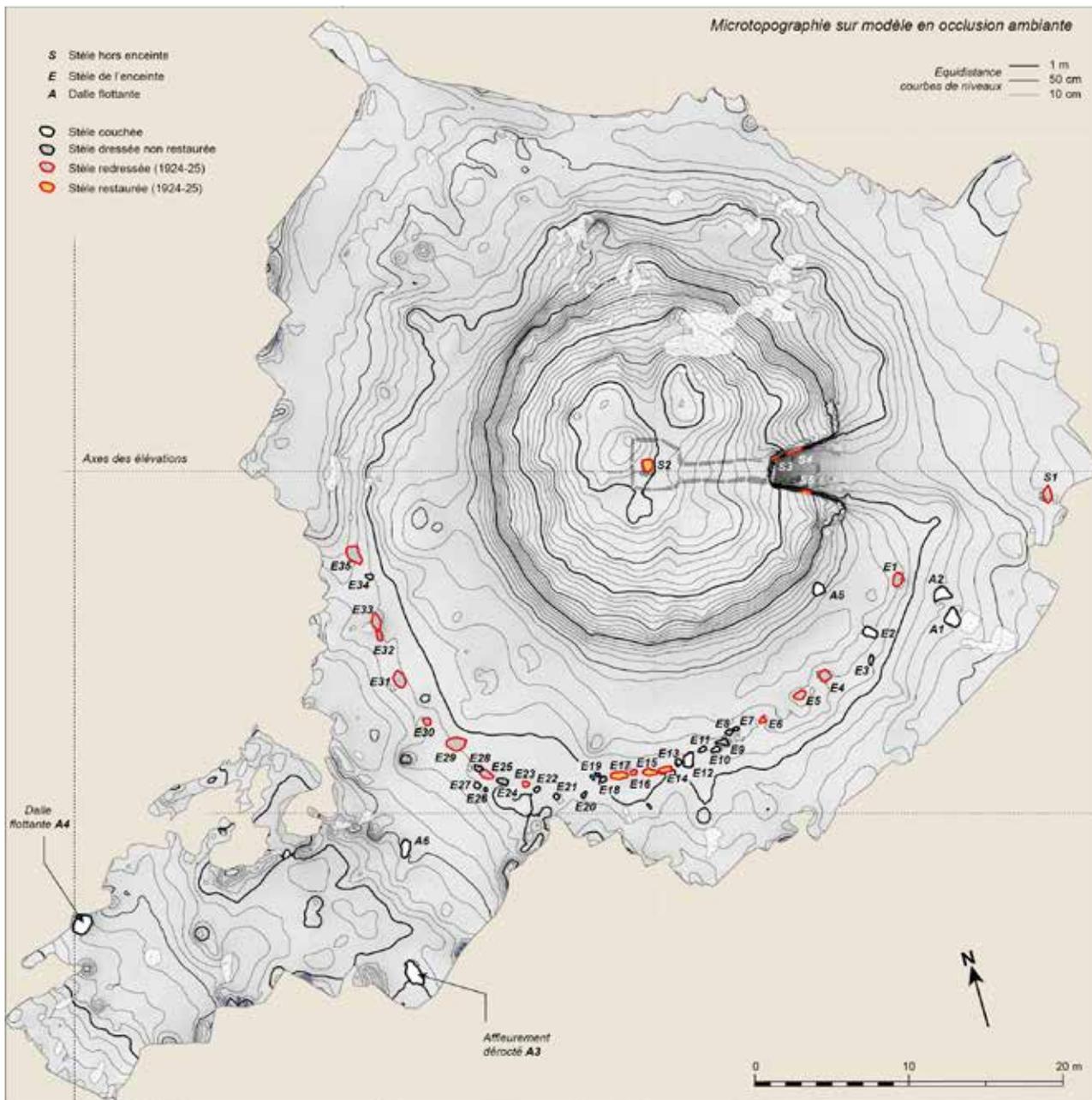


Figure 4

Mané er Groez/Kercado
(Carnac, Morbihan)

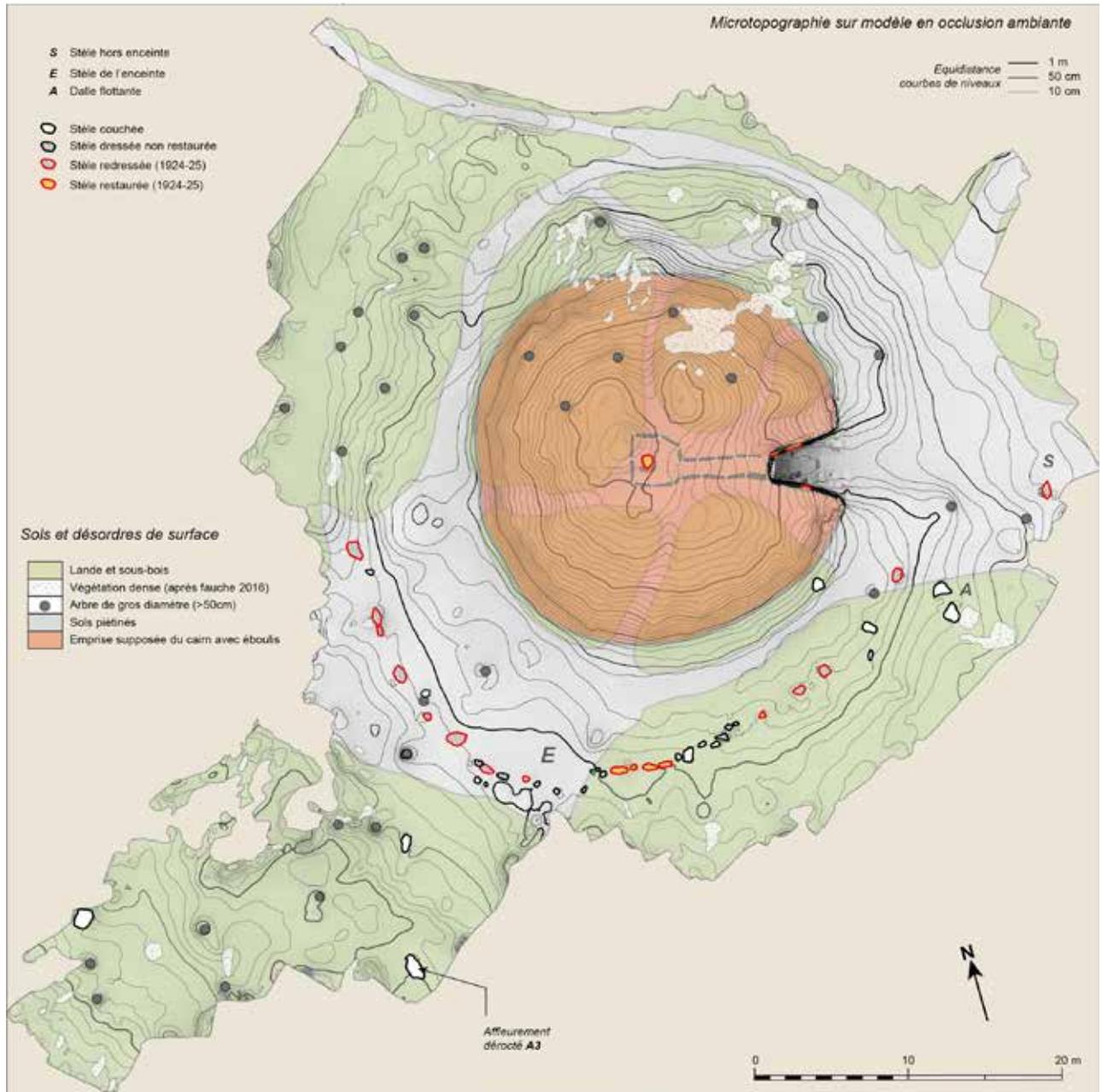


Figure 5

Mané er Groez - Kercado
(Camac, Morbihan)

Dalle plafond



Figure 6

Mané er Groez - Kercado
(Carnac, Morbihan)

Dalle plafond P 6 - Traitement Image J/ DStretch

Photo DSCF3572, espace de couleur lab (échelle 20)

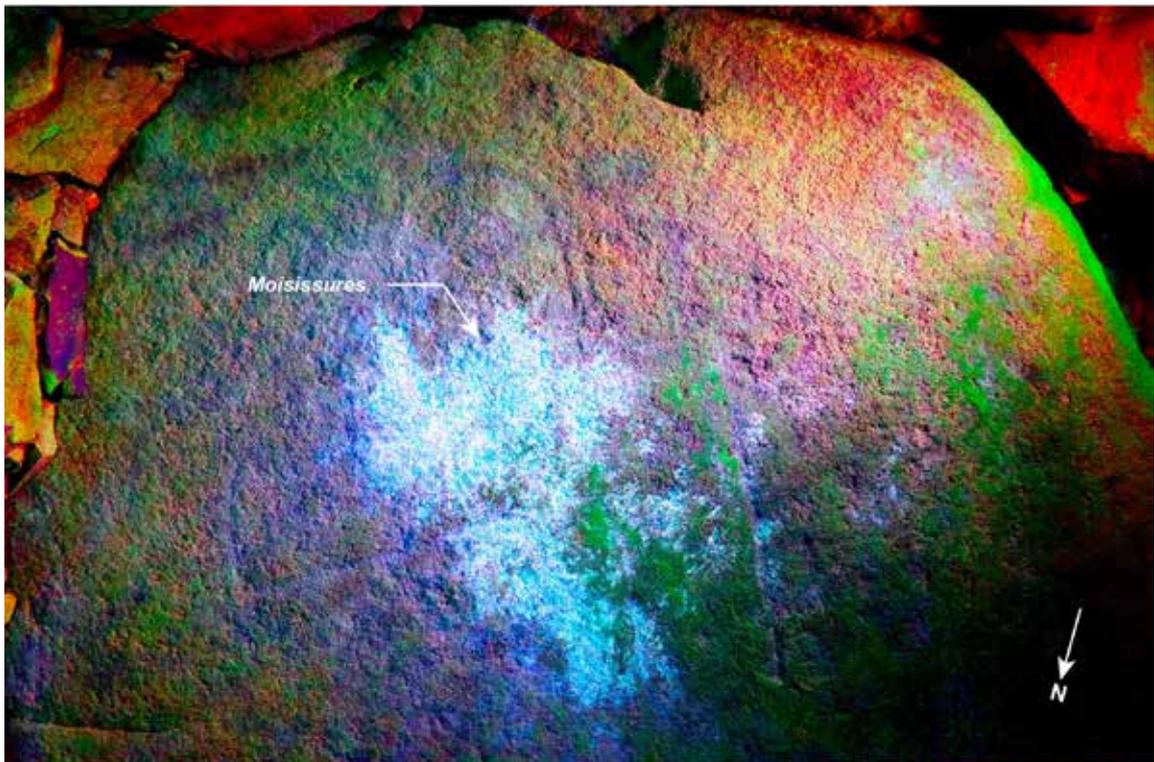


Photo ExtraitDSC_0125, espace de couleur lab (échelle 20)

Figure 7

Mané er Groez - Kercado
(Carnac, Morbihan)

Dalle plafond P XX

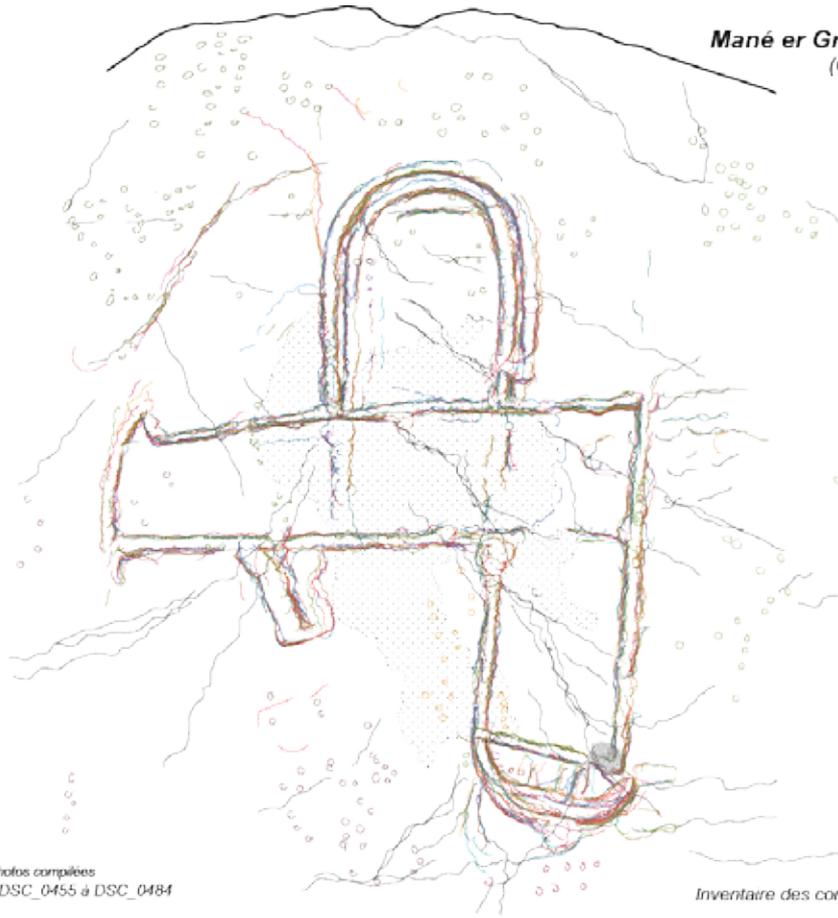


Figure 8

Echelle à reprendre sur 30

Mané er Groez - Kercada
(Carnac, Morbihan)

Dalle plafond

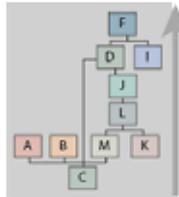


Eclairages tournants / Photos complètes
Nikon D5300 / Clichés DSC_0455 à DSC_0484

Inventaire des contours

Levé (non redressé) sur l'original

- Desquamation
- Mossesures blanches



Inventaire des enlèvements de matière

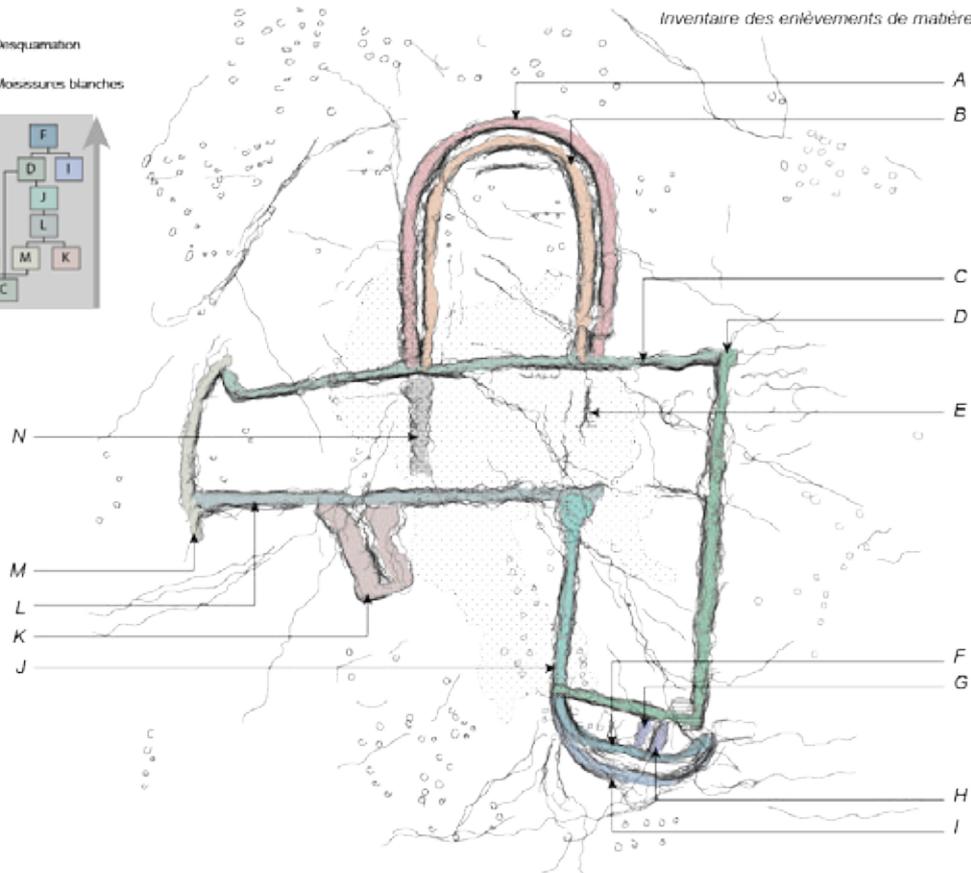


Figure 9

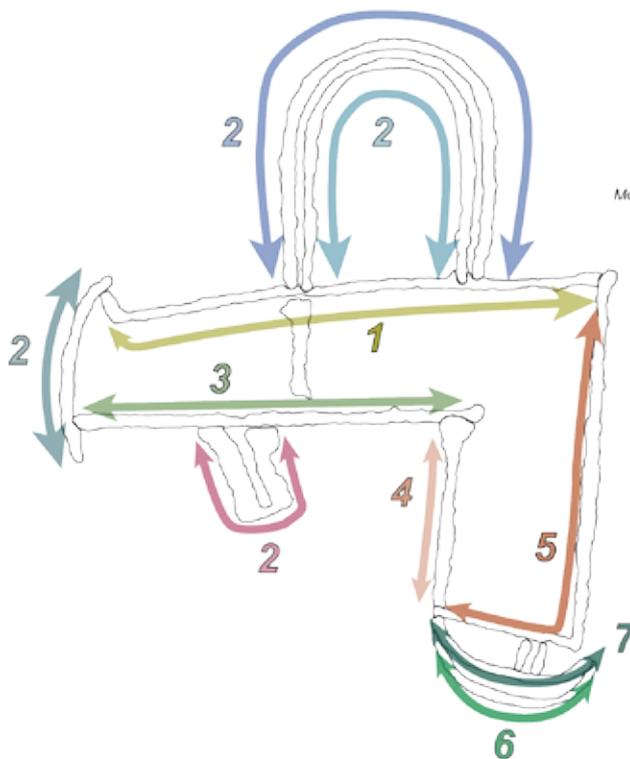
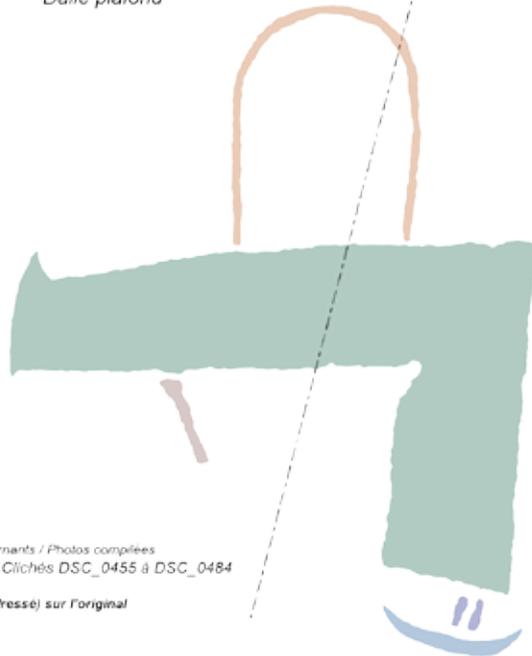
Mané er Groez - Kercado
(Carnac, Morbihan)

Dalle plafond

Axe longitudinal de la stèle

Echelle à reprendre sur 3D

Eclairages tournants / Photos compléées
Nikon D5300 / Clichés DSC_0455 à DSC_0484
Levé (non redressé) sur l'original



Modélisation chronographique

Figure 10

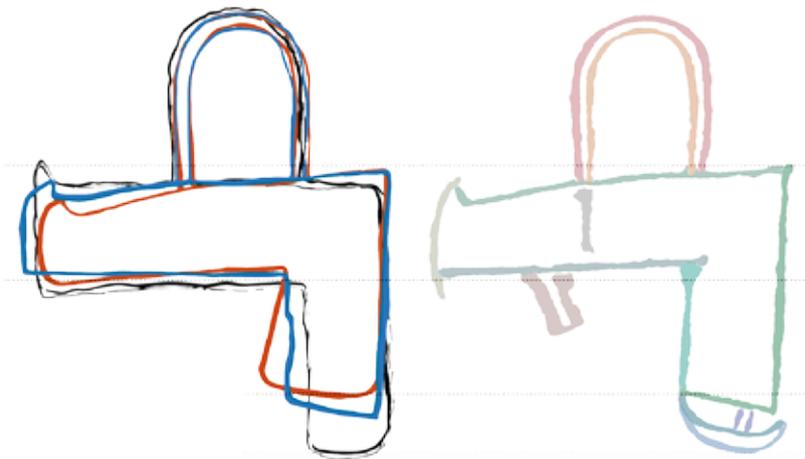
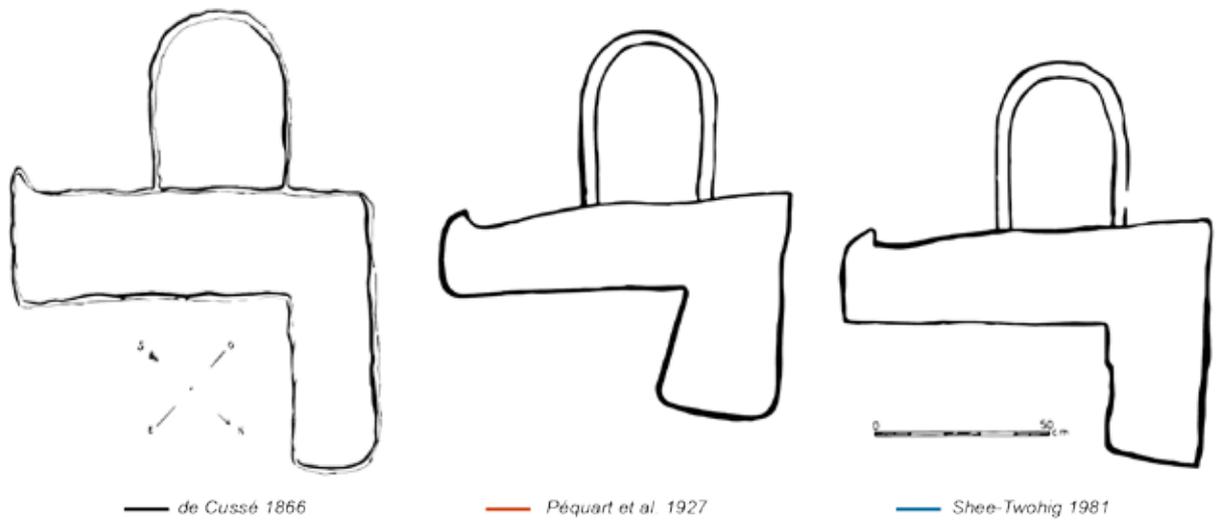


Figure 11

Mané er Groez/Kercado
(Carnac, Morbihan)

Dalle couverture P6

Texture photoréaliste
(modèle photogrammétrique)

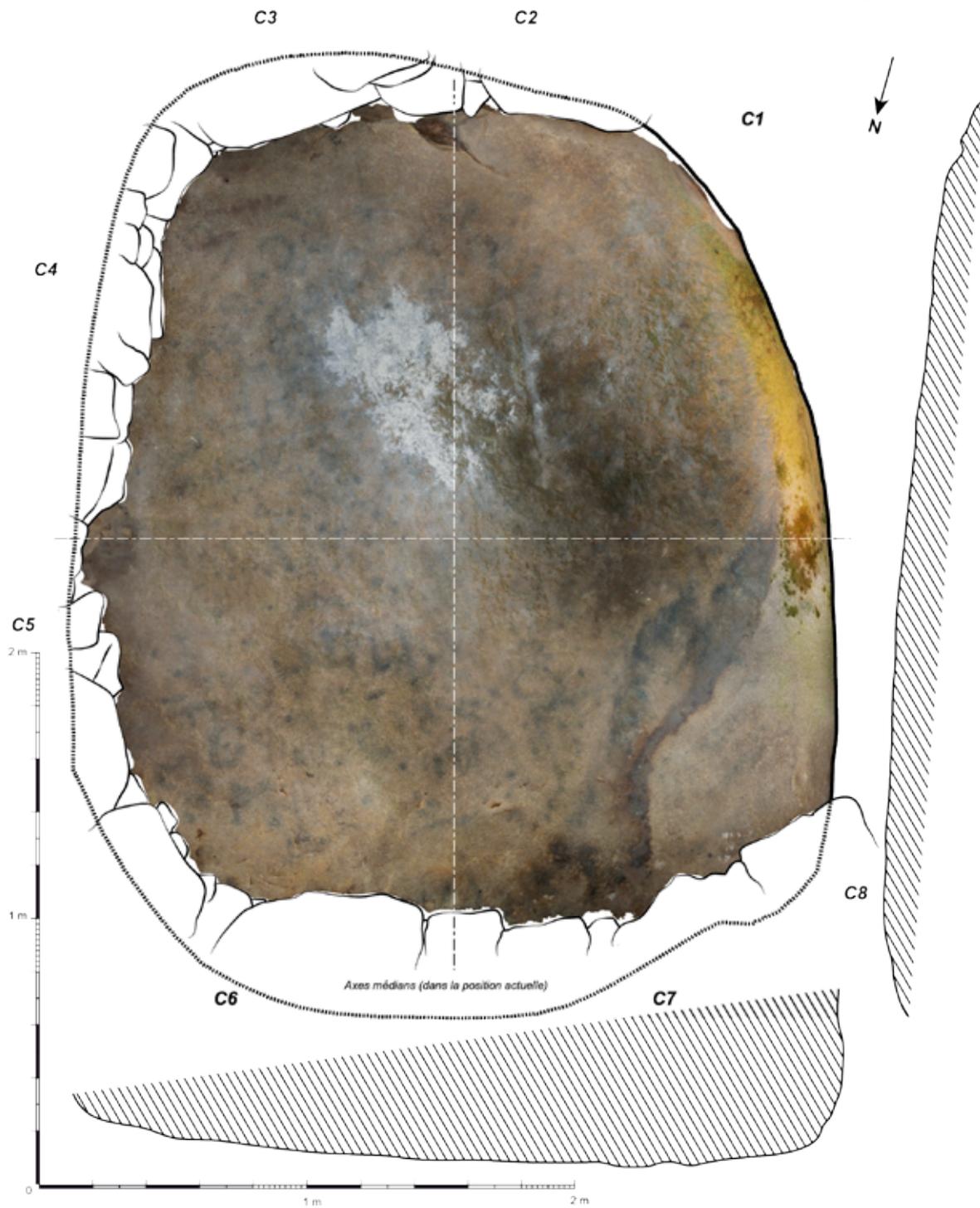


Figure 12

Mané er Groez/Kercado
(Carnac, Morbihan)

Dalle couverture P6

Microtopographie
(sur fond en occlusion ambiante
du modèle photogrammétrique)

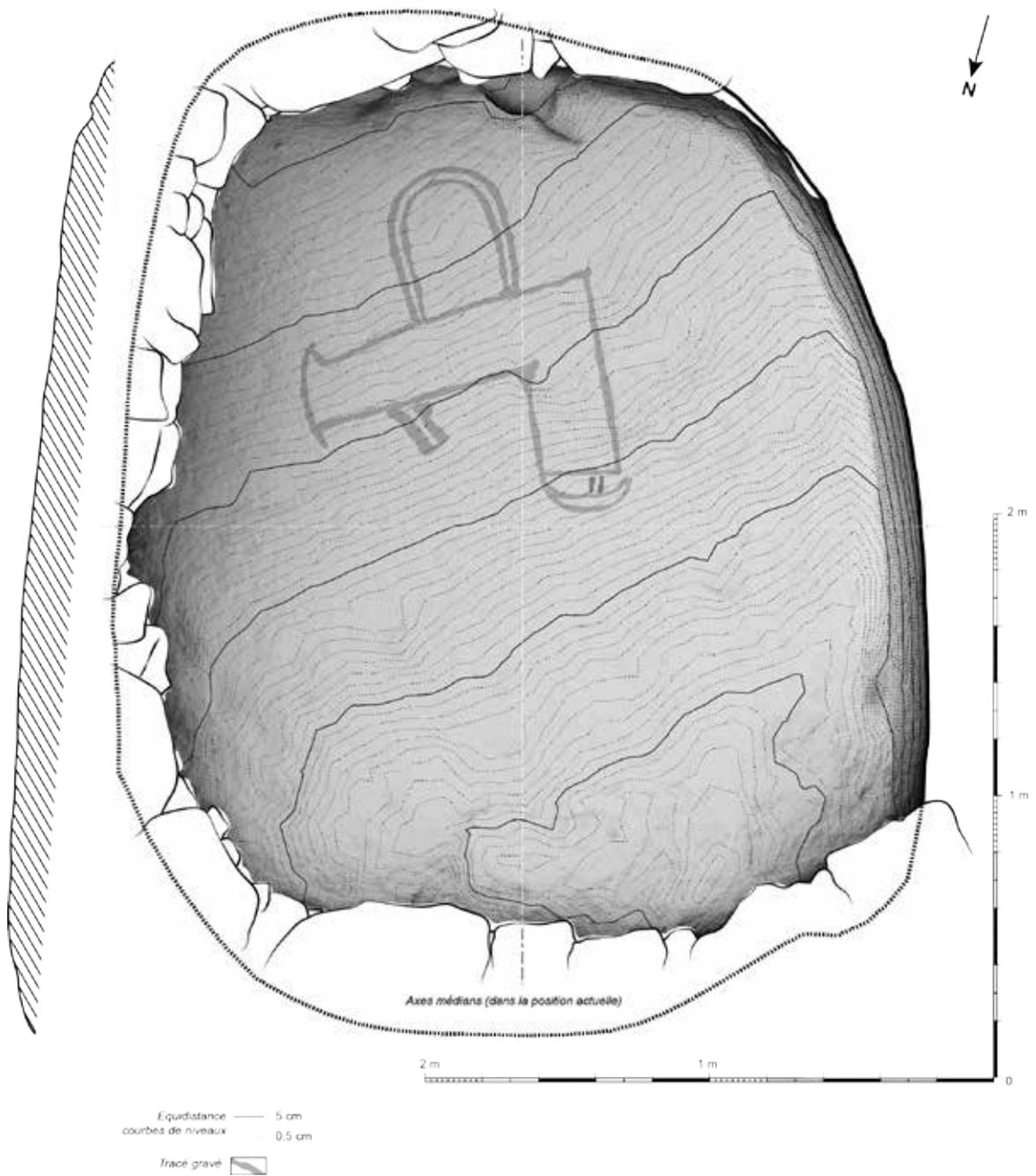


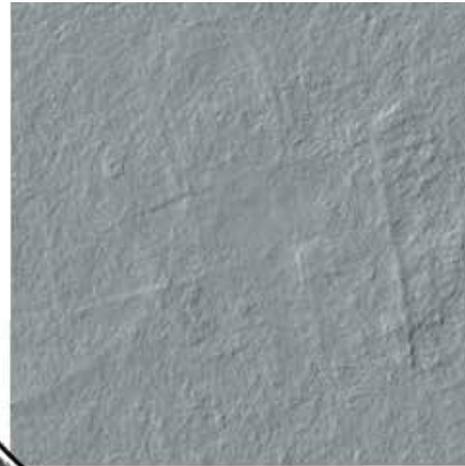
Figure 13

Mané er Groez/Kercado
(Carnac, Morbihan)

Dalle couverture P6

Inventaire des contours
sous éclairages tournants
(Levé redressé)

Graduation de radiance



Extrait carte de normales
(jaune)

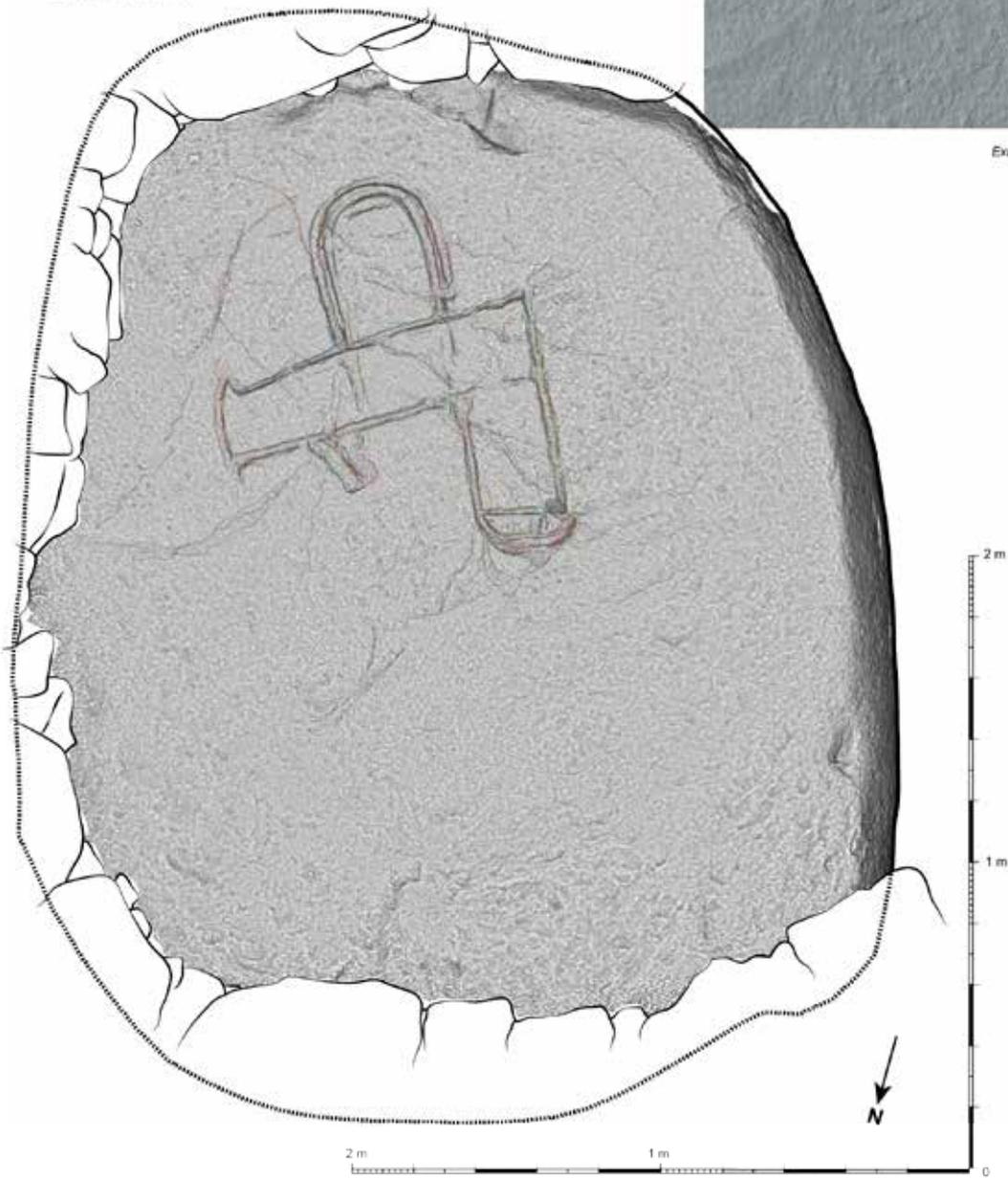


Figure 14

Mané er Groez/Kercado
(Carnac, Morbihan)

Dalle couverture P6

Inventaire des contours
sous éclairages tournants
(Levé redressé)

Carte de normales
(infra-rouge)

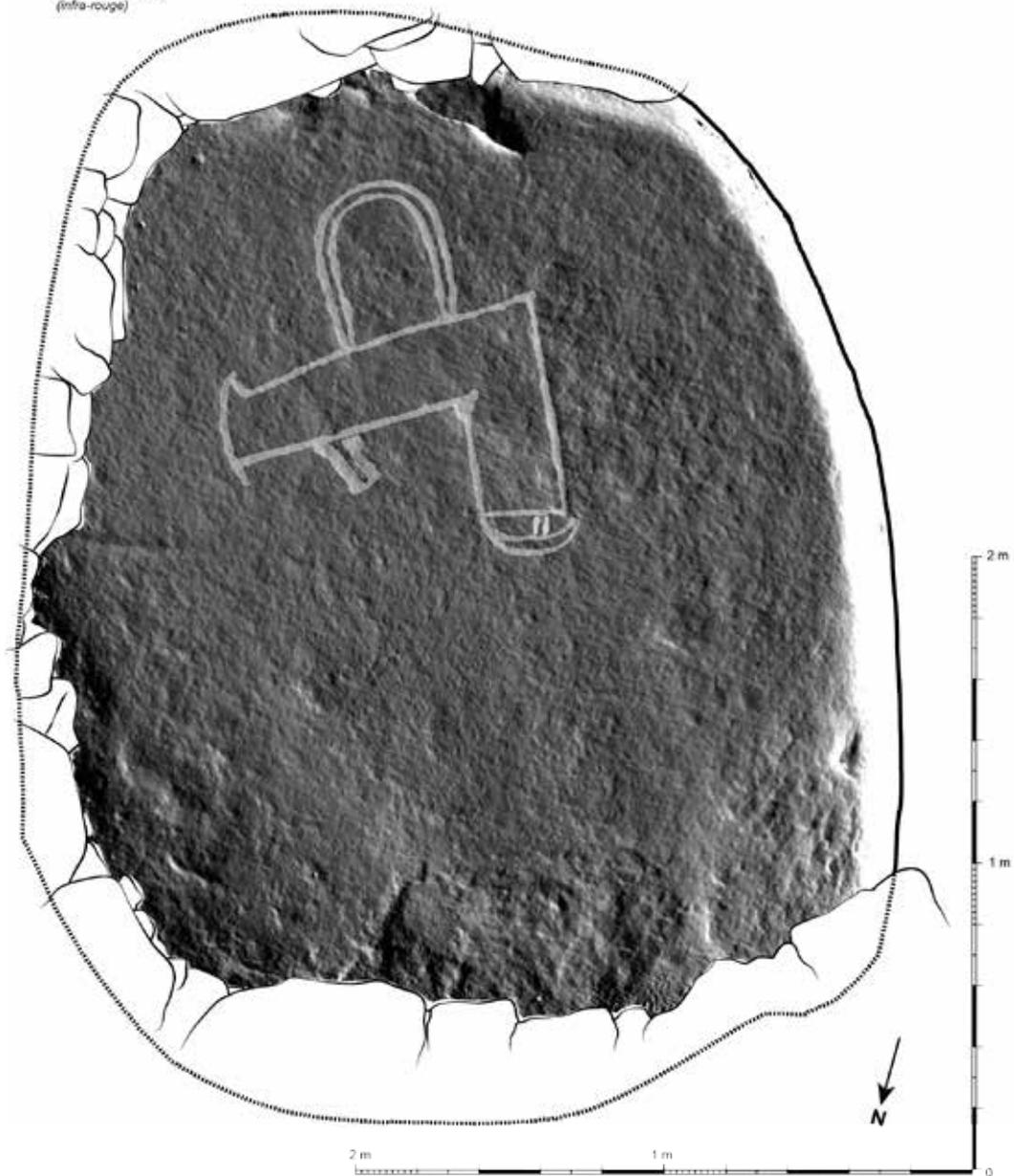


Figure 15

Mané er Groez/Kercado

(Carnac, Morbihan)

Dalle couverture P6

Inventaire des enlèvements de matière
sous éclairages tournants - Les lettres renvoient au descriptif
(Lévé redressé)

(occlusion ambiante)

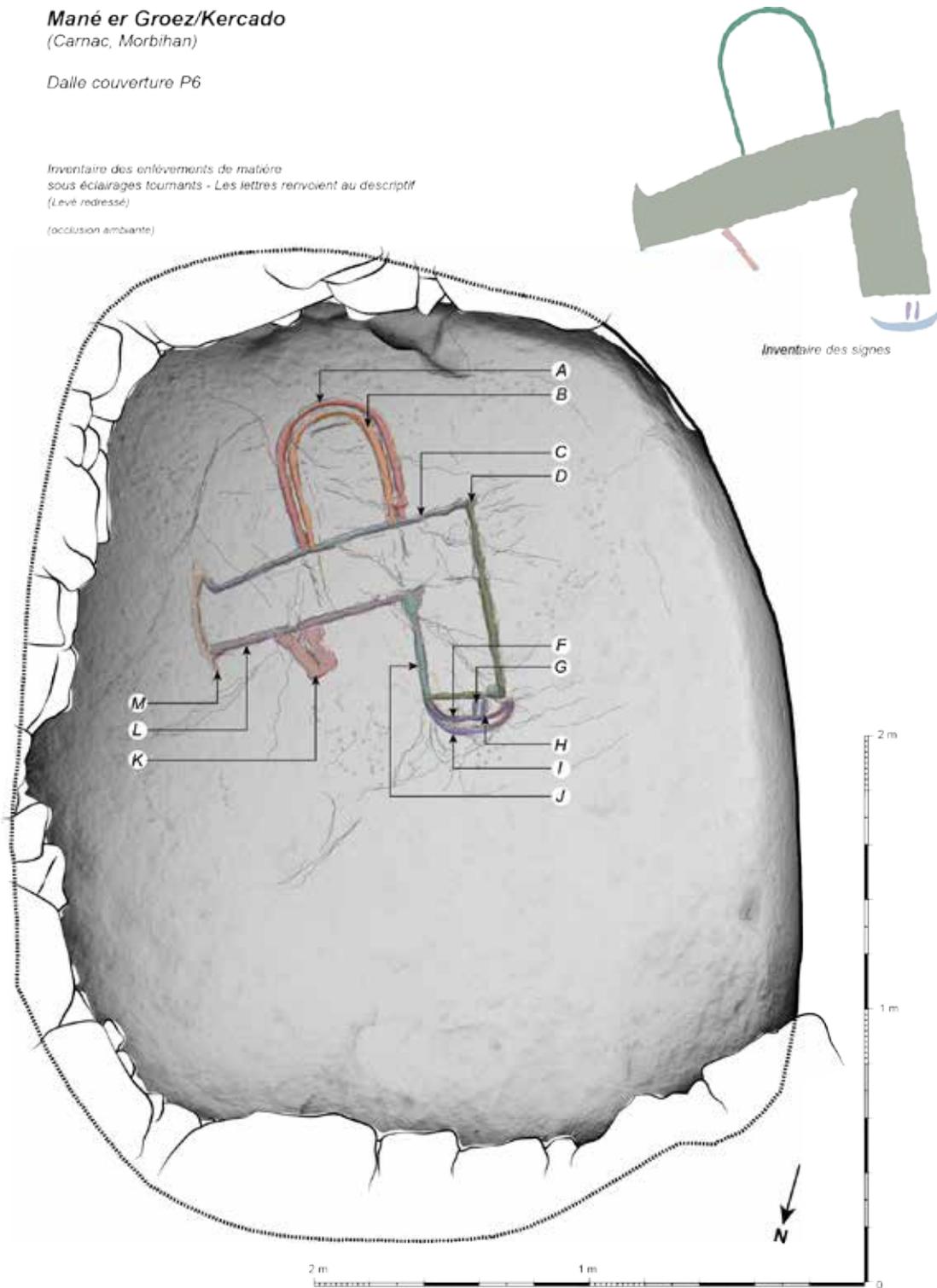


Figure 16

Mané er Groez/Kercado
(Carnac, Morbihan)

Dalle couverture P6

Traces d'impacts néolithiques
et inventaire des désordres

Levé redressé

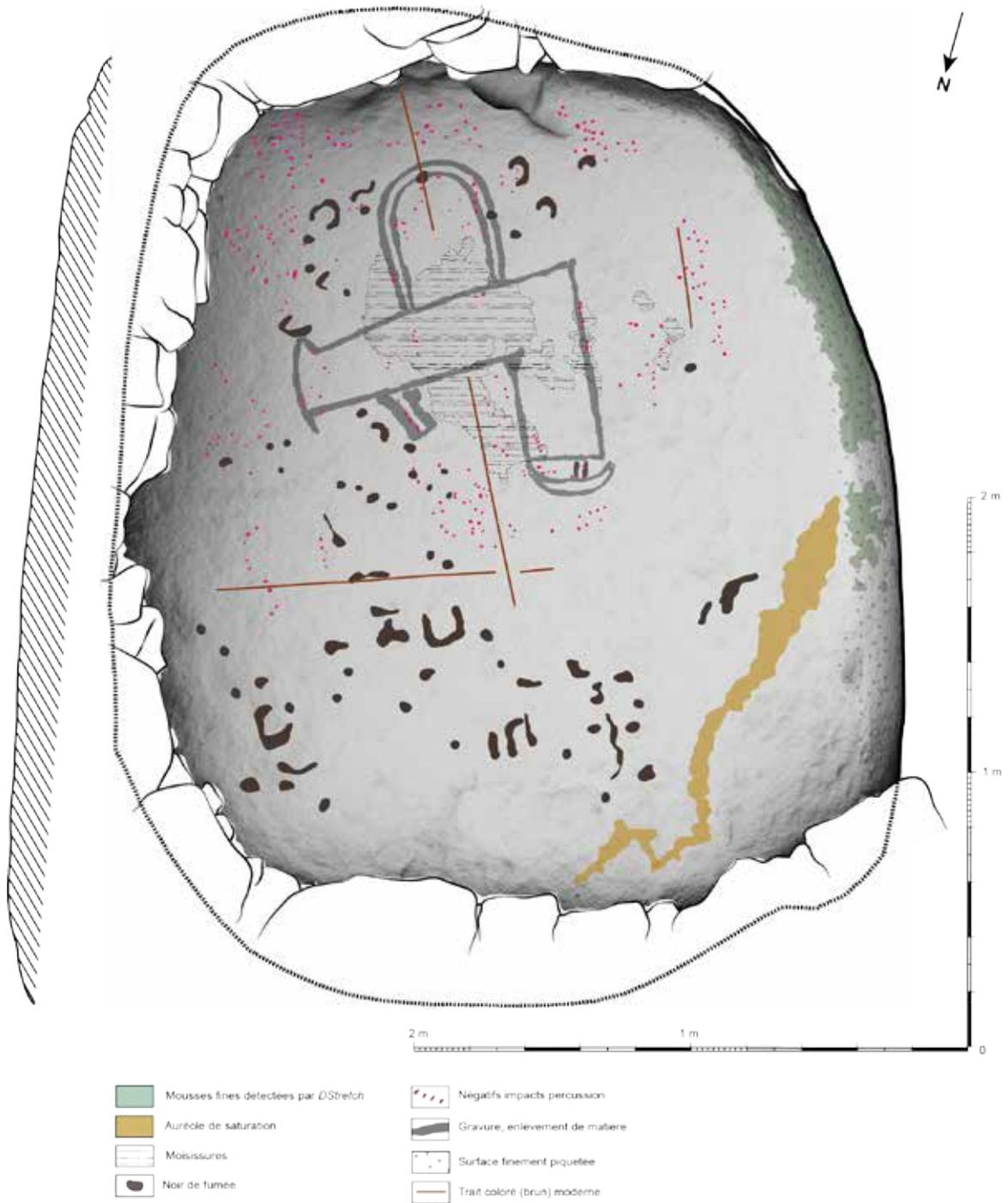


Figure 17

Mané er Groez/Kercado
(Carnac, Morbihan)

Proposition d'implantations de stèles



Figure 18

Mané er Groez - Kercado
(Carnac, Morbihan)

Dalle couloir R3

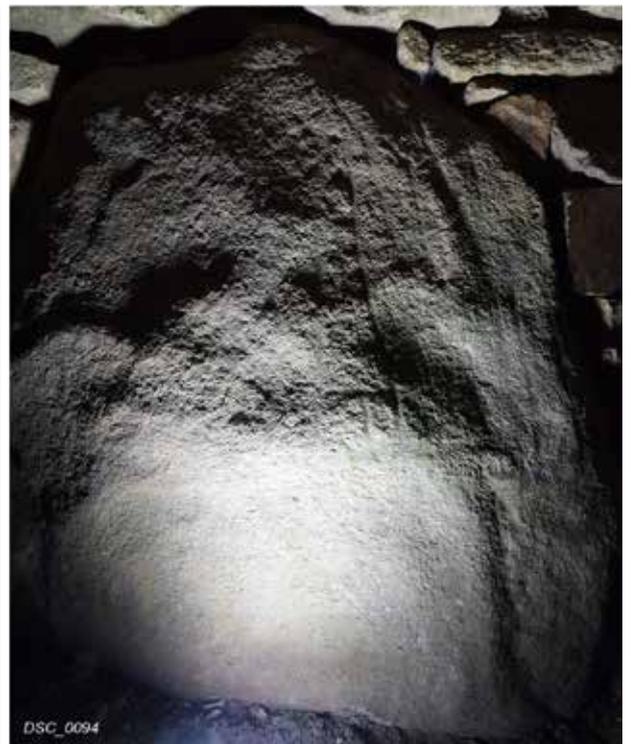
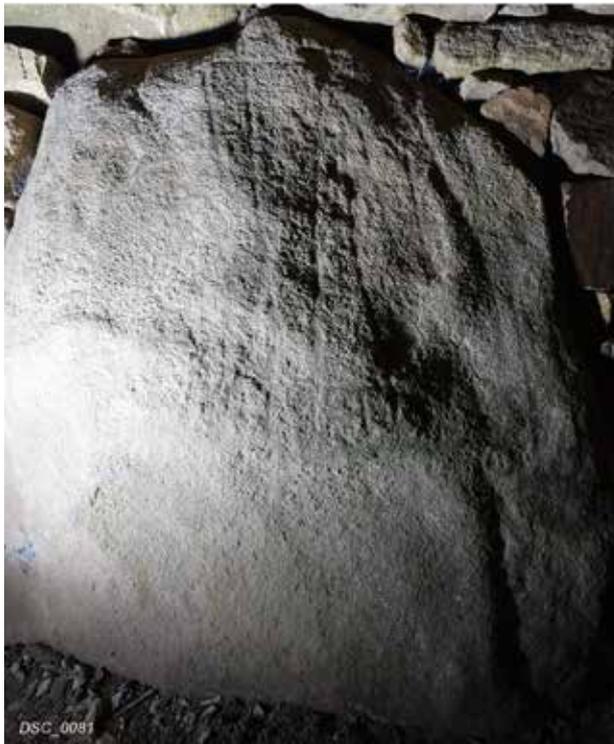
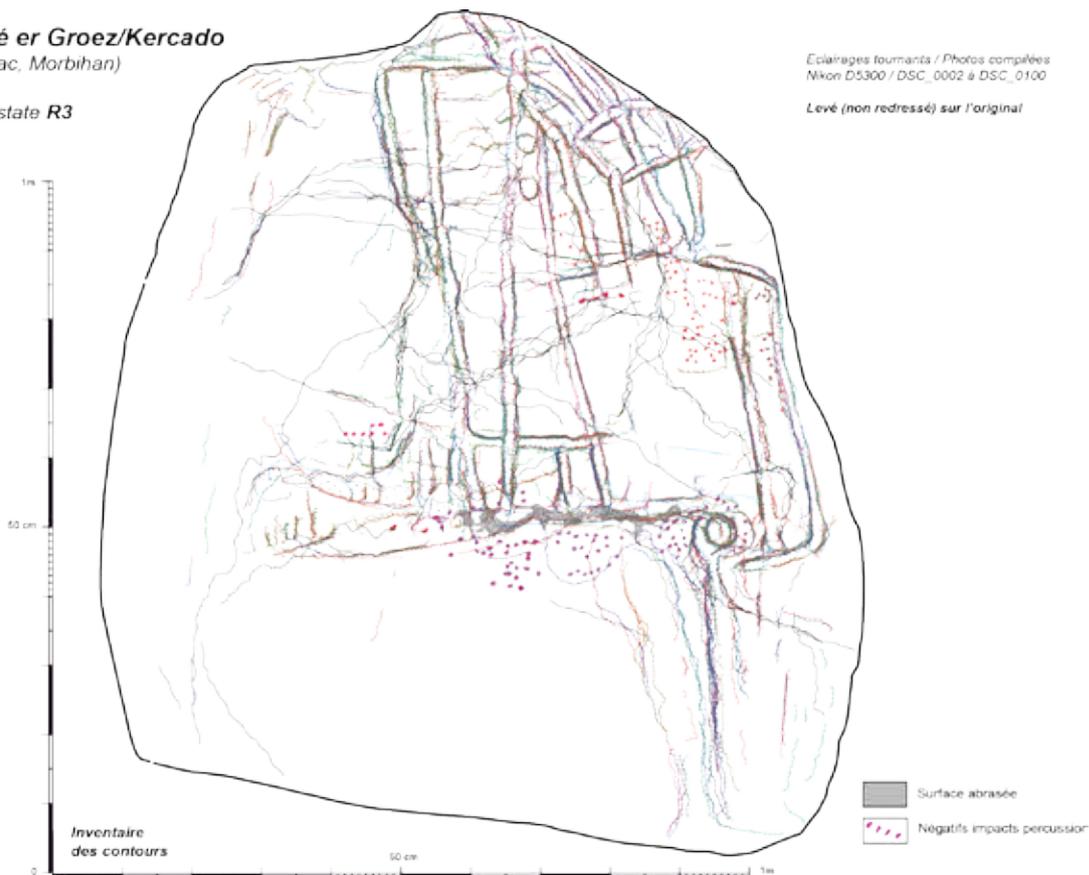


Figure 19

Mané er Groez/Kercado
(Carnac, Morbihan)

Orthostate R3

Eclairages tournants / Photos complètes
Nikon D5300 / DSC_0002 à DSC_0100
Levé (non redressé) sur l'original



Inventaire des enlèvements de matière

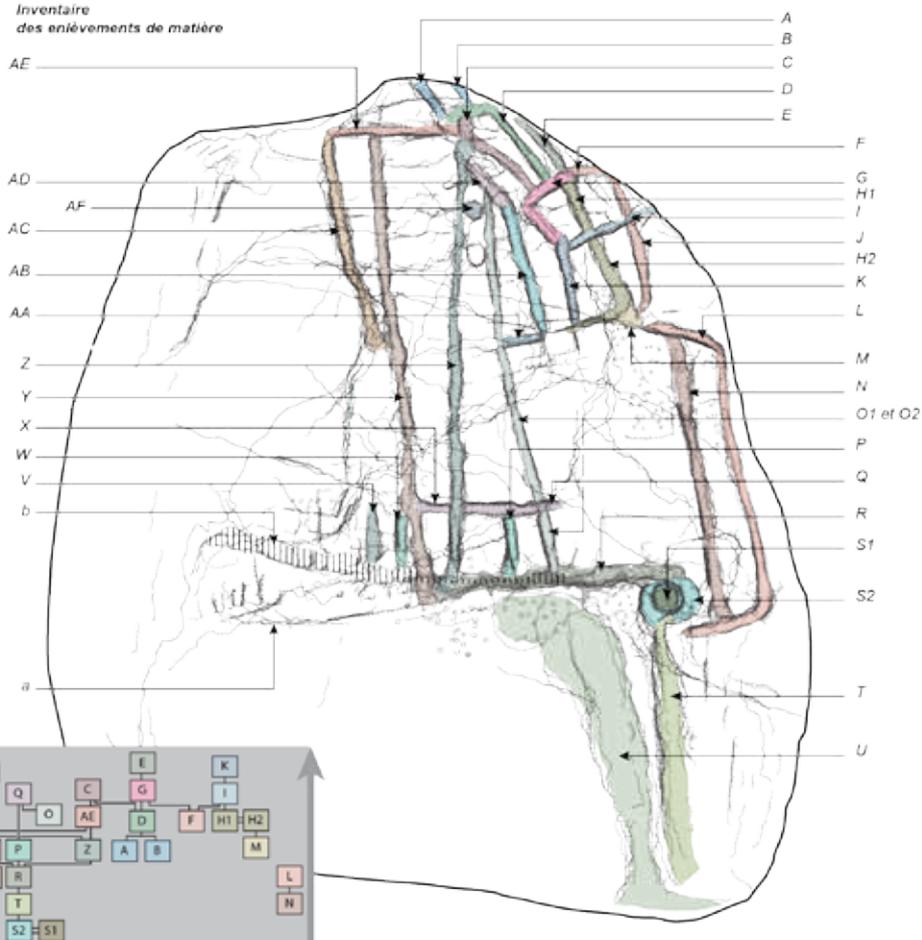


Figure 20

Mané er Groez/Kercado
(Carnac, Morbihan)

Orthostate R3

Inventaire des signes

Levé (non redressé) sur l'original

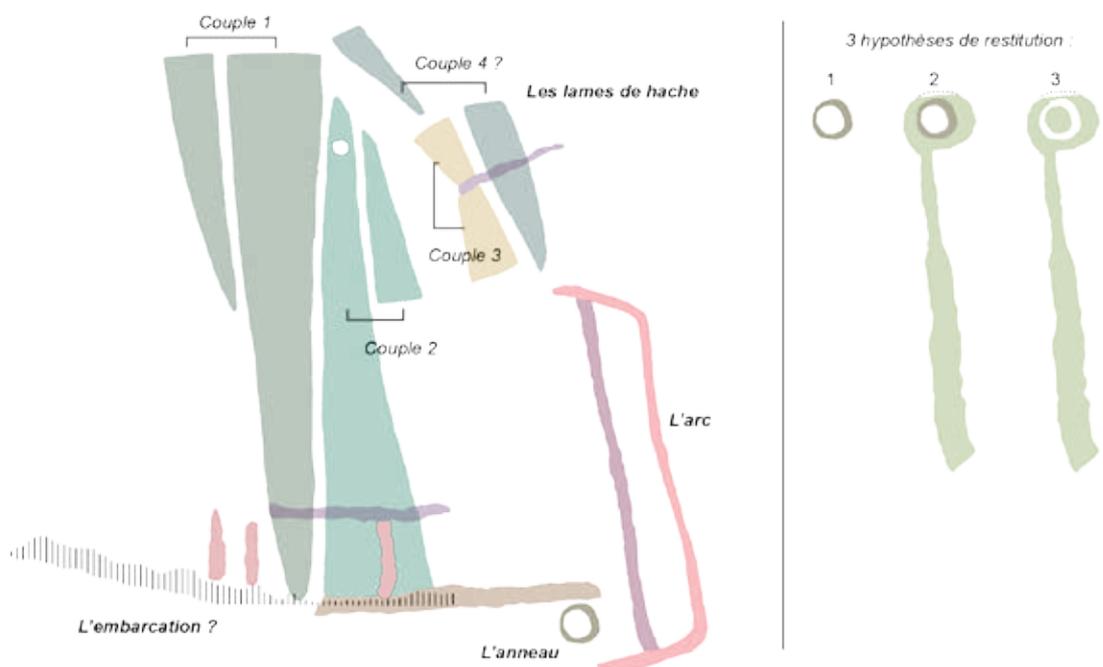
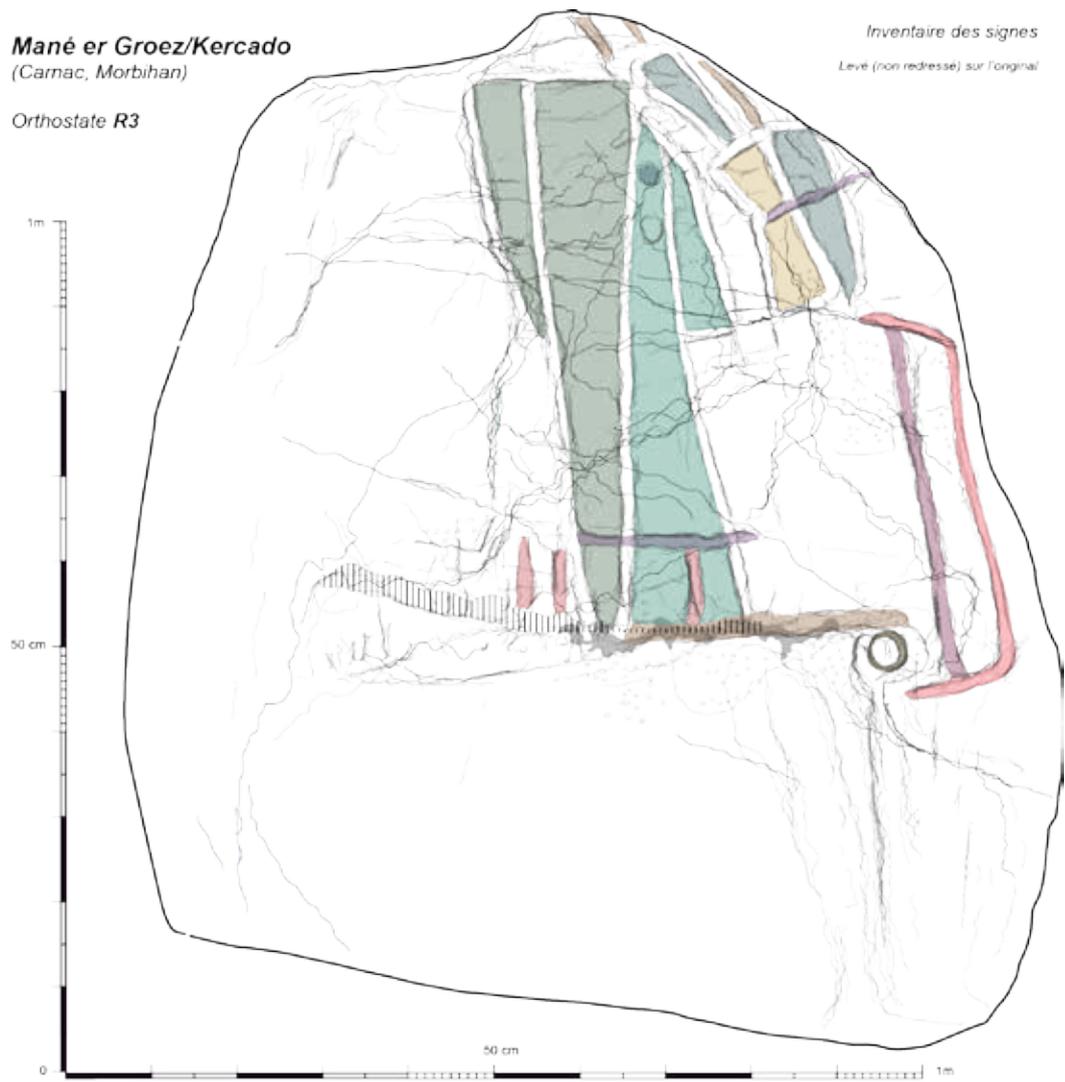


Figure 21

Mané er Groez/Kercado
(Carnac, Morbihan)

Orthostate R3

Texture photoréaliste
(modèle photogrammétrique)

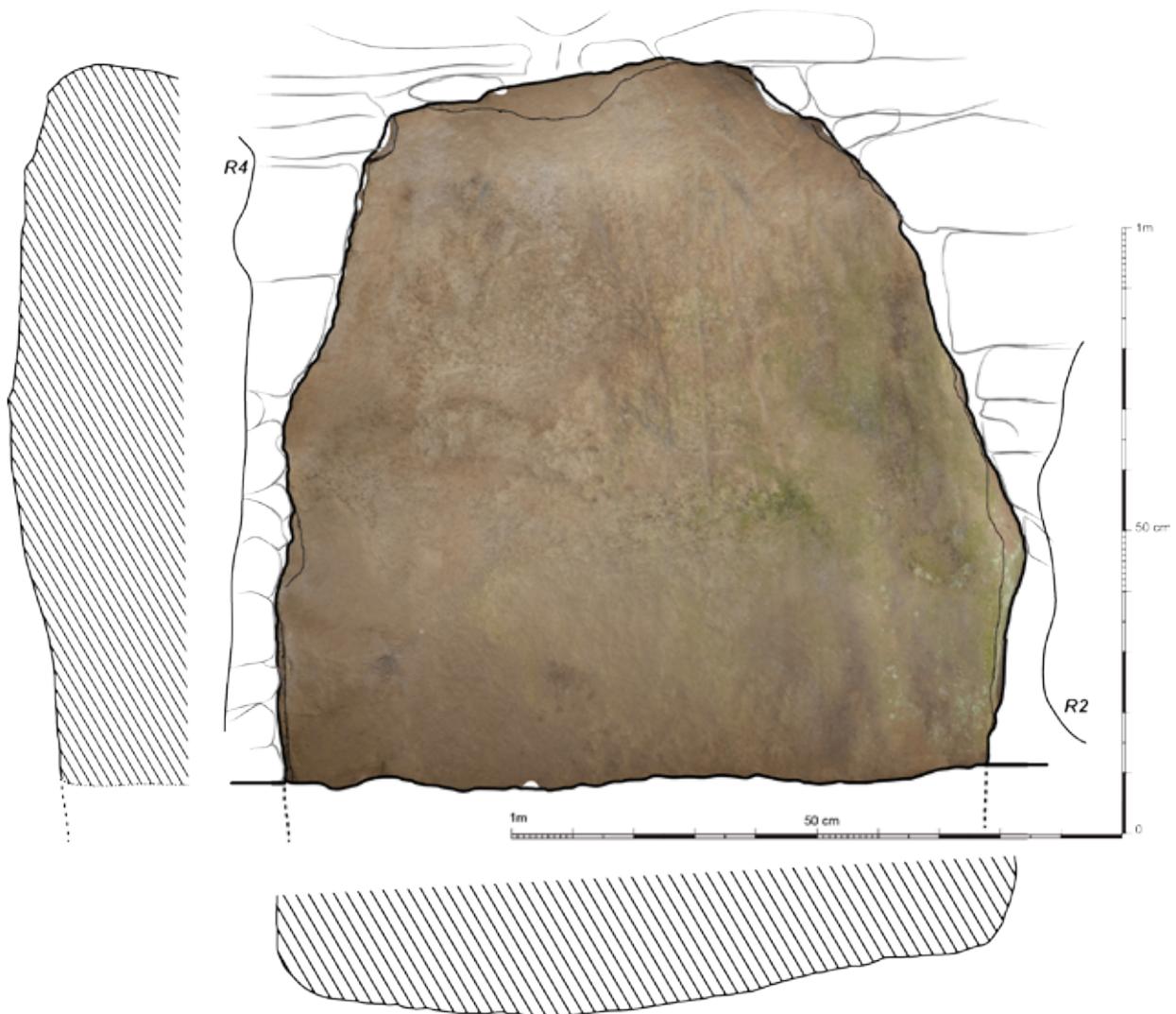
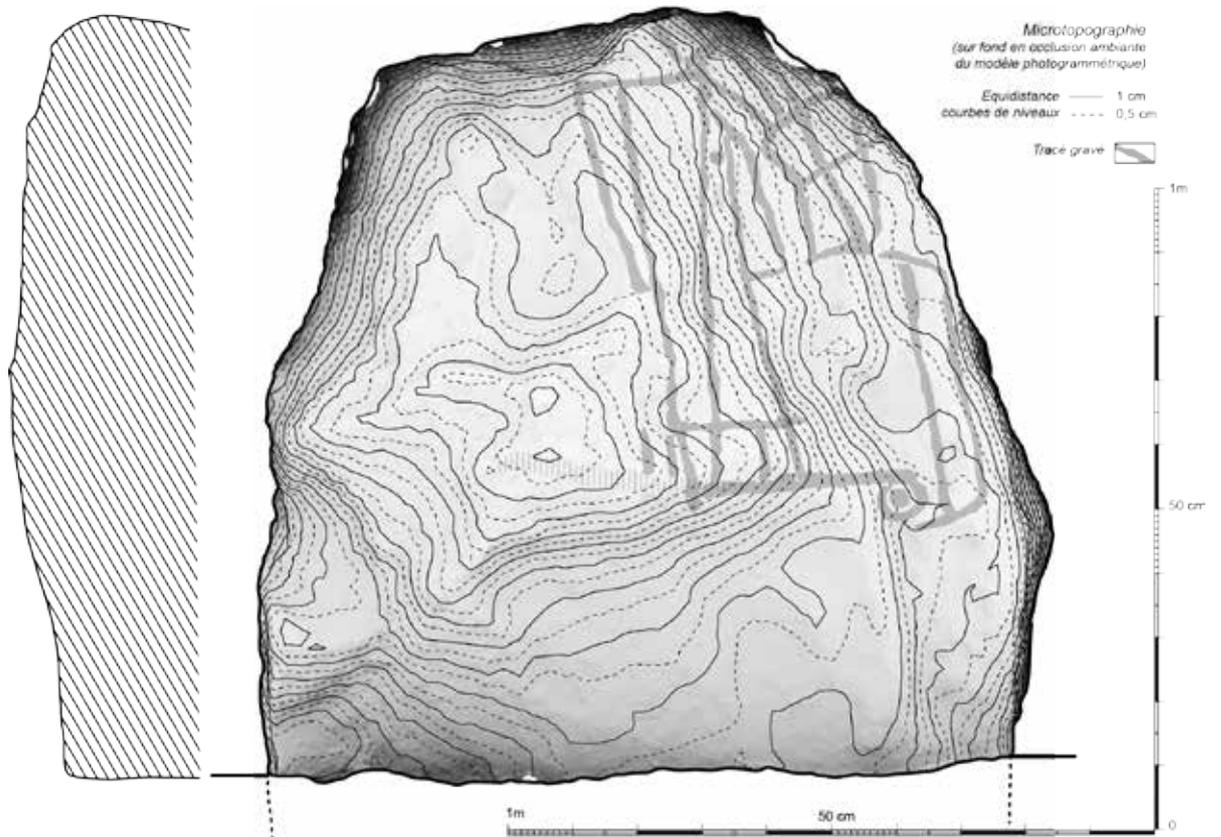


Figure 22



Mané er Groez/Kercado
(Carnac, Morbihan)

Orthostate R3

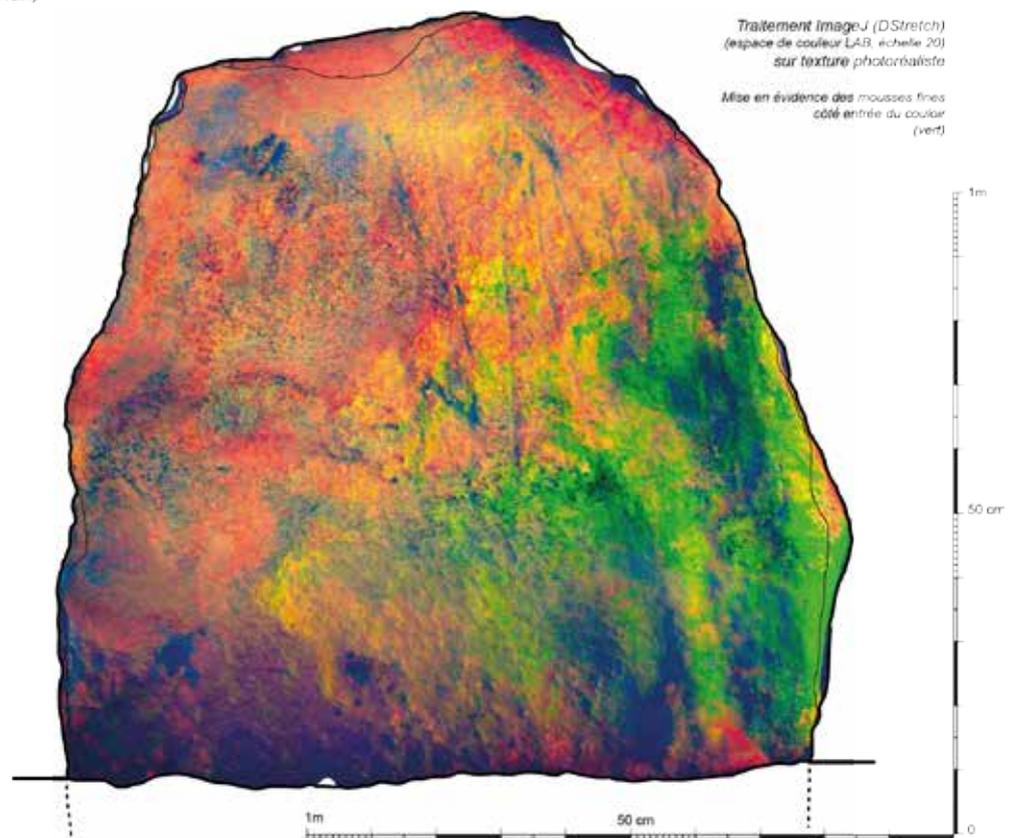


Figure 23

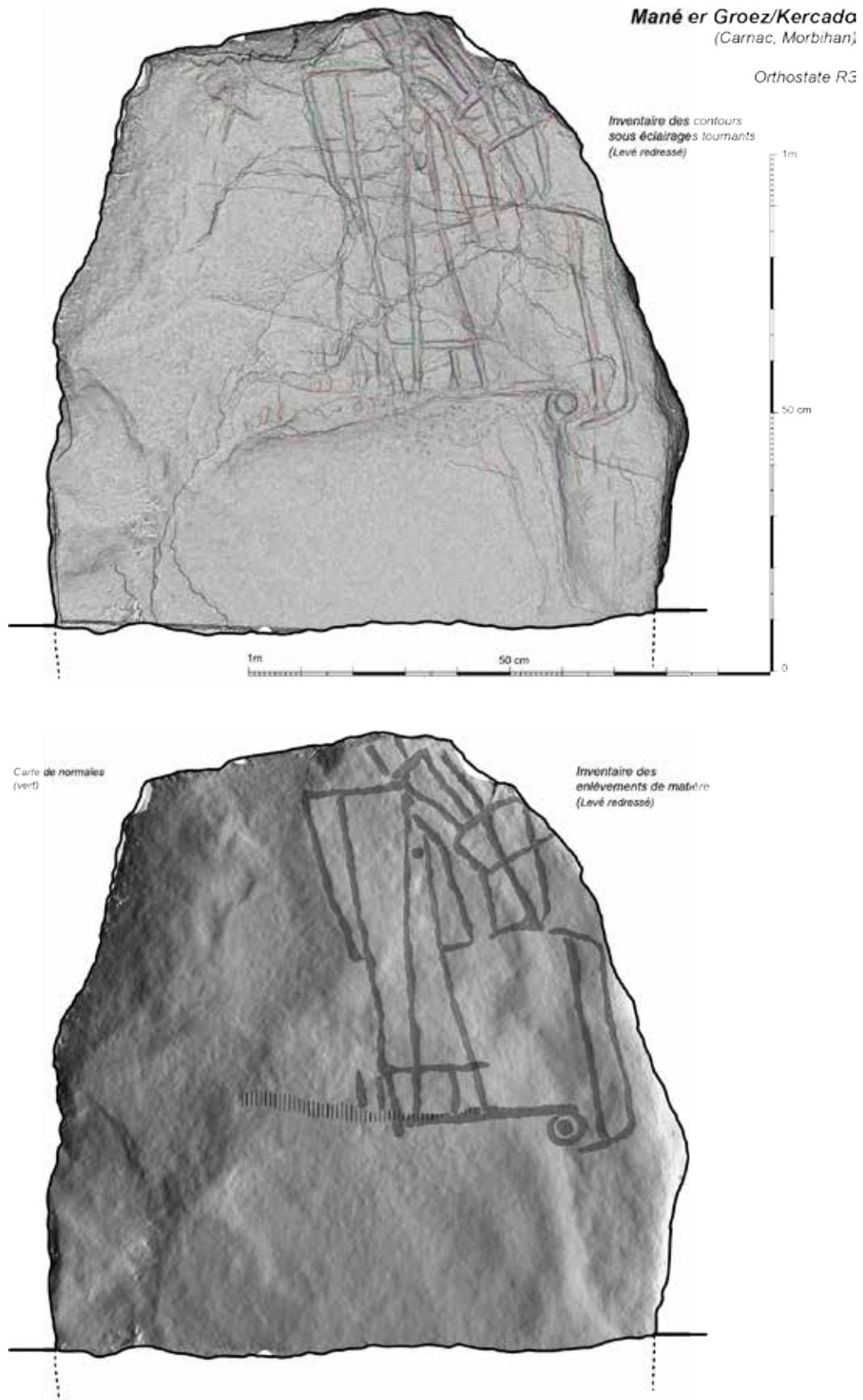


Figure 24

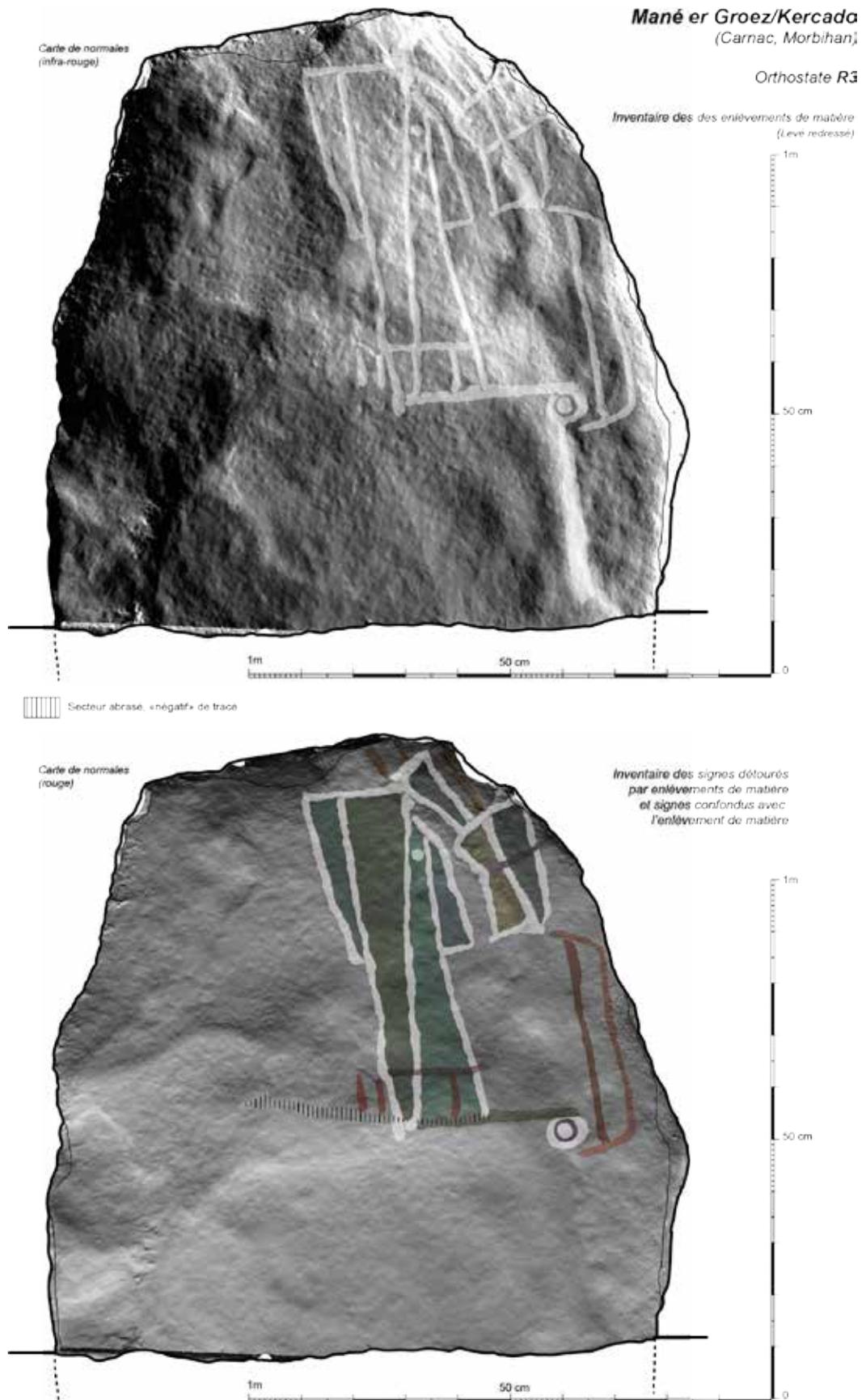


Figure 25

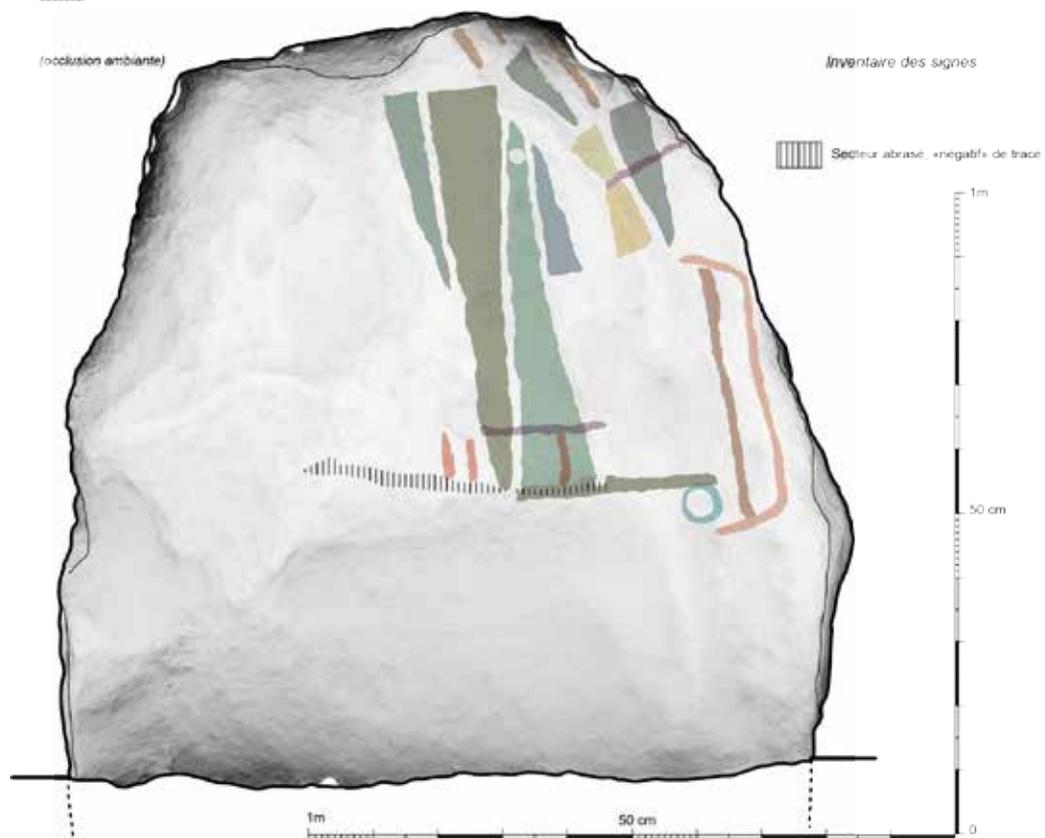
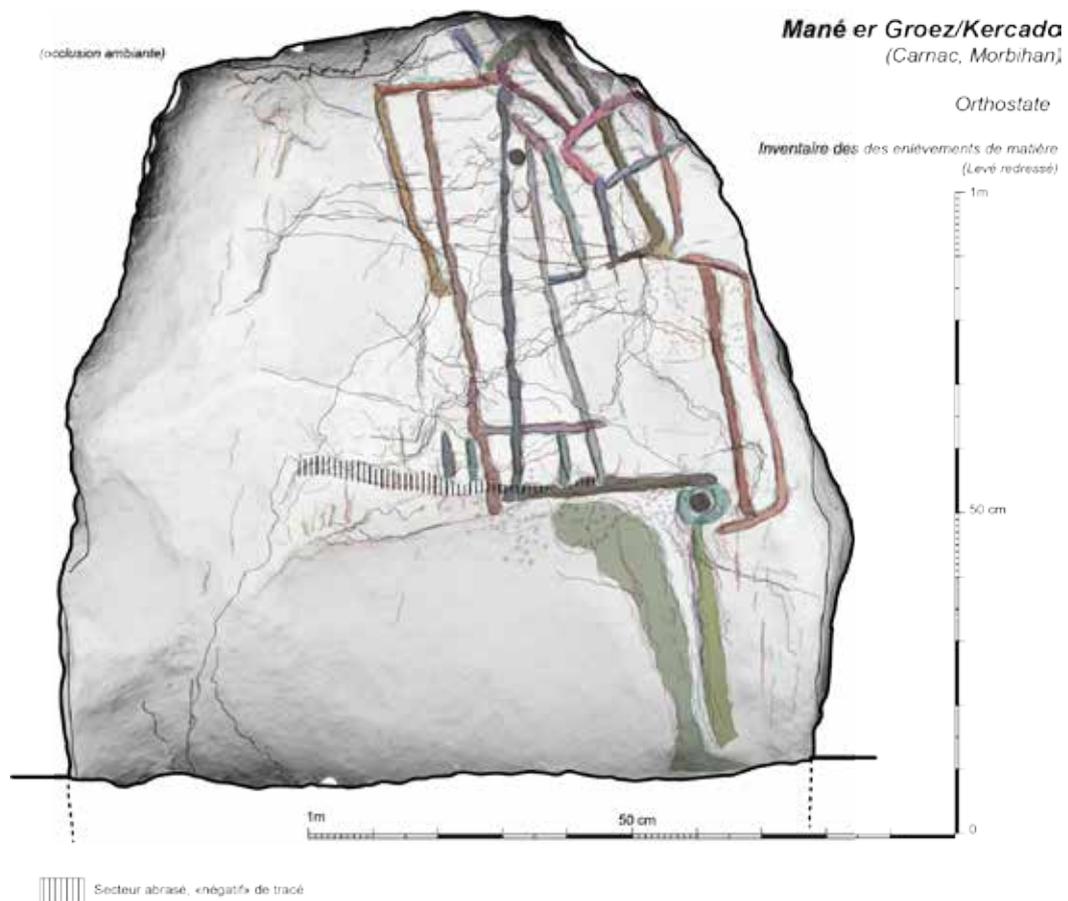


Figure 26

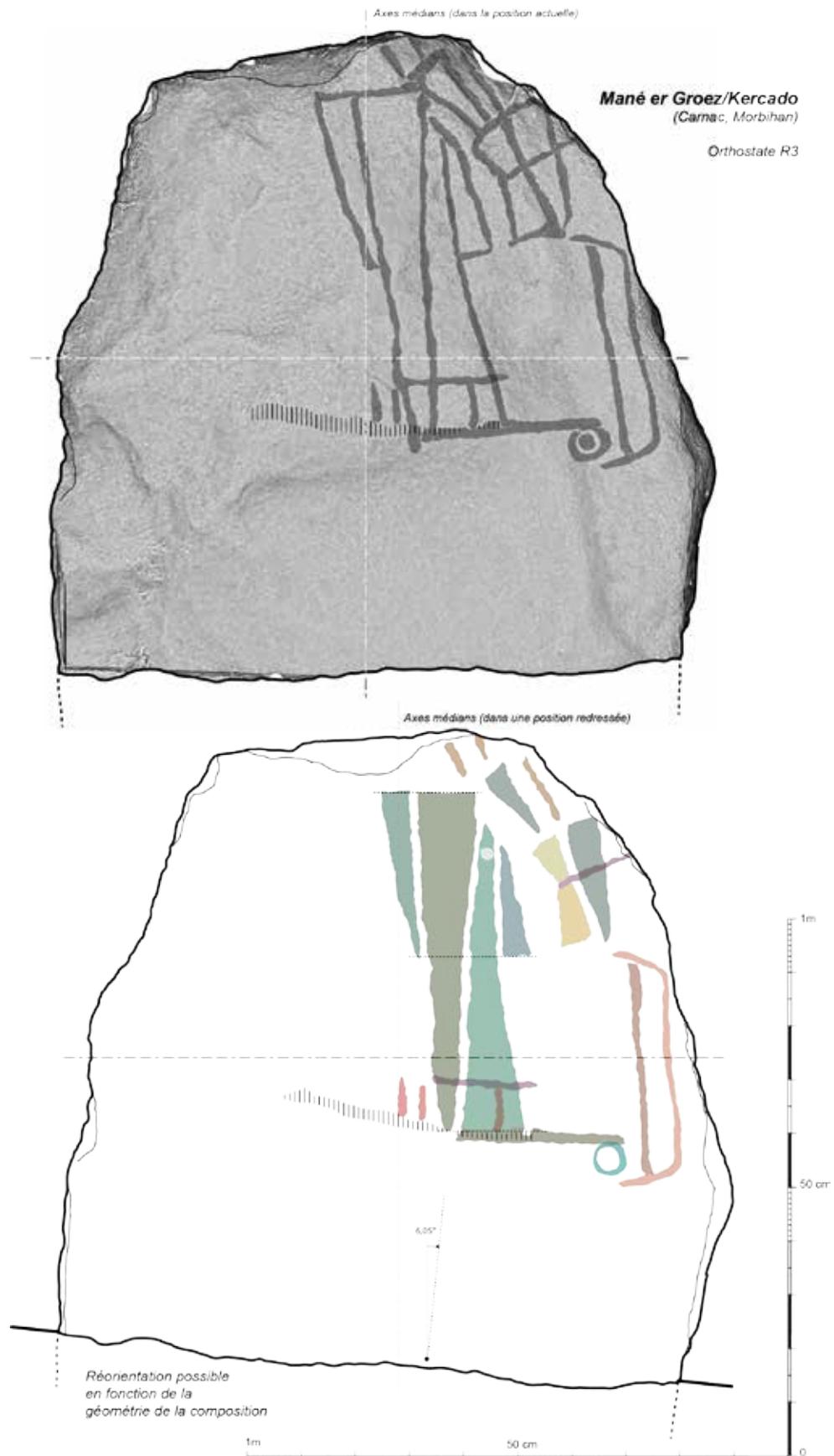
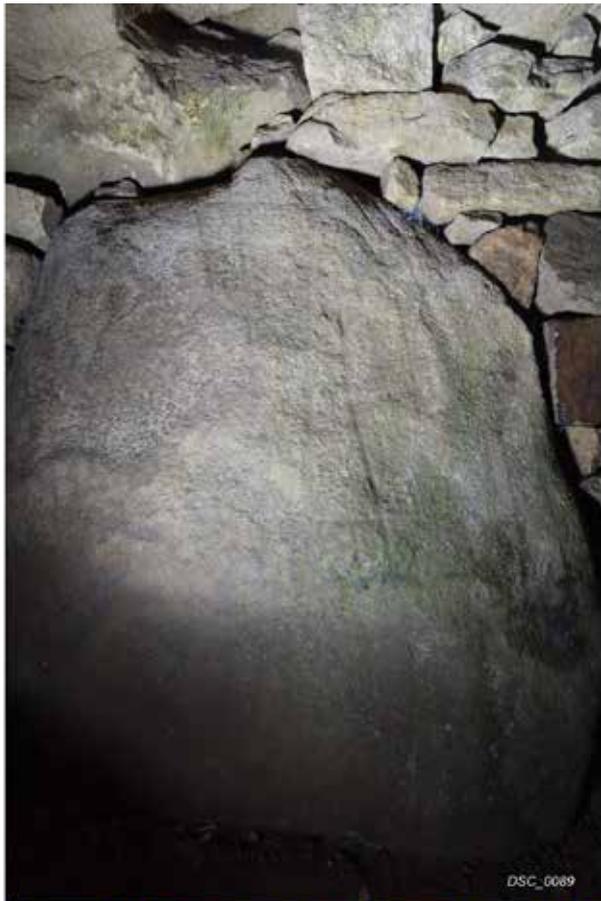


Figure 27



Mané er Groez - Kercado
(Carnac, Morbihan)

Dalle couloir R3

DSC_0089



Mousses fines vertes

Traitement DStretch
Espace de couleur YBK
(échelle 20)

DSC_0089_ybk20

Figure 28

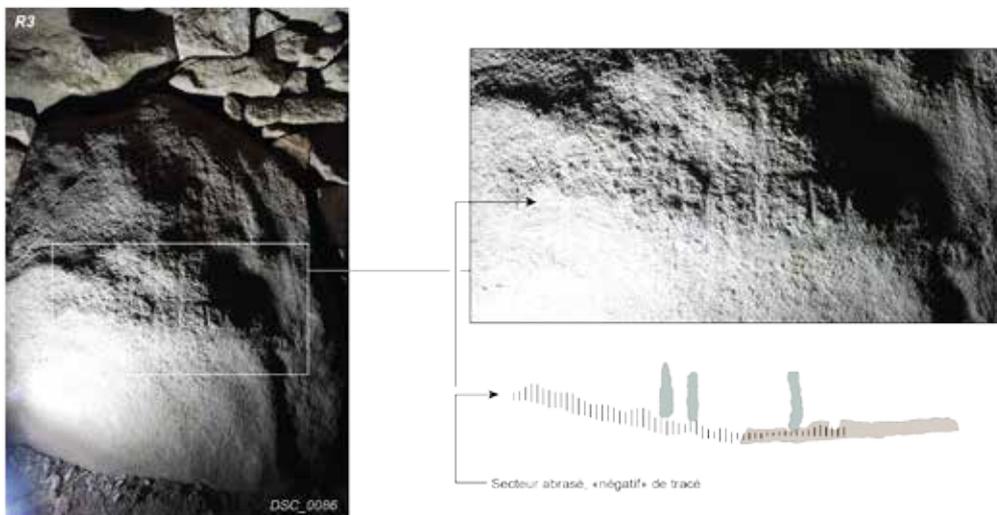
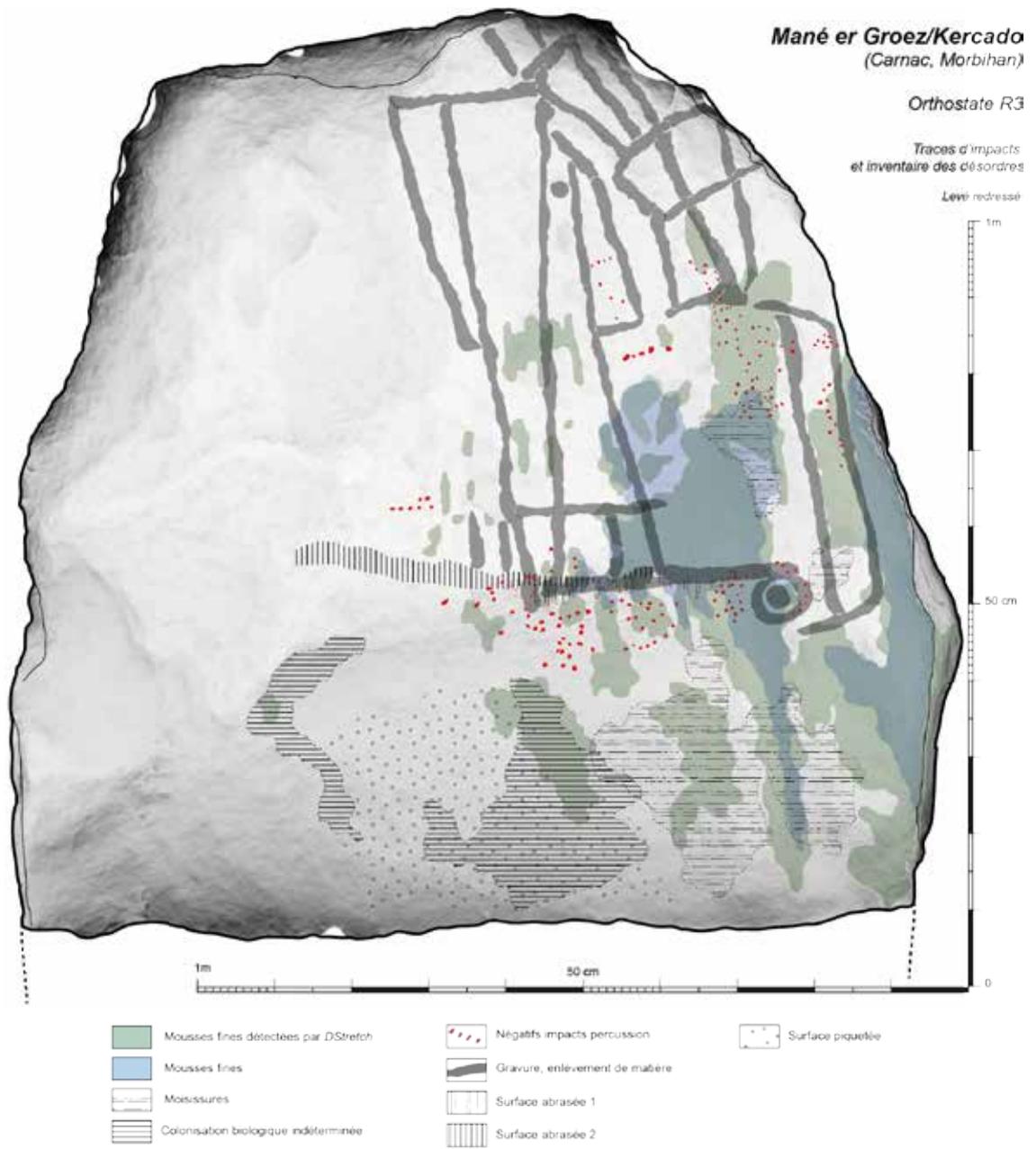


Figure 29

Mané er Groez/Kercado
(Carnac, Morbihan)

Orthostate R3



Davy de Cussé 1866



Péquart/Le Rouzic 1927



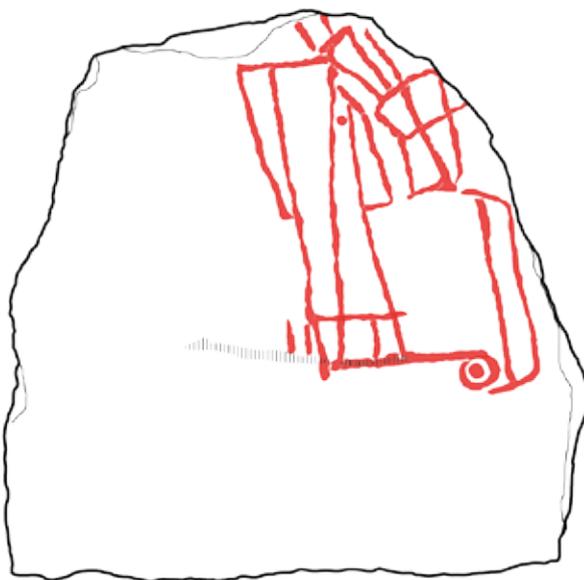
Superposition du levé 2016 —
sur le levé Shoe-Twohig 1981 —

Confusions avec un
modèle naturel



Tracés et motif absents

R3



Levé 2016

Déformation du plan
de projection

Figure 30

Mané er Groez/Kercado
(Carnac, Morbihan)

Orthostate L4

Station 1



Station 2

Figure 31

Mané er Groez/Kercado
(Carnac, Morbihan)

Orthostate L4

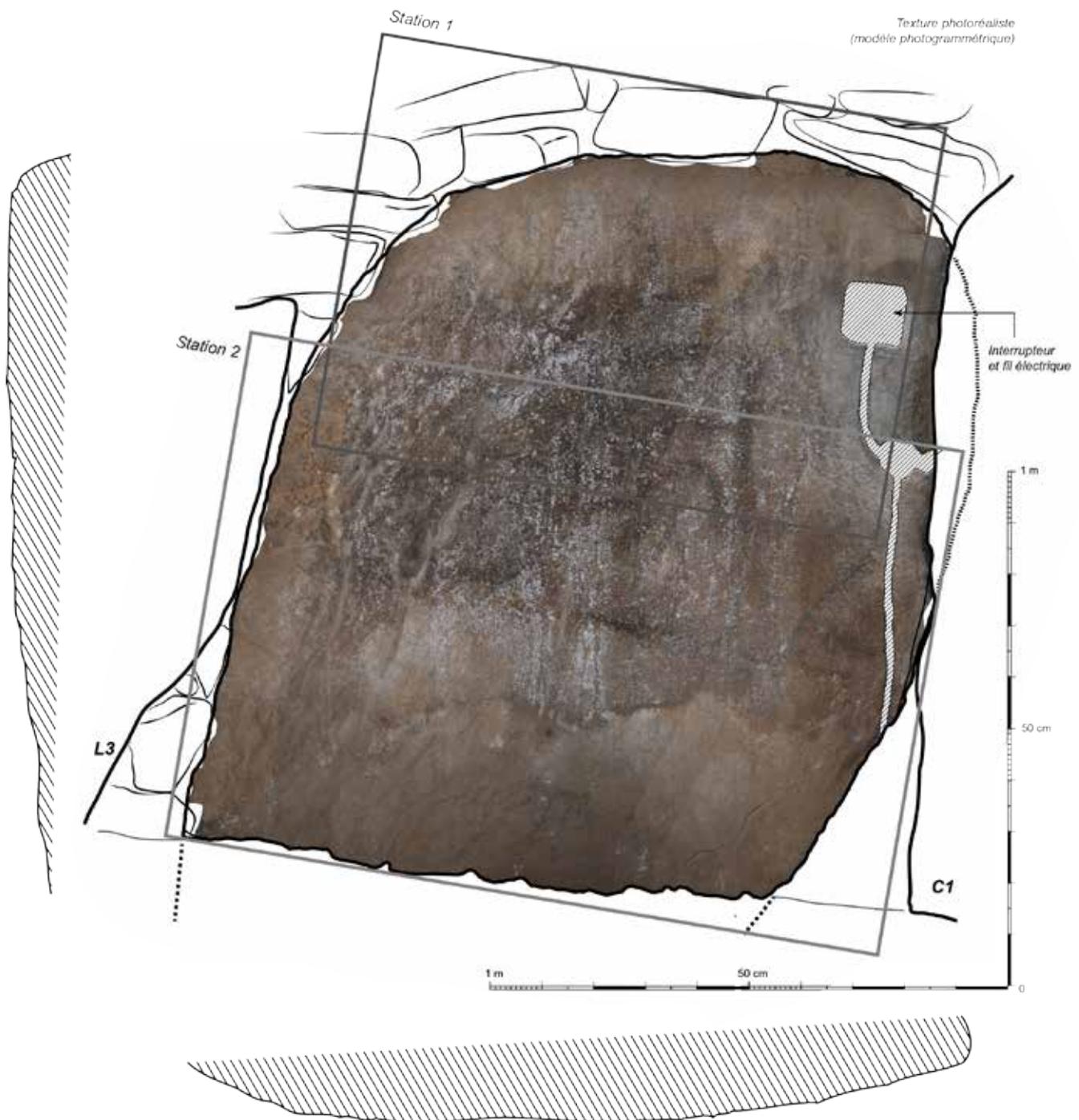


Figure 32

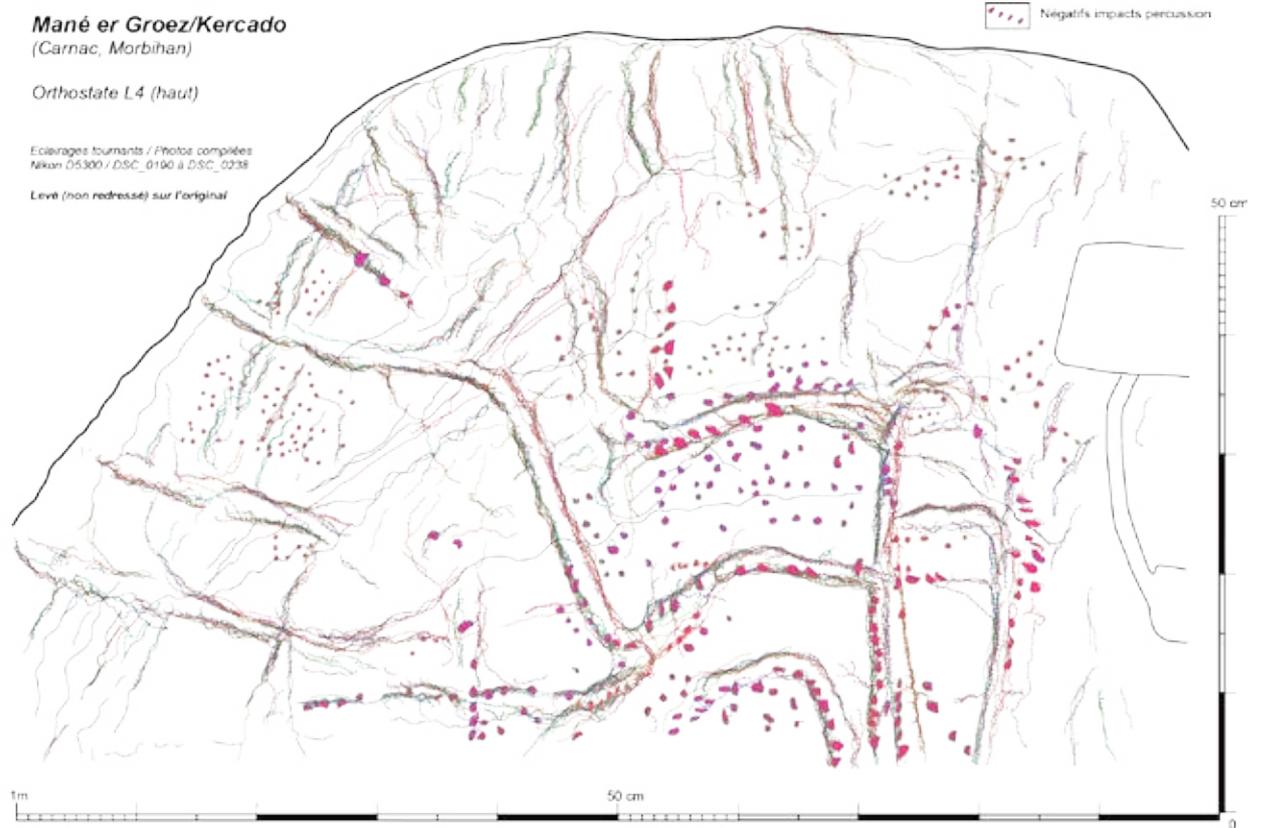
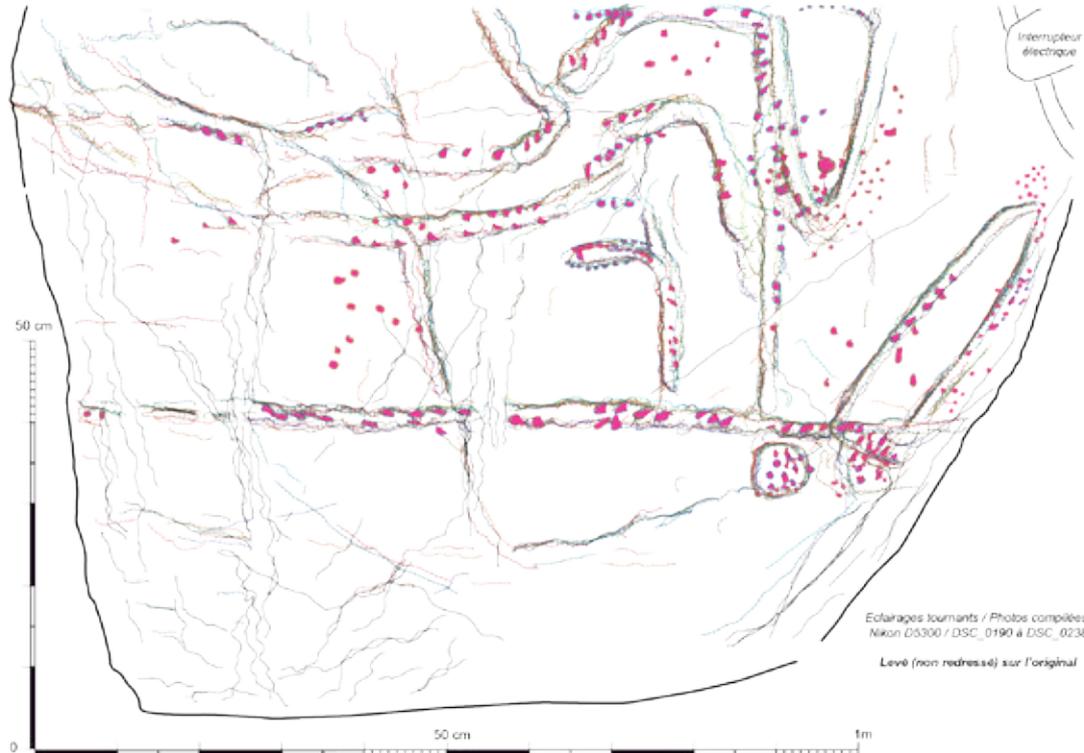


Figure 33

Mané er Groez/Kercado
(Carnac, Morbihan)

Orthostate L4 (bas)

 Négatifs impacts percussion



Inventaire des enlèvements de matière
sous éclairages tournants - Les lettres renvoient au descriptif
(Levé non redressé)



Figure 34

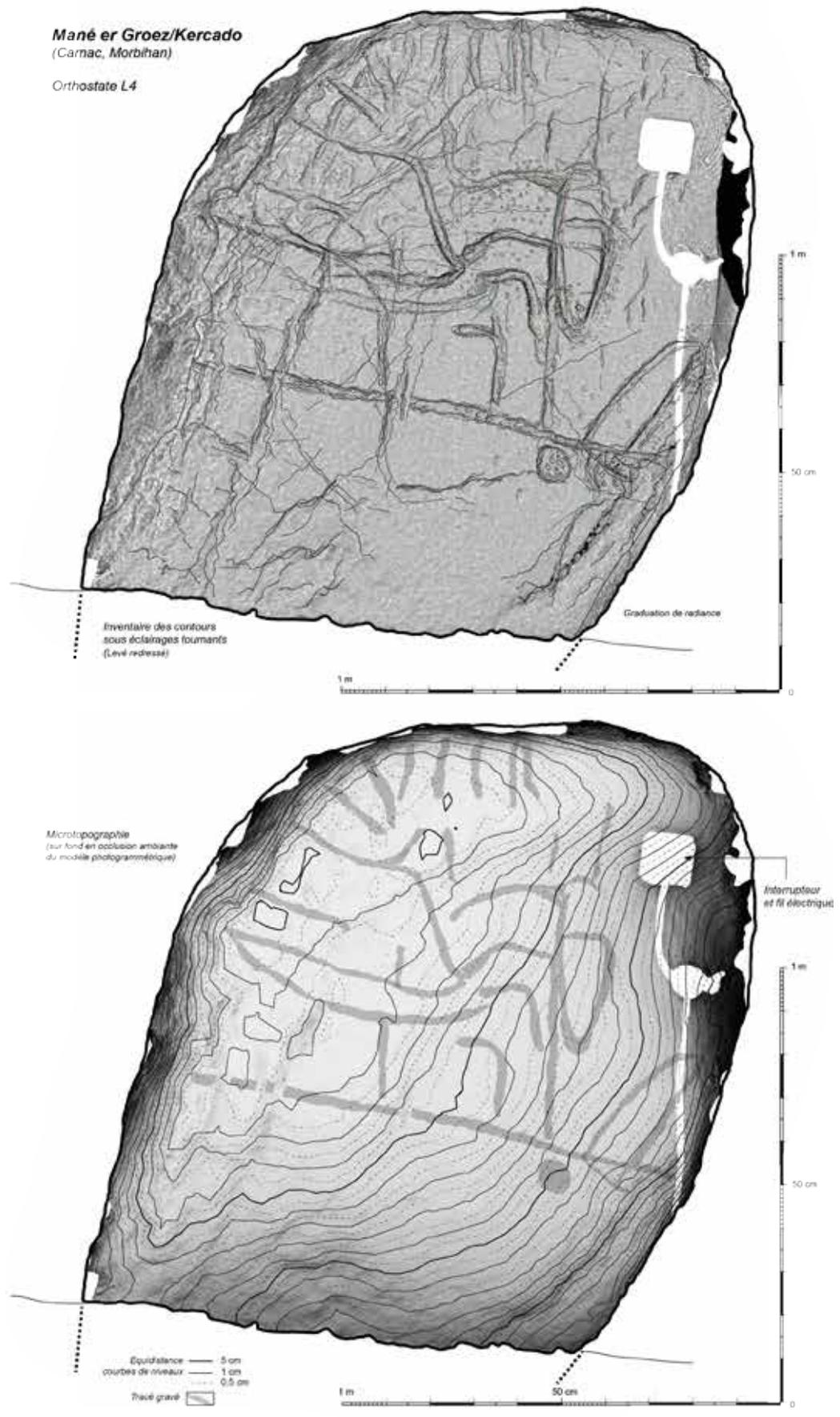
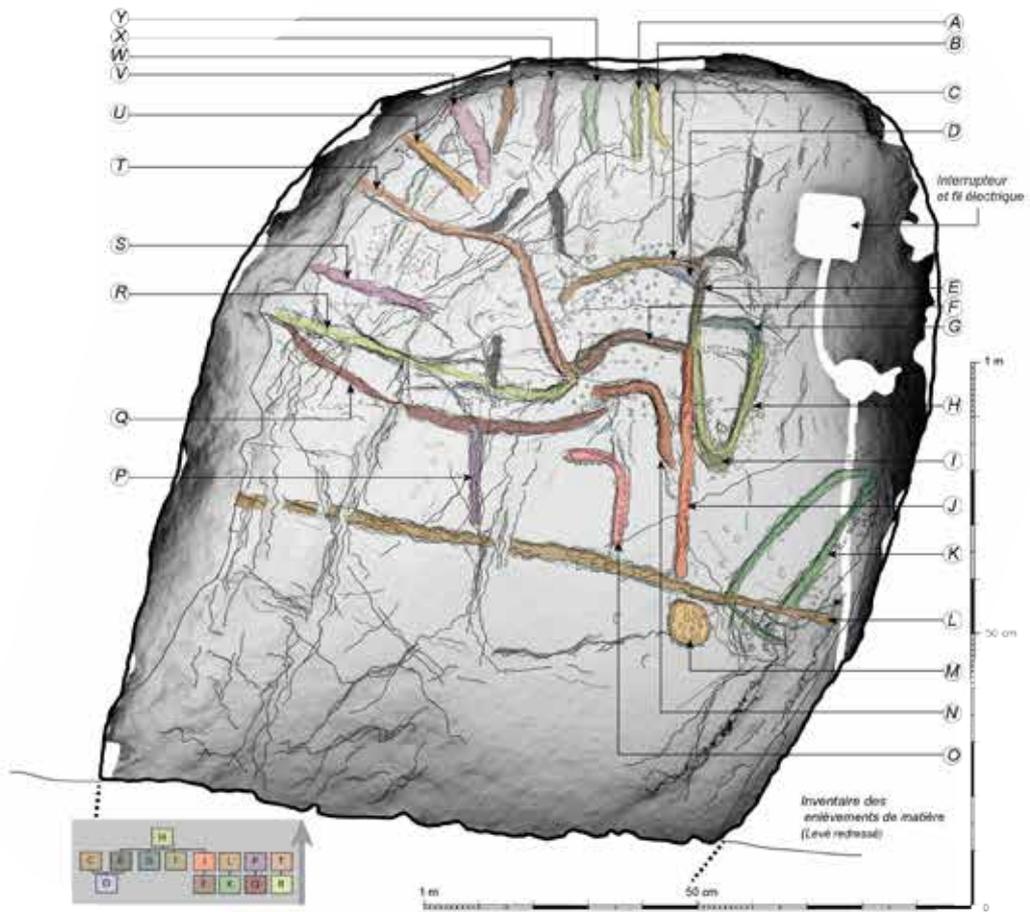


Figure 35



Mané er Groez/Kercado
(Carnac, Morbihan)

Orthostate L.4
(occlusion ambiante)

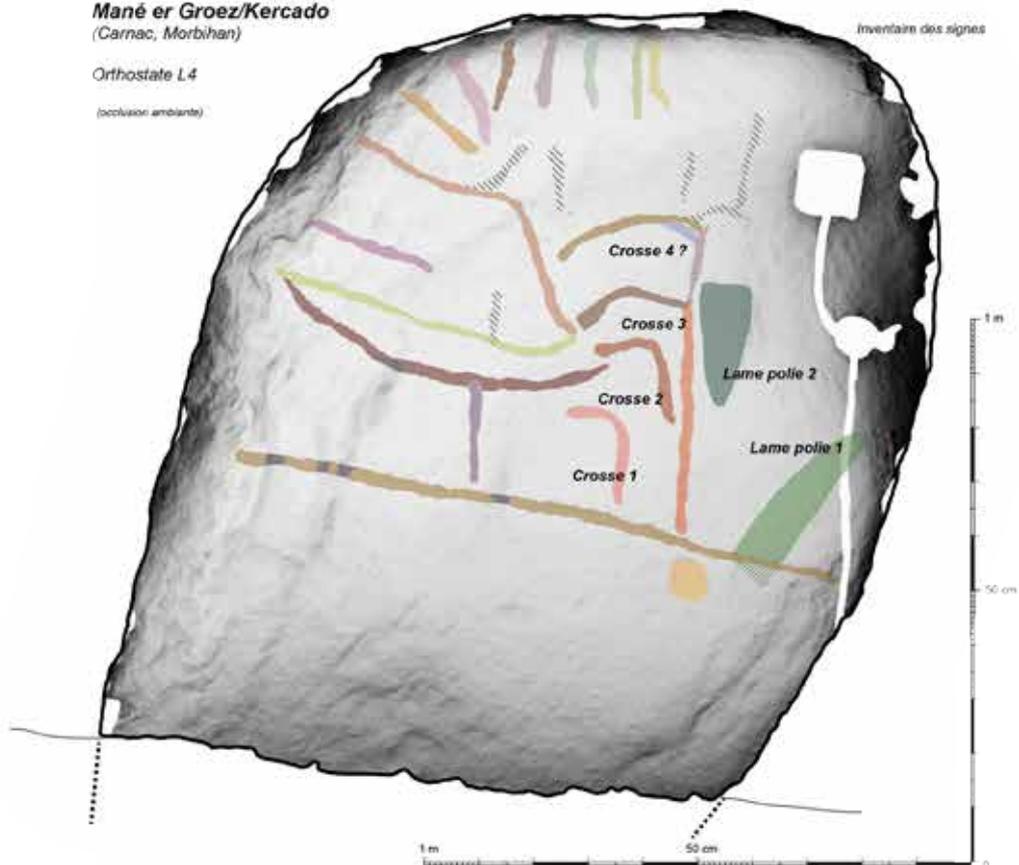


Figure 36

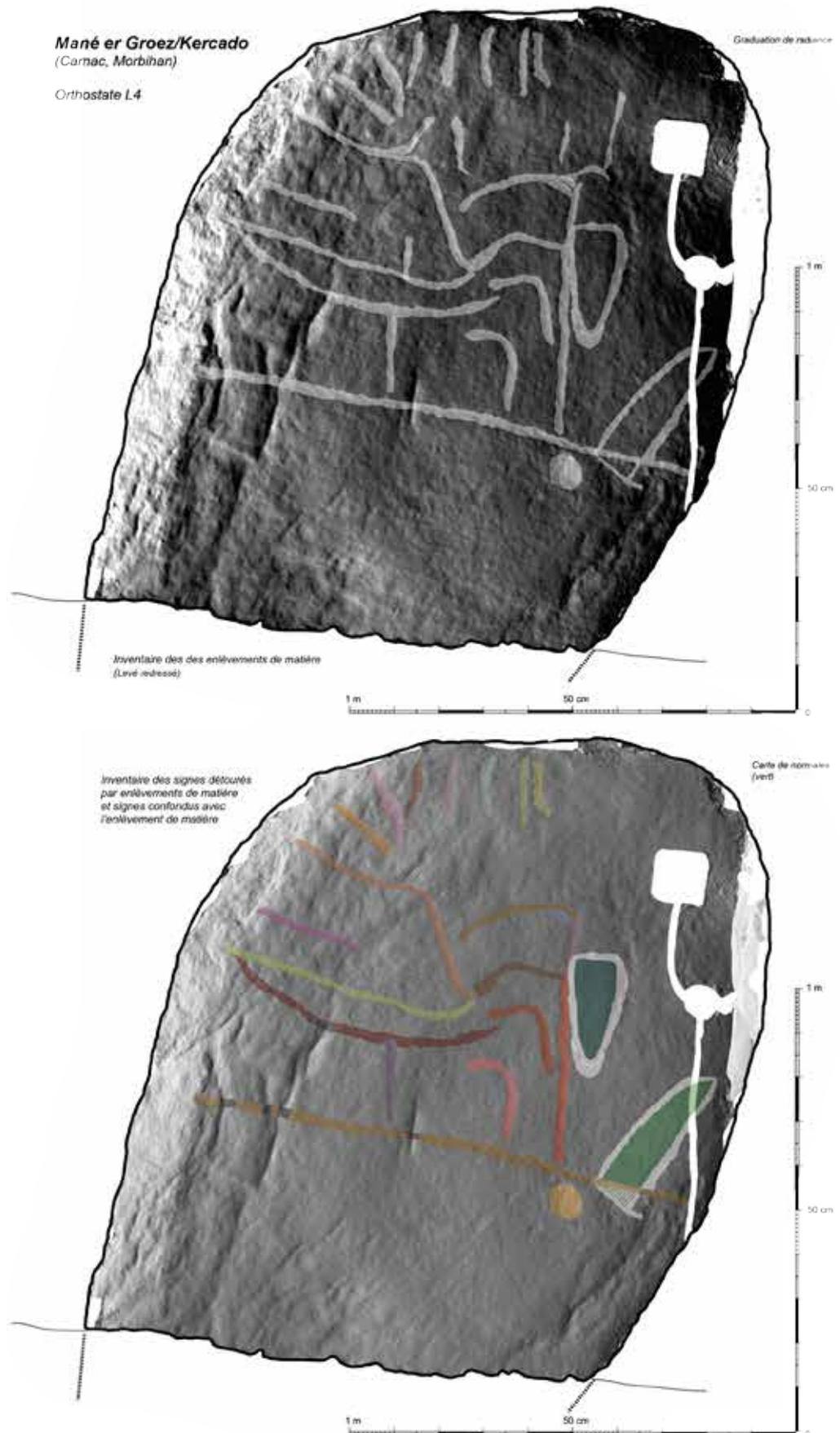
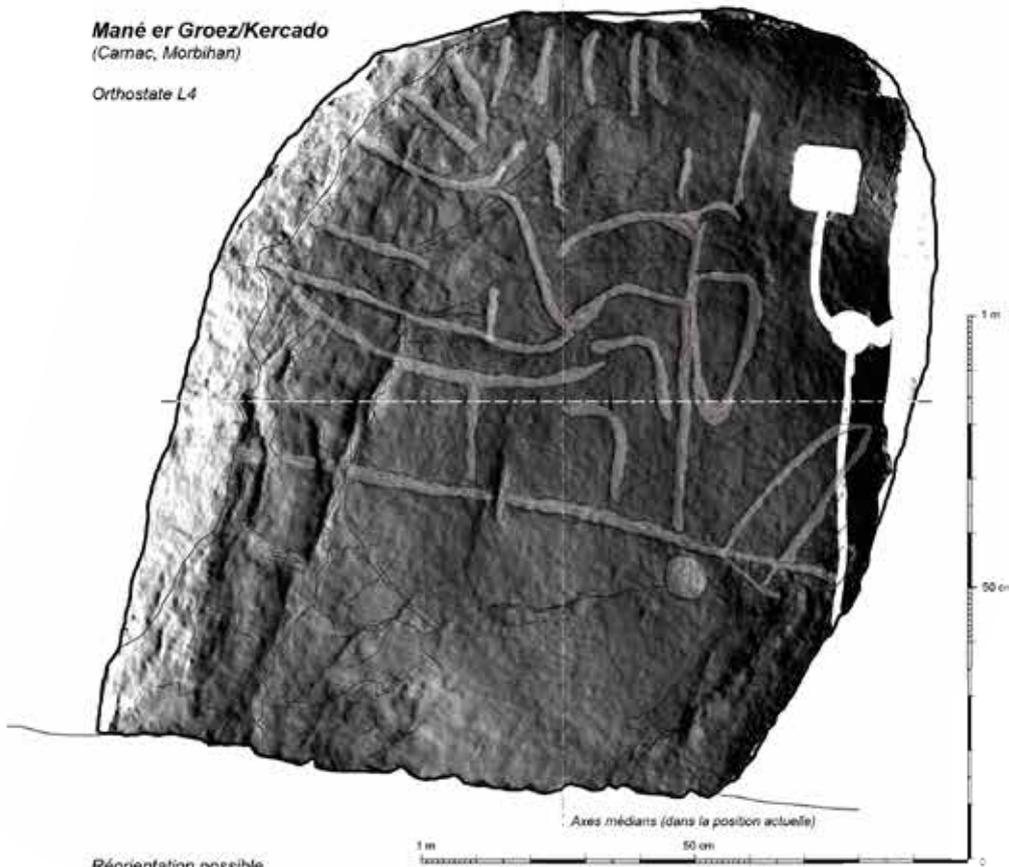


Figure 37

Mané er Groez/Kercado
(Camac, Morbihan)

Orthostate L4



Réorientation possible
en fonction de la
géométrie de la composition



Gavrinis R8



Figure 38

Mané er Groez/Kercado
(Carnac, Morbihan)

Orthostate L4 (haut)

Traitements DStretch (ImageJ)

Inventaire des désordres : les moisissures

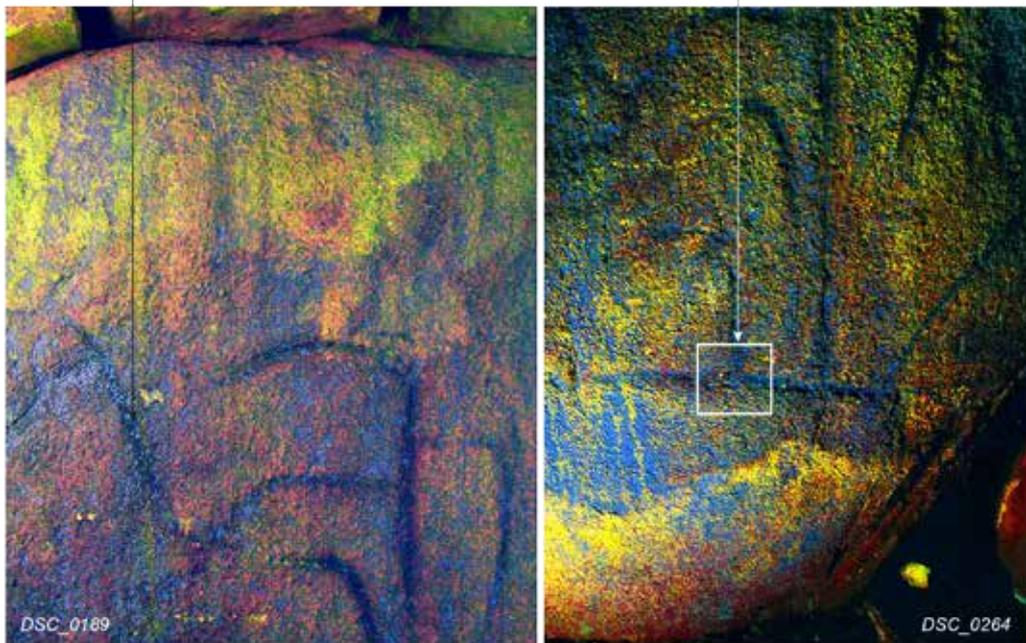
Espace de couleur LAB (échelle 20)



Interrupteur électrique
(collé ?)

En blanc : les moisissures

Inventaire des désordres : les surlignages colorés



Espace de couleur YBK (échelle 20)

Espace de couleur LDS (échelle 20)

Figure 39

Mané er Groez/Kercado
(Carnac, Morbihan)

Orthostate L4



Péquart et al. 1927

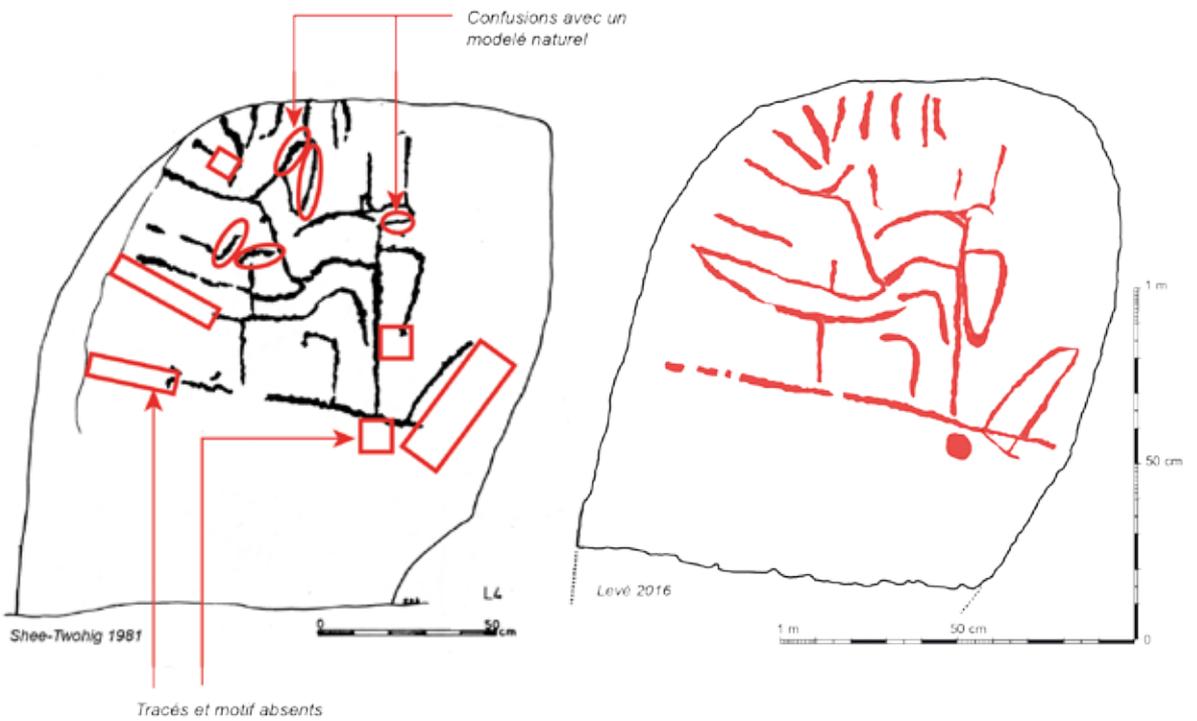
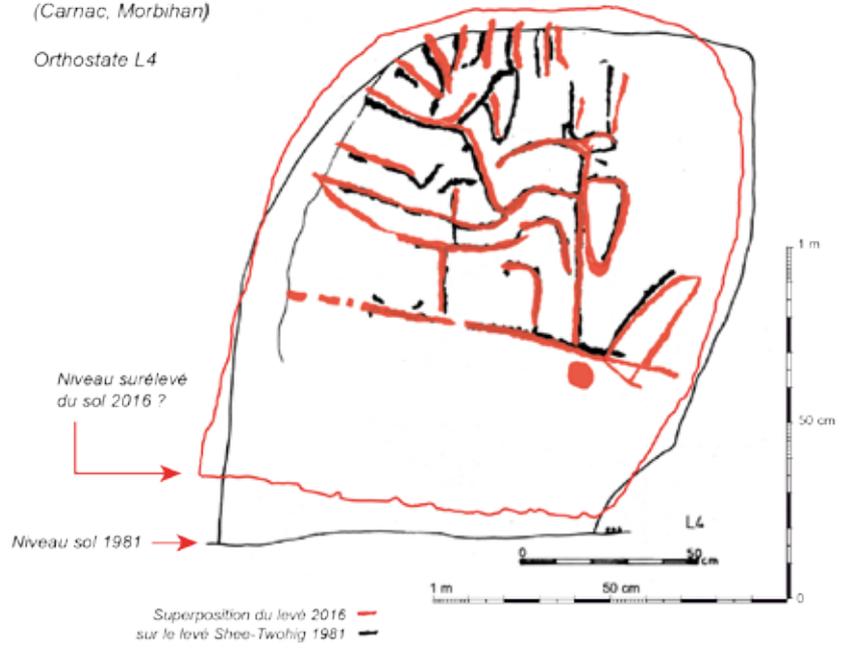


Figure 41

4.5. Mané er Hroëck (Locmariaquer, Morbihan)

C'est en 1863 que R. Galles intervient sur le grand tumulus du Mané er Hroëck (pour un descriptif plus complet de l'exploration et du monument, voir Cassen et al. 2012), tout d'abord en descendant depuis le sommet à travers une grande tranchée centrale (également qualifiée de « cratère »... Galles 1863, p. 4) dans la masse principalement constituée, selon lui, de moellons en granite au centre et de sédiments sur les côtés, puis en ouvrant une coupure parallèle vers le sud-est, encore visible de nos jours, recherchant un couloir d'accès faute de rencontrer la sépulture individuelle qu'il pensait trouver. Voulant alors profiter de ce « vaste entonnoir » pour rechercher le niveau du sol, un puits vertical lui fit découvrir les dalles de la tombe, à l'image du Mont Saint-Michel qu'il venait de fouiller. L'archéologue réalisa à cette occasion que le niveau de la sépulture était plus bas que le sol environnant au bas du monument, et que son emprise était donc excavée ; la fouille s'était arrêtée trop haut.

Descendant dans l'intérieur du tumulus, plusieurs dalles signalent enfin la position du sépulcre, l'une d'entre elles est marquée de trois cupules. Devant plusieurs feuilles rocheuses inclinées fermant l'accès transitoire au caveau, une dalle posée à plat, longue de 1,2 m, est aussitôt remarquée en raison de la qualité de sa mise en forme. Elle est brisée en trois, et les deux extrémités sont manquantes. Si les deux plus petits fragments montrent leurs gravures au ciel, le fût principal présente sa face décorée au sol. L'ensemble est interprété comme « un grand verrou » avant l'entrée dans l'espace funéraire. Plus tard, cette stèle sera au contraire comprise comme un réemploi de matériaux provenant d'une tombe à couloir antérieure à la construction de ce caveau (Giot *et al.* 1979, p. 224 ; Shee-Twohig 1981, p. 188).

Deux dalles « à forme de menhirs » sont donc inclinées devant la stèle allongée. En les manipulant, l'une d'entre elles chute « avec fracas » à l'intérieur du caveau, signalant par conséquent un espace vide, non colmaté. L'architecture interne est aussitôt et très justement comparée par R. Galles au Saint-Michel, avec ses murets et ses dalles posées à plat pour former les parois. La couverture est dite semblable à des « menhirs couchés », devant couvrir en effet une surface très importante, bien supérieure cette fois au Saint-Michel.

Les seules interventions notables qui suivront ces premières explorations seront celles de Z. Le Rouzic en 1922, qui reprend un plan et une section de la tombe, soulignant la partie excavée dans le sous-sol, puis celles conduites par P.R. Giot au nom de la *Circonscription des antiquités préhistoriques* qui vont se limiter à un dégagement des dalles de couvertures du caveau afin de couler une couche de ciment pour empêcher les infiltrations. Cette intervention sera l'occasion de récolter une nouvelle perle en variscite, qui s'ajoute ainsi au lot dispersé dans ce secteur extérieur à l'espace funéraire, et d'observer rapidement la constitution de l'enveloppe, plus complexe que les archéologues du XIXe siècle ne l'avait estimée. On voit en effet sur un cliché d'archives annoté par P.R. Giot (10/11/1971) plusieurs couches claires et sombres prouvant l'apport de sédiments hydromorphes, de sables, de cailloutis (altérites) qui ne sont pas l'image d'une simple accumulation de moellons de granite.

Revenons aux gravures. Elles sont organisées, selon les premiers fouilleurs, autour d'un cartouche central dont le haut est terminé par « une courbe mammaire » (Galles 1863, p. 7). De part et d'autre de ce motif, des « celtae emmanchés » semblent munis de « bizarres appendices ». Au bas de la stèle, une figure n'est pas qualifiée faute de trouver la suite sur un morceau manquant, « l'imagination pouvant y voir bien des choses » (id. p. 7). Le dessin publié des signes inventoriés est produit à partir d'un estampage sur l'original (fig. 10).

À partir de ces premières descriptions vont se succéder une suite ininterrompue d'interprétations, sans pour autant que le processus d'enregistrement des signes ne soit repris ou remis en question. Si les motifs de haches emmanchées font consensus, il n'est pas de même du « cartouche » dont le contour est tout d'abord considéré comme un bouclier, objet vrai (Mortillet 1894 ; Déchelette 1908 ; Péquart *et al.* 1927), alors que d'autres chercheurs y voient un corps entier (Luquet 1910 ; Le Rouzic, Keller 1910). Cette dernière tendance dominera finalement, et que l'on nomme explicitement « déesse » cette figuration (Crawford 1957 ; de Laet 1967 ; Briard 1987, 1997 ; Gimbutas 1989 ; Le Roux 1998, 2003, Le Roux, Lecerf 2003 ; Mohen 2009 ; Sergent 2011), ou « idole » sans trop se décider sur le sexe de la « divinité » (Breuil, Boyle 1959 ; L'Helgouac'h 1965, 1991 ; Thomas, Tilley 1993 ; van Berg, Cauwe 1996 ; Cauwe, van Berg 1998), l'ensemble des contributeurs reconnaît sans hésitation la morphologie humaine, accentuée d'épaulements caractéristiques. Seul G. de Closmadeuc (1873) refusera de se prononcer sur ce signe « scutiforme », étrange cartouche concourant à l'idée d'un véritable « monument épigraphique » au Mané er Hroëck (Closmadeuc 1873, p. 48).

À l'intérieur de ce cartouche, le signe jugiforme est interprété comme une barque (Mortillet 1894) ou comme un front cornu (Déchelette 1908) tandis que G.H. Luquet reste fidèle à ses principes et n'y voit qu'une ligne frontale, schématisation du visage humain (Luquet 1910 - son « levé » graphique n'est

qu'une copie de la publication de Cussé 1866).

Enfin, au bas de la stèle, un « bœuf » (Le Rouzic, Keller 1910) ou une « nette représentation de bovidé » (Péquart et al. 1927, p. 21), seront ajoutés au registre général, un animal également reconnu à l'intérieur de « l'écusson » suivant le *Corpus des signes gravés* qui décrit une ligne de dos et d'une queue « ornée de sa touffe de poils caractéristique » (id. 1927, p. 21). Un point de vue intégralement repris par la suite (Carénou 1935), en se fondant néanmoins, ici comme pour le précédent ouvrage, sur un nouveau levé graphique des signes, probablement aidé de photographies.

Mais aucun des levés menés depuis 1863 ne recherche les superpositions de tracés qui pourraient amener à la distinction d'une chronologie interne. Seul C. Carénou constate au Mané er Hroëck des rajouts de tracés sur la gravure « primitive », preuve d'un remaniement (Carénou 1935), mais sans pour autant les renseigner sur son dessin. A. Jubert, sur la même stèle, reconnaît des gravures ultérieures mais n'en propose aucune synthèse graphique (Jubert 1974). Une manière de détecter ces superpositions se fera par estampages et frottages sur l'original en mettant en évidence les négatifs d'impacts qui subsistent ; l'expérience menée sur une partie restreinte et centrale de la stèle du Mané er Hroëck s'avère ainsi concluante (Mens 2004). Il est vrai que l'objet est exceptionnellement bien conservé, gravé sur un miroir de faille, un cas idéal trop peu fréquent dans l'ouest de la France pour que la méthode soit aisément reproductible. Nous avons entamé un autre choix méthodologique à la fin des années 90, au moyen des éclairages tournants et rasants non intrusifs, et la stèle de Gavrinis/Table des Marchands sera en 2001 préparée en ce sens. En sorte qu'à la lumière de ces recoupements, des rapports d'opposition et de corrélation entre les signes s'avèrent mieux à même d'éclairer leur agencement interne (Cassen, Vaquero Lastres 2003b). C'est la méthode qui sera adoptée encore une fois pour enregistrer la petite stèle du Mané er Hroëck, mais enrichie d'une restitution tridimensionnelle du support (photogrammétrie), dont un des grands avantages est de pouvoir corriger les levés graphiques généralement déformés par les objectifs photographiques.

4.5.1. Procédures d'acquisition

Redressée et collée à l'intérieur du caveau, la stèle va demeurer plusieurs décennies sans subir de véritable agression, sinon par l'inévitable soulignement à la craie blanche ou colorée des tracés évidents ou supposés. Un premier fragment sera enlevé (volé) sur son côté droit, facilité par une fissure déjà visible sur les moulages du XIXe siècle et les clichés de la première moitié du XXe siècle. Une autre partie en bas du monolithe sera volée à la fin des années 90 ; c'était un des trois fragments replacés en connexion lors de la restauration ancienne. Finalement l'original sera soustrait de la tombe pour être exposé dans le centre d'accueil du CMN à la Table des Marchands, incrusté dans un coffrage en bois.

Faute d'avoir pu extraire la stèle trop bien calée dans son coffrage, l'acquisition par éclairages tournants est devenue plus compliquée – des secteurs entiers sur les bords ne pouvant être éclairés – et la photomodélisation devra se limiter à la surface gravée et aux arêtes de l'objet (station 1). Pour pallier ces manques, ainsi que ceux découlant des vols, un retour fut décidé vers les moulages opérés dans le passé. Tout d'abord en enregistrant le tirage positif en plâtre conservé au musée de Carnac (station 2), mais qui a fait parfois l'objet de quelques retouches ponctuelles au doigt, effaçant plusieurs détails (N° 2009.0.1578), en photographiant ensuite le moulage négatif (station 3), également en plâtre, conservé depuis 1863 au musée de Vannes (n° IM 0778), qui préserve en revanche une bonne qualité des informations de surface.

Les données principales peuvent être résumées comme suit.

- *La microtopographie du tumulus*, le plan et les élévations des structures internes ont été enregistrés et calés par lasergrammétrie (scanner 3D Faro X3D 130) au moyen de 14 stations, totalisant 311 533 746 millions de points, et par photogrammétrie (1 chantier en drone).
- *La morphologie tridimensionnelle du support* a été rendue par une photomodélisation des surfaces (boîtier Canon EOS 600D ; corpus de 19 clichés au format jpeg, allant de IMG_7887 à IMG_7905 ; focale de 20 mm ; ouverture à F/13 pour un temps de pose au 1/30^e ; ISO 2000 ; traitement photogrammétrique par logiciel *Agisoft Photoscan*). Le nuage de points a été décimé dans *CloudCompare* à un point tous les 0,5 mm et maillé dans *Géomagick*.
- *L'enregistrement des élévations et le plan de la ciste* ont été rendus par une photomodélisation des surfaces (boîtier Canon EOS 600D ; pour les parois, corpus de 102 clichés au format jpeg, allant de IMG_1262 à IMG_1363 ; pour le sol corpus de 45 clichés au format jpeg, allant de IMG_1364 à IMG_1408 ; pour les dalles de couverture, corpus de 160 clichés au format jpeg, allant de IMG_1409 à IMG_1568 ; focale de 18 mm ; ouverture à F/13 pour un temps de pose entre 0,6 et 2,5 s ; ISO 3200 ; reconstruction par logiciel *Agisoft Photoscan*).
- *Le levé photographique des gravures par éclairages tournants*, sur lequel va porter notre descriptif, s'est fondé sur trois stations d'images compilées formant un total de 301 clichés (Nikon D5000 ; objectif DX Nikkor 18-70 mm AF-S ; ISO 200 ; format RAW ; ouverture à 16, temps de pose allant de 0,5 à 3 s ; correction objectif dans *Adobe Photoshop CS5*).

- Le dessin vectoriel des tracés et anomalies fut opéré par logiciel *Adobe Illustrator* CS5 sous tablette graphique Wacom/Intuos.

4.5.2. Descriptif des signes sur la stèle originale et sur ses copies anciennes

Les motifs seront désignés par des lettres capitales, en commençant par le haut de la stèle et en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre. Un signe interrompu mais se poursuivant sera décliné au sein du motif par des sous-ensembles chiffrés.

4.5.2.1. Station 1 : levés par éclairages rasants et tournants sur l'original (Locmariaquer, CMN)

L'ensevelissement ancien du monolithe et une réalisation des gravures sur un miroir de faille ont largement contribué à la bonne conservation du support et de quelques traces techniques. Plusieurs dizaines d'impacts ont ainsi été relevés, préférentiellement au sein des gravures, la surface du granite n'ayant pas nécessité de dressage particulier. Ces enlèvements ponctuels sont plutôt circulaires, d'un diamètre allant de 2 à 7 mm. Sur le côté droit du motif en « écusson », et aux extrémités proximales des signes « hache » et « crosse » sur la hache emmanchée placée en haut et à droite, des enlèvements longitudinaux plaident pour des enlèvements obliques en percussion posée indirecte.

Corpus photographique (846,6 Mo) : 106 photos au format .NEF (11,7 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 106 photos corrigées au format .jpeg (9,2 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ; utilisation des photos DSC_0172 à DSC_03271.jpeg.

Corpus graphique vectoriel (3,56 Go) : 66 fichiers vectoriels au format .ai (59 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse (fig. 14).

- Le motif **A** est une hache emmanchée. A1 est antérieur au manche croisé A2. Le tranchant est courbe mais le raccord au corps est anguleux ; aucun talon n'outrepasse la manche ; le crosseron est en volute très recourbée.
- Le motif **B** est une hache emmanchée. Ici encore le manche B2 est postérieur à la lame polie B1. On note que cette fois le tranchant est rectiligne.
- **C** est un segment droit, qui ne trouvera de solution qu'avec la station suivante.
- Le motif **D** est une hache emmanchée, dont la crosse D2 est très peu recourbée. Le tranchant D1.1 est encore rectiligne mais le talon D1.2 est étroit et peu réaliste.
- Le motif **E** rassemble tous les contours et détails formant « l'idole », « l'écusson », ou motif phallique selon notre proposition :
- **E1** est interrompu par un motif de hache emmanchée, E1.2 et E1.3 font partie du même contour ;
- il est difficile de dire si **E6** était le suivi de E1, **E7** puis **E8** – « rostre » apical - interrompant le linéaire en question ;
- **E2** est postérieur à E1, mais également à **E3** qui semble un premier tracé préparatoire ou résiduel, également superposé par **E4** formant, symétriquement à E2, la base rectiligne du motif ;
- on ne comprend pas la raison d'être de **E5** qui élargit le tracé E6, et lui est donc postérieur.
- À l'intérieur de cette figure phallique, plusieurs motifs sont rassemblés :
- **F** est une hache emmanchée, clairement réalisée avant l'inscription du motif phallique. Le manche croisé est galbé (F2.2), la lame ne dépasse le manche et lui est antérieure, autant qu'il est possible de conclure en raison de l'effacement partiel.
- **G** est un motif énigmatique qui présente bien sûr la ligne habituelle du « signe en U », ou « cornu », mais muni d'une branche droite disproportionnée, résolument descendue pour s'achever en trois sortes de segments confus, **G4** et **G6** se superposant à **G5**. On note en outre que le tracé majeur n'est pas continu (ce qu'avait remarqué E. Mens en 2004, mais sans coïncider avec nos propres interruptions), de telle sorte que **G2** et **G3**, pris isolément, semblent former de pseudo-signes crosses ; mais nous avouons notre impuissance à conclure.
- Les signes **H** et **I** sont symétriquement disposés, opposés par leur crosseron.
- Le motif **J** est un « cornu » assez classique. Il se compose de 2 arcs-de-cercle **J4** et **J5** qui recoupent un tracé horizontal fait de 3 segments courts (J1, J2, J3) difficiles à hiérarchiser. Cette succession

n'a pas été relevée par E. Mens.

- Le motif **Q** est une nouvelle hache emmanchée, la lame **Q1** mal dessinée (car très petite) étant antérieure au manche crossé **Q2** à volute très recourbée. Cette stratigraphie n'a pas été vue par E. Mens.
- Superposé à **Q2**, le signe **O2** semblerait s'être poursuivi en **O1**, formant une courte crosse, mais la preuve ne peut en être apportée. Si nous sommes en accord avec E. Mens sur cette précédente superposition, l'extrémité droite de **O2** ne peut pas recouper le signe **I** comme notre collègue l'avance au moyen de l'estampage.
- Le motif **P** est une crosse galbée, en « point d'interrogation », disposée à l'horizontal, venant presque au contact de **G3** et recoupant la lame polie **Q1**.
- Après avoir épuisé cet assemblage central, reprenons le tour descriptif en revenant en bas et à droite de la stèle.
- Le motif **K** est une lame emmanchée. La lame **K1.2** est à tranchant évasé, et son talon **K1.1** est à peine visible mais bien présent au-delà du crosseron.
- Le motif **L** est une autre hache emmanchée, dont la lame **L1.2** est superposée au signe précédent **K2**. Et encore une fois le manche crossé **L2** est postérieur à l'inscription de la lame polie. Le tranchant est arrondi, le talon pointu venant presque à toucher l'extrémité distale du manche. Bien plus originale et inédite est la décomposition de la « lanière de poignée » **L3**, à l'extrémité proximale du manche. Il s'avère en réalité, en suivant le développement du tracé de cette « lanière », que non seulement il recoupe le manche **L2** mais s'arrondit, sans pour autant assurer un cercle parfait. Ce dessin, finalement proche de ce que nous avons mis en évidence sur le spécimen de hache à Buthiers – extrémité d'un manche inscrit et centré dans un anneau –, doit par contrecoup nous faire réviser d'autres exemples formés sur ce même modèle.
- Le motif **M** est une lame emmanchée, dont la lame polie (**M1.1** et **M1.2**) et le crosseron sont scindés par la cassure ancienne. Le manche est le plus long de toute la composition sur la stèle, à dimension égale de la lame.
- Le motif **N** est une lame emmanchée, poursuivie sur le bloc aujourd'hui manquant, et qui va nécessiter le retour aux empreintes du XIX^e siècle pour être commenté.
- Le motif **R** n'est pas des plus faciles à circonscrire. Il est bien sous-jacent au motif **S**, mais son tracé **R.2** a été repris au moment de réaliser **S2.1**, ce qui introduit une confusion. Au final, l'ensemble donne l'aspect d'un signe « crosse » galbé, au crosseron anguleux. Mais l'absence d'éclairages rasants dans ce secteur, en raison du coffrage, n'a pas permis de compiler autant d'occurrences que nous aurions souhaité.
- Le motif **S** est une nouvelle hache emmanchée, mais tranchant dirigé vers la droite. Ce tranchant **S2** est d'ailleurs curviligne ; le talon est très allongé, et même interrompu par la mise en forme de l'arête de la stèle. Le crosseron semble avoir été réalisé en deux fois, en témoigne la plage d'enlèvement **S1.1**. Exception dans la composition d'ensemble, la lame polie est inscrite après le manche.
- Enfin, le motif **T**, tronqué par la cassure, est difficilement reconnaissable. **T2** est un segment rectiligne qui paraît antérieur à **S1.1** ; il recoupe une plage **T1**, sans que l'on puisse dire que l'ensemble formait une autre hache emmanchée.

Conclusions intermédiaires sur la stèle originale : Pris sur un miroir de faille, les bords du monolithe ont été régulièrement et finement piquetés afin de présenter des tranches convexes régulières. Les deux extrémités sont tronquées et on ne peut exclure que les parties manquantes – non recherchées à l'époque – aient fait parties de l'entassement des blocs disposés face à l'entrée du sépulcre, et qu'elle soient encore présentes *in situ*.

La stèle gravée du Mané er Hroëck contredit largement l'idée générale que des crosses ont été transformées en haches. Tous les manches crossés, sauf un, sont réalisés postérieurement aux lames polies, et présentent une grande variabilité morphologique, qui n'est pas fonction de l'inscription plus ou moins profonde de la lame polie dans la mortaise. Le motif phallique central fut réalisé après une de ces haches.

Point crucial de cette reconnaissance, la « poignées à lanière », visible sur la hache emmanchée au bas de la stèle, doit être décrite comme un véritable anneau, trop proche de l'image établie à Buthiers/Vallée aux Noirs 6 (Seine-et-Marne) pour être l'effet d'une simple coïncidence.

4.5.2.2. Station 1 : levés complémentaires par décorrélation d'image (traitement *DStretch*)

Plusieurs impacts visibles dans le prolongement du signe **D2** et du signe **C**, insuffisamment enregistrés par la méthode des éclairages tournants (contrariés par le coffrage), d'autres concentrés au centre et vers le haut du motif **E**, nous ont conduit à mobiliser un logiciel de détection des teintes (fig. 13).

Un cliché (DSC_0365) présentant un éclairage frontal satisfaisant (non rasant) a été testé sous le logiciel ImageJ et le *plug-in* DStretch, déjà employés sur un monument morbihannais (Cassen *et al.* 2014). En travaillant dans deux espaces de couleurs (LRE, LDS) et à deux échelles distinctes (10 et 20), plusieurs informations chromatiques sont apparues qui doivent être commentées. Nous avons par conséquent relevé les emprises compilées des lignes teintées – qui sont des différences de texture dans la roche plutôt que des colorations nettement distinctes – en les enregistrant comme des gravures.

- L'enregistrement colorimétrique du signe **C** se superpose exactement à la synthèse obtenue des éclairages tournants, autrement un segment rectiligne. Mais s'ajoute dans l'espace LDS une volute caractéristique du motif de la crose, concordant ainsi avec les impacts inventoriés.
- Il en est de même avec le motif **D** où lame de hache et manche croisé, détectés dans l'espace de couleur LDS, coïncident avec le levé obtenu de la méthode précédente. Et là encore, l'extrémité distale du manche se prolonge par une courbe suivant les impacts recensés. Il est donc très probable qu'une plus large volute a originellement terminé ce manche croisé, mais très superficiellement au point que le produit définitif, bien en creux, n'a pas tenu compte de ce premier dessin.
- Plusieurs impacts concentrés vers le sommet du motif **E** ont déterminé chez nos prédécesseurs le levé de motifs incertains, jamais interprétés. Les traitements colorimétriques n'apportent pas grand-chose à nos enregistrements sous éclairages rasants, et s'il y a vraiment motif – ce dont on peut douter –, il reste énigmatique.

4.5.2.3. Station 2 sur tirage positif (musée de Carnac, n°inv. 2009.0.1578)

Nous reprendrons la nomenclature adoptée dans la station 1 pour désigner les motifs.

Le tirage positif est en bon état de conservation ; la hache du motif B a manifestement été égalisée au doigt, en raison probable d'un accident au démoulage. Les gravures contiennent en creux une coloration rougeâtre effacée, qui pourrait être le résultat d'un soulignement des motifs lors de l'exposition muséographique plutôt que le témoignage d'un agent démoulant. Plusieurs points d'impacts sont également visibles que nous avons inventoriés, notamment en bas du motif phallique, rigoureusement alignés, donnant à voir le procédé de percussion permettant de dégager le creux (fig. 15).

Corpus photographique (1,92 Go) : 171 photos au format .NEF (11,4 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 170 photos corrigées au format .jpeg (8,2 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ; utilisation des photos DSC_0195 à DSC_0255.jpeg.

Corpus graphique vectoriel (3,87 Go) : 168 fichiers vectoriels au format .ai (59 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse.

N'ont été retenus que les motifs posant certains problèmes dans la station précédente opérée sur l'original.

- La hache **S** est cette fois-ci au complet. La lame **S2** est bien postérieure au manche croisé **S1.2**. Au bas du manche, une « poignée » **S1.4** est enregistrée avec précision malgré la présence d'une fissure (qui va faciliter par la suite le vol de ce fragment) ; l'anneau est morphologiquement très proche du spécimen vu sur le motif L. On suit très bien son déroulé dans l'arc-de-cercle du bas, mais non dans la partie haute. Ainsi, comme pour l'anneau incomplet enregistré sur L, ce signe n'est pas circulaire et s'interrompt volontairement en bordure du manche.
- Le motif **R** est bien antérieur au motif S, et son extrémité gauche est cette fois bien délimitée. Le crosseron est moins anguleux que dans notre proposition faite à partir de l'original mal éclairé. L'ensemble rend finalement l'aspect d'une crose oblique dirigée vers le bas du manche de la hache A, ou bien en direction du motif phallique sous-jacent.
- Le motif de hache emmanché **N** est suivi sur la totalité du manche. Son extrémité proximale s'achève sur le nœud de tracés (le « bœuf ») que notre acquisition n'a pas réussi à démêler, le tirage manquant de précision à cet endroit.
- Une concentration de points d'impacts a été notée en **U**, sans qu'il soit possible de la raccorder aux autres négatifs d'éclats inventoriés dans cette partie sur l'original. Le centrage du « signe » au-dessus du motif curviligne n'est donc peut-être pas un accident de lecture, mais il nous est difficile de mieux conclure sur la nature exacte de cette intervention.

4.5.2.4. Station 3 sur moulage négatif (musée de Vannes, n°IMO778)

Ce moulage négatif en plâtre pris sur l'original date de 1863 (fig. 16), année de l'exploration du Mané er Hroëck. Il est d'excellente qualité, mais le pourtour débordant de matière empêche de bien apprécier les arêtes du monolithe, de même que des éclairages rasants rencontrent ici un obstacle. L'autre difficulté, plutôt inattendue, vient de la nature même du document qui, en étant en relief au lieu de présenter les

gravures en creux, perturbe totalement la vision routinière, la direction des ombres, et par conséquent le processus habituel de reconnaissance des tracés. Il faut un temps d'adaptation, et considérer enfin qu'un léger décalage est à attendre entre l'enregistrement de la limite d'un creux et celle d'un relief, malgré la qualité de conservation des signes sur l'original.

Aucune intervention humaine sur la surface moulée n'est à noter, à la différence du tirage du musée de Carnac.

Corpus photographique (614,3 Go) : 52 photos au format .NEF (12,4 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 65 photos corrigées au format .jpeg (8,1 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ; utilisation des photos DSC_0155 à DSC_0217.jpeg.

Corpus graphique vectoriel (1,66 Go) : 27 fichiers vectoriels au format .ai (59 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse.

Les trois secteurs défectueux sur l'original et sur le tirage « Carnac » ont été plus particulièrement travaillés, en recherchant : la nature du motif R sous-jacent à la hache emmanchée ; le suivi de la hache S ; enfin le dessin de l'ensemble confus (le « bœuf ») au bas de la stèle.

- Le motif **R** restitue cette fois et sans ambiguïté la morphologie d'une « crosse », au manche galbé et à l'extrémité proximale endommagée, au crosseron plutôt anguleux. La hache sus-jacente **S** donne aussi l'occasion de vérifier le contour du signe circulaire **S1.4** ; il ne fait aucun doute qu'une partie d'anneau se prolonge dans le manche, mais ne se poursuit pas pour former une complète circonférence.
- Les tracés au bas de la stèle, cette fois bien plus compréhensibles sur ce fragment conservé, se résument à trois signes crosses inscrits dans trois positions distinctes : **X** est orienté à la verticale, en forme de « point d'interrogation », et se superpose à **V** ; **W** est posé en oblique sur la gauche, venant presque au contact de **X** et recoupant lui aussi le signe **V** ; ce dernier est en oblique mais dirigé vers la droite, et cette fois en situation dynamique quasi inversée.

Cet assemblage « cinétique » des trois signes souffre bien entendu de la solution de continuité déjà évoquée ; le raccord avec l'autre tracé courbe conservé sur le second fragment en vis-à-vis demeure impossible à réaliser, même par l'imagination.

4.5.3. Conclusions

La petite stèle gravée du Mané er Hroëck (1,2 m) est prise dans un bloc de granite de Carnac naturellement aplani par un miroir de faille sur lequel ont été inscrites les gravures (fig. 17). Ses bords ont été soigneusement mis en forme par percussion pour dégager deux tranches convexes et symétriques de 20 cm d'épaisseur. Les deux extrémités sont cassées mais la fracture inférieure est ancienne, érodée, et peut former la base originelle du monolithe. Les trois fragments trouvés en fouille ne conservent aucune trace démontrant des chocs sous percuteur et bris volontaires, contrairement à l'opinion admise à leur sujet (L'Helgouac'h 1983) et leurs arêtes suivent des fissures préalables dans le granite ; le poids des matériaux et/ou la chute de la stèle peuvent expliquer la disposition groupée des éléments.

Considérée par les premiers fouilleurs comme un « verrou » devant l'entrée de la tombe en ciste, il n'est à ce titre pas douteux que les perles en variscite, disposées au-dessus des dalles de couverture, peuvent faire écho à ce dépôt d'une stèle. A telle enseigne que ce nouvel ensemble signifiant plaide désormais pour une mise en scène d'objets d'exception en dehors de l'espace sépulcral proprement dit. On peut dès lors se demander si les deux dalles en orthogneiss allochtone qui forment le plafond de la chambre, peut-être issues d'un même affleurement tabulaire (Cassen et al. 2012), ne participent pas de ce recrutement de signes et matériaux rares.

La petite stèle gravée du Mané er Hroëck contient au moins 10 haches polies emmanchées et 7 crosses de jet. Une telle accumulation est inédite dans l'ensemble du registre armoricain, exceptée la stèle gigantesque de La Tremblais à Saint-Samson-sur-Rance, couverte de gravures sur trois de ces faces, et qui dépasse ce nombre de lames emmanchées (cf. infra). Une telle accumulation de signes doit être directement liée au caractère exceptionnel des dépôts de bracelet et lames en jade et en fibrolite autour du corps du défunt, dont le nombre et la variété des morphologies dépassent les corpus des deux autres grands monuments comparables (Tumiac et Saint-Michel).

Les relations d'antériorité relevées entre signes, ainsi que la géométrie de la composition dégagée des orientations de motifs selon deux axes principaux, témoignent tout à tour d'au moins deux phases de réalisation :

- la première suit parfaitement un axe imaginaire vertical qui diviserait la dalle en deux par son milieu et se superposerait au plus long manche de tout le registre (hache M) ; elle rassemble les haches emmanchées verticales et peut-être les signes crosses disposés aux extrémités, en haut à droite et en bas à gauche ;

- la seconde phase réunit le motif phallique, dont l'axe qui le partage symétriquement est nécessairement oblique par rapport à la situation précédente ; dans cette perspective, le signe « cornu » (ou « oiseau ») et les deux crosses opposées qui le surmontent s'accordent ensemble à cette nouvelle orientation.
- Les directions des parties actives des armes doivent être soulignées :
- une majorité d'entre les haches emmanchées (8/10) tournent leur tranchant vers la gauche ;
- le groupe dynamique des 3 crosses au bas de la stèle tourne les crosses vers la droite.

Deux motifs de haches emmanchées (L et S) à morphologie similaire (tranchant convexe et long talon appointé) et les seules de surcroît à être caractérisées par des anneaux à la base des manches, sont curieusement disposées aux extrémités d'une diagonale tandis que leurs tranchants sont opposés par leurs orientations.

Les emmanchements restitués par ces gravures se partagent entre 5 lames ne dépassant pas le manche et 5 lames outrepassant la mortaise.

Enfin au chapitre sémiotique, on soulignera les implications conceptuelles découlant du nouvel enregistrement des tracés au niveau des « poignées » des deux haches placées aux deux angles de la stèle. Le dessin des signes est clairement circulaire sans pour autant qu'une circonférence soit bouclée intégralement. On se souviendra que J. L'Helgouac'h a toujours qualifié ces détails graphiques en tant qu'« anneaux », notamment à propos de l'exemplaire de Dissignac (Saint-Nazaire, Loire-Atlantique) et de celui de la Table des Marchands (Locmariaquer, Morbihan), sans qu'une relation ne soit cependant établie en faveur d'un objet vrai, de type bracelet en pierre (L'Helgouac'h 1965, p. 81 ; L'Helgouac'h et al. 1970, p. 516). Mais ce choix descriptif est révélateur de l'aspect pris par cette terminaison du motif. La découverte de l'assemblage d'un anneau superposé à l'extrémité du manche d'une hache polie sur le rocher de Buthiers (Seine-et-Marne - Cassen et al. 2014b et c) éclaire bien entendu d'un jour nouveau l'association observée sur la stèle du Mané er Hroëck. Il faut par conséquent envisager résolument, dans l'ouest de la France, que cette terminaison est la nette représentation d'un anneau en pierre, symboliquement associé à l'objet emblématique du Néolithique.

Nous avons déjà rapporté combien la description de la pointe du talon de la hache extraordinaire à nervure centrale, intentionnellement placée au centre de l'anneau en jade disposé sur le sol de la tombe, avait stimulé les anthropologues et les savants du XIXe siècle relativement à cette possibilité d'une lecture symbolique et sexuelle de leur assemblage (Soldi-Colbert de Beaulieu 1897, p. 127 ; Cassen 2000a). Les sinologues prendront d'ailleurs le relais au XXe siècle, l'exemple du Mané er Hroëck-dépôt leur paraissant la meilleure illustration comparée (Exsteens 1933). La curieuse combinaison du disque *Pi* et de la tablette *Kouci* insérée en son milieu, que l'on pense être une symbolique mobilisée au cours des sacrifices au soleil et à la lune (d'Ardenne de Tizac 1926), servira ainsi directement de modèle analogique pour commenter l'observation faite au Mané er Hroëck (Curtet 1944). Précisons que le *Kouci* est une longue tablette en jade, munie d'un taillant et d'une pointe, que l'on suppose avoir été l'abstraction finale d'une lame de hache ; cet objet précieux était plus particulièrement employé dans les rites d'hommage à la région orientale, c'est-à-dire au Soleil Levant.

Remerciements : Nous sommes très reconnaissants à Christian Obeltz pour l'aide apportée au nettoyage du cairn et à son environnement ; à Monsieur le Maire de Locmariaquer pour l'autorisation à travailler sur le terrain propriété de la commune ; à Emilie Heddebaux pour son amicale visite lors de l'opération de terrain.

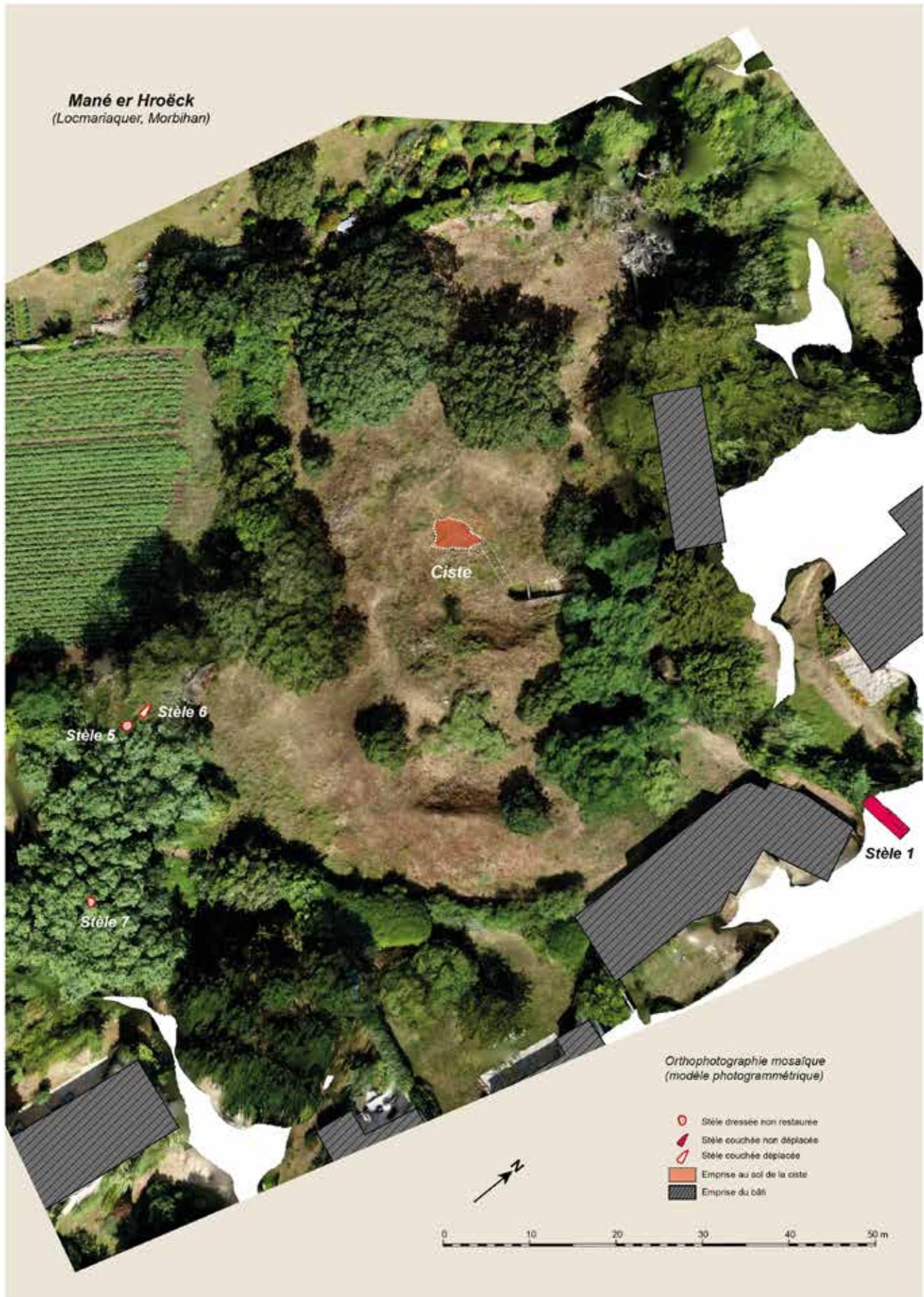


Figure 1

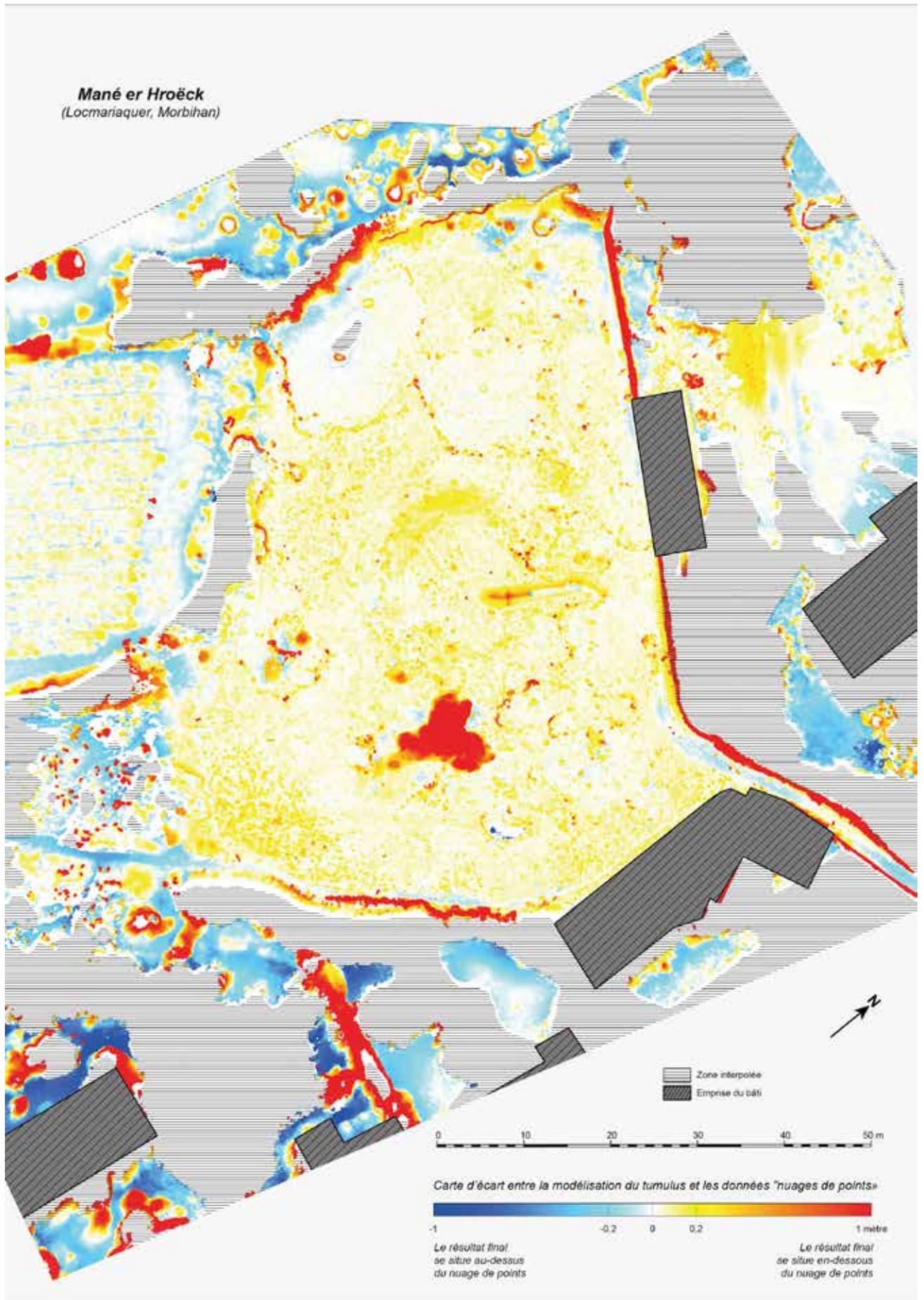


Figure 2

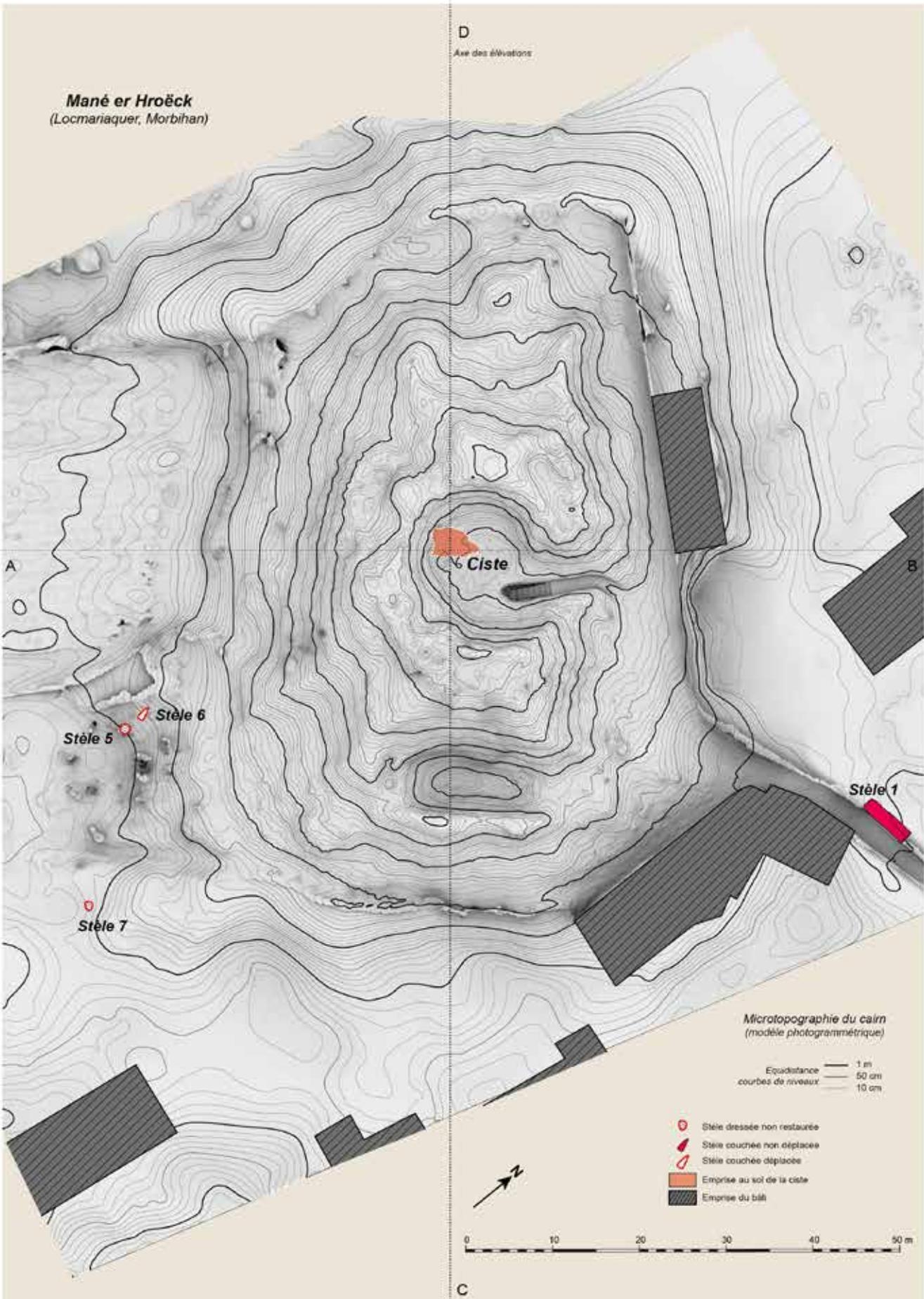


Figure 3

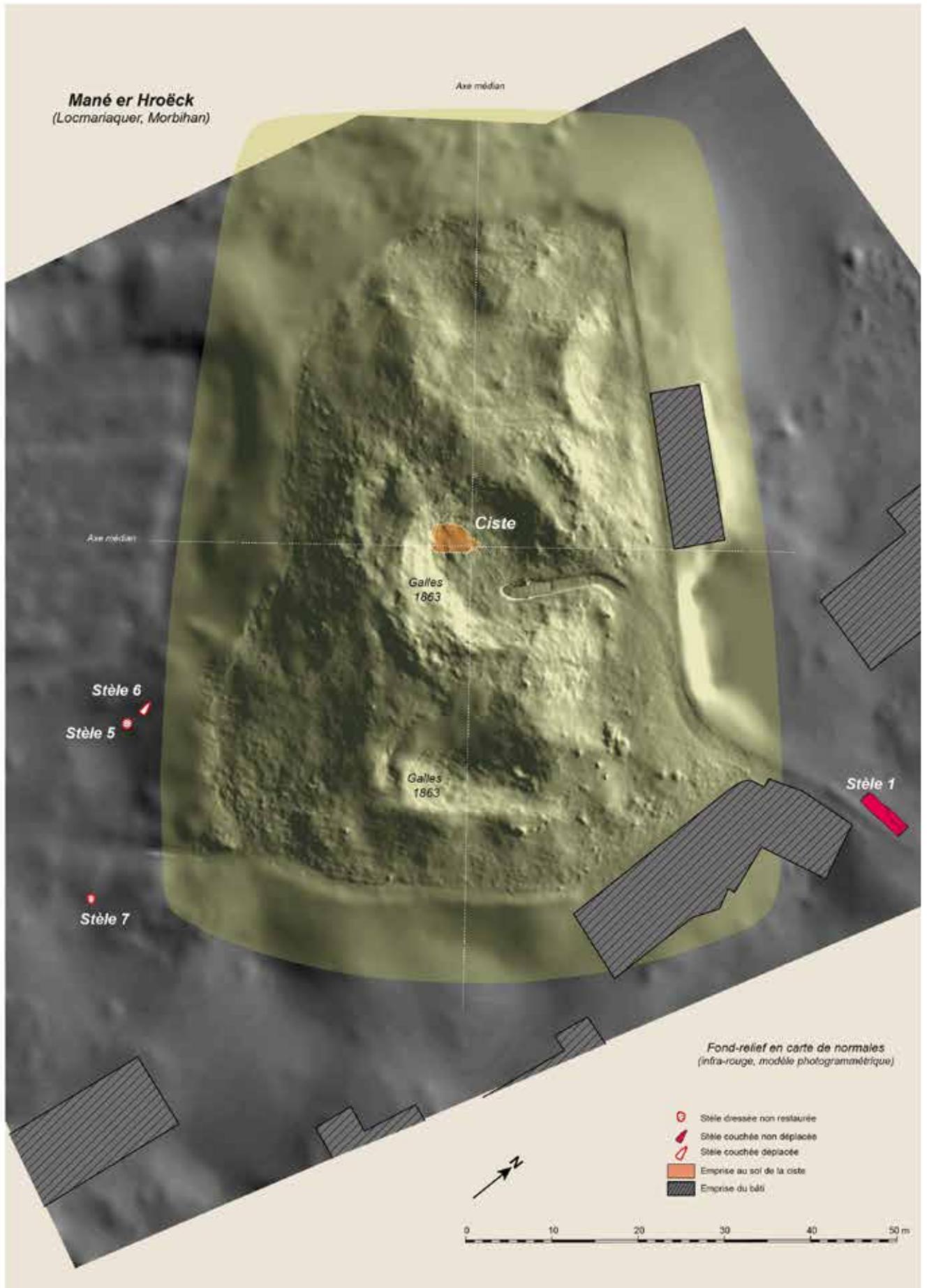


Figure 4

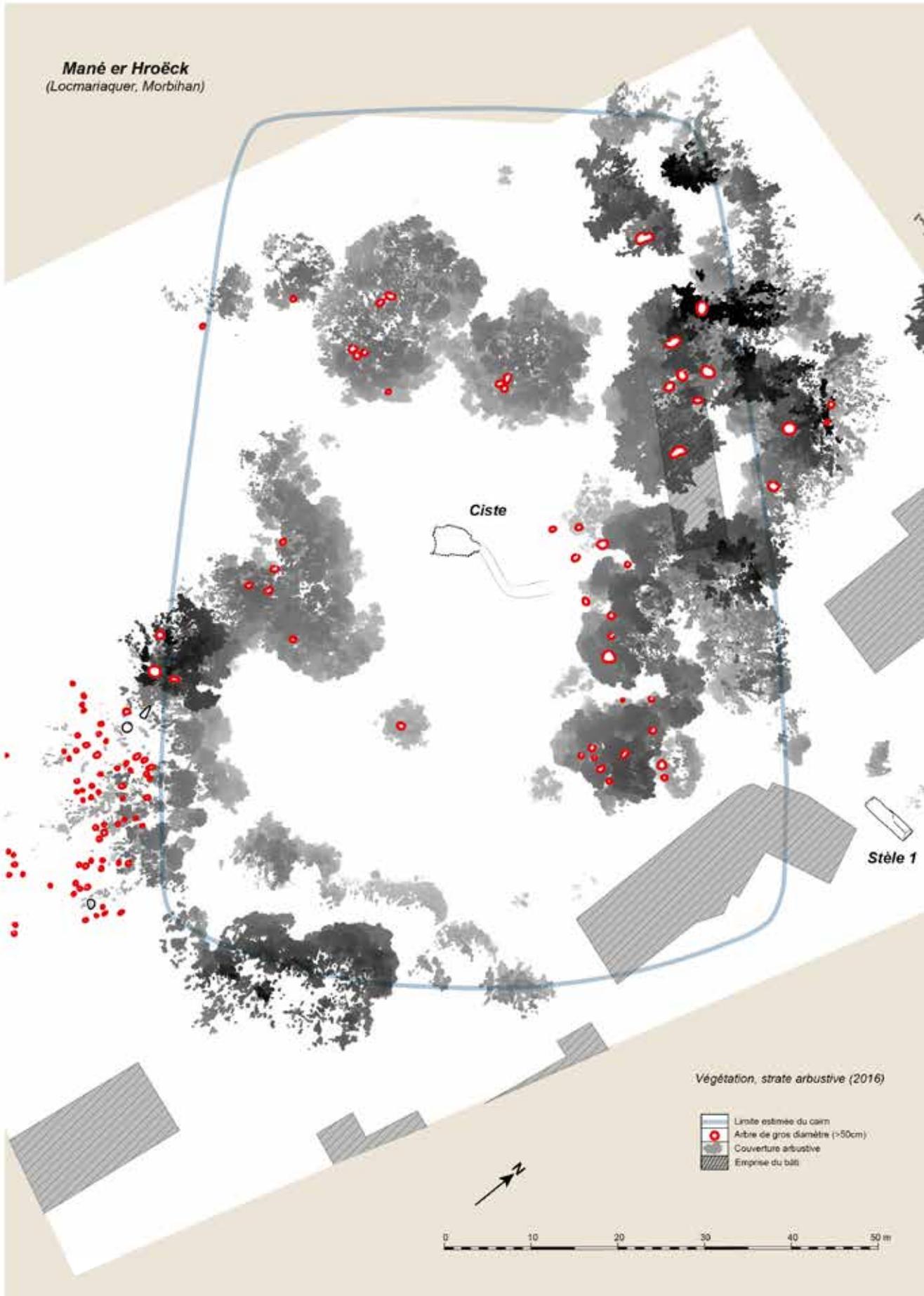


Figure 5



Figure 6

Mané er Hroëck
(Locmariaquer, Morbihan)



Etat de la végétation
(arbres enlevés)



Figure 7

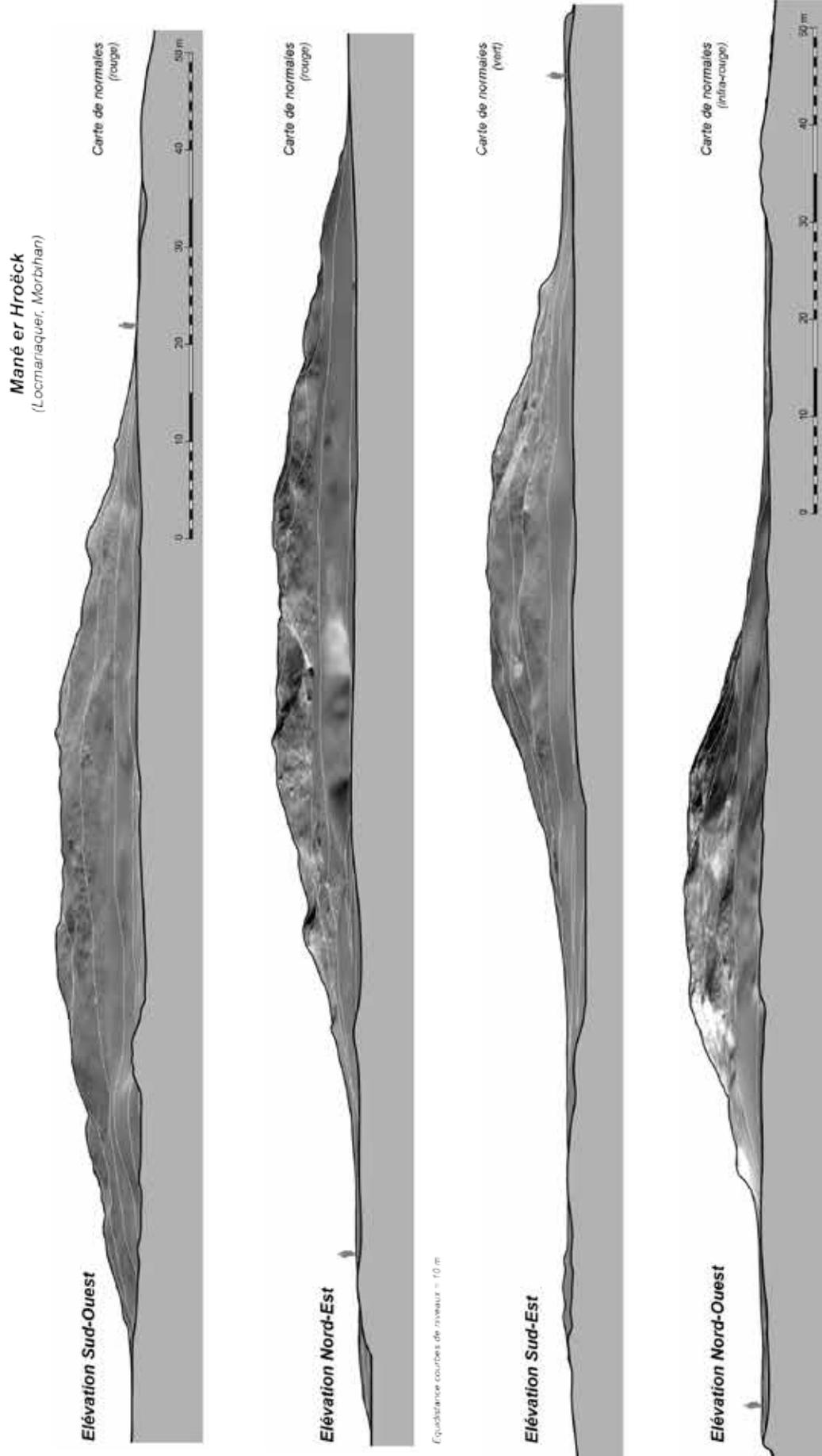
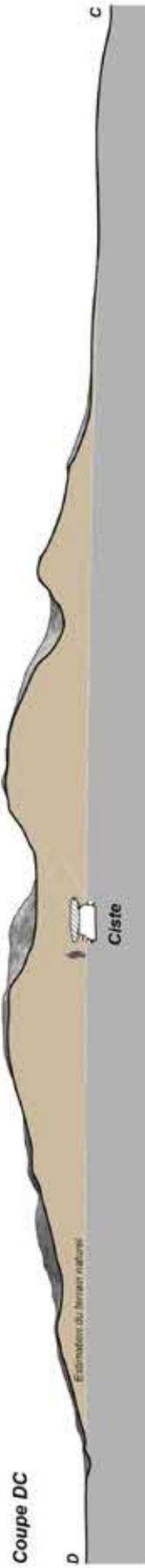


Figure 8

Mané er Hroëck
(Locmaneaquer, Morbihan)



Microtopographie sur modèle en occlusion ambiante

Échelle :
— 10 m
— 5 m
— 1 m

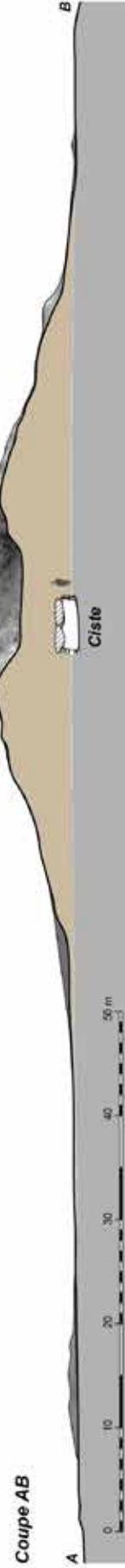
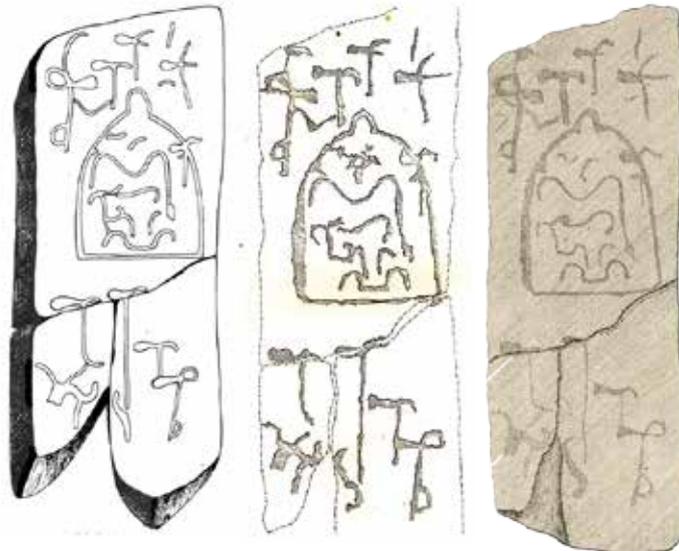


Figure 9



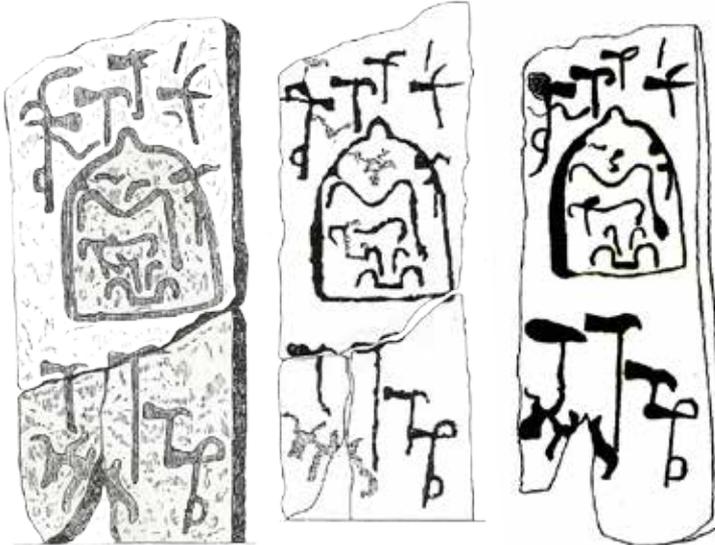
Lefebvre, Galles 1863

Cussé 1866

Closmadeuc 1873

Mané er Hroëck
(Locmariaquer, Morbihan)

Historique des représentations

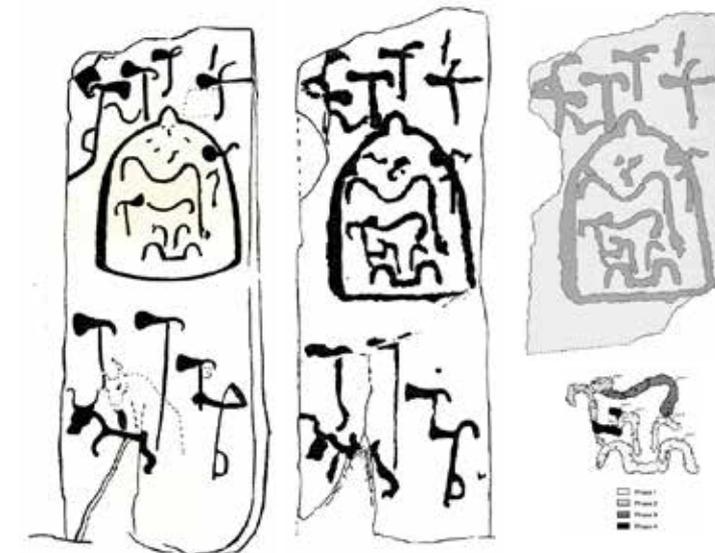


Montelius, Mestorf 1899

Luquet 1910

Péquart, Le Rouzic 1927

Le Rouzic 1922



Carénou 1935

Shee-Twohig 1981

Mens 2004



Breuil 1939

Figure 10

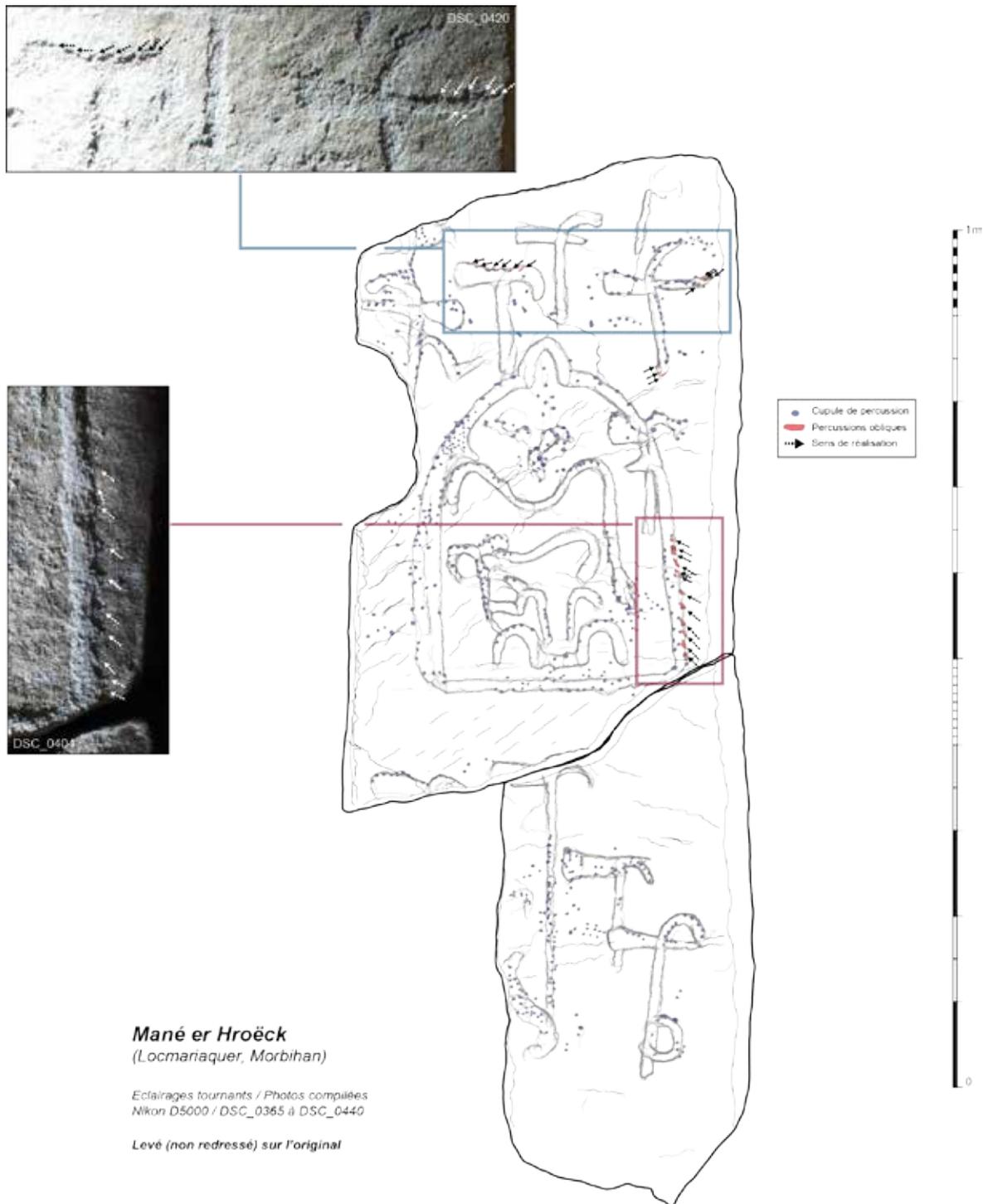


Figure 1



Mané er Hroëck
(Locmanaquer, Morbihan)

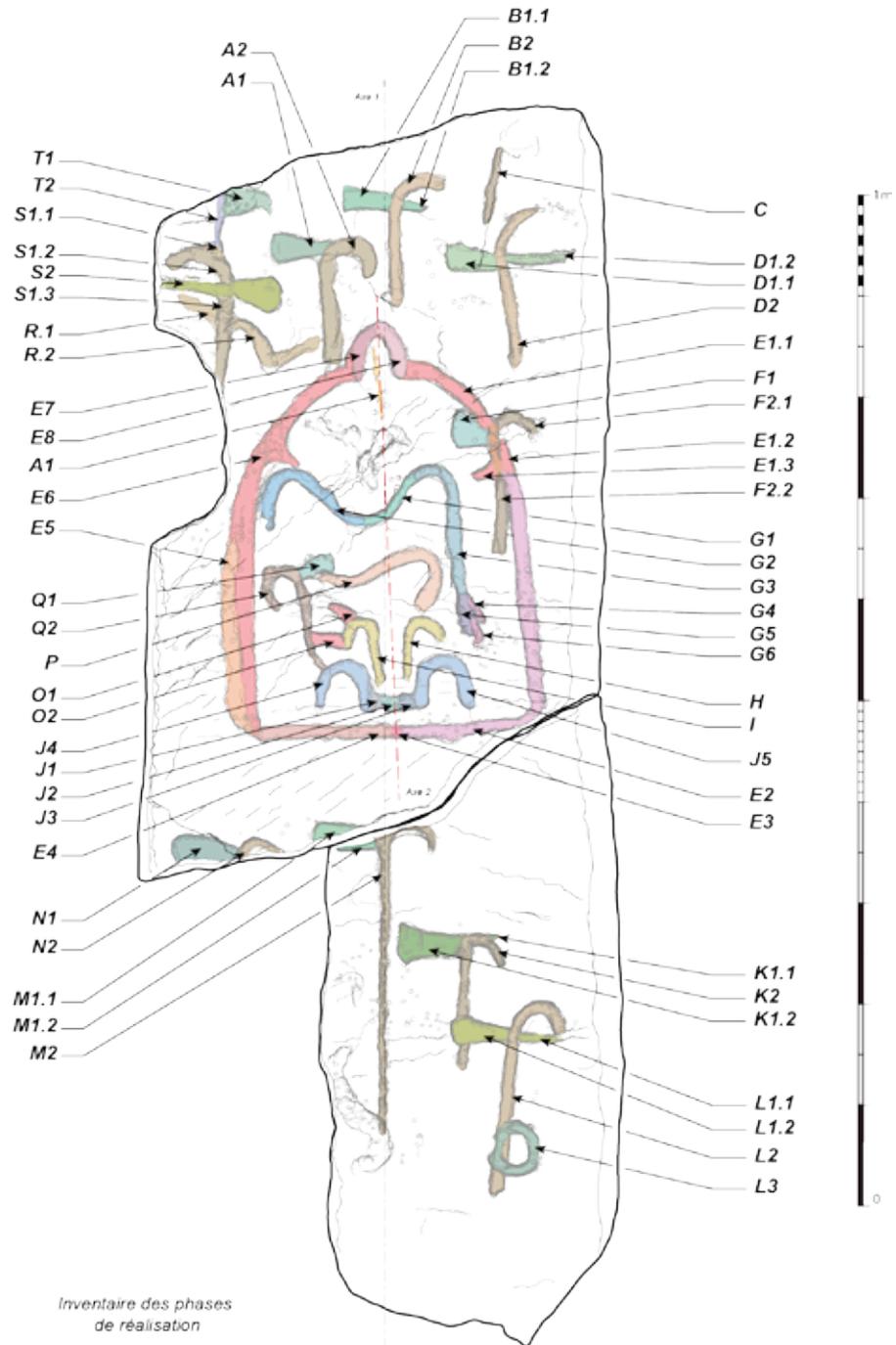
Eclairages tournants / Photos complètes
Nikon D5000 / DSC_0365 à DSC_0440

Levé (non redressé) sur l'original

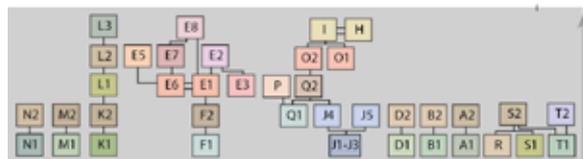
Figure 12



Figure 13



Inventaire des phases de réalisation



Mané er Hroëck
(Locmariaquer, Morbihan)

Eclairages tournants / Photos complètes
Nikon D5000 / DSC_0365 à DSC_0440

Levé (non redressé) sur l'original

Figure 14



Mané er Hroëck
(Locmanaquer, Morbihan)

Tirage de positif, Musée de Carnac
(N° 2009 0 1578)

Eclairages tournants / Photos complètes
Nikon D5000 / DSC_0195 à DSC_0355
12 septembre 2014

Levé non redressé

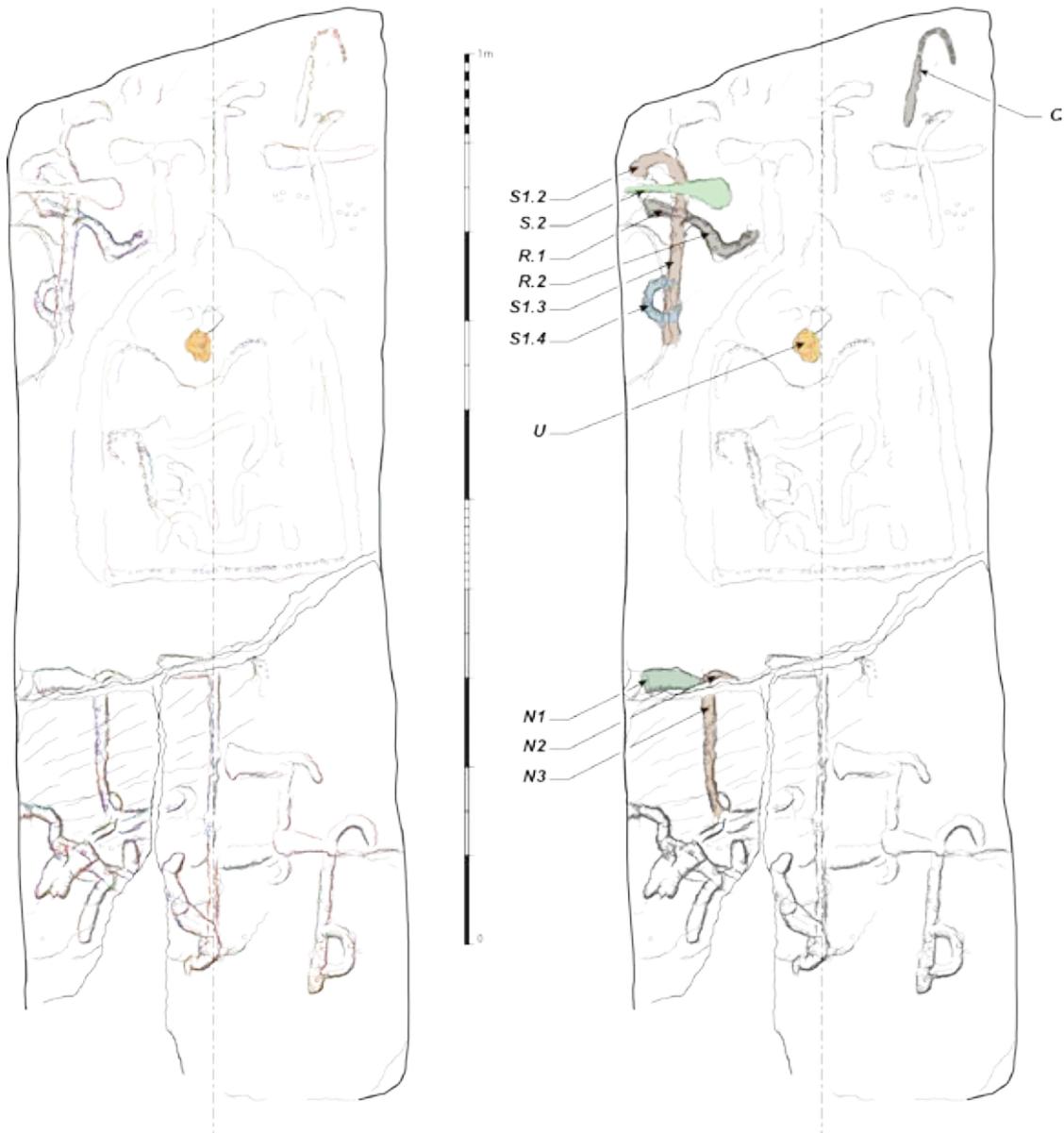


Figure 15

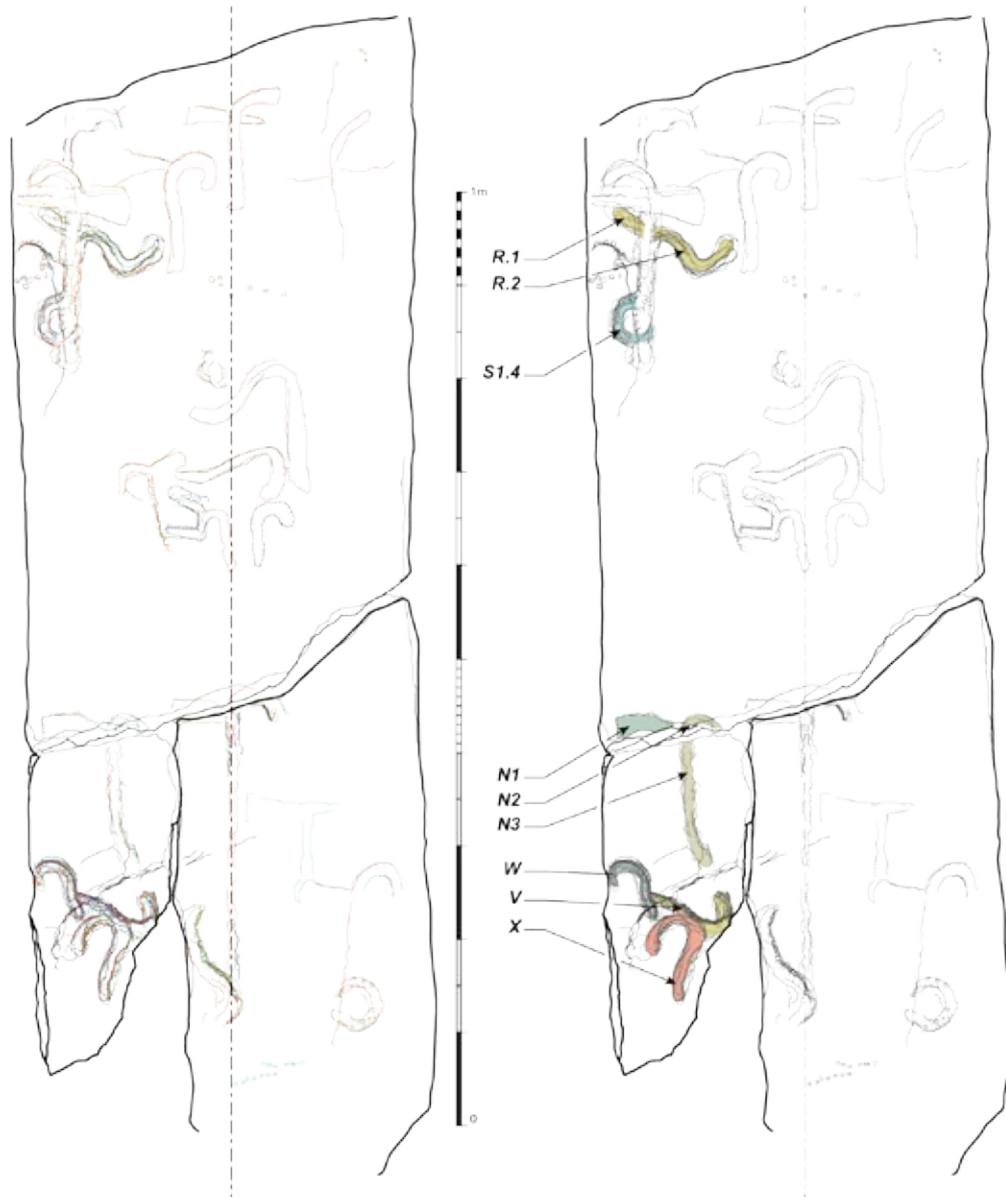


Figure 16

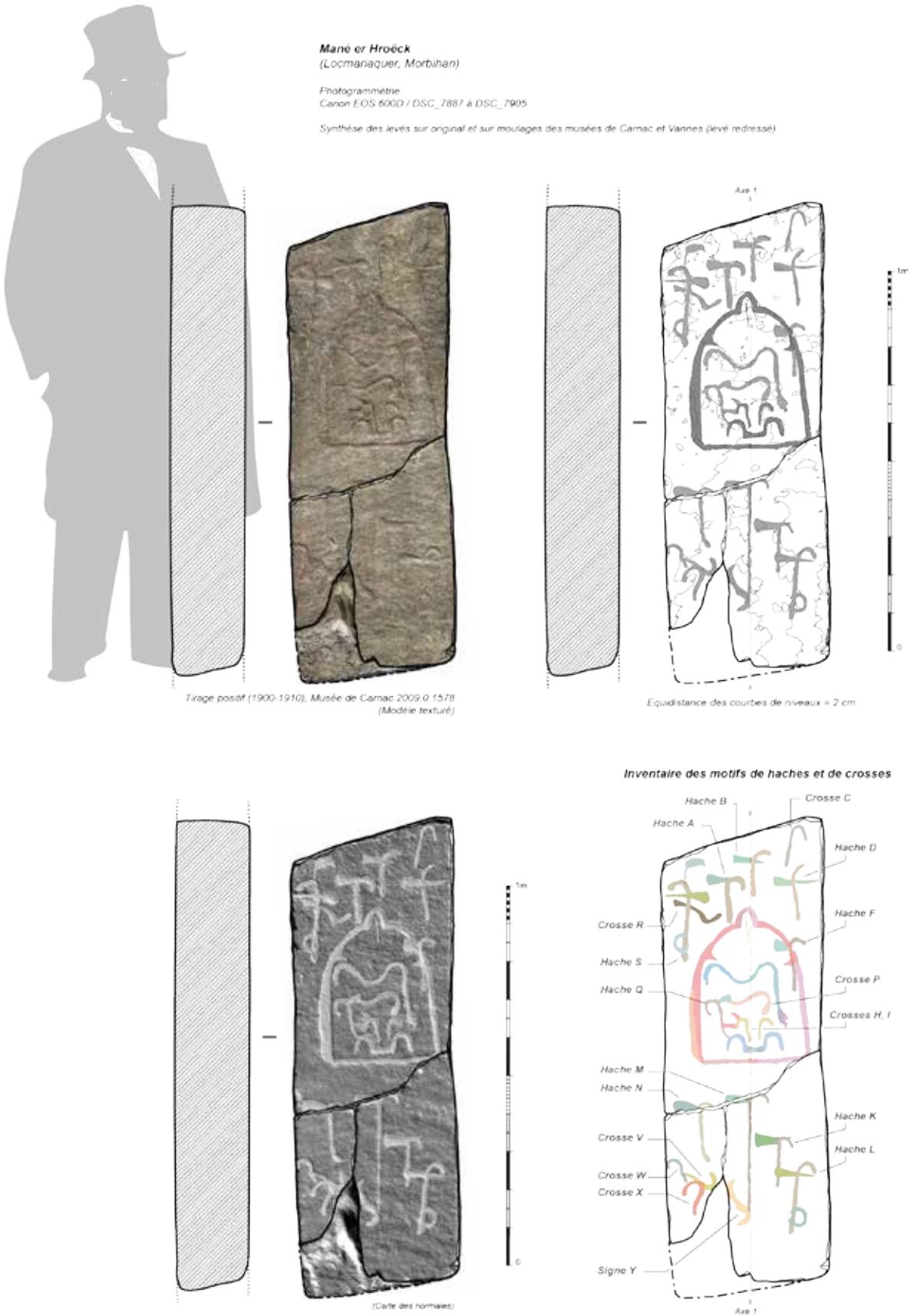


Figure 17

Mané er Hroëck
(Locmariaquer, Morbihan)

Levé redressé

Géométrie de la composition

Phase 1

Phase 2

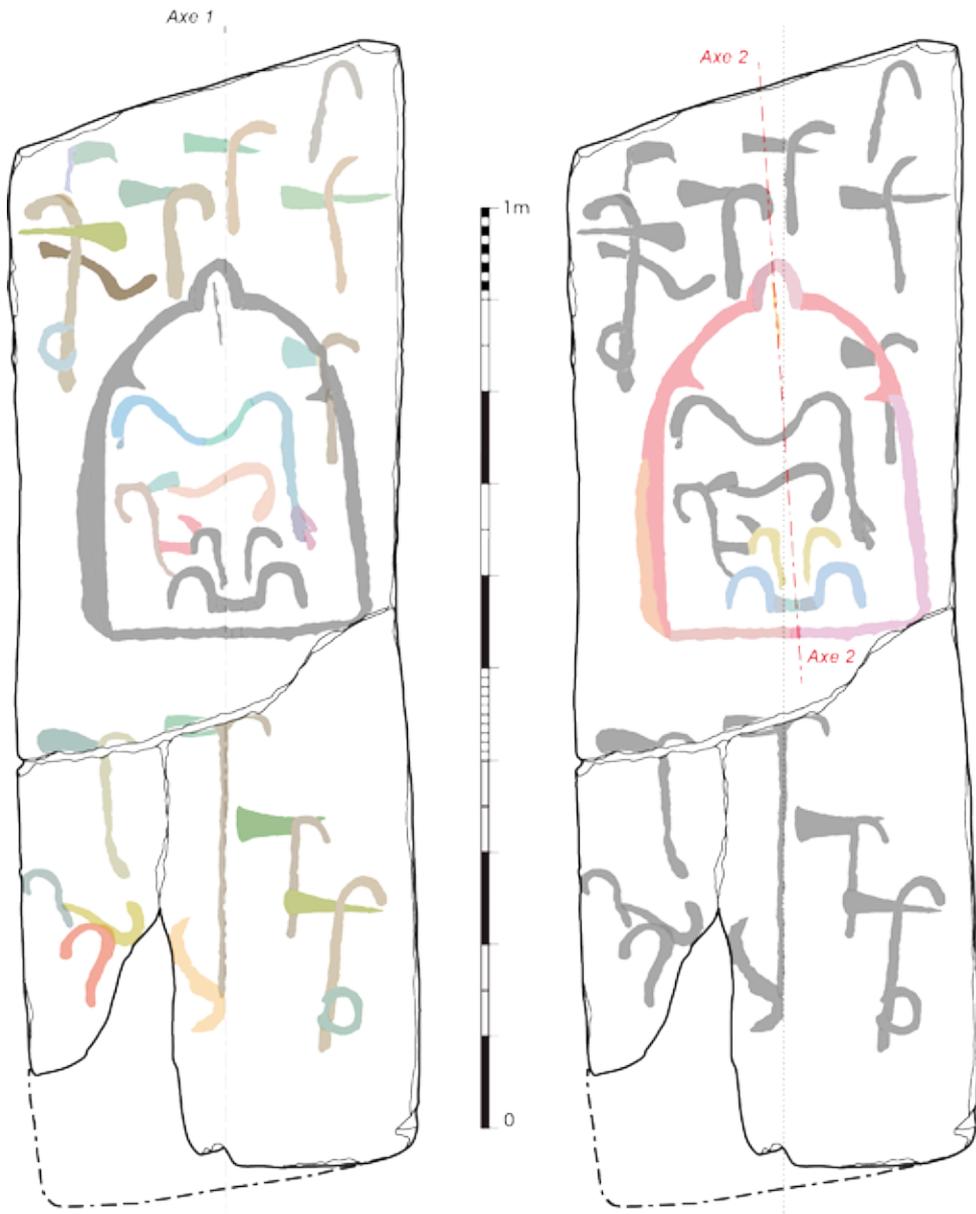
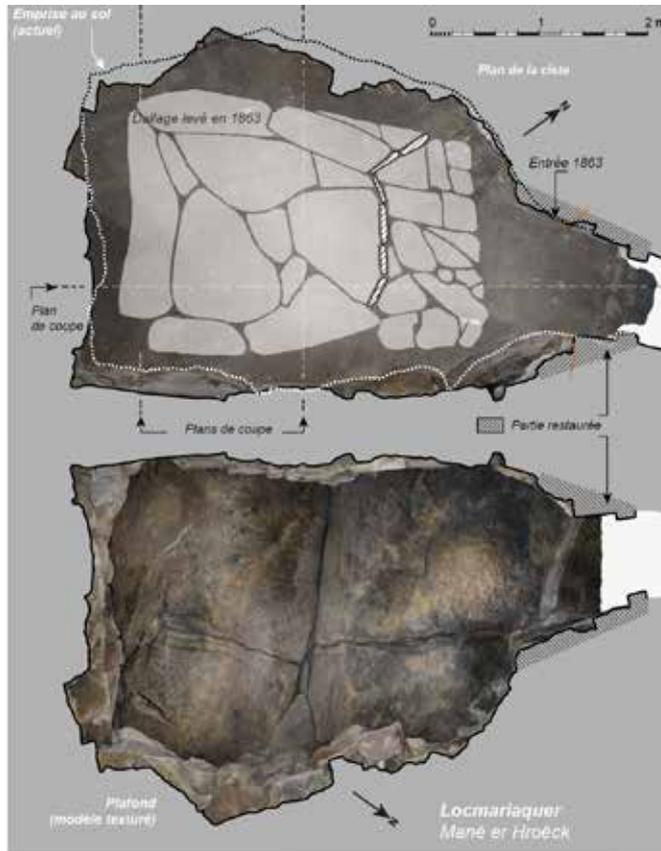


Figure 18



Mané er Hroëck
(Locmariaquer, Morbihan)

Plan et élévations
de la ciste
(modèle photogrammétrique,
texture photoréaliste)

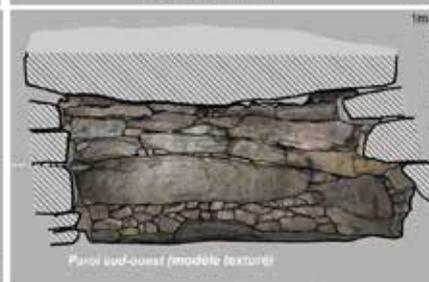
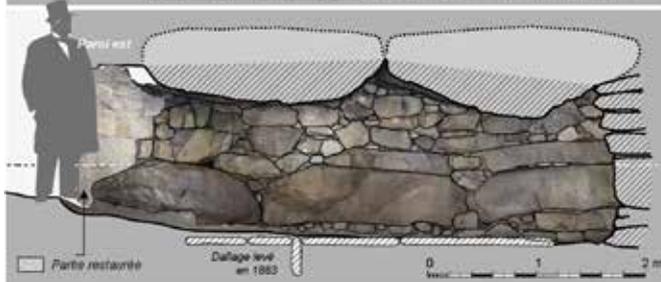
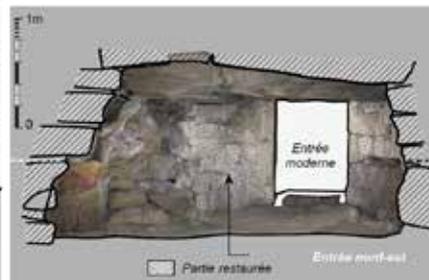
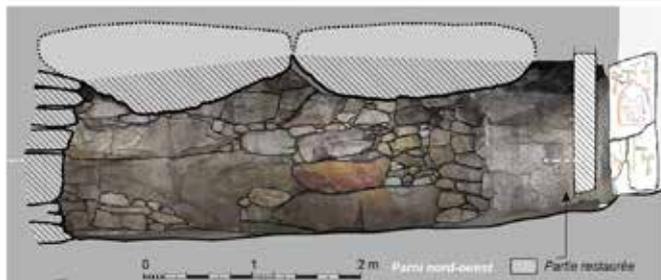


Figure 19

Mané er Hroëck
(Locmariaquer, Morbihan)

Plan et élévations
de la ciste
(modèle photogrammétrique,
en occlusion ambiante)

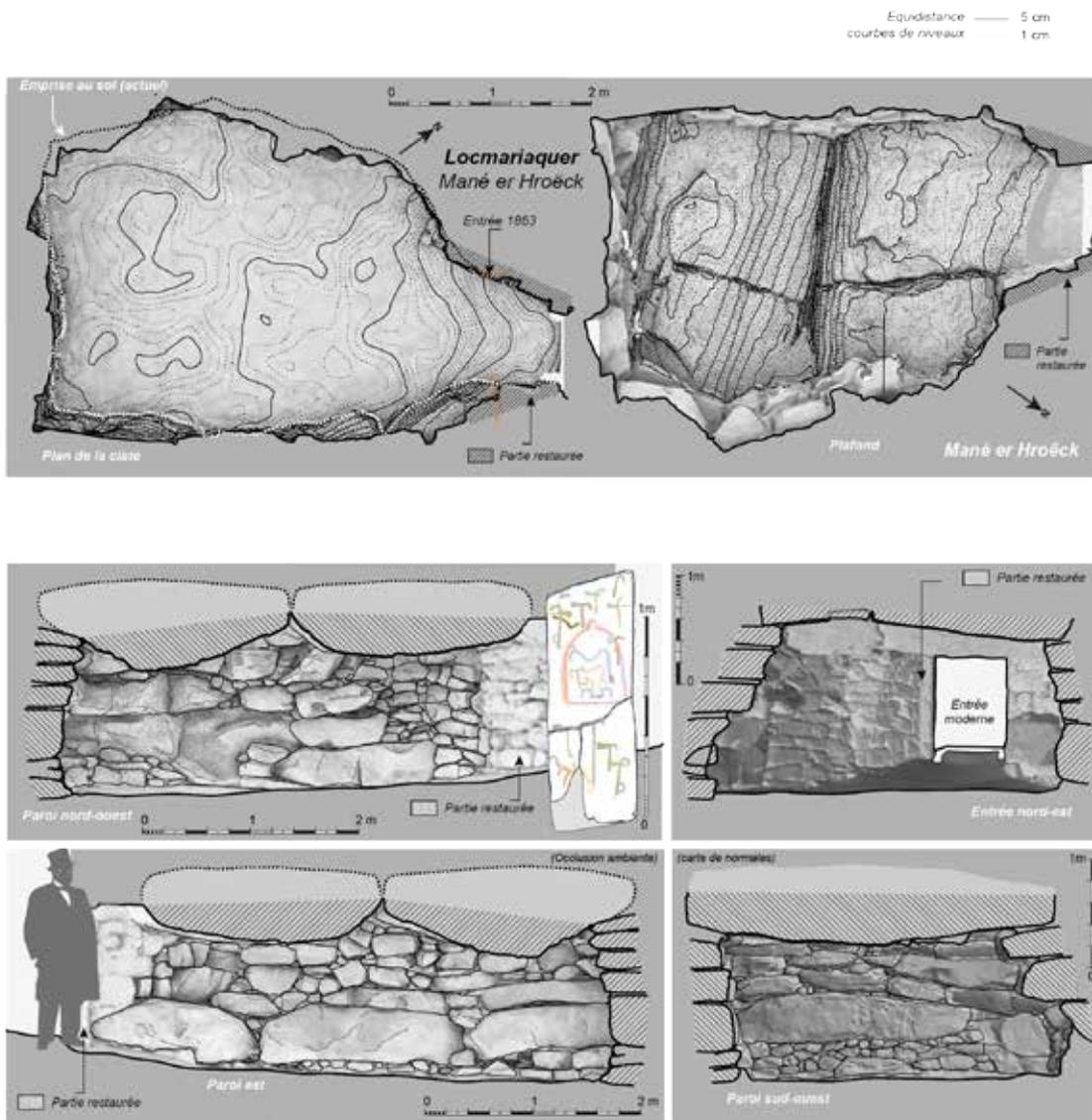


Figure 20

4.6. Petit Mont (Arzon, Morbihan)

Une journée complète (22 juin 2016) a été consacrée à l'enregistrement 3D du cairn (par drone, par photogrammétrie et par lasergrammétrie) et des gravures (par éclairages tournants) dans les tombes II (11 originaux) et III (6 originaux ; les moulages en place pour remplacer les orthostates détruits n'ont pas été repris, ils le seront en musée).

Petit Mont avait été avancé dans notre programmation, en lieu et place du monument de Goërem (Gâvres), pour répondre à une demande de la Direction de la Culture (CD56). A l'occasion d'une réunion qui nous avait rassemblé à l'Hôtel du département le 30 sept. 2015, aux côtés du Service départemental de l'archéologie du Morbihan et du gestionnaire du site (Compagnie des Ports), l'offre de visite sur Petit Mont semblait une priorité pour le département, notamment en termes de publications à destination du grand public. Aussi avons-nous accepté le principe de ces acquisitions 3D, dans un cadre scientifique. Mais, entre-temps, un changement de gouvernance sur le projet a modifié notre implication. Petit Mont sera donc traité à la suite de Gavrinis, ainsi que nous l'avions prévu au printemps 2015.

4.7. Gavrinis (Larmor-Baden, Morbihan)

On ne fera pas un historique des recherches que le lecteur trouvera dans les trois rapports d'opération adressés au SRA entre 2011 et 2013. L'année-test du PCR s'est consacrée au traitement de 3 dalles de la chambre : C1, C3 et C4.

4.7.1. L'orthostate C1

La dalle C1 partage avec C2 la paroi au sud-ouest dans la chambre quadrangulaire du monument ; il s'agit du premier pilier bien visible à gauche en entrant, dont les excavations centrales, circulaires et alignées, ont attiré l'attention des observateurs depuis l'origine des relations de visite (fig. 1). C'est l'un des trois orthostates du monument pris dans un orthogneiss, une roche ici relativement claire à gros grain riche en muscovite et en biotite ; elle est fortement structurée et présente une linéation marquée ; par contre, aucun phénocrystal n'est observé (Querré 2013, Rapport Gavrinis DRAC). Un profil en coupole, des rebords arrondis, l'absence ou la rareté de formes de décollement plaident tour à tour pour une face d'affleurement (Sellier 2013, Rapport Gavrinis DRAC), dressée et gravée. Une éponte caractérisée est repérable sur le côté droit. Des formes de décollement sont notamment antérieures aux gravures (desquamation ou exfoliation). Des pierres de calage sont visibles au sommet sous la dalle de couverture, mais on peine parfois à décider s'il s'agit de la restauration ou de l'architectonique néolithique. Il est revanche certain que les pierres fracturées par des compressions provenant du plafond sont parfois soudées par des ciments siliceux qui suggèrent des processus de pression-solution-précipitation ; ces petits moellons ainsi marqués sont alors le résultat des gestes des constructeurs.

Les gravures couvrent la quasi totalité de la surface de la dalle. La partie inférieure est cependant moins envahie ; elle correspond d'ailleurs à un état de surface étonnamment lisse et homogène sur lequel les impacts sont encore bien conservés. Ici, les formes de la météorisation sont en définitive peu caractéristiques d'une face d'affleurement, car les creux sont tous arrondis, sans arêtes sur les bords des formes concaves à l'image des vasques d'érosion. Il semble que cette morphologie soit plutôt celle d'un bloc affleurant sur un littoral.

La planéité et la ténacité de cet état naturel de surface a pu conduire d'ailleurs à ne pas préparer la pierre avant l'inscription des gravures. La typologie des impacts est assez simple, partagée entre négatifs d'enlèvement plus ou moins circulaires, et négatifs allongés qui argumentent en faveur d'une percussion oblique indirecte. On note qu'un tracé-barre (motif H) est ponctué de ces impacts, probablement conservés car ils furent les derniers à s'inscrire dans la pierre.

En partie supérieure, plusieurs plis naturels dans l'orthogneiss sont encore très visibles, au risque parfois d'ailleurs d'être confondus avec des tracés anthropiques. Ici la dalle a été entièrement dressée. L'angle supérieur gauche semble tronqué, dégageant une interruption dans la paroi par laquelle, on le sait, se sont introduits les premiers explorateurs arrivés par le « cratère » creusé au sommet du cairn.

Du point de vue sanitaire, aucune thermoaltération notable n'est à souligner. Les moisissures n'affectent que la partie basse (voile blanc) et des coulures brunes sont à noter sur la tranche de gauche. L'humidité est étendue à tout le support quand le phénomène est le plus accentué par la météorologie régionale.

4.7.1.1. Enregistrements photographiques de C1 sous éclairages tournants et frisants

C1 a bénéficié de 4 stations photographiques. La station 1 (fig. 3), prise d'un peu loin (pour éviter la déformation sur le très grand angle), pêche bien entendu par sa précision. Les stations 2 et 3 ont donc été conduites pour préciser les parties basses de l'orthostate faiblement inscrites dans la roche. Enfin la station 4 s'est déportée sur le côté droit pour enregistrer la tranche gravée, secteur non détecté par nos prédécesseurs.

1. Station 1

Corpus photographique (1,59 Go) : 138 photos au format .NEF (12,4 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 125 photos corrigées au format .jpeg (2,4 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ;

Corpus graphique vectoriel (4,48 Go) : 104 fichiers vectoriels au format .ai (48,7 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse.

Pour assurer le descriptif des tracés, 23 motifs ont été arbitrairement distingués par des lettres majuscules (A à W), déclinés en autant de chiffres que de tracés, et seront renommés à l'heure d'interpréter la composition dans son ensemble. Nous les décrirons un à un, en allant du haut vers le bas du monolithe, et en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre.

- **A** : Ce motif est hétérogène dans l'état de ce relevé. Il comprend en effet 6 signes, 3 très fragmentaires (A1-3) qui devront être confirmés et 3 tracés curvilignes parallèles (A4-6).
- **B** : Cinq tracés imbriqués forment le motif B. L'association est peut-être arbitraire entre B1 et B2, tracés seulement courbes, et B3, B4 et B5 qui sont des signes anguleux de type « crosse ». On note que B3.1 est antérieur à B3.2, assurant une réalisation de la gauche vers la droite et de haut en bas.
- B4.2 est supposé par cette nomination faire la suite logique de B4.1, mais le plissement dans la roche nécessite de contrôler cette question en suspens pour en pas entraîner de confusion. Par ailleurs, une vue un peu éloignée laisse l'impression d'une continuité graphique entre B3-5 et V3-5, mais une nette interruption naturelle dans la roche ne permet pas de le dire. Ce sont bien des gestes différents qui marquent ces deux motifs.
- **C** : Un seul tracé se confond avec le motif : il en ressort clairement une forme de crosse dextre, en « point d'interrogation », postérieure à tous les tracés qui l'entourent.
- **D** : Quatre tracés concentriques (D3 à D6) répètent à leur tour une forme crossée dirigée vers le sommet de l'orthostate. A deux reprises (D3, D6), les tracés semblent se poursuivre sous les signes B3 à B5. D1 et D2 sont plus difficiles à suivre et il paraît impossible de conclure sur leur aspect d'origine.
- **E** : Les tracés E1 à E3 réunis en un seul motif sont également le résultat d'un choix arbitraire. Ils sont partiellement concentriques et ne sont pas arrêtés pour 2 d'entre eux par une fissure dans la roche. Une séparation a été faite autour de cette fissure (E2.1 et E2.2, E3.1 et E3.2) mais sans pouvoir décider l'ordre de réalisation.
- **F** : Ce motif bordier rassemble une importante série de 16 segments tout d'abord rectilignes puis légèrement crossés en allant vers la droite et au bas de la composition. Un dix-septième segment (F0) est inscrit entre E2.3 et E3.3. Placé par évitement, il laisse entendre que l'ensemble du motif est postérieur, ce que ne dément pas le signe F5 recoupant G1 et G2.
- **G** : Onze tracés courbes, puis anguleux en fin de série, occupent une bonne partie du support depuis son centre jusqu'à son bord droit. Une barre (H) largement inscrite dans l'orthogone recoupe dix de ces tracés. G11 à son tour se superpose à la série des signes parallèles en I.
- Le sens de réalisation est difficile à restituer, faute de relations d'antéro-postériorité entre ces 11 signes. Mais on subodore que G11.1, en voulant recouper la série parallèle en I, se devait de s'inscrire à angle droit pour se superposer aux extrémités de I1.1 à I9. Partant de cette figure, on constate que l'angle ainsi marqué progressivement se perd, jusqu'à se transformer en une courbe venant en G1 exactement se fondre dans la courbe fissurée naturelle visible dans la roche. Le processus inverse peut plus difficilement se concevoir, car cela voudrait dire que l'opérateur anticiperait sur la forme angulaire finale en progressant d'une forme à l'autre pour exactement aboutir à la situation actuelle tout en respectant les intervalles. Nous concluons que la série fut établie de la droite vers la gauche, appuyée d'une part sur le bord de la dalle, et d'autre part sur les extrémités du motif I.
- **I** : Ce motif est le plus complexe de la scène en son ensemble, et nous n'avons pas pu le décrypter entièrement avec la seule station d'acquisition n° 1. Aussi nécessitera-t-il un complément d'informations.
- Actuellement, nous dénombrons 12 tracés parallèles et concentriques. Certains sont rectilignes (I1, I6, I8, I9 à I12), d'autres se poursuivent par un cercle (I7, I3, I2), une spirale (I4) ou un méandre (I5). Il est patent que le « trou » à gauche a interrompu le déroulement de certains de ces tracés. Il demeurera par conséquent une incertitude sur le fait que nous suggérons que G11.3 est le signe prolongé par delà le motif H en venant tourner à angle droit pour arrêter la série I au complet.
- Notons que le tracé I16 est hypothétique, incongru même dans le développement des signes voisins, et devra donc être précisé par une station plus proche.
- **J** : Ces 4 tracés ou pseudo-tracés sont des témoignages d'une réalisation antérieure à l'aménagement de la cavité de gauche, mais il nous a été difficile de mieux les qualifier par ce dessin incomplet.

Le motif **V** proposé sur la gauche relève du même défi sur cette surface profondément reprise par martelage.

- **K et L** : Le motif K est médiocrement enregistré, faute de pouvoir illuminer le bas de la scène. Il nous faudra le compléter, la carte des écarts du modèle lasergrammétrique n'étant pas d'un grand secours. Deux tracés concentriques (K1 et K2) paraissent présenter un méandriforme encore trop mal suivi. Les deux tracés réunis sous le motif L sont également incertains quant à leur réelle inscription et devront être tout autant précisés par une station supplémentaire.
- **M** : Ce motif est assez parent de son grand voisin en I. Nous dénombrons 9 tracés concentriques partagés entre formes ovalaires (M3, M4), spiralée (M5), en méandre (M6). Ici encore un tracé (M7) est interrompu par le dégagement de la cavité la plus à gauche. Par ailleurs, les deux arcs radiés M7 à M9 s'appuient sur un ressaut dans la pierre. M2 devra être affiné par une station plus approchée, notamment en résolvant son rapport avec le motif L.
- **N** : Trois segments rectilignes ont été assemblés sous ce motif assez artificiel, qui pourrait appartenir à la famille des « remplissages ».
- **O** : Quatre tracés rectilignes et juxtaposés se succèdent depuis une horizontale à gauche (O1), en bordure de dalle, jusqu'à une oblique en O4. Nous avons distingué cet assemblage de celui qui lui succède à droite (R) en raison d'un signe (R1) qui sépare les deux ensembles. A noter que O2 est antérieur à M9.
- **P** : Le motif réunit une suite de 5 segments rectilignes de taille décroissante depuis le bord de la dalle (P2), vers l'intérieur de la composition (P6), une suite barrée d'un tracé rectiligne P1. P5 et P2 recoupent le signe basal P1. Notons dès à présent que la morphologie et la dynamique interne du motif le classent dans les « embarcations avec équipage ».
- **Q** : Quatre tracés ont été ici réunis, dans un agencement assez similaire à celui du motif P. Le signe basal Q1 est néanmoins à extrémité relevée et se distingue ainsi de P1.
- **R** : Six tracés sont ici aussi réunis sous un motif comparable à P, à la différence que le signe basal est relevé à l'extrémité gauche jusqu'à la hauteur des signes voisins. Ici encore les segments verticaux semblent postérieurs, à l'image de R5. A noter que R6 est interrompu par la cavité la plus à gauche qui a été creusée à ses dépens.
- Du point de vue de la chronologie, il paraît vraisemblable que, par évitement, O4 s'inscrive postérieurement à R1. Par ailleurs, contraint par le motif supérieur P, ce motif O lui est aussi clairement postérieur.
- **S** : Ce motif de 3 arcs radiés surmonte un court segment oblique, en s'appuyant sur un ressaut naturel dans la pierre. S3 et S4 sont postérieurs au motif similaire sur leur gauche.
- **T** : Six arcs radiés surmontent un segment vertical central T1. T7 n'est pas entièrement déployé et s'arrête mi-chemin, en venant buter sur un plis naturel dans l'orthogneiss. A noter que les arcs radiés et le segment central outrepassent cette fois l'arête du ressaut précédemment évoqué avec S. l'inscription n'est cependant pas aussi franche et profonde et l'on se demande s'il n'y a pas eu tentative d'inscription opportune dans la foliation de la roche qui apparaît par endroits.
- La chronographie ne peut se faire sur des faits de recouvrements, mais l'évitement de T7 face au plis dans la roche, et l'aplatissement de T6 face à cette même anomalie, indiquent un sens de réalisation du centre vers la périphérie.
- **U** : Six tracés plus ou moins concentriques forment un motif que nous avons temporairement détaché de E. Les correspondances de signes ne sont en effet pas exactes, d'où cette incertitude sur la contemporanéité des deux ensembles de tracés. De même, si U1 et U2 paraissent être le prolongement de A5 et A6, le manque de corrélations avec les signes suivants empêche d'accréditer la séquence, de part et d'autre d'une longue fissure dans la roche.
- U 4 et U5 sont en tout cas bien notés comme antérieur aux tracés de E2.2 et E1.2, et U2 antérieur à G1. Plus délicate est l'appréciation des extrémités inférieures de U1 et U2, qui ont subi ici le travail d'aménagement de la cavité centrale et de la « poignée » gauche.
- **V** : Au moins 3 arcs radiés, peut-être un quatrième, semblent marquer le pourtour de la partie supérieure de la « poignée », entre les cavités gauche et centrale. Effacés par le travail de martelage, il est devenu difficile de les définir ; un travail progressif circulant autour de cette poignée pourrait peut-être rendre un aspect similaire à celui de tracés de gravures en palimpseste.
- **W** : Quatre tracés, ou pseudo-tracés juxtaposés soulèvent la même interrogation que pour V. Il pourrait s'agir, ou bien du prolongement des signes du motif G, interrompu par l'aménagement des cavités centrale et droite, ou d'un effet rendu par les phases successives du martelage de mise en forme des « poignées ».

2. Station 2

Corpus photographique (540 Mo) : 74 photos corrigées au format .jpeg (Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ;

Corpus graphique vectoriel (1,88 Go) : 55 fichiers vectoriels au format .ai (37 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse.

Le corpus photographique permet de bien saisir, selon les incidences lumineuses, les différents types d'impacts, sans que notre inventaire graphique ne soit un reflet fidèle et exhaustif de ces témoins techniques. Des négatifs ponctuels et plutôt circulaires se distinguent d'enlèvements allongés, parfois de large envergure, qui laissent entendre une percussion oblique.

Pour assurer le descriptif des tracés, 7 motifs ont été arbitrairement distingués par des lettres majuscules (A à G), déclinés en autant de chiffres que de tracés, et seront renommés à l'heure d'interpréter la composition dans son ensemble. Nous les décrirons un à un, en allant du haut vers le bas du monolithe, et en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre (fig. 4).

Le motif **A** réunit plusieurs tracés circulaires autour d'une spirale centrale :

- A1 assure la délimitation complète du motif, il est donc mieux qualifié que lors du levé par la station 1 où il semblait interrompu à ses deux extrémités.
- A2 et A3, détectés par la station 1 en venant du haut, s'arrêtent en revanche sur la rupture de pente naturelle dans la roche.
- A4 englobe également les tracés centraux mais fut réalisé en deux temps, A4.1 tout d'abord, puis A4.2 à l'extrémité droite.
- A5 a été dénommé en deux temps (A5.1 et A5.2) car il est interrompu par le motif C, mais devait faire parti d'un même tracé ininterrompu.
- A6 est aussi réalisé en deux fois, A6.1 au départ du tracé sur la gauche, puis A6.2 qui ceinture à son tour le signe central, seulement interrompu par C pour donner A6.3.
- A7 est la forme centrale. Il s'agit d'un tracé débutant à droite (A7.1), retournant sur lui-même au centre (A7.2) et venant mordre sur un tracé antérieur (A7.3). Le dessin est celui d'une sorte de spirale à deux bras, mais très peu commune.
- A8 avait déjà été repéré en l'état.
- A9 est également un tracé détecté en l'état en station 1, déployé vers le haut et sans prolongement dans le motif circulaire.
- A10 et A11 ont été logiquement rattachés à cet ensemble, bien que ces deux arcs radiés soient en quelque sorte « ajoutés » au bas du motif circulaire principal.
- Le motif **B** est plus complexe que ne semble le résumer notre choix de tracés. La station 4 rendra justice de son organisation.
- B1 court jusqu'à atteindre le bord droit de l'orthostate. Plusieurs signes sont en fait confondus dans cette entité arbitraire ; nous y reviendrons.
- B2 est un tracé parallèle à B1.
- Il en est de même pour B3 et B4.
- Le signe rectiligne **C** est intrigant dans cette suite de tracés tous curvilignes. Il barre et se superpose à A5, A6 et A9 et vient toucher A7.2.
- L'ensemble **D** n'est pas vraiment un motif autonome. Nous avons réuni ici deux tracés courbes en opposition qui assurent une transition entre les deux grands motifs en spirale. Chacun aurait pu être rattaché à ces motifs respectifs.
- D1 vient recouper D2 qui lui-même se superpose à D3. Il semble que D1 s'achève sur E2, en l'évitant ; il lui serait donc postérieur.
- D4 est également inscrit entre le motif spiralé de gauche F et le méandre E2, évitant ces tracés.
- Le motif **E** est fait d'une série de trois ondulés concentriques, auquel s'ajoute un tracé surnuméraire E1 dont on ne peut connaître la cause, sinon en imaginant un repentir. Les signes aux extrémités du motif (E4 gauche, E2 droite) sont d'ailleurs très peu marqués, comme si la composition était incomplète. L'observation de ces tracés étroits est quoi qu'il en soit très difficile, et seul un inventaire des impacts permettrait d'être complet et objectif. Nous avons enregistré au surplus des lignes ondulées interrompues qui ne semblent se rattacher à rien de définitif ; nous les avons donc abandonnées.
- E2 présente un ondulé régulier sur la droite alors que l'extrémité gauche est redressée par un angle, comme si E3 était présent.

- E4 se développe sous la surface du plancher rocheux.
- Le motif **F** est ici tronqué par la fenêtre d'acquisition mais doit être décrit car son secteur droit est mieux discerné qu'en station 3.
- Les signes F1 et F2 sont en effet interrompus à peu près au même niveau, respectivement superposés aux signes F7 et F8. Cette reprise est située sur l'accident géomorphologique naturel visible dans la pierre. Les tracés F7 et F8 sont peu perceptibles à leur contact avec F1 et F2, peut-être en raison partielle de cette contrainte.
- Les signes F3 à F6 sont indistinctement désignés, bien que nous sachions (station 1 et 3) qu'ils appartiennent à deux spirales différentes.

Le motif **G** est ici rappelé pour mémoire. Les quatre tracés G1 à G4 s'achèvent sur une rupture de pente naturelle.

3. Station 3

Corpus photographique (634 Mo) : 87 photos corrigées au format .jpeg (6 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ;

Corpus graphique vectoriel (1,51 Go) : 32 fichiers vectoriels au format .ai (31 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse.

Cette fenêtre d'acquisition avait pour but de rechercher les éventuels tracés résiduels dans le secteur desquamé sur le bord gauche (fig. 5), et de mieux cerner le développement du motif spiralé dans ses parties supérieures et inférieures. Il n'a donc pas été reproduit autant de contours de signes que ne l'offrait la station, et les compléments indispensables seront trouvés en station 2.

L'ensemble **A**, bien entendu arbitraire, rassemble 3 arcs radiés n'appartenant pas au motif spiralé et dont les extrémités inférieures sont imbriquées. Ils sont distingués dans la composition spiralée car ils représentent chacun les deux bras de la figure enroulée.

- B1 est un tracé intéressant à suivre car sa première partie, inscrite dans une surface dressée, est d'une largeur variant entre 2 et 3 cm, tandis que la seconde partie, marquée plus bas en surface brute du rocher lisse d'origine est contrainte entre 2 et 1,2 cm de largeur.
- L'extrémité inférieure de B1 se superpose à B5 qui, à cet endroit de leur rencontre, est à peine visible sous forme d'une suite de ponctuations formant un tracé de 0,5 cm d'épaisseur. Ce tracé s'élargit ensuite vers la partie droite du signe, mais pas au point de retrouver la grande largeur mesurée en B3 qui est la suite du bras de la spirale (voir station 2).
- La rencontre de B3 et de B2 se fait au point d'extension maximal de la surface préparée par percussion directe, d'où il ressort un certain fouillis entre les creux auquel s'ajoute la volonté du sculpteur de changer la direction des tracés pour bien distinguer deux bras à la spirale au lieu de n'en conserver qu'un si C2 avait rejoint B3. Les difficultés d'enregistrement rencontrées par nos prédécesseurs proviennent sans doute de ce phénomène double. Notons enfin que B3 est postérieur à B2.
- Revenons à B2 afin de suivre son développement à droite. Dans le creux naturel de la roche, au centre de l'orthostate, la station 3 a bien montré que le tracé de B2 se prolongeait au moyen d'un signe différent, B4, plus large et plus marqué.
- B4 est à son tour prolongé en B6 par le reste de la spirale qui vient s'achever au centre géométrique. On a du mal à ordonner B6 par rapport à B4, la zone de contact étant insuffisante pour assurer la séquence.
- C1 présente le même symptôme observé en B1, largement inscrit dans la zone dressée, plus resserré sur la roche intacte et lisse. Il est prolongé à droite par le signe C3, que nous distinguons ici faute d'une continuité bien affirmée en station 2. C3 recoupe C2.
- Le signe C2 est d'un modèle identique à celui formant la composition spiralée sur la droite de l'orthostate. Comme nous l'avons dit, il s'interrompt à son extrémité supérieure pour ne pas être confondu avec une autre spirale imbriquée en son sein.

4. Station 4

Corpus photographique (1,54 Go) : 41 photos au format NEF, corrigées au format .jpeg (23 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ;

Corpus graphique vectoriel (2,7 Go) : 31 fichiers vectoriels au format .ai (72 Mo en moyenne) + 3 fichiers

de synthèse.

Pressentie par la station 1, l'existence de segments courts est mieux restituée par le levé Shee-Twohig. Mais nous allons voir en station 4 que c'est une information bien plus importante qui demeure jusque ici cachée sur la tranche droite de l'orthostate C1, éponte naturelle non reprise par percussion.

Sera nommé **A** le motif spiralé pris dans sa totalité (fig. 6).

- A1, A2 et A3 forment de longs segments rectilignes, non prolongés en boucles circulaires à l'image de leurs voisins.
- Le motif **B** rassemble 5 segments débordant largement sur la tranche du support. Il a été séparé du motif C pour la seule raison qu'il se superpose sur le motif A ; nous considérons cette intention comme significative.
- B1 à B4 sont donc postérieurs au tracé A3.
- B5 est repris par B6 pour venir se superposer, non sur A3 mais sur A2.

Il est difficile de dire si cette succession de segments n'assure qu'une fonction de remplissage, ou si une figure sémiotiquement plus importante est à l'origine de cette inscription. Il ne fait cependant pas de doute que ce débordement n'était pas vraiment « utile » au remplissage de la bande bordière sur C1. Par contre, on le sait, nous avons nommé *hors-champ iconographique* cette manière de faire apparaître (ou disparaître) un signe ontologiquement mobile. S'il s'agissait bien, en l'occurrence, d'un tel cas de figure, seul un bateau avec équipage pourrait alors s'adapter à la morphologie présente.

Le motif **C** réunit 8 segments parallèles, assez régulièrement espacés.

- C1 et C2 s'incurvent, comme pour venir suivre la courbure de A5. A moins qu'ils ne fassent partie intégrante de B, adaptés au dessin curviligne de B5-B6. C2 est antérieur à A5.
- les tracés C3 à C8 ne viennent pas déborder sur A5 ; il n'y a donc pas ici de hors-champ. Totalement invisibles à l'observateur en position frontale, peu marqués dans la pierre mais indiscutables, la fonction de ces segments courts intrigue. Ils donnent en tout cas l'apparence similaire d'un « équipage », mais sans navire...
- La description du motif A se poursuit avec les courbes A4 à A8. Notons qu'aucune ne déborde sur la tranche, et au contraire l'arête vient interrompre le déroulé de A4.

Le motif **D**, enfin, est cette barre venue en dernier se superposer à la surface de jonction des cercles concentriques de la double spirale.

4.7.1.2. Synthèse graphique

1. *Les procédures de redressement*

Étant donné que les prises de vues furent menées avec un grand angle (variation de focale entre 10 et 18 mm selon les stations 1 à 4), les levés graphiques issus des éclairages tournants ont subi des déformations qui dépassent raisonnablement les possibilités d'un redressement manuel général depuis le fichier vectoriel, soit dans Adobe Illustrator, soit dans Adobe Photoshop ; il faudrait travailler par secteurs réduits pour y parvenir, la procédure n'est donc pas satisfaisante. Notre document de référence est donc le levé 2012 (E. Robinet, LARA), mené en aveugle depuis la carte des écarts, sur lequel nous avons directement corrigé les tracés en fonction des apports des levés 2013 et 2016 obtenu des 4 stations photographiques. Le positionnement est cette fois exact, sur un plan de projection vertical ; seule la largeur des tracés est généralement sous-estimée, défaut inhérent à la carte des écarts qui privilégie une seule « coupe » entre deux maillages de résolution différente ; mais cela ne gêne pas l'objectif final qui est d'identifier le registre des signes.

2. *L'inventaire des signes et la chronographie de la composition*

Motifs et signes vont parfois suivre l'inventaire opéré en station 1, mais le plus souvent s'en détourner pour reprendre entièrement la nomination. Cette désignation par lettres capitales et chiffres se fera du haut vers le bas, dans le sens des aiguilles d'une montre (fig. 7).

- Le motif **A** qui rassemble trois signes concentriques semble davantage appartenir à la catégorie des tracés de remplissage que des signes fondamentaux du registre armoricain.
- Le signe **B** est une crosse à manche galbé, proche du « point d'interrogation ». Le tracé recoupe les signes obliques C. On peut d'ailleurs se demander si A1 n'aurait pas été tout d'abord rattaché à l'ensemble voisin T, tellement il lui semble concentrique, avant que B ne redessine le point fort de la composition.
- Une question se pose relativement au court segment B2 placé plus bas à peu près dans le prolongement de l'extrémité proximale du manche. L'écart est assez grand entre ces deux signes et cette question ne paraîtrait pas pertinente si les lignes voisines en S et T ne reproduisaient pas le même phénomène. La rupture de pente naturelle dans la roche a introduit une solution de continuité mais l'intention semble manifeste de conserver une direction commune à ces tracés. Si la correspondance n'est pas exacte, au moins peut-on conserver l'idée d'un modelé dynamique cohérent voulu par le sculpteur entre ces deux secteurs divisés.
- Les tracés rassemblés en **C** sont également des formes croisées, les plus anciennes dans cette partie du panneau. Elles sont en effet recoupées par S, T et B.
- Le motif **D** prend la suite des extrémités inférieures des ensembles S et T, au moyen de 5 tracés curvilignes venant s'arrêter sur une fissure dans la roche. Ils sont postérieurs à S et T. Et moins 3 d'entre eux (D2, D3, D4) sont en correspondance avec d'autres tracés du motif supérieur E.
- La répétition de 20 segments rectilignes en **E** paraît être un remplissage de cette partie de l'orthostate, une fois remplis l'espace sous la grande fissure arrêtant le motif F.
- Le motif **F** est composé de 6 arcs radiés qui ont été distingués du motif I ; ce dernier englobe, certes, des signes similaires mais qui sont prolongés par des cercles, dessins inconnus dans l'agencement donné à F. La courbure donnée aux tracés F2 à F6 semble dictée par la présence d'un grand plis naturel dans l'orthogneiss. A noter que le creusement de la cavité centrale au milieu du support a interrompu plusieurs des tracés, que l'on trouve très effacés sur le bord inférieur du trou (signalés sur la figure par F1.2 à F1.3).
- **G** est une barre oblique, large et rectiligne, recoupant tous les tracés qu'elle rencontre. Partie du bord droit de l'orthostate, elle vient s'achever devant D5.
- La série **H** est composée de 15 segments courts qui présentent pour certains (H1 à H8) la particularité de se prolonger sur la tranche de l'orthostate, tandis que d'autres (H9 à H15) sont nettement inscrits sur cette tranche sans débordement sur la face principale.
- La suite H1-6 recoupe la ligne I6, et donne corps au motif dit du bateau avec équipage. L'effet semble redoublé avec H6 qui s'appuie sur I5. L'idée du hors-champ iconographique se fondant dans notre réflexion (Cassen 2011) sur des mobiles (animal, bateau), les signes de remplissage n'assurant jamais cette singularité, on peut donc envisager que la partie haute du motif H est bien partie prenante de cette interprétation sur laquelle nous reviendrons.
- Le motif **I** rassemble l'essentiel des tracés générant l'effet de spirale dans cette partie de la composition. Certaines lignes droites sont arrêtées avant la courbure (I2 à I4, I7, I9, I10) ; elles ont pu être réalisées postérieurement et ne pas trouver place. Parmi elles, plusieurs sont tronquées par l'intervention sur la cavité droite (I2-3, I9).
- La spirale principale et centrale I10 est à double bras, mais sortant d'un même côté (vers le haut), ce qui n'est pas commun.
- Le segment rectiligne **J** barre en oblique la partie droite de la spirale, postérieurement aux tracés I11-12, alors que I13 semble postérieur, mais la relation stratigraphique est ici fragile, et d'ailleurs quelque peu contradictoire.
- I est dirigé vers l'extrémité du motif « bateau », comme le grand segment G l'est sur l'autre extrémité, plaidant peut-être par cette relation pour une fonction équivalente dans le programme iconographique.
- Des lignes ondulées concentriques forment le motif réunit en **K**. K3 semble redondant, peut-être un repentir. L2, I16 et I17 viennent s'inscrire postérieurement à K1.
- La seconde organisation en spirale est désignée en **L**. Elle est amputée d'une partie gauche consécutive à une desquamation, mais rien en partie basse ne vient attester que les arcs radiés L3, L10, L13 étaient bien déroulés sur l'ensemble de la courbure. La jonction n'est en tout cas pas faite avec les deux méandres K2 et K4.
- La spirale a deux bras L8 s'achève prématurément pour un des bras, tandis que l'autre poursuit sa courbure en deux tracés supplémentaires (L11 et L5) jusqu'à finir en bordure du creux naturel sur l'axe central du support.
- Un troisième bras en L7 prend son origine au centre de L8. La spire s'effectue en 6 tracés successifs (L6, L12, L9, L1 et L4) et vient également s'achever sur ce creux naturel et sans recouper I14, par une sorte d'évitement qui indiquerait alors que la spirale de droite fut réalisée avant celle de gauche.

- Le motif **M** rassemble 7 segments rectilignes déployés en éventail avec par conséquent des orientations différentes. On peut considérer cette organisation comme le résultat du remplissage d'un espace vacant, ou au contraire dicté par les deux motifs voisins structurés par ces répétitions de segments.
- Le motif **N** est ainsi composé de 6 segments (N1-6) de taille décroissante en allant vers le haut, recoupant un tracé N8 qui est recourbé à son extrémité supérieure. Une virgule N7 se superpose à cette base N8. L'ensemble est confirmé dans son interprétation de bateau avec équipage, en ajoutant que N7 peut fort bien prétendre au statut d'aviron de gouverne, à l'image du modèle fourni par les représentations découvertes en forêt de Buthiers (Essonne - Cassen et al. 2014a).
- Trois arcs radiés autour d'un segment central (O1) forment le motif **O**. Il est appuyé sur un ressaut naturel dans la pierre.
- Le motif **P** est aussi composé de 6 arcs radiés autour d'un tiret vertical P1, tous appuyés sur cette rupture de pente. P6 est manifestement contraint par une fissure oblique, qui correspond d'ailleurs à un désordre dans l'angle manquant de l'orthostate. On sait que ce secteur fut longtemps le lieu de passage pour accéder à la chambre depuis le sommet du cairn ; une partie de la dalle est donc manquante et usée. P7 devait probablement se prolonger vers la gauche. Le motif **S** nous est pour les mêmes raisons mal connu, interrompu par une cassure ancienne.
- Avec le motif **Q** nous renouons avec l'agencement de tracés décrit en N. Une base incurvée Q1, interrompue par le « trou » de gauche, est surmontée de 5 segments rectilignes, dont un (Q6) est aussi tronqué par cette excavation.
- Le motif **R** est très fugace, entièrement effacé par le travail de creusement des cavités et de préparation des abords. Au moins 2 arcs radiés peuvent être inventoriés (R1,R3).
- Le motif **T** est composé de 3 lignes courbes, interrompues par une cassure à leurs extrémités supérieures. Deux d'entre elles (T2.1 et T3.1) sont manifestement prolongées (T2.2 et T3.2) après le passage d'une large fissure visible dans l'orthogneiss.
- Le phénomène est reproduit avec le motif voisin **U** dont trois des signes croisés trouvent une correspondance gravée après cette interruption. Le prolongement n'est pas exact mais l'intention paraît évidente. Ces prolongements courbes des « manches » sont antérieurs à l'inscription des tracés qui les continuent en D.

En conclusion, 21 motifs temporaires ont été inventoriés, identifiés par des lettres capitales et décrits selon les termes géométriques suivants :

- A segments courbes divergents
- B crosse dextre oblique
- C crosses senestres obliques imbriquées
- D arcs radiés
- E segments divergents juxtaposés
- F arcs radiés
- G rectiligne oblique
- H segments parallèles
- I méandres fermés imbriqués
- J rectiligne oblique
- K lignes ondulées imbriquées
- L méandres fermés imbriqués
- M segments rectilignes divergents
- N segments rectilignes joints
- O arcs radiés sur segment rectiligne
- P arcs radiés sur segment rectiligne
- Q segments rectilignes joints
- R arcs radiés
- S segments parallèles
- T segments courbes parallèles
- U crosses senestres imbriquées

La matrice est ensuite construite dans Mermaid.

Un système organisationnel hiérarchique proche de la matrice de Harris a été automatiquement produit par le créateur de diagrammes en ligne *Mermaid* (<http://kns.vgithub.io/mermaid/#mermaid>).

Note :

Cet outil, créé par Knut Sveidqvist, nous semble parfaitement adapté à la finalité de nos études. La suite des relations entrées en ligne (ex. : B2-->D1 : « le tracé B2 est antérieur au tracé D1 »), génère automatiquement un diagramme mais conserve aussi bien la structure de ces relations qui pourra être sauvegardée (sous forme d'un fichier texte plutôt que le lien URL) et reprise, soit par l'opérateur si un levé plus récent peut compléter la formule, soit par un

autre observateur désirant contrôler ou reproduire la séquence.

Pour illustration, la suite des relations trouvées sur C1 se développe ainsi :

3. La géométrie de la composition

| | | | | | | | |
|----------|-----------|-----------|----------|----------|---------|---------|---------|
| graph BT | I3-->G | I12-->J | K1-->I17 | L9-->L1 | N8-->N5 | P3-->P4 | D5-->E9 |
| A1-->B | I4-->G | I10-->I7 | K1-->I16 | L4-->L10 | N8-->N4 | P4-->P5 | C1-->B1 |
| F1-->G | I5-->G | I10-->I11 | K2-->K1 | L10-->L3 | N8-->N3 | P6-->P7 | C4-->B1 |
| F2-->G | I6-->H1I6 | I11-->I12 | L9-->I15 | L3-->L13 | N8-->N2 | P6-->O3 | C4-->U3 |
| F3-->G | I6-->H2 | I12-->I13 | L1-->L4 | L13-->M7 | N8-->N1 | P6-->O4 | C4-->U2 |
| F4-->G | I6-->H3 | I13-->I14 | L1-->I15 | L13-->L6 | O1-->O2 | T3-->D4 | |
| F5-->G | I6-->H4 | I14-->L4 | L8-->L7 | L13-->L5 | O2-->O3 | U1-->D4 | |
| F6-->G | I6-->H5 | I14-->I15 | L7-->L6 | Q1-->Q4 | O3-->O4 | U2-->D3 | |
| I1-->G | I5-->H6 | I15-->I16 | L6-->L12 | N8-->N7 | P1-->P2 | U3-->D2 | |
| I2-->G | I11-->J | I15-->I17 | L12-->L9 | N8-->N6 | P2-->P3 | B2-->D1 | |

Premiers éléments organisationnels, les axes principaux 1 et 2 divisant orthogonalement la dalle sont mesurés à partir des milieux des intervalles pris en hauteur et en largeur, d'un bord à l'autre du support. Cette séparation en quatre quadrants ne laisse rien deviner quant à une éventuelle organisation des signes en fonction de ces différents secteurs. On mentionnera une relative coïncidence, dans la partie supérieure et à droite de la crose isolée et verticale, entre cet axe vertical central et la ligne de séparation des tracés concentriques qui convergent au-dessus des deux cavités de gauche.

Plus intéressant comme perspective nous semble le choix de décaler l'axe vertical jusqu'à le faire coïncider avec la ligne de jonction entre les deux motifs en spirale qui, à l'évidence, sont les deux grandes surfaces séparantes au sein de la composition gravée. Ce nouvel axe n° 3 vient alors diviser par le milieu les motifs ondulés du bas, au niveau des trois plus grands méandres concentriques. En haut de la dalle, cet axe sépare également plusieurs assemblages de signes, d'une part les crosses imbriquées à gauche, qui présentent de front leur partie active, d'autre part les segments rectilignes divergents répétés sur la droite. Il semble que cette fois une opposition dans la scène se laisse entrevoir, où l'intention du graveur peut être raisonnablement avancée.

Une autre orientation singulière peut être sollicitée en prenant à témoin les deux embarcations avec équipage placées sur les bords opposés de la stèle. Un axe 4 peut ainsi être tracé, suivant le signe basal formant la coque du mobile. Translaté suivant cet angle vers l'autre motif semblable, on voit à quel point l'orientation des deux navires est rigoureusement partagée. Et par ailleurs, si cet axe 4 est tourné d'un angle droit à partir de l'extrémité du bateau de droite (poupe ou proue, peu importe dans l'immédiat), on réalise que la longue barre coïncide exactement avec cette nouvelle orientation.

Il semble donc qu'un système de division ou de repérage géométrique simple anime la composition, un système n'ayant certainement pas été inscrit au hasard pour ceux qui en douteraient encore. Il introduit la dynamique nécessaire au programme iconographique.

4.7.1.3. Conclusions

1. La comparaison avec le levé E. Shee-Twohig

La superposition graphique des levés Shee-Twohig 1981 et LARA2016 met cette fois en évidence, de façon encore plus accentuée que sur les dalles déjà étudiées, la forte distorsion due probablement à la mauvaise projection verticale des différentes feuilles assemblées du levé manuel sur l'orthostate C1 (fig. 10).

On notera enfin plusieurs signes absents sur l'ancien levé, qui s'avèrent déterminants pour la compréhension du programme iconographique.

2. *Le déroulé chronographique sur C1*

La longueur cumulée des tracés gravés est de 41,6 m, ce qui la classe en troisième position sur les six dalles de paroi mesurées dans la chambre, derrière C3 puis C4. Plusieurs tracés sont néanmoins effacés et diminuent par conséquent la somme calculée, mais la grande différence notée avec C3 (57,04 m), par exemple, ne saurait être comblée.

Les relations d'antéro-postériorité intersignes, au sein de la composition, ne sont pas aussi nombreuses qu'on le souhaiterait (motifs séparés, contours érodés), en sorte que les séquences vont regrouper plusieurs étapes de réalisations sans pouvoir mieux les discerner les unes par rapport aux autres. Six phases ont été ainsi reconnues, et chaque phase sera cadencée sur notre illustration par des chiffres donnant la succession observée (fig. 8).

Phase A

Si l'on pose à part les deux motifs d'arcs radiés regroupés en haut et à gauche de l'orthostate, qui ne présentent aucune relation de contact avec les motifs voisins et ne peuvent donc être « datés », tout le reste de la composition est clairement déterminé par la présence d'une fissure oblique et majeure joignant en oblique le bord droit. Sur ce modelé naturel vont s'inscrire deux motifs importants : d'une part la spirale à deux bras, d'autre part la représentation d'un navire avec équipage, sans qu'il soit possible d'affirmer que l'un est antérieur à l'autre.

- Les deux bras de la spirale s'appuient sur la fissure et descendent en oblique selon deux lignes parallèles ; il est impossible de les hiérarchiser. Puis la spirale proprement dite est dessinée en débutant par son centre et en remontant vers les deux branches parallèles recoupées par ces seconds tracés.
- Dans le même « temps », avant ou après la spirale, deux autres tracés parallèles sont appuyés sur cette même fissure, à son extrémité droite. Ils s'arrêtent, plus bas, au même niveau que le point d'inflexion noté sur la spirale, point de rencontre des tracés rectilignes et curvilignes. Mais en revanche leurs extrémités supérieures se démarquent par un angle marqué ; c'est la proue ou la poupe du bateau. Puis six segments viennent recouper ces tracés, cinq pour l'un, un seul pour l'autre. Nous avons néanmoins réuni arbitrairement deux autres segments parallèles à ceux-là pour la raison qu'ils sont antérieurs à l'agrandissement de la spirale et qu'ils se conforment à la morphologie des six premiers segments.

Phase B

C'est l'étape d'agrandissement de la spirale, et d'ailleurs en suivant un même schéma de réalisation. Autrement dit en appuyant des tracés rectilignes sur la fissure, puis en remontant les signes curvilignes, ou circulaires, vers ceux-là, en les recoupant. Puis s'ajoutent, toujours vers l'extérieur, des lignes parallèles qui peuvent ne pas se prolonger en tournant autour de la spire originelle. Le dernier de ces tracés tourne à angle presque droit et reprend le cours de la fissure en la soulignant définitivement, comme une ligne d'arrêt.

Phase C

Les sens réels de la gravure sont cette fois plus difficiles à argumenter.

- On sait seulement que le graveur est parti depuis le sommet et centre de la dalle, en inscrivant les quatre signes croisés aux angulations ouvertes et aux orientations obliques.
- Puis un jeu de trois croisés à angulations droites et positions verticales se superpose aux bases des manches précédents, avant que trois (ou deux) autres tracés parallèles et obliques ne contraignent l'ensemble en ramenant la composition vers le centre géométrique du support. Il nous manque malheureusement les extrémités supérieures de ces tracés pour les qualifier et mieux les comprendre.
- Ensuite il ne fait pas de doute que le graveur est reparti depuis la base morpho-graphique générée par la fissure et la spirale pour répéter une longue série de 14 arcs radiés qui vont, à leur tour, d'un côté s'arrêter sur une autre grande fissure dans la roche et d'un autre côté recouper les extrémités inférieures des tracés décrits ci-dessus.
- Enfin, un « remplissage » de l'espace vacant supérieur, entre le bord de l'orthostate et la fissure en question, va être constitué de segments parallèles implantés de la gauche vers la droite.
- En outre, nous faisons le choix artificiel de terminer cette séquence par la superposition ostensible de trois motifs (étape 6 de la phase C) :

- une crosse qui vient se superposer aux deux autres registres, et donne ainsi l'image d'un troisième type morphologique (en « point d'interrogation ») parmi les bâtons de jets ;
- une longue ligne élargie qui barre à la fois la base rectiligne de la spirale et le développement concentrique qui en part ;
- une courte ligne qui barre une partie de la spirale ; notons que ces deux derniers segments semblent « partir » du motif du bateau, chacun d'une extrémité de la coque.

Ces trois derniers signes pourraient bien entendu être superposés à la scène à un autre moment de la séquence, voire à la fin de l'œuvre gravée. Mais il nous a semblé plus logique de les faire intervenir ici pour conclure cette phase.

Phase D

L'ensemble des tracés forment la seconde spirale qui, au lieu de deux bras, en comptera trois parfaitement imbriqués. Les deux spires contemporaines sont les plus anciennes et tournent selon la même orientation que le motif similaire voisin. Seulement, pour inscrire une troisième spire qui prend naissance au creux des deux premières, tout en conservant le développement concentrique régulier, il fallait abandonner un des deux bras solidaires. Enfin, comme pour agrandir l'effet ou remplir un espace vacant, trois autres arcs radiés sont ajoutés sur la gauche.

Phase E

La même indécision prévaut pour plusieurs motifs dont on ne peut savoir précisément le rapport chronologique qui les unit. Ils ont seulement pour argument à leur réunion et description partagée d'être positionnés en périphérie des grands motifs couvrants sur la dalle, suivant en cela la dynamique centripète qui anime la scène.

- Il en est ainsi pour les signes ondulés au bas du support qui évitent les spirales, et il en est de même pour les arcs qui viennent compléter des espaces libres sur ce secteur au contact du sol.
- Deux motifs interprétés comme des bateaux avec équipage sont gravés après la seconde spirale. Ils sont curieusement déportés et comme « bousculés ». Celui de droite est partiellement détruit par une des cavités centrales.
- Les deux motifs d'arcs radiés du registre supérieur sont en revanche sans lien repéré avec leurs voisins, aucun recoupement observé, aucun évitement indiscutable.

Phase F

C'est la phase la plus énigmatique de la séquence remontée. Elle consiste en un massif et difficile enlèvement de matière afin de produire trois cavités profondes et dissymétriques ainsi que deux « poignées » aujourd'hui partiellement brisées. Ce long travail a occulté voire effacé totalement un certain nombre de tracés, notamment le prolongement inférieur des arcs radiés inscrits en phase C.

4.7.2. L'orthostate C3

La dalle C3 partage avec C4 la paroi de chevet dans la chambre quadrangulaire du monument. C'est un bloc en granite de Carnac sur lequel il est impossible de restituer la position originelle dans l'affleurement tant la surface fut préparée en vue de la gravure. La planéité pourrait plaider en faveur d'une ancienne face d'arrachement (fig. 12).

L'ensemble de la composition est bien préservé, excepté un secteur sous l'angle droit qui a éclaté suivant une ligne naturelle de fracture dans la roche ; les gravures ont disparu, probablement en raison d'un détachement postérieur à l'installation de l'orthostate, ou encore au moment de la pose de la dalle de couverture. On note cependant l'extension d'un voile gris-blanchâtre sur les parties basses du support, en augmentation depuis les années 80 (après la restauration du cairn) si l'on se fie aux clichés photographiques pris depuis cette époque ; il semble qu'il s'agisse d'un développement micro-biologique (travaux du LRMH, rapport Gavrinis 2013). De même, une désagrégation progressive affecte la bande inférieure de la dalle au contact avec le sol ; la remontée des eaux par capillarité est bien entendu un phénomène général dans les tombes mégalithiques régionales, mais seul Gavrinis offre des tracés gravés jusqu'à la base des supports.

4.7.2.1. Enregistrements photographiques de C3 sous éclairages tournants et frisants

C3 a bénéficié de 4 stations photographiques, 1 proposant un cadrage général, et 3 focalisées sur 3 secteurs restreints sur la paroi, dont celui englobant le couple de haches déjà enregistré en 2009 pour les besoins du précédent programme JADE (Cassen 2012).

1. Station 1

Corpus photographique (899,6 Mo) : 59 photos au format .NEF (12,4 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 59 photos corrigées au format .jpeg (5,9Mo en moyenne ; 3543 × 2353).

Corpus graphique vectoriel (2,35 Go) : 53 fichiers vectoriels au format .ai (42,3 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse.

Pour assurer le descriptif des tracés, 24 motifs ont été arbitrairement distingués par des lettres majuscules, et seront renommés à l'heure d'interpréter la composition dans son ensemble. Nous les décrirons un à un, en allant du haut vers le bas du monolithe, et en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre (fig. 14).

- A** Ce motif comprend 14 signes, de type « crosse », extrémité distale dirigée vers la gauche.
- Les extrémités proximales des signes A2 à A12 recoupent la barre horizontale X4 divisant la dalle en deux parties ;
 - mais de A3 à A14 la barre sus-jacente X3 les recoupe, laissant A2 à part, dernier signe à être ajouté à cette composition puisqu'il est superposé à X3 ;
 - il est par contre difficile d'affirmer que A1 est antérieur à X1, malgré les apparences, car il manque d'éléments de vérification pour conclure, la proximité de C2 étant un obstacle à l'éclairage rasant latéral.
 - Notons que A14 est « coincé » par le motif B, au point que sa partie inférieure ne peut atteindre la base X4, tandis que la morphologie des crosses A10-A13 est ici très aplatie sous la contrainte très probable des segments rectilignes divergents en B. Nous pouvons conclure par conséquent que le sens de réalisation du motif A s'est fait de la gauche (crosses bien formées) vers la droite (crosses déformées) et que le motif B précède A.
- B** Sept segments rectilignes divergents forment le motif B, au centre de la dalle, exactement sur son axe longitudinal.
- B1, 3, 6 et 7 sont recoupés par le tracé extérieur du motif D.
 - B4 à B7 sont tronqués par des éclats de roche manquants au sommet de l'orthostate.
- C** Motif disposé symétriquement à A, C contient également 14 crosses, tout du moins sur la bordure sommitale de l'orthostate. Un grand éclat s'est en effet détaché sur 40 cm de long, empêchant de suivre l'ensemble des tracés appuyés sur la base X4.

La morphologie des signes ne suit pas l'exemple donné par A. Les signes « crosse » sont en effet tous affectés d'un aplatissement du crosseron :

- d'une part à gauche (C1), ce qui semble logique si l'on veut s'adapter au mieux au dessin du motif B, ce dernier étant antérieur ;
- d'autre part à droite par la contrainte d'un bord plus rapproché (47 cm d'espace à remplir, contre 58 cm sur la partie équivalente occupée par A), compte tenu du nombre de signes à inscrire (14), cette duplication du nombre étant très probablement volontaire.
- En toute logique le graveur a donc travaillé de la gauche vers la droite.
- Les lignes horizontales X3, 5 et 6 recoupent toutes les trois l'ensemble bien préservé des signes verticaux ; un doute subsiste sur la partie gauche pour les signes C12 à 14 qui semblent ne pas être superposés par X5 mais la mauvaise conservation du secteur incite à la prudence.
- On note enfin que les signes C6, 7 et 8, qui se succèdent, ne se poursuivent pas jusqu'à la base commune X4, et qu'ils s'arrêtent respectivement, mais sans mordre, sur X5, sur X3 et sur X6. Mais en réalité ces trois lignes – on le verra plus loin – sont postérieures, et servent plutôt de base *a posteriori* pour ces trois lignes singulières. Faut-il penser que ces dernières ne sont là que par pur « remplissage » dans un espace contraint, pour atteindre le nombre voulu ?

- D** Motif central sur la dalle, il est aussi le seul à être inscrit sur les deux moitiés du support matérialisées par le trait séparateur et transversal X4. Il est constitué d'un long segment vertical rectiligne, et de trois traits concentriques, courbés autour de ce signe central.
- D4 est un tracé continu, même si visuellement deux parties se distinguent de part et d'autre de X4. La moitié supérieure est verticale et mesure 54 cm ; la partie inférieure est oblique par rapport à un axe longitudinal et s'allonge sur 50 cm ; il y a donc une recherche d'une certaine symétrie. Mais il est encore plus intéressant de noter que les deux extrémités de D4 stoppent, en haut et en bas, à exactement 25,5 cm de la fin de la composition gravée. L'intention n'est donc pas douteuse.
 - D1 recoupe le motif B, nous l'avons précédemment vu, et D1 à D4 se superposent à X4. D1 est aussi repris par les motifs Y et G.
 - **E** : Ce motif est difficilement compréhensible au sein de la composition de cette moitié supérieure de l'orthostate. Il s'appuie certes sur la base X4, en lui étant postérieur, mais il va toucher rapidement le bord du support, montrant qu'il ne peut être apparenté au motif précédent. Et d'ailleurs des verticales recourent E3, qui peuvent fort bien appartenir à C (C16 ? C17 ?).
 - **F** : En revanche, le couple de lames polies en F est reconnu en tant que tel depuis le tout début des études relatives au répertoire iconographique de Gavrinis. La maîtrise des lignes, qui rend parfaitement le dessin de la lame à talon pointue et tranchant évasé, suppose un enlèvement de matière en périphérie du signe qui peut être établi en quatre temps :
 - F1, sur la gauche, est un tracé de 2 à 4 cm de large dont le piquetage poussé et soigné a permis de dégager le bord gauche et rectiligne de la lame sur un fond presque poli par l'abrasion ; il n'est pas douteux que cette mise en forme tient déjà compte de l'élargissement du tranchant.
 - F2 occupe l'espace intermédiaire entre les deux lames, et le recouvrement de F1 à la pointe du signe marque donc sa postériorité. On ne sait par contre s'il y eut une plage continue entre F1 et F2, actuellement séparés par F4 ; en tout cas, le travail fut avancé de la gauche vers la droite.
 - Il en est de même pour le tracé F3, dont la postériorité de réalisation est décelable au talon des deux lames, et qui n'est pas non plus rattaché à F2. On note au surplus que F3 se prolonge au centre vers l'axe longitudinal, mordant sur D4.
 - F4 et F5 sont deux enlèvements semblables, qui ont eu pour objet de dessiner avec soin et précision la convexité symétrique du tranchant d'une part, l'élargissement du raccord avec les bords d'autre part.
 - Ces quatre moments dans l'exécution sont tous postérieurs à la ligne de séparation sus-jacente X4.
- G** Le motif G est constitué de cinq signes en forme de crosse inversée, croseron dirigé vers la gauche.
- Deux couples sont en quelque sorte individualisés par des segments rectilignes (motif Y) remplissant les intervalles, d'une part entre G2 et G3, d'autre part entre G4 et G5.
 - F3 en toute logique appartient à cet ensemble G, c'est une même forme inversée de crosse. Mais pour avoir dégagé le bord droit de la lame de hache, nous maintenons cet enlèvement au crédit du motif F.
 - Les extrémités proximales et distales de ces cinq signes G1 à G5 recourent la ligne X4 et le signe central du motif D.
- H** Deux tracés ont été individualisés sous un motif à part entière, bien qu'ils partagent avec leurs voisins contigus une semblable dynamique. Les parties hautes suivent en effet le tracé courbe des crosses inversées. Mais les extrémités inférieures varient totalement en se terminant par des méandres.
- I** Le motif I est encore un couple de tracés débutant en partie haute par la même obliquité que les précédents motifs, mais ce ne sont plus des méandres « ouverts » qui achèvent le tracé vers le bas mais au contraire un retour vers le haut, fermant ainsi l'espace en s'accrochant au bord de la dalle.
- J** Encore un couple de traits obliques suivant l'orientation donnée précédemment. Les extrémités supérieures s'incurvent moins d'ailleurs, comme si la portion de ligne accessible sur le trait de base X4 devenait trop réduite, suggérant ainsi un développement conséquent de la gauche vers la droite.

Les extrémités inférieures viennent buter sur le motif K, ce qui ne présume pas, bien entendu, de leur postériorité sur K si le schéma est pré-établi par le sculpteur, mais peut en théorie être posé en ce sens.

- K** Le motif se confond avec le signe, il s'agit d'une nouvelle crosse senestre inversée.
- Elle s'achève à la même hauteur que G1, preuve de la similarité de signe et d'un niveau pertinent, puisqu'en dessous de cette ligne horizontale virtuelle les tracés rectilignes se décomposent en méandres et en courbures.
 - Son extrémité distale, en revanche, ne peut s'appuyer et mordre sur X4, faute de place ; considérons cela comme un nouvel argument en faveur d'une postériorité et d'un sens de réalisation vers la droite.
- L** En L sont réunis par nous en un seul motif trois signes courbes dont un seul réussit à « remonter » vers la ligne de base X4, sans toutefois l'atteindre. Le resserrement significatif de la largeur des tracés ici s'ajoute au manque d'espace pour conforter la proposition d'un travail d'inscription se terminant sur la droite de l'orthostate.
- M** Ce motif n'est pas entièrement assuré, faute d'être rendu plus explicite par traitement du nuage de points, et faute de pouvoir être réellement illuminé par dessous afin de confirmer les tracés obtenus des éclairages tournants. Un segment semble encadré par un signe appuyé sur le bord de la dalle et y revenant.
- N** Ce segment rectiligne sub-vertical pourrait fonctionner avec le motif O sous-jacent, mais une telle association pose un problème de compréhension, nous l'avons donc posé à part.
- O** Le motif O, altéré dans cette partie basse et désagrégée de l'orthostate, et difficile à cerner par éclairages tournants, a nécessité une reprise de station (voir ci-après) pour comprendre sa composition.
- Il est composé de deux signes distincts et accolés. D'une part un signe circulaire, composé d'un tracé en creux mais aussi, semble-t-il, d'une petite dépression centrale si elle est bien anthropique. D'autre part un signe rectiligne, évasé vers la droite, parallèle au sol.
 - Il est difficile de produire une relation d'antéro-postériorité sur un matériel aussi dégradé, mais nous suggérons néanmoins que le signe à gauche recoupe le tracé de droite. Par contre L1 mord clairement sur ce motif O.
- P** Avec le motif P nous revenons sur les méandres entrevus à l'extrémité de H. Il s'agit derechef d'un couple de signes, mais cette fois entièrement curvilignes.
- Q** Sont réunis en un seul motif les deux signes figurant des sortes de crosses inversées encore une fois senestres. Cette décision est justifiée par l'exact prolongement de Q2 dans le sillage de Q1, postérieurement à ce dernier.
- Q1 est par ailleurs recoupé par R3.
- R** Huit tracés curvilignes plus ou moins imbriqués forment le motif R. Ils partagent en effet, au-delà de cette relative concentricité, des extrémités incurvées. On relève cependant, dans le détail :
- R8 est isolé, d'une morphologie proche en réalité du signe crosse ; la synthèse au final devra décider s'il convient de le maintenir associé aux suivants.
 - R7, qui lui est antérieur dans ce numérotage arbitraire, ne peut être vérifié en ce sens sur le support alors qu'il est bien postérieur à R6 par superposition de son extrémité gauche.
 - R7 est aussi le seul des huit signes imbriqués à posséder ses deux extrémités incurvées. Les voisins sont en effet ou bien incurvés à droite (R6) ou à gauche (R3, R5), ou bien limités à des traits sans extrémités courbes aussi prononcées (R1, R2, R4).
 - R2 est contraint par une nouvelle ligne sous-jacente et plus ancienne X8.
- S** Ce double arc radié autour d'une dépression centrale est un motif répété à Gavrinis. On note que ses deux tracés curvilignes sont recoupés par R1 et R2, puis par R3.
- T** Sont réunis en un même ensemble ce couple de tracés imbriqués présentant le même dessin dynamique, à savoir une quadruple courbature dissymétrique.
- Aux extrémités gauches, les deux terminaisons prennent forme d'un crosseron assez classique, alors qu'aux extrémités droites, la fermeture est radicale.
 - Dans les deux cas, l'analogie avec le signe crosse est flagrante, mais avec la version « ouverte » à gauche et la forme en « point d'interrogation » à droite.
 - Plus encore, la réunion de ces dessins en une seule figure n'est pas évidemment sans rappeler le fameux signe « en U », ou « oiseau » dans notre interprétation.
 - Les relations d'antéro-postériorité révèlent que T2 vient après T1, T2 étant recoupé par R1. T1 et T2 surmontent enfin la ligne transversale X8, tandis que T1 recoupe l'autre grande

- ligne transversale X4.
- Notons qu'un segment court est logé dans la boucle à l'extrémité de T2.
- U** Quatre signes à morphologie semblable sont imbriqués dans la double courbure concave marquant T1 ; c'est la raison qui nous pousse à les décrire réunis en un seul motif.
- Chaque signe est marqué d'un point d'inflexion principal, qui détermine une forme en crosse, qu'elle soit ouverte (U1, U3, U4) ou en point d'interrogation peu refermé (U2).
 - Dans l'acception du signe « crosse », deux crosserons sont alors dirigés à gauche (U1, U2) et les deux autres à droite (U3, U4).
 - Aucun des signes n'est en position stabilisée (verticale ou horizontale).
 - U3 recoupe U1.
- V** 13 tracés imbriqués informent le motif, comprimé entre le motif Q, la ligne transversale X4 et le développement du motif T.
- Aux extrémités de la série (V2 à V4 ; V13), les signes font inmanquablement penser aux crosses qui remplissent par ailleurs les trois autres quadrants de la composition générale.
 - S'ajoutent des tracés rectilignes (V8 à V11), ou en forme de crosse très ouverte (V5, V6).
 - V1 s'ajoute au tracé plus ancien Q2, comme pour fermer la série et combler l'espace avec V2.
 - L'ensemble des tracés recoupe les lignes horizontales X4, X7 et X8.
- W** Trois signes certains appartiennent à ce motif de crosses imbriquées, un autre sur la gauche est imparfait et ne peut être suivi et contrôlé faute d'une possibilité d'éclairage au contact de la dalle voisine C2.
- Seul le signe au contact de T2 marque une relation chronologique avec X8 en lui étant superposé. Notons que ce rapport est venu de la lecture du traitement de l'image du nuage de points (issu de la lasergrammétrie) éclairée virtuellement (calque L du fichier original).
- X** Pour simplifier le propos, et de façon temporaire, neuf tracés sub-horizontaux ont été rassemblés en un même motif.
- Ils sont pourtant inscrits à des moments différents, peut-être opposés dans la séquence, et tandis que X3, X5 et X6 se superposent à tous les tracés – sauf un (A2) –, X4, X7 et X8 sont sous-jacents à la majorité des tracés à leur contact, chaque fois que la vérification peut être opérée. On constate par conséquent une partition entre le haut et le bas de la composition quant au rôle joué par ces segments transversaux.
 - En réalité, on peut s'interroger sur la participation au registre actuel d'un tracé comme X7 qui est en grande partie invisible, occulté par les motifs V et W, à telle enseigne que E. Shee-Twohig ne le mentionne pas, sinon par un petit fragment isolé. Un premier état de la gravure est donc posé comme hypothèse.
 - X1 recoupe A1. Mais il est impossible – dans l'état actuel de la documentation - de décider le rapport chronologique entre X2 et A2.
 - Il en est de même avec X9 qui manifestement prolonge le tracé X3, mais ne lui est pas contemporain. Il est difficile de dire par ailleurs s'il est vraiment recoupé par A2. Nous choisissons de le classer en position égale à X1 et X2 dans la matrice stratigraphique générale.
- Y** Ce motif conclut l'inventaire. Il est composé de neuf segments horizontaux parallèles, aux longueurs croissantes en se dirigeant vers le bas.
- Ils recoupe les signes D4 et F1 et F3.

La matrice « stratigraphique » des tracés (fig. 14) démontre que la tendance de réalisation ne peut être linéaire, mais joue de plusieurs tableaux synchrones, faute de recoupements pour les ordonner. Elle est cependant orientée du bas vers le haut.

2. Station 2

Corpus photographique (529 Mo) : 43 photos au format .NEF (12,4 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ;
- 43 photos corrigées au format .jpeg (3 Mo en moyenne ; 3543 × 2353).

Corpus graphique vectoriel (961 Mo) : 33 fichiers vectoriels au format .ai (50,6 Mo en moyenne) + 1

fichier de synthèse.

Cette station rapprochée se devait de mieux saisir l'imbrication des tracés entre les méandres des signes T1 et T2, d'une part, et d'assurer les limites du motif S ainsi que ses relations chronologiques avec les tracés environnants, d'autre part (fig. 16).

- Les signes I1 à U4 sont bien autonomes et ne sont pas des portions inachevées de tracés, ou des segments tronqués.
- T2 est postérieur à T1.
- Le motif S est bien antérieur aux autres.

La synthèse de ce travail est graphiquement reprise dans la synthèse générale redressée de C3.

3. *Station 3*

Corpus photographique (503,4 Mo) : 42 photos au format .NEF (12,4 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 42 photos corrigées au format .jpeg (4,6 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ;

Corpus graphique vectoriel (1,04 Go) : 37 fichiers vectoriels au format .ai (34,8 Mo en moyenne) + 1 fichier de synthèse.

Ce secteur mal documenté par les éclairages tournants contraints par le niveau de sol se devait de faire le point sur le signe assez énigmatique O, et le contexte de son inscription (fig. 15).

Mais le gain attendu ne fut pas aussi grand qu'espéré ; la surface endommagée, car altérée par la désagrégation du granite sous l'effet d'une humidité basale quasi constante, ne permet pas d'accrocher des reliefs significatifs. Aussi fut-il décidé de revenir au nuage de points et de faire jouer des éclairages virtuels pour compléter les tracés existants. 8 fichiers furent employés pour dessiner les contours les plus visibles ; la synthèse permet de mieux conclure sur la petite dépression visible à l'intérieur du signe grossièrement circulaire. Un doute aurait sans doute persisté au terme de ce double enregistrement rapproché, si C4 n'avait à son tour révélé un signe semblable, mais verticalisé. Sur C4, une lame de hache est clairement accolée par son talon à un anneau ; en C3, le motif pourrait bien être le même, la lame étant cette fois horizontale au lieu d'être verticale sur la dalle voisine. En sorte que le signe O passerait au niveau du motif et serait composé en réalité de deux signes, mettons O1 pour le signe circulaire, O2 pour la ligne rectiligne ; mais nous ne pouvons en apporter la preuve étant donné l'altération de la gravure.

Notons que le statut de L0 est incertain. Inclus au motif L dans l'attente d'une meilleure résolution, il n'est pas assuré d'une meilleure cohérence par cette association ; il pourrait fonctionner isolément, d'autant plus qu'il est antérieur au motif O. On peut noter cependant, une nouvelle fois par comparaison avec le motif similaire identifié sur C4, que L0 pourrait jouer le même rôle que le « manche » venant s'adjoindre à l'anneau figuré sur cette dernière dalle, mais en étant séparé de ce signe en C3. Et si l'assemblage ainsi considéré est inscrit dans le secteur basal du support, il est au contraire placé dans le registre sommital en C4 ; une différence fondamentale de placement qui pourrait être à l'origine de cette dissociation entre le « manche » et l'anneau.

4. *Station 4*

Corpus photographique (59,2 Mo) : 13 photos corrigées au format .jpeg (4,6 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ;

Corpus graphique vectoriel (304,8 Mo) : 12 fichiers vectoriels au format .ai (28,3 Mo en moyenne) + 1 fichier de synthèse.

Réalisée en avril 2009 pour les besoins du programme JADE 1, cette série réduite permet néanmoins de cerner au plus près les contours du couple de haches. Pour une bonne compréhension et une meilleure comparaison avec la station 1, des tonalités colorées identiques ainsi qu'une même numérotation ont été portées sur la synthèse graphique.

La succession des phases d'enlèvements et la reprise des tranchants permet de compléter le levé général obtenu de la station 1.

4.7.2.2. Synthèse graphique

1. *Les procédures de redressement*

Étant donné que les prises de vues furent menées sur toute l'étendue du support avec un grand angle (station 1), les levés graphiques ont subi des déformations qui dépassent raisonnablement les possibilités d'un redressement manuel général depuis le fichier de synthèse au format .ai, soit dans Adobe Illustrator, soit dans Adobe Photoshop ; il faudrait travailler par secteurs, la procédure n'est donc pas satisfaisante. Nous avons donc privilégié le levé 2012, mené en aveugle depuis la carte des écarts, sur lequel nous avons directement corrigé les tracés en fonction des apports des levés 2009, 2013 et 2014 obtenu des 4 stations photographiques. Le positionnement est cette fois exact, sur un plan de projection vertical ; seule la largeur des tracés est généralement sous-estimée, défaut inhérent à la carte des écarts qui privilégie une seule « coupe » entre deux maillages de résolution différente ; mais cela ne gêne pas l'objectif final qui est d'identifier le registre des signes.

2. *La géométrie de la composition*

Plusieurs repères dans l'espace et sur la dalle elle-même permettent d'aborder une possible structuration géométrique du registre gravé (fig. 18):

- a- le niveau plan de référence topographique ;
- b- le niveau du sol de la chambre qui n'est pas horizontal mais incliné au sud-ouest selon une pente ascendante d'environ $5^{\circ}/5,5^{\circ}$;
- c- les lignes de division transversales à la composition, qui sont grossièrement parallèles ;
- d- les lignes verticales des motifs centraux D et Q ;
- e- le couple de hache, par hypothèse positionné à la verticale.

Deux axes de références, vertical (axe 1) et horizontal (axe 2), ont été fixés sur la dalle. Devant servir à rendre compte de l'orientation des motifs, ils sont donc calculés à partir de la surface occupée par le panneau gravé. Si l'axe vertical lié aux gravures se confond avec celui qui pourrait être établi en rapport avec le support, puisque les gravures vont ici d'un bord à l'autre, l'axe horizontal est plus haut placé étant donné que le registre gravé s'achève 10 cm au moins avant le sol dallé.

Dans cette configuration, on voit que le centre géométrique ainsi obtenu est très proche (5 cm) du point de rencontre des quatre parties du registre :

- dans la partie supérieure, au-dessus de la ligne sous-jacente de division (X4), on sait que le motif central symétrique D partage deux ensembles de crosses divergentes ;
- dans la partie inférieure, sous la ligne X4, de nombreux signes imbriqués sont répartis en deux compartiments séparés par les lignes Q1 et Q2 et le signe D4.

En travaillant maintenant avec la ligne X4, une des plus anciennes réalisations sur le support, on ne peut que constater son actuelle obliquité par rapport à l'horizontale ($5,5^{\circ}$), encore plus prononcée si l'on prend en référence la ligne de sol.

Il devient dès lors tentant de rétablir l'horizontalité de X4, encore une fois la seule ligne qui relie deux bords opposés du support, et probablement la plus ancienne inscription, preuve de son importance dans le projet mental du sculpteur. La figure XX propose ce pivotement. On note en ce cas, pour un angle de rotation de $3,4^{\circ}$:

- la ligne X4 rejoint les deux extrémités d'un nouvel axe transversal 4 ;
- confondu avec le nouvel axe 3, le signe D4 est parfaitement vertical, ainsi que son voisin Q2 ;
- les deux tranchants des lames de hache sont cette fois tangents à l'axe horizontal 4 ;
- par contrecoup, l'obliquité des lignes parallèles (X3 à X6) devient plus flagrante.

En revenant à la position actuelle, de nouveaux calculs d'axes permettent de faire coïncider encore plus de points de repères. En effet, en tenant compte des extrémités superposées de quatre signes gravés du registre inférieur gauche (motifs R et W) et en les considérant comme un facteur limitant – qui peut s'expliquer par la proximité de la paroi voisine C2 -, la surface occupée par l'assemblage des signes sur le support devient donc plus réduite. En mesurant le centre de ce nouvel espace, l'axe vertical 6 qui en résulte est exactement concordant avec le motif central du registre supérieur et son signe D4.

Il semble par conséquent qu'une double logique anime l'inscription des signes selon qu'ils sont positionnés

dans la partie supérieure, au-dessus de la ligne de division X4, ou dans la partie inférieure.

- Les signes majeurs que sont les lames de haches et la grande crosse inversée senestre deviennent verticaux si la ligne de partage de la dalle est ramenée à l'horizontale. Il peut s'agir d'un premier état de réalisation.
- Mais l'implantation de l'orthostate pour former paroi de la chambre ne s'accorde pas avec l'horizontale et la verticale précédentes, alors qu'elle concorde très bien avec l'orientation verticale actuelle du motif central du registre supérieur. Il peut s'agir d'une seconde étape de réalisation.

L'autre terme de l'alternative est bien sûr de considérer l'ensemble comme strictement synchrone, l'écart angulaire ne devenant qu'un incident de parcours (interruption, reprise) entre les deux moitiés de la composition.

4.7.2.3. Conclusions intermédiaires

1. *La comparaison avec le levé E. Shee-Twohig*

La déformation du plan de projection, due à l'application d'une feuille calque souple dans le relevé des années 70, est beaucoup plus flagrante cette fois sur la grande surface de C3 que sur le monolithe étroit illustré par L11. A cela s'ajoute un défaut de reconnaissance (fig. 19) :

- essentiellement en partie gauche et bordière de la dalle, où plusieurs tracés sont absents, soit en prolongements de signes, soit en motifs à part entière (X1, X2) ;
- au niveau des tracés anciens sous-jacents (X4, X7 et 8), non reconnus dans la moitié inférieure ;
- enfin en tracés non retrouvés entre signes contigus, et dans le même secteur du registre inférieur droit, en un motif absent (motif O).

2. *Le déroulé chronographique de C3*

S'il présente une surface plus grande que celle de L6, la première dalle sur laquelle une chronographie fut établie sous forme d'un déroulé des grandes étapes de réalisation, C3 ne réunit pas autant de motifs imbriqués que L6, et ne se prête donc pas à une chronologie interne aussi poussée. Il cumule néanmoins une importante longueur de tracés gravés, certes inférieure à L6 (61,70 m), mais tout de même calculée à 57,04 m qui est la longueur la plus importante de Gavrinis après cette dernière.

Un phasage est proposé en fonction des relations d'antéro-postériorité exposées précédemment. 9 phases sont ainsi reconnues mais sans ordre de succession attesté entre les deux quadrants inférieurs, au point qu'une alternative sera exposée sur le moment d'apparition de certains motifs, positionnés en parallèle sur l'axe du temps.

Phase A

C'est une division nette du support :

- tout d'abord par son milieu, au moyen d'une ligne horizontale X qui joint les deux bords ;
- puis, depuis ce centre géométrique, par un trait vertical D qui ne joue pas le même rôle – il ne descend pas jusqu'au sol – puisqu'il deviendra partie intégrante d'un motif du registre de la moitié supérieure, ce qui n'est pas le cas de la ligne transversale précédente qui finira par disparaître sous l'accumulation des signes.

Phase B

Cette partition étanche en deux secteurs égaux dans la moitié inférieure du support s'accompagne d'un évitement des signes. En sorte que l'absence de recoupement nous pousse à présenter la suite selon deux axes de développement parallèles. Le secteur gauche sera arbitrairement décrit en premier. Les motifs seront désignés par les mêmes lettres capitales de la nomenclature précédente.

Phase B1

Deux couples de signes sont inscrits, sans que l'on sache l'ordre d'apparition :

- le motif T est gravé en deux méandres, celui du haut en premier ;
- le motif Q, à l'inverse, produit la première crosse du bas avant d'ajouter la suivante dans le prolongement.

On notera avec intérêt que le point de rencontre des deux signes de chaque couple se fait au même niveau sur la dalle, preuve de leur étroite correspondance dans le programme iconographique.

Phase B2

Avant, ou après la séquence précédente, le couple de haches (motif F) est dégagé par champlevé en allant de la gauche vers la droite.

Le bord droit de la lame droite se confond avec un signe crosse inversé, qui va guider la répétition de signes homologues concentriques et inscrits de la gauche vers la droite.

Enfin le motif Y de segments parallèles achève de remplir la surface vacante à gauche d'une des lames polies.

Sans qu'il soit possible de dater son apparition par rapport à la précédente, une séquence de tracés se déroule en bas à gauche du même quadrant :

- le motif O est posé à l'horizontale ;
- le motif L est gravé en se dirigeant vers le bord su support ;
- ensuite le motif K épouse le tracé longeant la bordure, puis il contient le motif J.

Phase C

Phase C1

Les signes formant le motif U s'inscrivent dans le méandre de T et sont contraints par sa morphologie. Ils sont réalisés de la gauche vers la droite.

Sans que l'on sache si l'opération est antérieure ou postérieure, le motif S d'arcs radiés est réalisé à l'intérieur de la courbe de Q.

Phase C2

Le motif I part de la ligne médiane de séparation et vient tourner au plus près des motifs O et L.

Le motif H s'inscrit dans l'espace vacant entre I et G, et laisse également s'ajouter entre ses méandres du bas le couple des signes sinueux P.

Phase D

Les trois motifs R, V et W partent du motif central T et se développent plus ou moins concentriquement vers la périphérie, en remplissant en quelque sorte les espaces laissés vacants.

Phase E

Le motif E est le plus anciennement implanté dans la moitié supérieure du support. Il s'organise symétriquement autour de l'axe longitudinal central.

Le triple tracé concentrique sous-jacent (D), en « épingle à cheveux », le recoupe et vient mordre sur la ligne de division à mi-hauteur de la dalle.

L'autre ligne de séparation apposée au tout début du travail de gravure, orthogonale à celle-ci, est reprise par le segment central de D pour ne plus former qu'un seul élément en creux traversant tout le motif. A la réserve près qu'une angulation le singularise à ce point de jonction, ainsi qu'il fut démontré.

Phase F

Cette étape qui va remplir la moitié supérieure est moins monotone qu'il n'y paraît.

- Le travail a commencé par la gauche, non pas sur le premier grand signe croisé du motif A mais depuis le second, en répétant 12 fois le dessin jusqu'au motif central D.
- Puis le graveur est passé de l'autre côté de D afin de poursuivre l'inscription plus ou moins concentrique du signe, et à 14 reprises.
- Mais on note, au milieu de cette dernière séquence, trois segments courbes, de longueurs inégales, qui ne s'accordent pas avec la morphologie des signes voisins.

Phase G

Cette ultime étape achève la gravure des signes dans la moitié supérieure de l'orthostate.

- Trois lignes sub-horizontales appartenant au motif général X viennent respectivement « supporter » les trois signes en forme de crose aplatie sur lesquels nous venons de porter l'accent.
- Reproduisant ce schéma, la ligne inférieure est prolongée sur la partie gauche de la composition, après le motif D, pour venir recouper la base d'un autre signe de longueur inégale, intégré au motif A. Cette même ligne est d'ailleurs prolongée jusqu'à l'autre bord de l'orthostate.

Une nouvelle crose verticale du motif A vient ensuite recouper cette ligne ; elle est probablement suivie d'une autre, toujours imbriquée, mais beaucoup plus courte, et « supportée » par un segment horizontal. En sorte qu'au final 14 crosses marquent ce registre gauche, égalant le nombre atteint par les crosses symétriquement disposées dans le registre droit.

4.7.2.4. Conclusion générale sur la dalle C3

Conformément à la dalle L6, avec qui C3 partage d'ailleurs une très grande longueur cumulée de tracés, une division par rectilignes creusés en surface du support est le préalable vérifié avant que ne soient inscrits les différents motifs. Une division horizontale, tout d'abord, qui détermine deux secteurs très clairs, une moitié inférieure et une moitié supérieure.

La partie inférieure fut à son tour divisée en deux secteurs à peu près égaux par une rectiligne verticale. Mais à la différence de la première qui disparaîtra sous la composition ultérieure, le tracé de la seconde ne sera pas surchargé et deviendra partie intégrante d'un motif déployé dans le registre supérieur.

Deux lignes sub-horizontales, et donc parallèles à la première, s'ajoutent à cette division, mais seulement dans le secteur gauche.

Il est d'ailleurs difficile de dire qui, de ces deux secteurs grossièrement quadrangulaires, fut entamé en premier. On peut affirmer cependant que chacun est demeuré autonome, en étant développé jusqu'au terme, en remplissant l'espace délimité par les rectilignes gravées et par les bords du support.

- Du côté droit, on constate que deux signes singuliers déterminent le sens du déroulé des autres gravures. En position haute, le couple des lames polies verticales, tranchant au ciel ; en position basse, un motif non répertorié jusqu'ici, inscrit à l'horizontale, association d'un signe circulaire et d'un signe rectiligne.
- Des crosses senestres inversées comblent les intervalles qui les séparent, ainsi que des signes sinueux dirigés vers la base de la pierre.
- Du côté gauche, deux couples de signes sont en étroite correspondance. D'une part, un jeu double de crosses senestres, inversées et verticales ; d'autre part un jeu de signes imbriqués, proches du signe en « U », ou « cornu », du répertoire armoricain, mais bien entendu dans une version très étirée.
- Différents modèles de crosses droites, obliques, allongées, remplissent les espaces libres, accompagnés de signes ondulés. On note cependant un double arc radié, vertical, figure marquante du répertoire de Gavrinis, plutôt isolé dans ce cas.

La partie supérieure présente par contraste une nette régularité de signes et une symétrie évidente, mais non parfaite.

Un motif allongé et symétrique se déploie au centre de la composition ; il est prolongé en son milieu par le trait rectiligne qui sert à diviser le secteur inférieur. On retrouve, en première lecture, un motif bien connu à Gavrinis, mais plusieurs précautions visuelles s'imposent devant la mouvance des dessins.

De part et d'autre se répètent les signes en crosses, opposés par leur crosseron en deux registres symétriques, là encore sur un mode déjà bien identifié sur plusieurs stèles en Bretagne.

Enfin, pour clore ce programme, trois rectilignes sub-horizontales viennent barrer ces répétitions, comme un rappel en symétrie inverse des trois lignes horizontales, inscrites en premier dans le registre inférieur, désormais disparues.

Plusieurs entrées sont possibles, maintenant, si l'on souhaite aborder les différents niveaux d'interprétation des signes et leur assemblage. Nous en proposons une première, qui réduit au maximum l'information, en faisant ressortir des motifs fondamentaux.

1. Le motif central du registre supérieur est placé en évidence, mais il est ambiguë.

- Il peut s'apparenter aux arcs radiés, verticaux ou horizontaux, si prolixes à Gavrinis ; mais son allongement considérable le pose à part des vrais arcs en demi-cercle.
- Il peut être rapproché de la figure de « l'idole », avec ses « cheveux », mais simplifiée comme peut l'être un spécimen tout proche dans la tombe de l'Île Longue ; la ligne verticale qui le charpente n'est cependant pas une marque de reconnaissance de la figure.
- Cette partition en deux ensembles de tracés permet en revanche une comparaison avec la « palette » des stèles et orthostates ; et tout particulièrement avec celle qui lui est directement superposable sur la stèle de la Bonde à Saint-Samson-sur-Rance, d'une taille, d'une morphologie et d'une orientation comparables.

Notre choix actuel hésite donc à qualifier le motif : ou bien un aviron de gouverne, ou encore un motif phallique, les deux devant être précisés pour ne pas être trop pris au pied de la lettre. Notre illustration colorée fait temporairement le choix de l'aviron de gouverne.

2. Les deux motifs arbitrairement isolés dans le quadrant inférieur droit

- Le premier ne fait pas discussion, chacun reconnaît les fameuses lames polies dont le programme Jade a récemment fait l'analyse pan-européenne. Il s'agit d'un couple de signes, encore une fois, et le tranchant au ciel révèle une position restituée en l'état aussi bien en contexte funéraire que dans les lieux topologiques de « l'offrande ».

Cela dit, si l'objet restitué en champlevé est bien entendu très proche des lames vraies du corpus morbihannais, notamment avec le tranchant élargi (type Saint-Michel), l'allongement et l'étréoussse du corps rendent un talon bien plus pointu que dans la réalité archéologique, formant ainsi une sorte d'idéal-type de l'objet en roche extraordinaire. Marque-t-on ici un objet réel ? ou bien le souvenir d'un objet magique, magnifié par la gravure, que l'on ne manipule plus comme autrefois ?

- Le second motif est horizontalement placé, énigmatique, plutôt proche de « l'objet » figuré sur des stèles du sud de la France, de Bourgogne, de Suisse et des steppes pontiques, daté du IV^e ou III^e millénaire, pour autant que les contextes rarement fiables des découvertes autorisent une telle datation relative.

À vrai dire, si la dalle C4 ne reproduisait pas un motif très semblable, beaucoup moins altéré, nous n'aurions sans doute pas prêté autant d'attention aux tracés, notamment en reprenant des levés spécifiques. On verra que sur cet autre support C4, l'association est clairement établie entre une lame de hache polie (le signe rectiligne) et un anneau (le signe circulaire). A telle enseigne que se pose légitimement le statut sémiotique de cet « objet » sur les stèles précitées en dehors de la Bretagne...

3. Les trois motifs du quadrant inférieur gauche

- Le premier motif est un couple de crosses, vertical, mais renversé, à l'image d'ailleurs des signes similaires du quadrant droit.
- Le second motif est encore un couple, mais distordu si l'on compare avec le modèle morphologiquement le plus proche, le signe en U armoricain. Les signes sont cette fois obliques.
- Ces deux couples se touchent sans se recouper. La ligne de jonction du premier couple est à la même hauteur que la ligne de jonction du second couple ; ceci n'est pas un hasard de sculpteur. La correspondance est étroite, fonctionnelle pourrait-on écrire.

Selon la grille de lecture proposée ces dernières années, procédant d'une analyse structurale, deux motifs bien connus s'affrontent : des oiseaux et des armes de jet. Mais des oiseaux étranges, dont une aile déployée vient toucher la ligne de séparation entre le haut et le bas ; et des crosses inversées, comme ces objets du monde souterrain qui gravitent dans un monde renversé.

- Pris entre ces motifs, le double arc radié est contraint de toute part.

4.7.3. *L'orthostate C4*

La dalle C4 partage avec C3 la paroi de chevet dans la chambre quadrangulaire du monument. Elle est également prise dans un granite dit de Carnac, à biotite et à muscovite, sur lequel il est tout aussi impossible de restituer la position originelle dans l'affleurement tant la surface fut préparée en vue de la gravure. L'inspection du dos du support, accessible depuis la restauration des années 80, laisse apparaître quelques formes d'une météorisation sur l'affleurement qui donnerait à penser que le panneau principal gravé est une face d'arrachement (fig. 20).

L'ensemble de la composition est bien préservé à gauche et au-dessus d'une diagonale qui partagerait la dalle depuis son sommet droit. Par contre, toute la partie médiane et basse, et singulièrement vers la droite au contact de C5, est gravement affectée par un processus d'altération. L'observation géomorphologique (analyses D. Sellier, rapport Cassen et al. 2013 SRA Bretagne) a permis d'identifier des plaques de desquamation (mais aussi d'exfoliation) qui témoignent de décollements postérieurs aux gravures, les détruisant à différentes époques depuis leur réalisation. C'est également ici que se voit nettement le même voile gris-blanchâtre, probable développement microbologique (travaux du LRMH en cours). La remontée des eaux par capillarité est évidente dans ce secteur du monument, peut-être augmenté par le fait qu'une masse sédimentaire (tertre) est ici présente sous le monolithe pavant le sol.

La méthodologie employée est la même que pour C3, son application permet tout d'abord de créer un graphique du contour des gravures afin d'identifier les signes, puis de rechercher les recouvrements de tracés en vue de l'établissement d'une chronographie la plus rigoureuse possible.

4.7.3.1. Enregistrements photographiques de C4 sous éclairages tournants et frisants

C4 a bénéficié de trois stations photographiques, une proposant un cadrage général, et deux focalisées sur la partie supérieure de la paroi, mais la dernière fut davantage pensée comme une documentation de la partie cachée par C5 plutôt que corpus de clichés utiles à un levé de gravures, l'obliquité de la prise de vue empêchant de relever correctement les contours.

1. *Station 1*

Corpus photographique (489,5 Mo) : 50 photos au format .NEF (10 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 52 photos corrigées au format .jpeg (5,9 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ;

Corpus graphique vectoriel (2,11 Go) : 49 fichiers vectoriels au format .ai (47,8 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse.

Pour assurer le descriptif des tracés, 39 motifs ont été arbitrairement distingués par des lettres majuscules (A-Z) puis minuscules (a-o), et seront renommés à l'heure d'interpréter la composition dans son ensemble. Nous les décrirons un à un, en allant du haut vers le bas du monolithe, et en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre (fig. 22).

- A Ce motif comprend 14 signes, de type « crosse », extrémités distales dirigées vers la gauche. Notons dès à présent qu'un même motif et un nombre identique de signes marquent l'angle supérieur gauche de la dalle voisine C3.
 - Les extrémités proximales, chaque fois que l'observation est possible, mordent sur la ligne de division sub-horizontale l (A2 à A8) ou sur le signe e4 juxtaposé au précédent (A10, A11). A1 à A12 recouper le tracé o.
- B Le motif est constitué en réalité de deux tracés opposés par leur géométrie, un segment rectiligne vertical d'une part (B1), un signe circulaire sus-jacent d'autre part (B2). Nous les avons réunis car il est presque impossible d'établir une relation d'antéro-postériorité à la jonction (la tangente) entre les deux signes, preuve plausible d'une reprise contemporaine sur les deux tracés.
- C Deux lignes de contours C1 et C2 dessinent le corps d'une lame de hache au tranchant dirigé vers le haut, légèrement penché cependant vers le centre de la dalle. C2 semble recouper B2 mais une vue rapprochée devrait pouvoir mieux décider la relation inter-signes.
- D Nous comptabilisons de façon temporaire 6 signes crossés dextres venant recouper le signe vertical G. Une station plus détaillée devrait pouvoir examiner le cœur de l'assemblage dont D fait partie, tant semble complexe l'imbrication des tracés. On devra notamment statuer sur D3 qui semble se prolonger au-delà de G.

- E** Trois signes identiques superposés forment le motif E. La morphologie est celle du « signe cornu » du répertoire armoricain, ou « oiseau » dans notre nouvelle acceptation. On note que E1 est tordu pour éviter C2, et que les extrémités droites des signes viennent recouper la ligne I2.
- F** Ce signe se confond avec le motif. Il est tronqué en partie supérieure, mais laisse bien deviner le travail périphérique sur la roche qui n'a pas déterminé un tracé mais dégagé par champlévé un disque à peu près centré sur E1.
- G** Le motif est là encore composé de deux signes de nature fort distincte : un signe circulaire qui se ramène ici à une véritable « cupule », légèrement ovalaire, placé au contact d'un segment vertical rectiligne. On ne voit pas à cette échelle de la prise de vue de solution de continuité entre ces deux signes, et nous comprenons l'ensemble comme un seul motif, dans l'attente d'une confirmation par station rapprochée.
- H** Un peu comme s'ils étaient placés en symétrie miroir par rapport au motif D, les trois signes en H viennent recouper le motif G, tandis qu'ils mordent aussi sur I2.
- I** Cet ensemble de huit arcs radiés occupe un tiers du haut de la dalle, un peu comme un écho répondant aux signes croisés concentriques du secteur à la gauche de l'orthostate.
- J** Une dépression circulaire, assimilable à une large cupule, est détectable à peu près au centre de la cordé qui joindrait l'arc I18. Cette ligne imaginaire est d'ailleurs l'objet d'une incertitude, plusieurs anomalies rectilignes sous éclairages rasants pourraient attester de l'existence d'un « lien » véritable. L'impossibilité de bien éclairer ce secteur nous empêche d'aller plus loin dans l'identification du signe éventuel.
- K** Un tracé périphérique semble dégager une forme proche de la lame polie. Ce contour recoupe le motif G.
- L** En L, deux segments courts divergents pourraient en fait déterminer, ici encore, la morphologie d'une lame polie triangulaire. Une vérification s'imposera donc par station rapprochée.
- M** Un tracé fermé sur lui-même semble dégager une forme quadrangulaire. Mais l'irrégularité du signe ne plaide pas en faveur d'un motif pleinement reconnu.
- N** Ce segment rectiligne et perpendiculaire à G semble recoupé par la plupart des tracés venant à son contact. Un travail supplémentaire sera nécessaire pour évaluer son éventuel prolongement en o.
- O** Trois signes emboîtés, ouverts sur le haut, recourent de part et d'autre les signes latéraux N, G et D5.
- P et Q**, cette association ne fait que traduire l'indécision sur ce secteur altéré qui souffre d'une prise de vue sans une excellente résolution. Si Q peut être qualifié de signe croisé, P est mal défini, sans savoir si la surface du support est piquetée pour dressage ou si un signe est ici bel et bien inscrit.
- R** Quatre arcs radiés épousent les tracés du motif sus-jacent I, mais à mi-chemin bifurquent à angle droit pour venir buter sur F et M, en repliant leurs extrémités. L'évitement prouve la postériorité. L'ensemble peut s'apparenter à des signes croisés.
- S** Deux arcs radiés ouverts sur le bas suivent l'orientation du motif précédent R.
- T** T rassemble en une masse indéfinie plusieurs tracés, plus ou moins visibles, souvent disparus, qui pourraient avoir composé un motif réticulé.
- U** Quatre arcs radiés, ouverts sur le bas, suivent l'inscription oblique notée sur le motif voisin S. L'arc extérieur gauche vient mordre sur le signe I. La partie gauche de l'arc U1 semble se prolonger dans le registre inférieur, et demandera confirmation.
- V** Ce motif allie deux arcs radiés ouverts sur le haut, encerclant un court segment rectiligne
- W** Trois rectilignes placées dans le prolongement de V sont ici réunies en un même motif, de façon arbitraire. Une certaine symétrie de disposition justifie ce parti-pris.
- X** Un arc très allongé se referme sur Z en le recoupant.
- Y** Huit tracés horizontaux et parallèles marquent ce secteur inférieur droit de l'orthostate. Plus bas encore la surface de la roche est entièrement desquamée ou exfoliée, et si d'autres gravures étaient présentes, il n'en reste plus trace.
- Z** Ce tracé courbé à l'horizontale du support est recoupé par l'ensemble des signes venant à son contact. Ses extrémités n'ont pu être détectées, l'une à droite cachée par C5, l'autre à gauche recouverte par le motif h.
- a** Ce signe croisé vertical est dirigé vers la droite. Il recoupe peut-être des éléments altérés du motif T, et plus sûrement les tracés du motif b.

- b** Quatre segments rectilignes horizontaux se superposent vers le milieu de Z. Les relations d'antéropostériorité ne sont pas claires, voire même contradictoires : si b1 et b2 semblent antérieurs à n3 et a, b2 et b3 sont postérieurs à j1 et j2.
- c** Quatre arcs radiés forment le motif c, tous ouverts sur le bas, dans un mauvais état de conservation. Au moins l'un d'entre eux (C1) recoupe plusieurs traits du motif Y.
- d** Six arcs radiés sont cette fois orientés latéralement, ouverts sur la gauche. Ils recourent f1, mais dans le même temps des tracés sous-jacents semblent prolonger d1, d2 et d3, passant sous le motif voisin f. On ne peut expliquer ce palimpseste sinon par l'existence d'un premier motif, presque entièrement occulté par les suivants.
- d2 à d6** recourent l'arc e1.
- e** Ce sont sept arcs radiés qui achèvent la série, ici encore en un motif ouvert sur la gauche, en bordure d'orthostate. Il est difficile d'affirmer que e1 et e2 ne se prolongeaient pas en venant envelopper, comme on devrait l'attendre, l'arc concentrique e3. La partie basse de la dalle est très altérée et ces tracés ont très bien pu disparaître ; une limite est d'ailleurs bien nette au bas de ces trois derniers motifs, stoppant leur développement à la même hauteur.
 - e1 à e4 recourent f1.
- f** Seront arbitrairement réunis en ce motif quatre arcs radiés dont deux d'entre eux ont leurs extrémités supérieures courbées (f4), voire retournées (f3). Ils recourent Z et m, et l'on a vu que f1 était recoupé par la série de tracés appartenant au motif d.
 - En mode chronologique, f3 est manifestement arrêté par j2, et bloque à son tour le développement de f2 qui lui aussi restreint la remontée de f1. F3 vient coïncider avec m, en étant recoupé par A9.
- g** Ce nouveau motif d'arcs radiés est peut-être en réalité le premier de la « série » numéraire puisqu'il ne contient que deux arcs concentriques autour d'un segment rectiligne. Ce dernier signe recoupe d1.
- h** Cinq segments rectilignes parallèles de taille décroissante viennent recouper un tracé rectiligne vertical. Ils restituent une figure déjà connue et interprétée comme un bateau avec équipage.
- i** Motif en crosse senestre verticale, recourent Z et probablement k4. Motif recoupé par A6 et A7 en provenance du registre supérieur.
- j** Ce double motif rassemble deux signes crosses emboîtés dont l'exemplaire supérieur retourne son extrémité vers le bas, enserrant le premier et venant recouper f3. Les deux signes sont recouverts par les segments horizontaux b2 à b4.
 - Étant donné les commentaires précédents, on voit que la séquence s'est faite en débutant par j1, qui a contraint le signe sous-jacent f3, avant que j2 n'enveloppe j1 en venant recouper f3.
- k** Quatre signes crosses dirigés à gauche en bordure de l'orthostate sont emboîtés autour d'un court segment rectiligne. k1 et k2 recourent la ligne Z et sont en réalité un seul et même tracé, les extrémités inférieures se rejoignant sous cette ligne de division.
 - k5 est recoupé par le motif i.
- l** Le motif est constitué de trois signes rectilignes verticaux, dont deux sur la gauche sont reliés par leurs sommets.
- m** Cette longue rectiligne, recoupée par tous les autres signes du registre supérieur de la dalle, semble servir à la fois de division de la surface et de support à l'installation des signes suivants.
- n** Venant en clôture de cet inventaire en aveugle, ce motif d'arcs radiés est bien entendu à comprendre en regard des deux motifs similaires inscrits sur sa droite. Il est composé de cinq arcs courbés autour d'un segment central et vertical, une singularité par rapport aux deux motifs précités.
- o** Trois tracés dégagent une forme de lame polie triangulaire, le contour gauche venant recouper A15.
- p** Ce segment horizontal peu prononcé, car occulté par tous les signes présents, méritera d'être revu à l'aide d'une station rapprochée.

2. Station 2

Corpus photographique (1,31 Go) : 109 photos au format .NEF (11,8 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ;

89 photos corrigées au format .jpeg (5,8 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ;

Corpus graphique vectoriel (2,11 Go) : 49 fichiers vectoriels au format .ai (50,6 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse.

Cette station rapprochée se devait d'éclaircir la nature de certains tracés et les relations d'antéro-postériorité manquantes. Le résultat obtenu est très satisfaisant, à telle enseigne que nous avons dû renommer les motifs et dénombrer à nouveau les signes qui ne suivront donc pas la nomenclature appliquée précédemment. Le sens opéré pour ce descriptif sera identique à celui adopté avec la station 1 (fig. 23).

A Le seul changement apporté à ce motif – mais il est notable – tient à la dissociation du motif X qui est en réalité autonome, antérieur à la série A1-A14. Nous avons retenu, dans la station 1, son implantation en parallèle aux autres lignes verticales pour justifier son intégration à la série. Son ancienneté dans le processus de gravure exclut désormais une telle association.

Ce fait permet en outre de comprendre la nature distincte du tracé rectiligne, qui ne pouvait être assimilé à un signe crossé.

B Deux tracés sont bien détachés pour dégager la forme d'une lame polie à talon pointu et tranchant droit, B3 étant postérieur à B2 et vient mordre sur le signe sous-jacent Y2. Le tranchant est le premier dessiné avec B1.

C Les trois signes imbriqués formant ce motif « d'oiseaux-en-vol » sont validés, mais le prolongement de C1 vers la droite n'est pas aussi clair que la vue éloignée précédente le laissait entrevoir.

D Cinq signes incurvés (crossés) modifient l'image que nous avons retenue :

- il faut tout d'abord exclure le motif E qui est bien antérieur à la série ;
- on note ensuite que D3 ne doit pas être confondu avec un tracé sous-jacent (G2) ;
- on observe enfin, autour de ce dernier signe, deux paires de crosses aux dessins similaires qui s'orientent différemment : D1 et D2 viennent toucher en oblique une cupule creusée à l'extrémité supérieure de G1 ; D4 et D5 viennent recouper à l'horizontal le tracé G1.

Notons que D5 ne présente pas un trait vertical droit, mais plutôt une reprise du tracé légèrement décalé au niveau de la ligne V. Comme si le signe avait été prolongé dans une seconde phase de gravure. Cette reprise n'a pas dû être tardive, le segment est recoupé quoi qu'il en soit par T1.

E Dissocié de l'ensemble précédent, le signe E, qui fusionne avec le motif, est une crosse posée à l'horizontale et clairement antérieure aux motifs G, V, W et M.

F Ce motif ne change pas de géométrie, la périphérie est en effet travaillée pour poser en relief un disque centré sur le creux de C1.

G Deux tracés sécants déterminent un motif singulier, cruciforme à l'évidence, mais pas exactement symétrique. Il se compose en effet :

- d'un premier tracé vertical G1, élargi à son sommet par un piquetage approfondi donnant l'apparence d'une « cupule » ovalaire ;
- d'un second tracé normal au précédent et centré sur lui, qui se prolonge à droite, sous trois arcs (I1 à I3) concentriques, en un segment oblique et appointé, autant qu'il est possible d'en voir.

H Le motif se compose de trois signes courbes qui aboutissent sur G aux mêmes points symétriques de contact que ceux atteints par D1, D2 et D3, à savoir l'extrémité supérieure de G1, la base de la cupule, et le segment horizontal.

- Les trois signes s'incurvent de façon concentrique sous C3 et viennent recouper I2.

I Une longue suite d'arcs radiés s'étale à partir de la séquence précédente, en allant vers la droite de l'orthostate. Nous distinguerons cependant :

- la série I1 à I18 qui réunit de vrais arcs radiés, l'ouverture du diamètre paraissant s'élargir en achevant le motif sur I18 ;
- une série concentrique M1 à M4, guidée par la précédente, mais dont les extrémités viennent buter (M1) ou se retourner (M2, M3) au contact et voisinage de G1.
- À souligner que I1 est contraint à son extrémité supérieure par la présence de H3, se retourne à angle droit en recoupant I2.
- Ajoutons un hypothétique tracé en I9 qui, étant donné sa position, n'a pu être validé par des éclairages opposés. Déjà détectées avec la station 1, des lignes de contrastes verticales coïncident avec les extrémités de I8, au point de former par la pensée un arc « vrai », arme

déjà inventoriée sur L6 (mais avec une morphologie différente). Mais un tracé aussi profond que ses voisins aurait dû demeurer apparent, ce qui laisse cette anomalie en attente de vérification.

J et K, sont deux dépressions circulaires peu altérées en surface, deux cupules assez « fraîches » mais qui manifestement n'ont pu être réalisées avec l'orthostate contiguë C5 en place dans la chambre.

L Le motif est cette fois mieux précisé. Le signe « hache » non emmanchée est dégagé à la suite d'une superposition de tracés. Le dernier réalisé (L1) dessine le tranchant droit de la lame ; les bords sont obtenus par dégagement de L2 mais on constate qu'un premier enlèvement L3 avait déjà délimité l'objet.

– Tous ces tracés recourent G1. On distingue également l'évitement opéré par I1 au contact du tranchant, preuve de sa postériorité.

M Ce motif a déjà été mentionné. Il se compose de quatre signes emboîtés qui éclaircissent un secteur compliqué par l'altération et mal résolu par la station 1.

– M1 suit la ligne directrice donnée par I1 mais vient éviter L2 et L3 en tournant à angle presque droit et en venant recouper le corps de G1 ;

– M2 s'accorde à ce mouvement mais au lieu de venir empiéter sur G1 se retourne encore pour se prolonger vers la base de G1 ;

– M3 est son exacte reproduction, mais étant décalé vers le bas au bord de l'orthostate se prolonge logiquement plus loin que M2 ;

– M4 ne se poursuit pas au-delà de l'extrémité atteinte par le tracé M3, la coïncidence est probablement volontaire ; mais le motif O surmontant cette partie de M4 de permet pas de savoir si un retour était effectué vers la gauche ou si la ligne s'arrêtait ici ou plus loin sous O.

Il est important de noter que tout le bord gauche de la dalle accessible à la photographie présente une bande de couleur et de texture très différentes de la surface de la dalle gravée à cette hauteur. Une reprise par martelage a effacé les extrémités droites des tracés M1 à M3, et I2 à I7. Ce phénomène a été observé sur le bord droit de L11, au contact de C1. Il est difficile de l'expliquer, sinon que la contiguïté avec C5 en est ici aussi le possible déterminant.

N Sans changement par rapport à la station 1, ces deux signes emboîtés N1 et N2 semblent s'accorder à l'obliquité imposée par l'arc M4, suggérant par conséquent leur postériorité.

O Ce signe croisé inverse et senestre surmonte M3 et recoupe M4.

P Cet autre signe en forme de crosse, mais cette fois à volute courbe prononcée, se superpose à M3 et vient buter sur le retour de ce même tracé.

L'impression visuelle d'un prolongement au long de M3 peut laisser penser à un autre tracé, mais il n'en est rien ; l'anomalie n'est pas explicitée, elle est peut-être une reprise/repentir de M3 sur un secteur de la roche délicat car fissuré.

Q Quatre arcs radiés viennent sans surprise confirmer le levé obtenu de la station 1.

R A la différence de la station 1 qui n'a permis d'enregistrer qu'un seul tracé, un motif R se dégage du motif E, également en forme de crosse. Les deux s'opposant par l'extrémité de leurs crosserons. Et si E est à manche plutôt rectiligne, R est nettement en « point d'interrogation ».

S Ce ne sont donc pas trois, comme suggéré avec la station 1, mais deux signes concentriques qui se partagent l'espace entre G1 et D5. Dissymétriques, ils ont à interpréter comme deux signes « crosse » supplémentaires, inversés, leurs extrémités distales venant recouper G1 tandis que les extrémités proximales mordent D5 et V.

T Cinq arcs radiés surmontent un segment rectiligne T1. A l'image des motifs Q et N, T est oblique et penche vers la gauche.

– T1 recoupe D5.

U Deux tracés linéaires U1 puis U2 dégagent une forme triangulaire barrée par le motif V. Cette surface paraissant en relief restitue manifestement une lame de hache polie tranchant au ciel.

V Cette ligne à l'horizontal mais légèrement courbe est cette fois beaucoup mieux comprise :

– plus courte vers la gauche, elle ne dépasse pas A11 ;

– elle surmonte le grand segment vertical X et vient entamer G1 ;

– elle est recoupée par plusieurs signes (U1, U2, D4, D5, S1, W1, W2).

Dans cette configuration, on voit que :

- Y vient comme se « poser » sur cette limite ;
- tous les autres signes postérieurs prennent V comme ligne d'ancrage, preuve de son importance dans l'intelligence du montage ;
- en sorte que les deux courts segments W1, W2 qui en partent et divergent ne laissent pas d'intriguer : ou bien ce sont les traits en creux qui apportent l'image – et elle nous est insignifiante –, ou bien seul le relief en champlevé détermine le signe, auquel cas la seule solution entrevisible serait une courte lame de hache triangulaire (fidèle reproduction d'une des lames en fibrolite de Lannec er Gadouer, par exemple) ; V pourrait en ce cas être le manche, ou bien, seconde possibilité, le tranchant venant buter sur la crosse E témoignerait d'une « étape » avant une introduction dans le manche crossé, les deux signes étant, on le sait, inextricablement mêlés dans le registre armoricain.

W Les deux composantes du motif ont été décrites précédemment. Elles sont postérieures à V et E.

X Cette barre verticale est un des plus anciens motifs réalisés. Parallèle à G1, elle est légèrement courbée après avoir croisé la ligne V, comme s'il fallait dégager de l'espace pour le motif Y. Mais comme Y en fait de même en penchant légèrement sur la gauche, les deux orientations se neutralisent et l'on ne peut pas vraiment affirmer quelle est celle qui précède l'autre.

Y Ce motif composite clôt notre circulation sur la dalle, en confirmant la détermination faite depuis la station 1 :

- un trait circulaire Y2 est bien aligné sur le segment rectiligne sous-jacent Y1 ;
- le manque de témoins chronologiques récurrents entre Y1 et Y2 plaide en faveur d'une réalisation simultanée (un tracé quasi continu), Y2 semblant être néanmoins postérieur à Y1 ;
- l'anneau en creux est recoupé par les deux tracés B3 et B2 qui ont dégagé la lame de hache au-dessus, et ce fait ayant pu être évité, l'intention du graveur doit impérativement être prise en compte dans l'interprétation symbolique du panneau.

Le lecteur comprend vite que l'association des deux signes rectiligne et circulaire, suggérée par l'observation technique des enlèvements, est probablement aussi influencée par le fameux signe dit « l'objet », qui en fusionne parfois les deux composantes. Il est mieux connu sur les stèles anthropomorphes du Midi de la France, de date plus récente qu'à Gavrinis, mais également sur les stèles de Bourgogne (Couches) et de Suisse (Lutry), pour ne pas évoquer les exemplaires identiques sur les stèles des bords de la Mer Noire (Kernosovka, Ukraine). Dans le cas présent, la mise à l'échelle restituée par le contact avec une lame de hache nous donne une image plausible qui verrait un anneau (de type bracelet) « lié » à un objet (de type manche ?). La symbolique sexuelle ici évoquée par l'introduction du talon de la lame dans l'anneau – à l'image de la découverte faite au XIXe siècle dans le caveau du Mané er Hroëk – n'est évidemment pas sans rappeler ce qui vient d'être découvert sur la paroi du rocher de la Valée aux Noirs à Buthiers dans l'Essonne...

3. Station 3

Corpus photographique (89,6 Mo) : 18 photos corrigées au format .jpeg (4,6 Mo en moyenne) ;

Corpus graphique vectoriel (194,4 Mo) : 10 fichiers vectoriels au format .ai (28,3 Mo en moyenne) + 1 fichier de synthèse.

Réalisée en avril 2009 pour les besoins du programme JADE 1, cette série réduite permet néanmoins de cerner au plus près les contours d'un autre couple de haches, mais en relation topographique moins étroite et d'une nature typologique distincte des exemplaires sur C3.

Les compléments graphiques par le nuage de points

Comme nous le savons, suivant le protocole actuel (qui pourra évoluer avec l'amélioration des types de lumière artificielle), la méthode du levé graphique sur photographie prise sous éclairages tournants est tributaire d'un recul suffisant de la source lumineuse pour ne pas surexposer les bords de l'objet à éclairer par rayons obliques. Les bords de C4 n'échappent pas à ce constat, et force fut de mobiliser des éclairages virtuels rasants pour contrôler la première synthèse, et enrichir la composition par des tracés manquants. Ce fut le cas sur le côté droit et en bas du support, sans surprise dans un secteur gravement altéré.

Le premier motif à se voir compléter est le « réticulé » dont le nombre des segments plus ou moins orthogonaux a été doublé. L'interprétation du motif n'en est pas davantage facilitée sur le coup, mais l'augmentation significative des signes porte en soi la preuve d'une complémentarité indispensable des méthodes. Le second motif de lignes horizontales parallèles, juste en dessous, est là aussi augmenté de

deux tracés qui s'accordent à l'orientation générale et viennent, ici aussi, se prolonger au-delà de la ligne de contact avec C5.

4.7.3.2. Synthèse graphique

L'ensemble des tracés, repris sur la carte des écarts dans le catalogue produit « en aveugle » en 2012, a donc suivi l'inventaire des signes décrits dans les paragraphes précédents. Le dessin, en projection frontale, restitue bien entendu la chronologie interne des gravures. Il convient maintenant d'en faire le descriptif détaillé.

1. *Le déroulé chronographique sur C4*

Un phasage est proposé en fonction des relations d'antéro-postériorité exposées précédemment. A l'image de C3, mais sans doute par simple coïncidence, 9 phases ont été séparées, regroupant les grands moments de réalisation du panneau (fig. 28).

Phase A

Trois signes se détachent par leur isolement, leur placement à l'horizontal et leur antériorité systématique sur tous les autres signes qui les environnent. Ils sont disposés à égale distance les uns des autres (36 et 37 cm à leur aplomb).

- Le plus haut placé est un signe crose installé selon une horizontale, crosseron tourné vers le bas.
- Le tracé médian est une rectiligne partant du bord gauche et venant se faire recouper à droite par un tracé curviligne.
- Le signe le plus bas se compose d'un segment central presque rectiligne et de deux extrémités relevées en courbe.

À titres divers, ces trois gravures vont déterminer le cours de la scène.

Phase B

Deux motifs sont réunis dans cette phase alors même qu'ils n'entretiennent pas de relations chronologiques entre eux :

- le premier est central sur le haut du support, et s'apparente à un signe cruciforme connu dans le corpus armoricain, mais avec une extrémité à droite curieusement pendante ;
- le second lui est parallèle sur la gauche, il s'agit d'un segment rectiligne qui vient s'appuyer sur le tracé central de division de la dalle que nous venons de décrire en phase A.

Les autres signes dans la séquence suivante vont recouper ces deux motifs, parfois simultanément. Nous verrons par la suite, en étudiant la géométrie des tracés, que les deux « verticales » données par ces deux lignes directrices partagent exactement un secteur central du support.

Phase C

Six motifs sont assez directement en lien avec l'assemblage donné par la phase B :

- un segment, parallèle à la ligne centrale de division, relie tout d'abord les deux signes précédents ;
- trois lames polies courtes, à talons pointus et tranchants droits, sont disposées autour de ce segment, tranchants au ciel pour deux d'entre elles, et, pour la troisième, accolée perpendiculairement au corps du cruciforme, tranchant dirigé vers la droite ;
- partant du point de contact entre ce segment de « liaison » et la droite décrite en phase B, un autre segment suit vers le haut la même orientation, bien que divergeant légèrement, pour venir s'accoler à un signe circulaire, lui-même recoupé par le talon d'une lame de hache à talon pointu et tranchant droit tourné vers le ciel.

On peut temporairement nommer cette phase comme une installation « d'objets », autrement dit la réunion de ces quatre lames polies dont aucune n'est emmanchée mais qui, toutes, viennent au contact d'autres signes, soit par le tranchant, soit par le talon. Un cinquième « objet » pourrait se concrétiser dans le signe circulaire, peut-être un anneau également en pierre.

Phase D

Sans pouvoir connaître l'ordre des priorités, deux mises en place diamétralement opposées seront néanmoins réunies dans cette séquence.

Depuis le haut sur la droite, une série d'arcs radiés, partiellement effacés en leurs extrémités, est dirigée vers le signe central cruciforme, qu'elle recoupe mais en stoppant après l'énigmatique appendice précédemment évoqué.

Depuis le bas à gauche, un motif dit « bateau avec équipage » dans le corpus armoricain, mais positionné à la verticale comme sur L6, équipage formé de 4 silhouettes de taille décroissante vers le haut, est enveloppé d'un signe crose.

Trois signes imbriqués viennent mordre sur ce dernier, et recourent les deux lignes de division vues en phase A. Ces trois tracés vont à leur tour déterminer l'installation de signes similaires et concentriques.

Phase E

Cette détermination est ainsi visible dès la phase suivante, où deux ensembles de cinq signes courbes, proches du motif croisé habituel, se répartissent de part et d'autre du couple venant du bas de l'orthostate. Le groupement de gauche présente une série d'intervalles courts, peut-être contraint par l'espace libre avant le bord de la dalle, tandis que le groupe droit offre des intervalles deux fois plus espacés jusqu'à venir s'arrêter sur l'assemblage de la phase C.

Au sein de cet assemblage antérieurement disposé, plusieurs signes concentriques vont être installés, alors qu'ils auraient pu l'être après la gravure des haches polies.

- Cinq signes crosses partent de la ligne de réunion décrite en phase C pour venir toucher le signe cruciforme dans son corps supérieur.
- Puis, sur le dessus de la composition, trois signes ondulés de type « cornus » ou « oiseaux » viennent s'imbriquer vers le haut, jusqu'à entourer un disque dégagé par champlévé.
- Enfin, depuis les arcs radiés de la phase D, trois signes croisés orientés par ces arcs viennent buter sur le signe cruciforme, véritable centre attracteur dans la scène.

Phase F

Arbitrairement séparée de la précédente, cette étape pourrait n'en représenter qu'un sous-ensemble. Mais dans la mesure où elle concerne cinq signes crosses, inversés et de surcroît uniquement inscrits dans le registre inférieur de ce programme central, nous jugeons pertinent de rassembler le tout en un assemblage autonome.

De part et d'autre du signe cruciforme, ces signes inversés se répartissent ainsi :

- une crose en « point d'interrogation » vient s'opposer par son extrémité distale au plus ancien signe crose décrit en phase A ;
- dessous, deux autres signes, aux crosserons cette fois tournés vers la droite, ne présentent pas une courbure similaire ;
- de l'autre côté du cruciforme, deux crosses dissemblables se superposent, celle du dessus étant à crosserons fort recourbé.

Phase G

Cette phase comprend une grande part de la gravure du secteur médian de la dalle C4. Elle débute sur son bord droit et se dirige jusqu'à buter sur les éléments de la phase D.

- Le « réticulé » est un ensemble de tracés plus ou moins orthogonaux appuyés sur les arcs radiés de la phase D et implantés entre les lignes de division décrites en phase A.
- Le motif en G2 vient ensuite, avec ses signes symétriquement disposés.

- Deux couples de signes courbés opposés par leurs crosserons (G4) sont placés de part et d'autre d'un double-trait vertical G3 qui est inscrit au centre de l'espace restant entre le motif précédent et celui de la phase D. S'intercalent une crocse « droite » à gauche et, nous le verrons, le prolongement d'un arc radié du registre supérieur dont le dessin est finalement celui d'un signe crocse.

Phase H

Cette étape de réalisation s'apparente à une forme de « remplissage » comme nous l'entrevoyons sur d'autres dalles du monument. Le qualificatif est bien entendu temporaire.

- Remplissant l'espace laissé vacant par les signes de la phase précédente, trois segments sub-horizontaux se succèdent en parallèle à la ligne courbe de la phase A (H4).
- Nous posons dans ce même élan, de façon certainement arbitraire, le développé de signes similaires et de même orientations dans le registre inférieur droit (H5).
- Plusieurs signes droits ou crocés remplissent tout autant l'espace libre à gauche des motifs de la phase D jusqu'à toucher le bord du support (H1).
- Également dans un espace libre, deux signes curvilignes H3 et un signe crocisé H2 s'imbriquent et épousent le mouvement des tracés précédents.

Phase I

Il s'agit de l'ultime remplissage des espaces encore vacants. Deux ensembles se répartissent en haut et en bas de la composition :

- trois motifs d'arcs concentriques s'inscrivent entre la grande installation d'arcs radiés et le tracé séparateur de la phase B ; de droite à gauche, ils vont progressant avec 2, 4, 6 signes imbriqués ;
- une série semblable de trois motifs installe ses arcs radiés, mais cette fois de la gauche vers la droite et selon une suite de 7, 6 et 4 signes.

2. La géométrie de la composition

Plusieurs repères dans l'espace et sur la dalle elle-même permettent d'aborder une possible structuration géométrique du registre gravé (fig. 25) :

a : le niveau plan de référence topographique ;

b : les deux lignes de division transversales à la composition, de la plus ancienne phase de réalisation A, qui sont grossièrement parallèles dans leur partie médiane ;

c : les deux lignes verticales des motifs centraux de la phase ancienne B, ainsi que la ligne qui leur est perpendiculaire, parallèle par conséquent aux signes précédents.

Deux axes de références, vertical (axe 1) et horizontal (axe 2), ont été fixés sur la dalle. Devant servir à rendre compte de l'orientation des motifs, ils sont donc calculés à partir de la surface occupée par le panneau gravé. Si l'axe vertical lié aux gravures se confond avec celui qui pourrait être établi en rapport avec le support, puisque les gravures vont ici d'un bord à l'autre, l'axe horizontal est plus haut placé étant donné que le registre gravé s'achève entre 10 (à gauche) et 30 cm (à droite) avant le sol dallé.

Dans cette configuration, plusieurs observations ressortent sans trop leur faire violence :

- l'axe vertical médian passe par le disque, dernier signe sommital inscrit entre les branches des trois signes imbriqués « oiseaux » ;
- mais dans le même temps, l'axe horizontal médian pose nettement en exergue l'obliquité du tracé séparateur de la phase de gravure la plus ancienne ;
- cette obliquité est tout aussi flagrante en comparant l'orientation du segment vertical du signe cruciforme, élément central de la composition.

En reprenant maintenant l'orientation donnée par cette ligne transversale médiane que nous évoquions en phase A, et en lui superposant un axe (n° 3) imaginaire, il apparaît clairement que les signes anciens du programme iconographique (phases B et C) lui sont perpendiculaires.

Si l'on reporte cet axe transversal vers le bas de la dalle en maintenant le parallélisme (axe 3.1), en sorte de faire coïncider la ligne avec le bas des motifs d'arcs radiés, ce qui s'effectue tout naturellement, et que

cet intervalle de 75 cm est dupliqué vers le haut (3.2), on constate une nouvelle coïncidence entre cette ligne imaginaire et le haut de la dalle qui est justement oblique et non parallèle à la dalle horizontale de couverture (l'espace vacant étant d'ailleurs comblé par des calages sur le côté gauche).

La proposition d'un nouvel axe (n° 4) passant par le signe cruciforme, élément déterminant du registre supérieur des gravures, peut être dupliqué jusqu'à être superposé au segment qui lui est parallèle sur la gauche (axe 5). Cet intervalle reporté à droite et à gauche n'apporte rien de significatif à l'ordre sémiotique de l'ensemble : on note bien sûr des coïncidences avec des signes du registre, mais il aurait été étonnant qu'il ne s'en trouvât pas, étant donné le nombre des tracés...

De tout ce qui précède peut être déduit une orientation logique de la composition, selon une horizontale qui pouvait être le niveau d'un sol, ou encore l'horizontale du haut de la stèle mise en forme, mais qui n'est en tout cas manifestement pas celle dans l'environnement duquel s'observe aujourd'hui la dalle. Il est évident par ailleurs que la gravure s'est faite dans un autre lieu, nous en avons la preuve avec des éléments cachés par la dalle voisine C5. En postulant que le registre gravé fut orienté selon l'horizontale du lieu de réalisation (quand bien même le sculpteur aurait travaillé dalle à plat), l'implantation actuelle n'a pas suivi le projet initial, soit par absence de volonté car le message porté par les gravures était affaibli ou dilué, soit par simple incident de construction qui n'a pu rétablir la verticalité initiale du support et par conséquent des gravures. A moins encore, ultime hypothèse, de considérer l'obliquité générale de la composition comme étant dictée par le programme iconographique. Mais nous en doutons, car indépendamment de l'implantation des gravures, la morphologie de la stèle aurait été mieux adaptée à la configuration architecturale de la chambre funéraire.

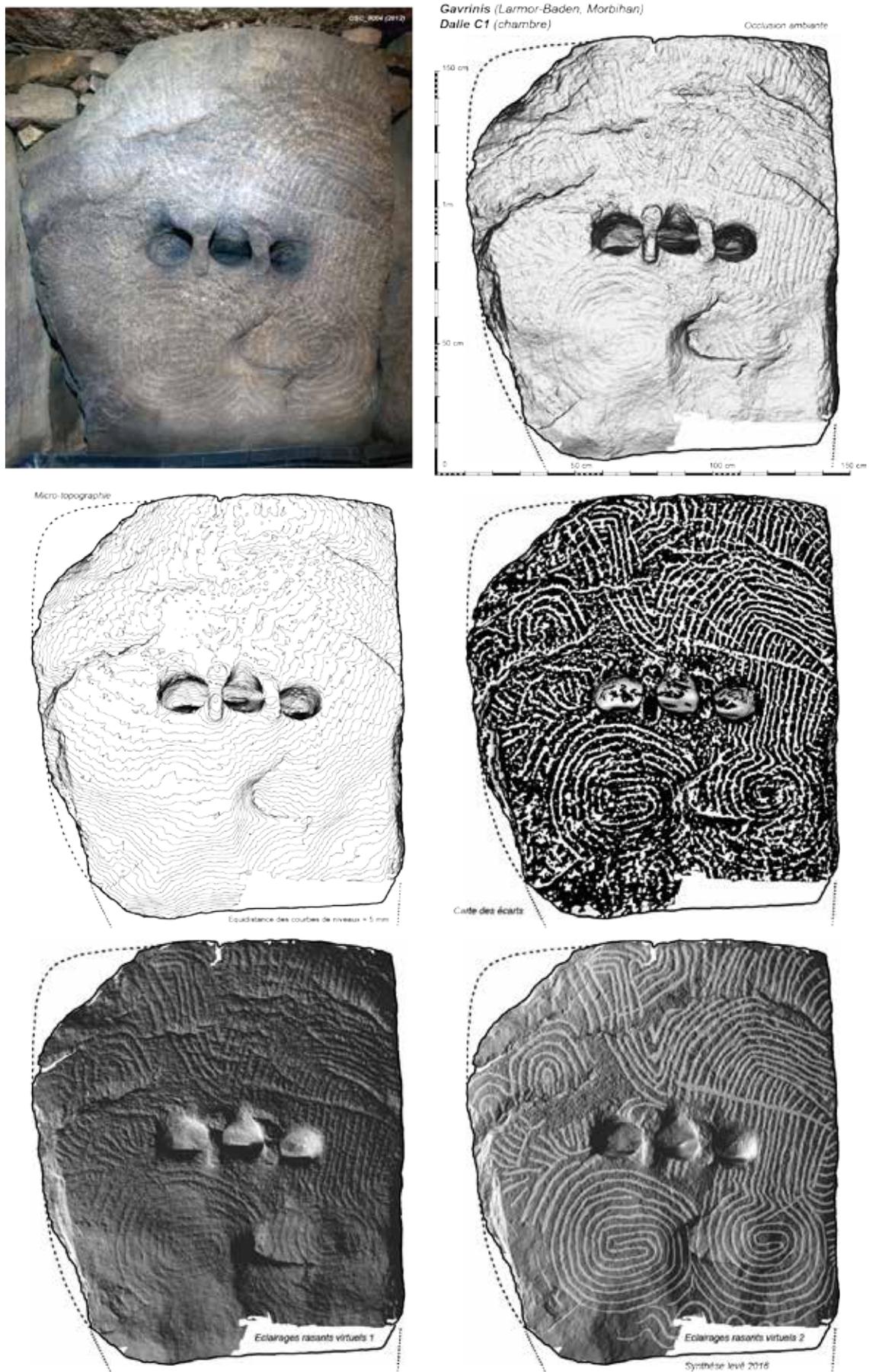


Figure 1

Gavrinis
(Larmor-Baden, Morbihan)
Dalle C1 (chambre)

Stations d'acquisitions photographiques
par éclairages tournants

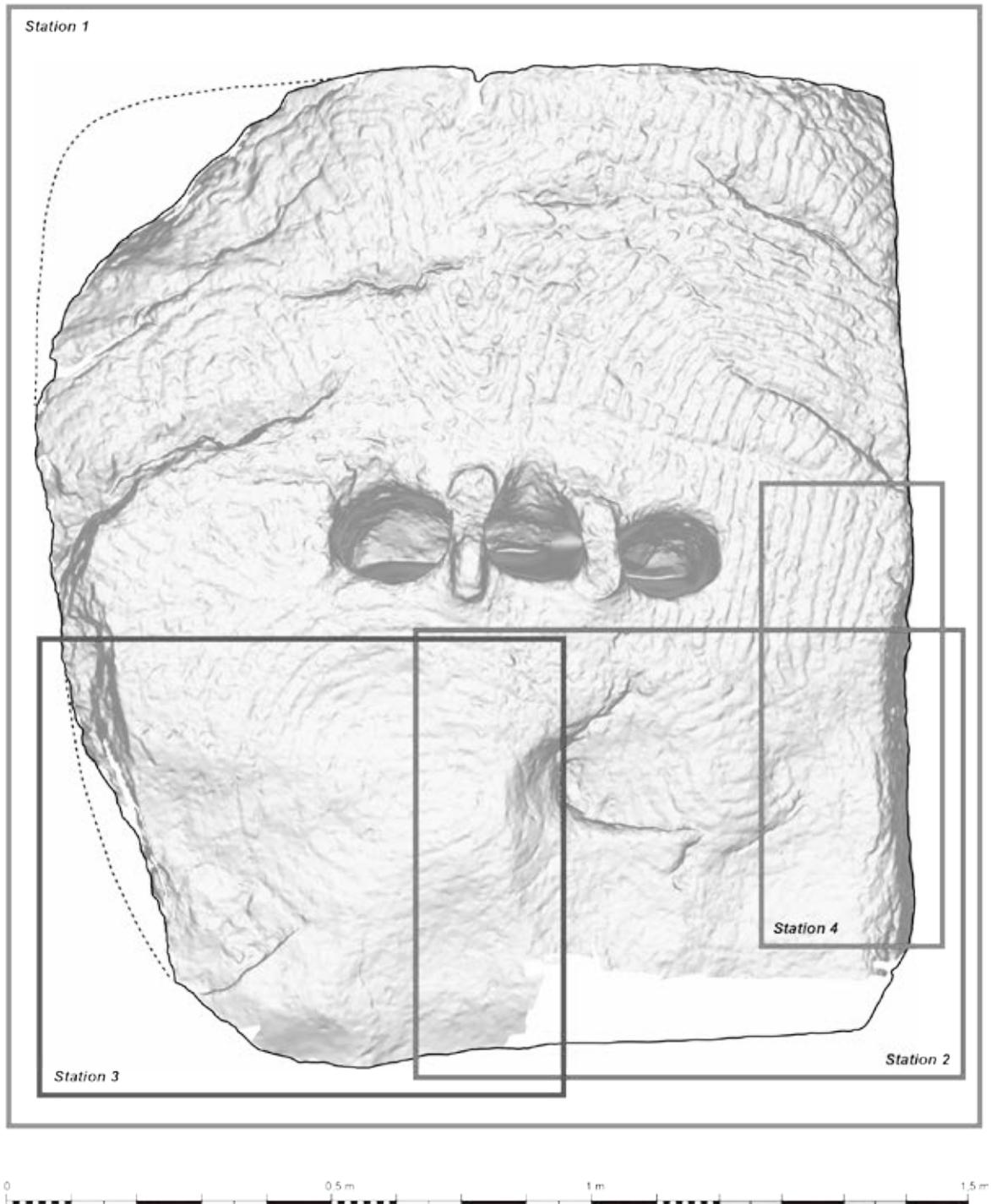


Figure 2

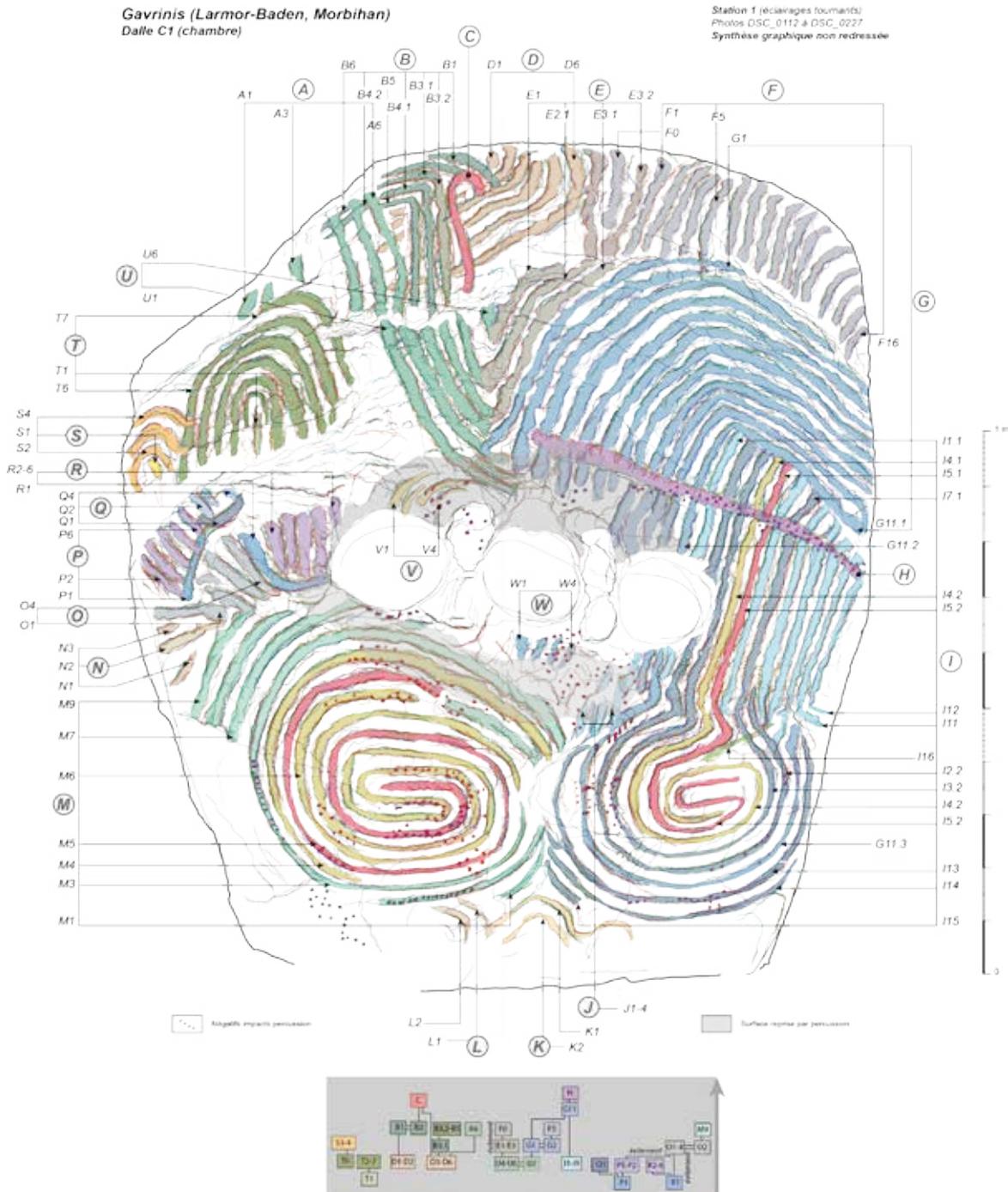
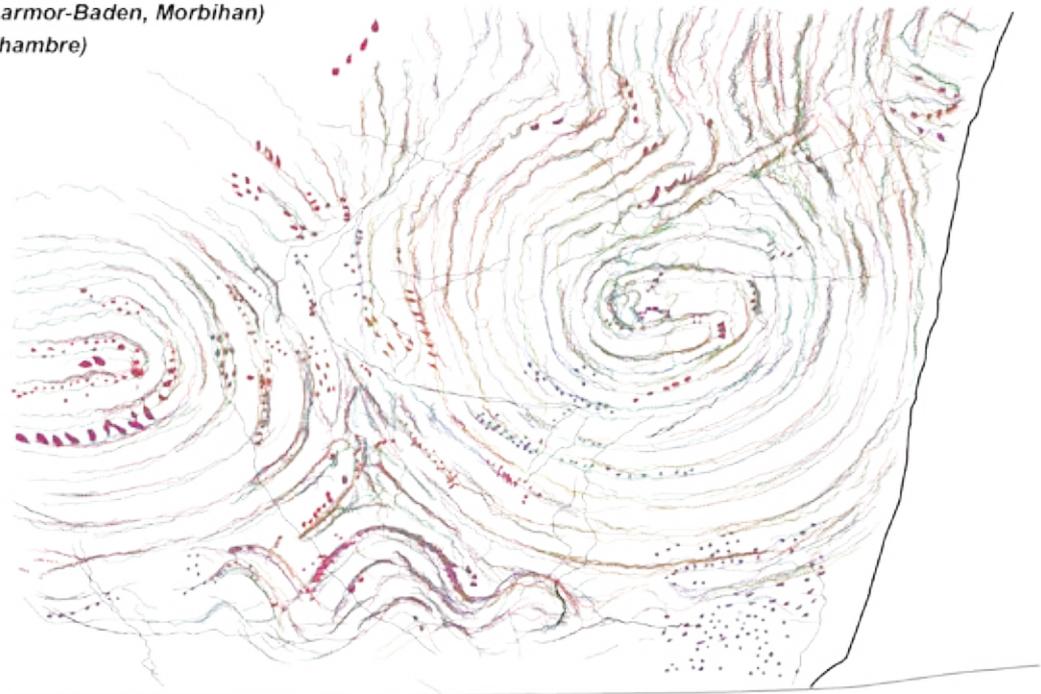


Figure 3

Gavrinis (Larmor-Baden, Morbihan)
Dalle C1 (chambre)



Station 2 (éclairages tournants)
 Photos DSC_0003 à DSC_0074

 Négatifs impacts percussion



Synthese graphique non redressée

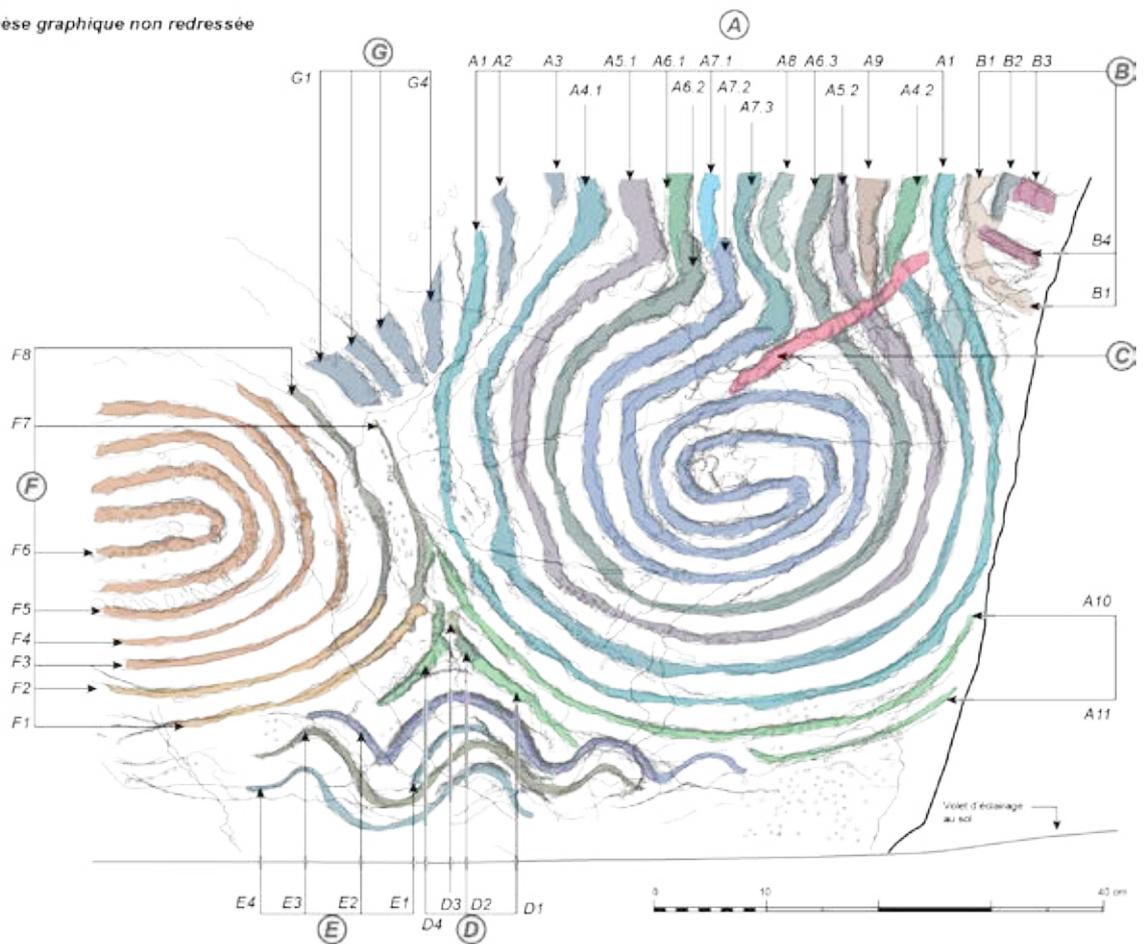


Figure 4

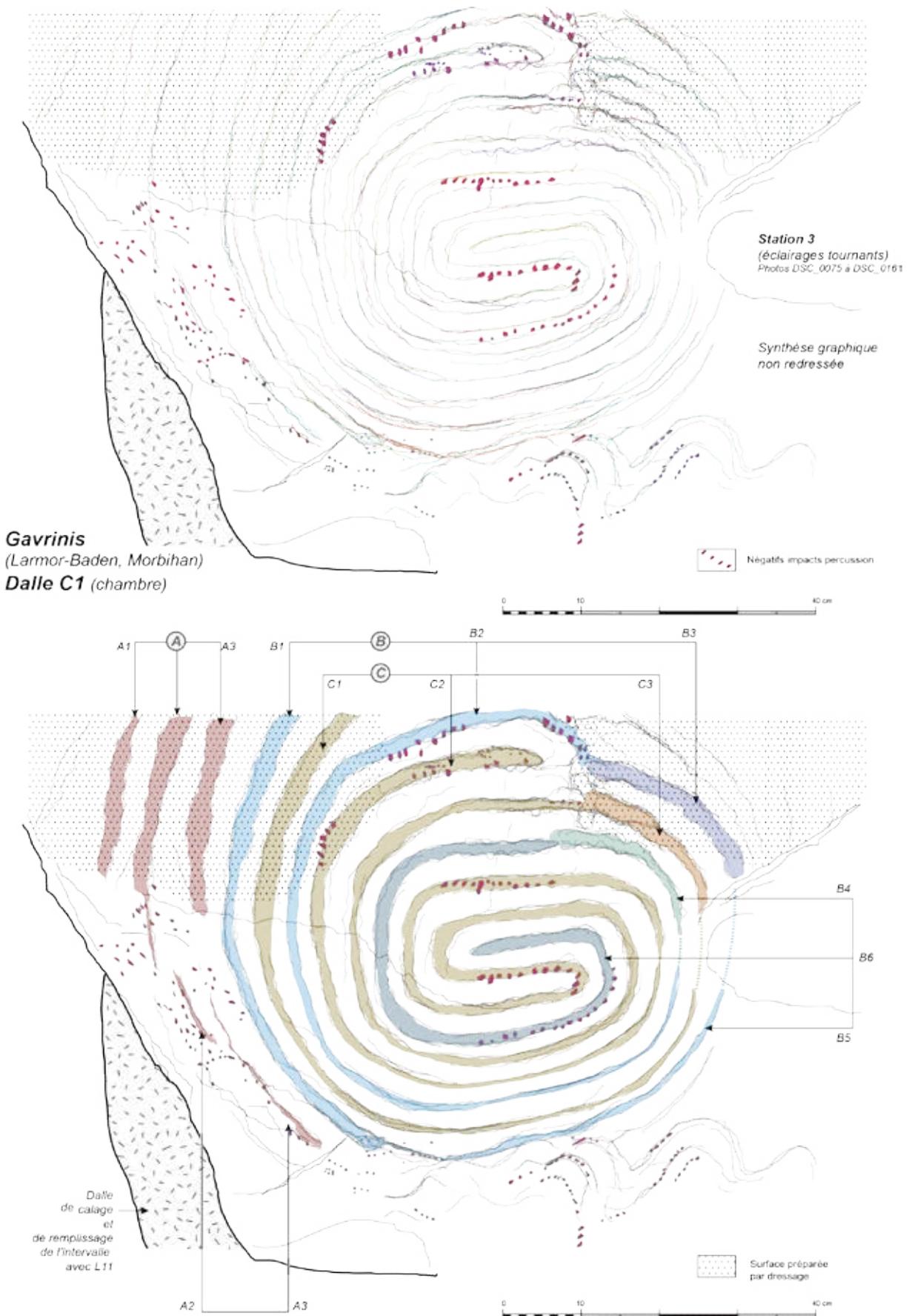


Figure 5

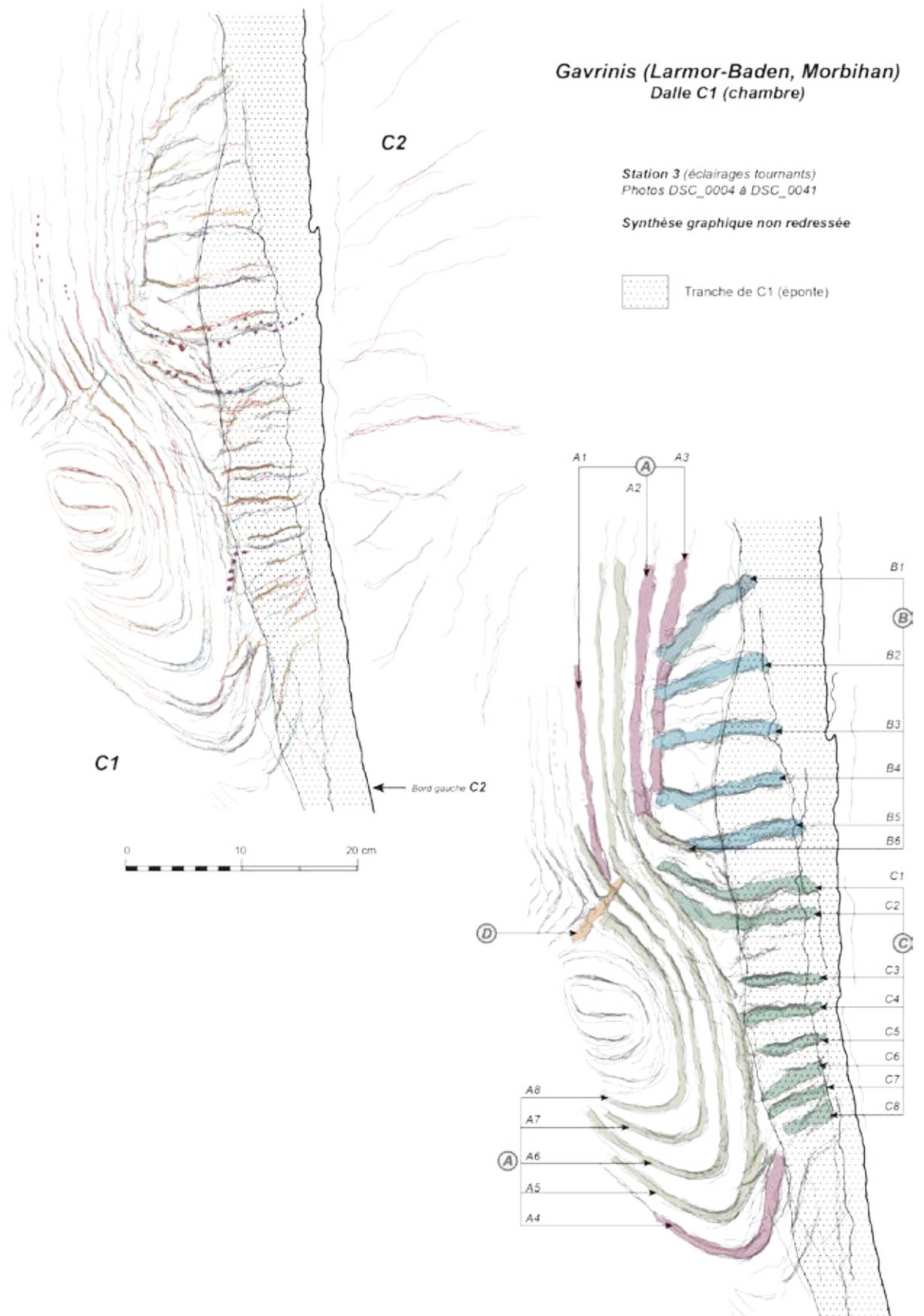


Figure 6

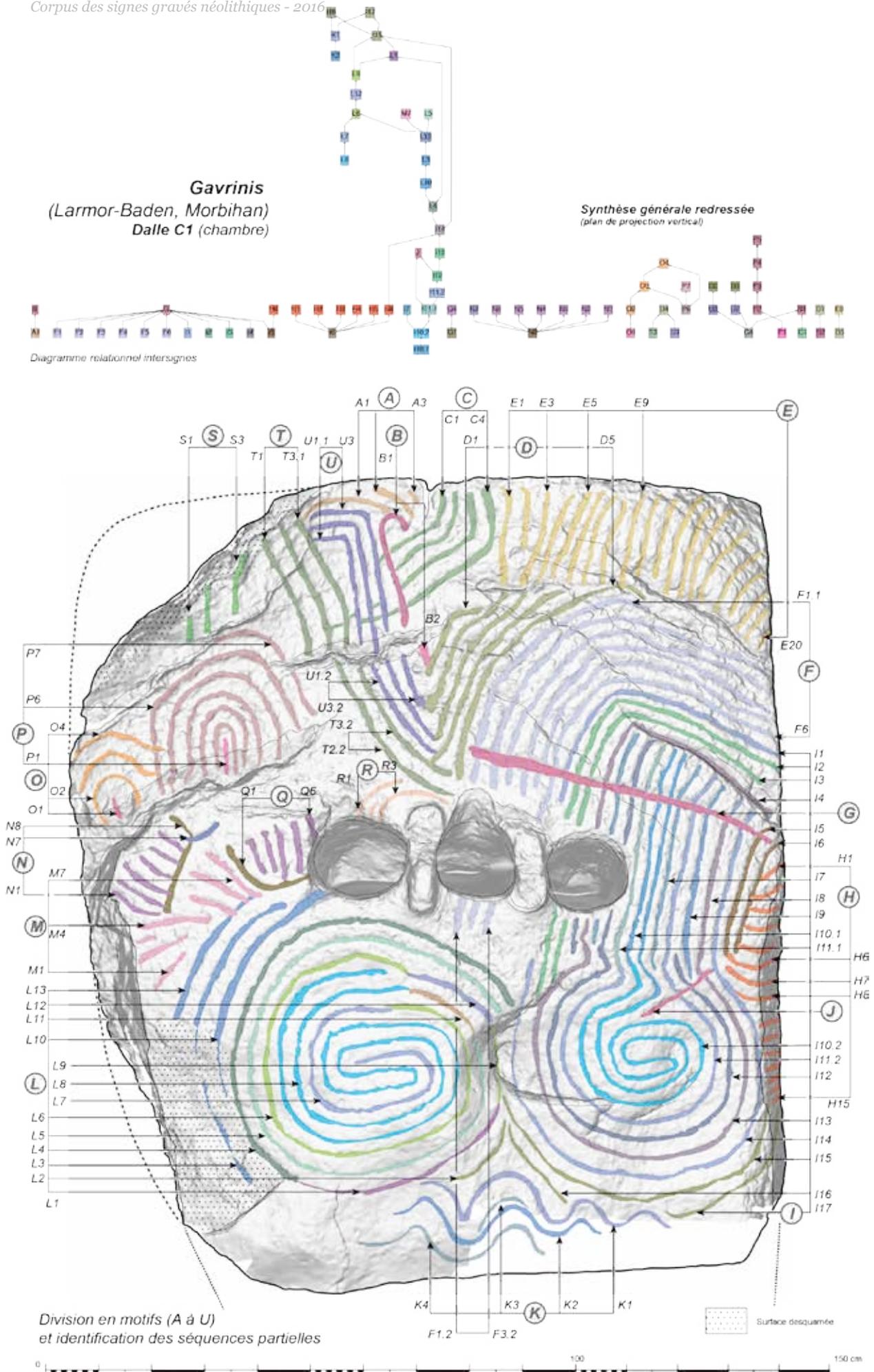


Figure 7

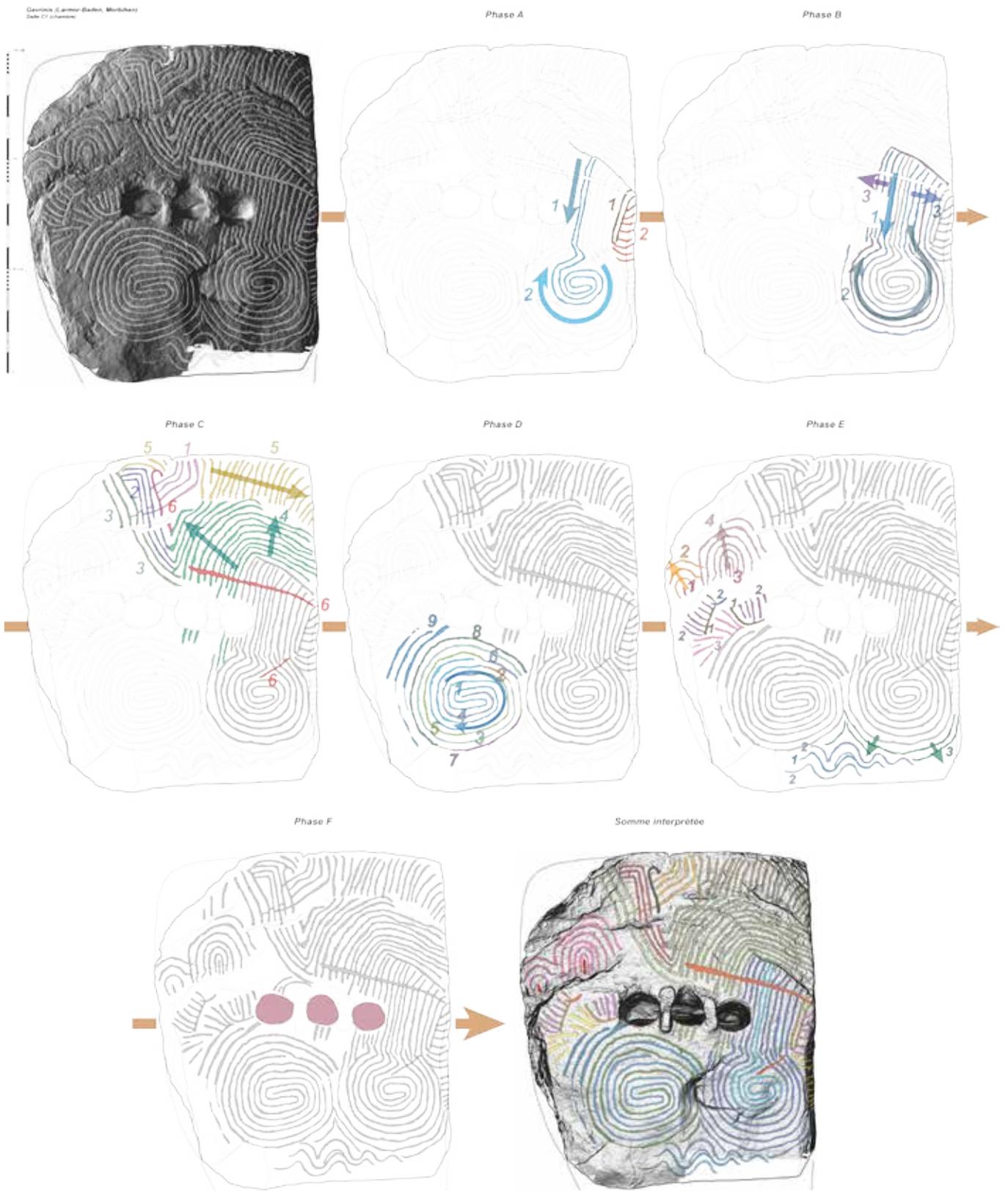


Figure 8

Gavrinis (Larmor-Baden, Morbihan)
Dalle C1 (chambre)
Synthèse générale redressée



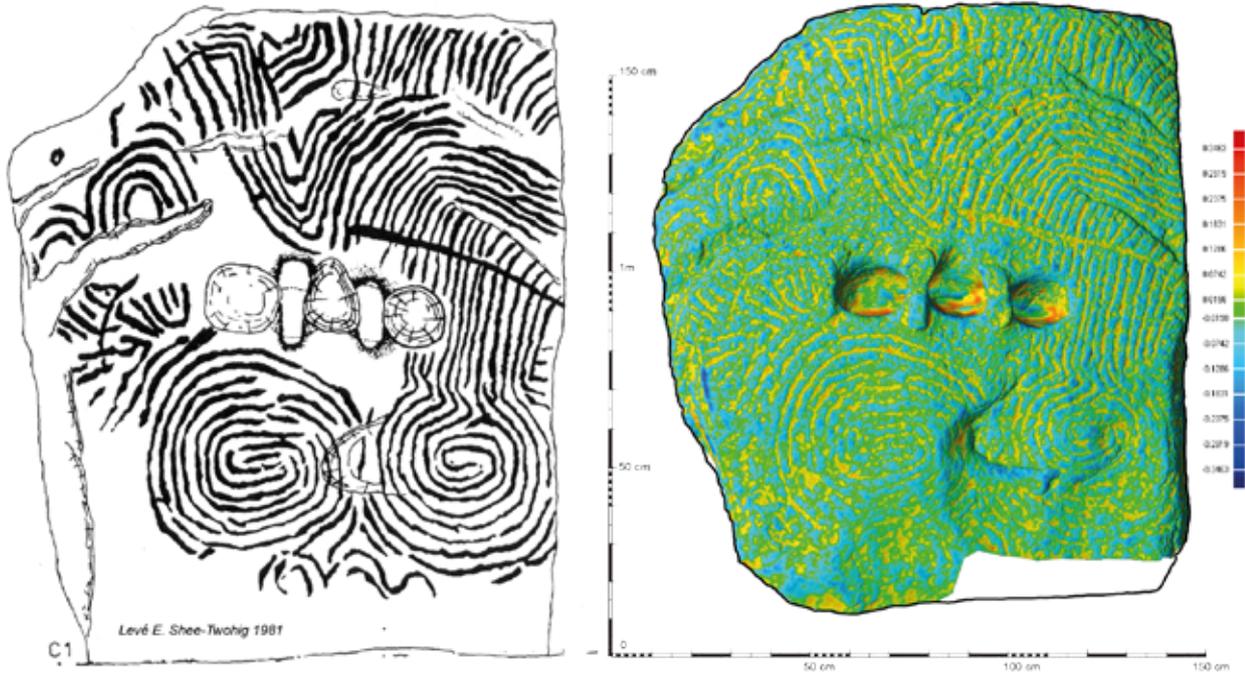
Figure 9



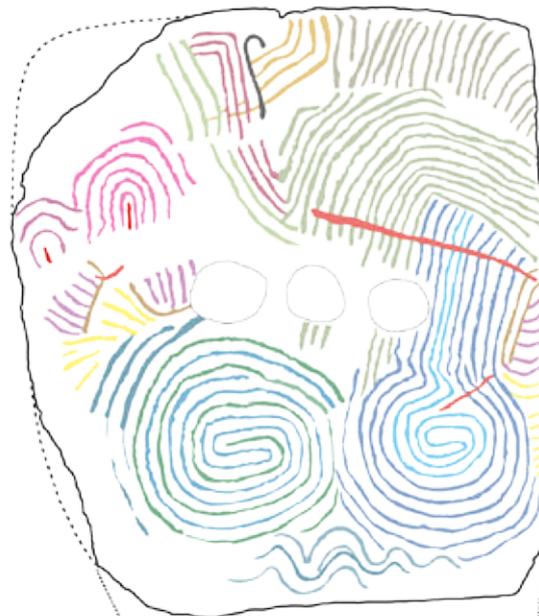
Figure 10

Gavrinis (Larmor-Baden, Morbihan)
Dalle C1 (chambre)

Carte des écarts 2011



Catalogue 2012 sur carte des écarts
(dessin E. Robinet)



Synthese 2016

Figure 11

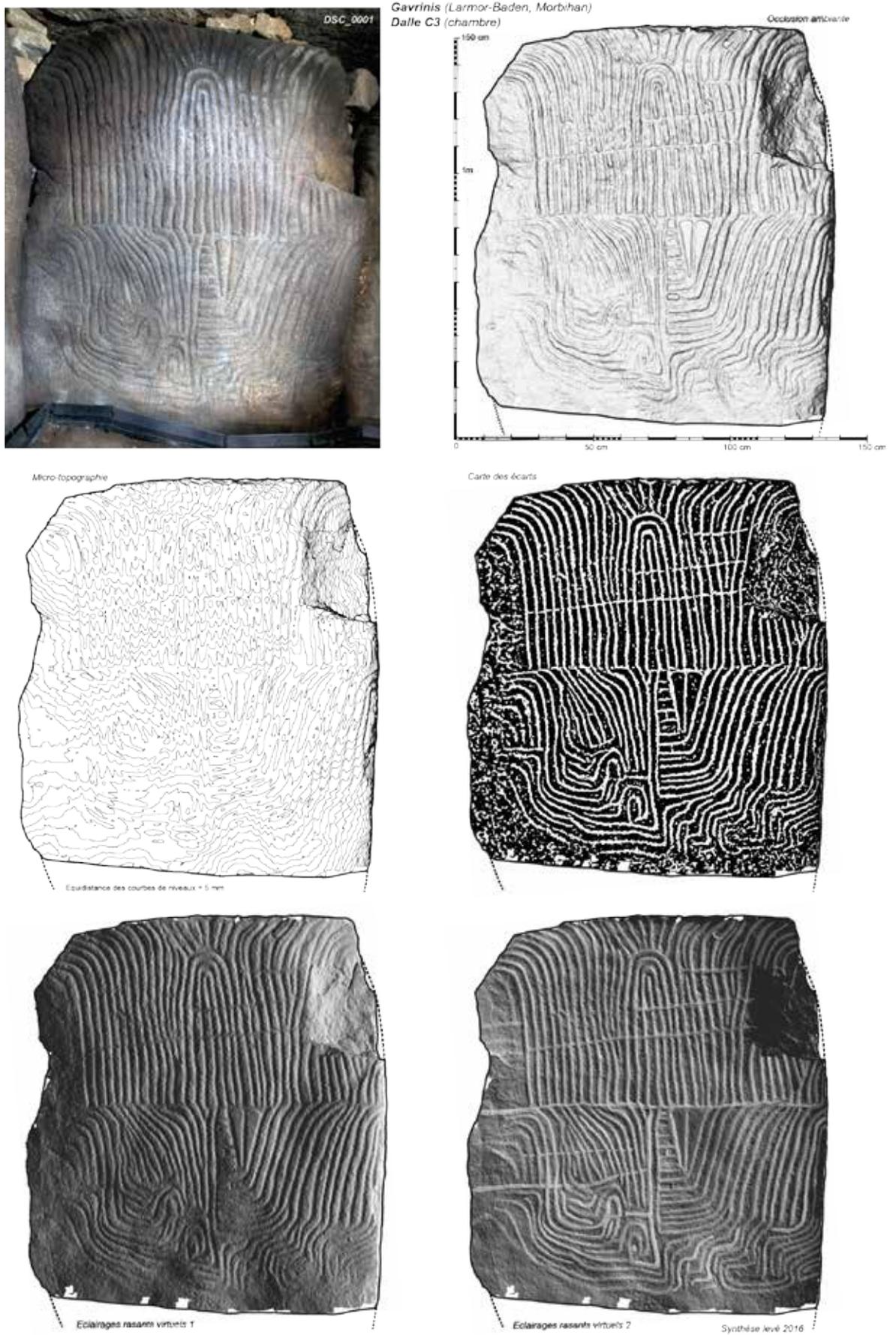


Figure 12

Gavrinis
(Larmor-Baden, Morbihan)
Dalle C3 (chambre)

Stations d'acquisitions photographiques
par éclairages tournants

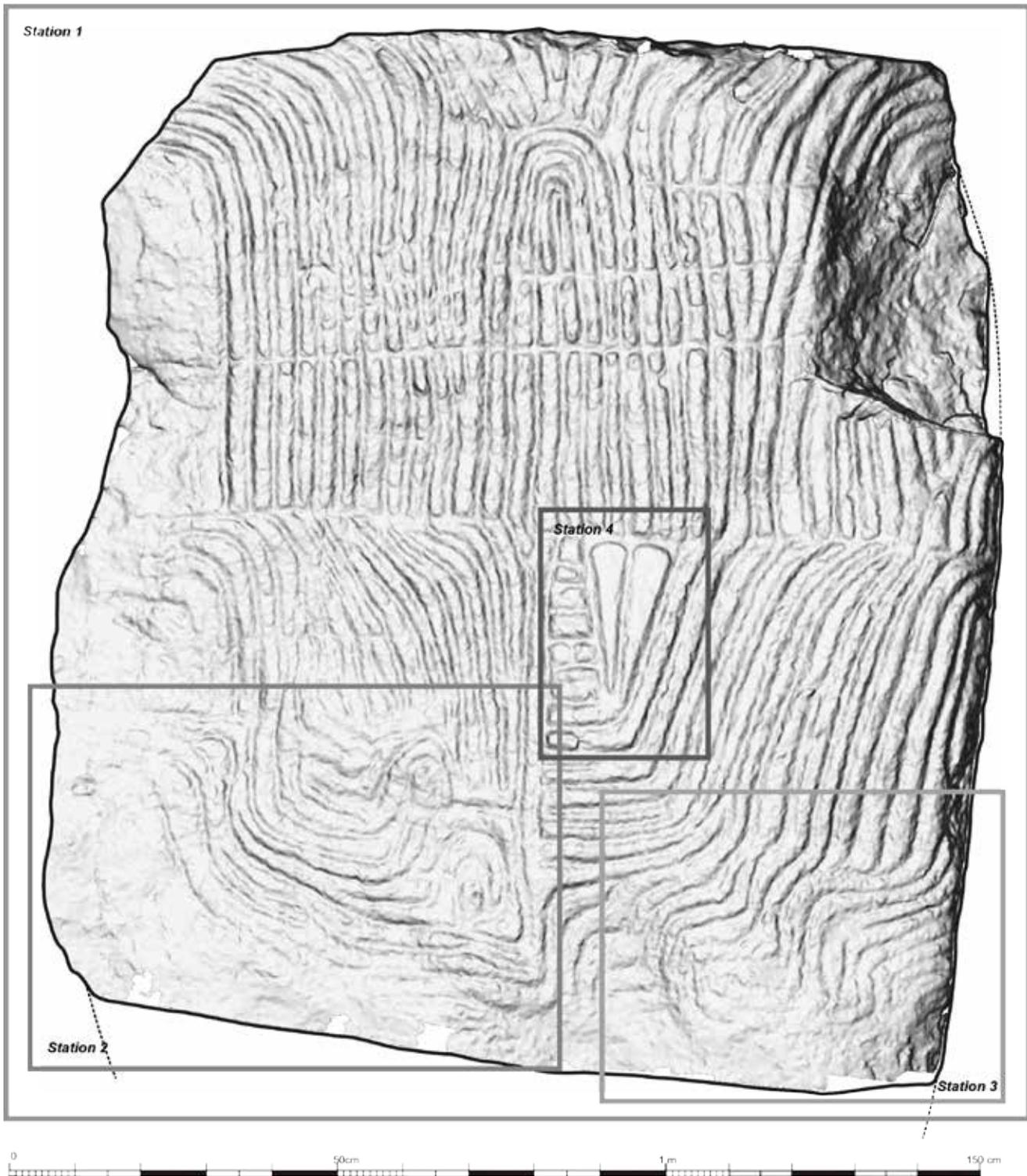


Figure 13

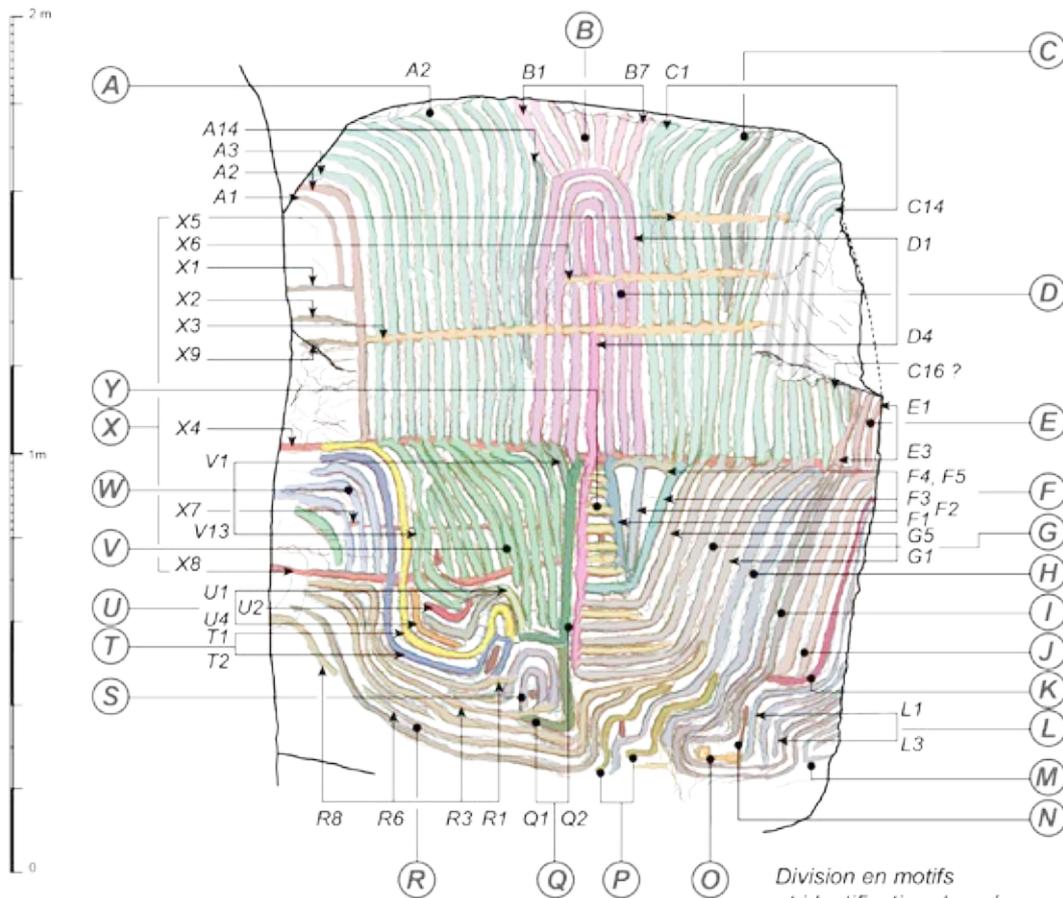
Gavrinis (Larmor-Baden, Morbihan)
Dalle C3 (chambre)

Station 1 (éclairages tournants)
 Photos DSC_0284.jpg à DSC_0241.jpg
 21 mars 2013

Synthèse graphique non redressée

Motifs temporaires

- | | |
|--|---|
| A : crosses senestres verticales | N : segment rectiligne |
| B : segments divergents | O : senile sur segment rectiligne |
| C : crosses dextres verticales | P : double méandre ouvert |
| D : arcs courbes sur segment droit | Q : double croise senestre inversée verticale |
| E : motif tronqué | R : méandres ouverts imbriqués |
| F : double lame de hache | S : arcs radiaux sur cupule |
| G : crosses senestres obliques inversées | T : double méandre imbriqué |
| H : double ligne à méandres ouverts | U : crosses imbriquées |
| I : double ligne à méandres fermés | V : crosses senestres déformées |
| J : double trait rectiligne | W : crosses senestres verticales |
| K : croise senestre oblique inversée | X : rectilignes horizontales |
| L : méandres ouverts imbriqués | Y : segments rectilignes horizontaux |
| M : méandre fermé sur segment droit | |



Division en motifs et identification des séquences partielles

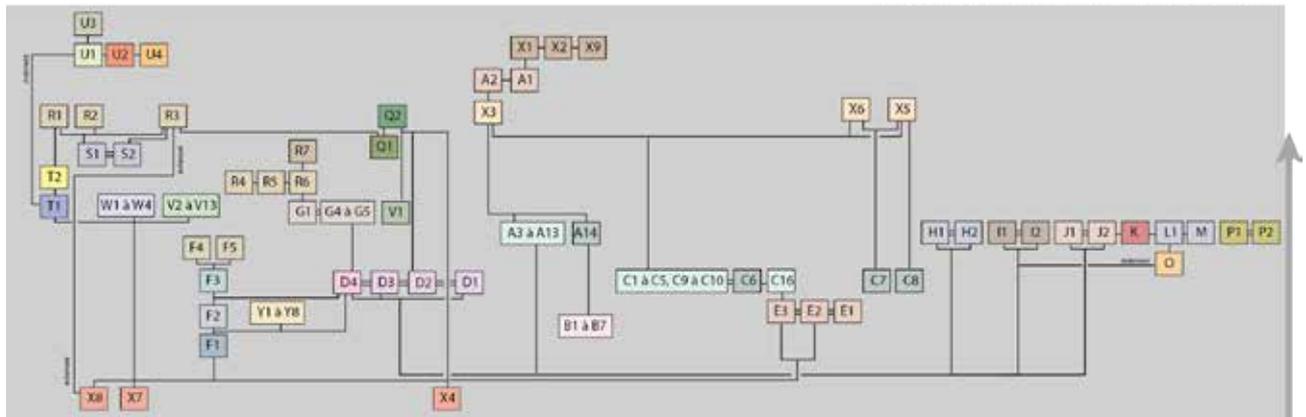
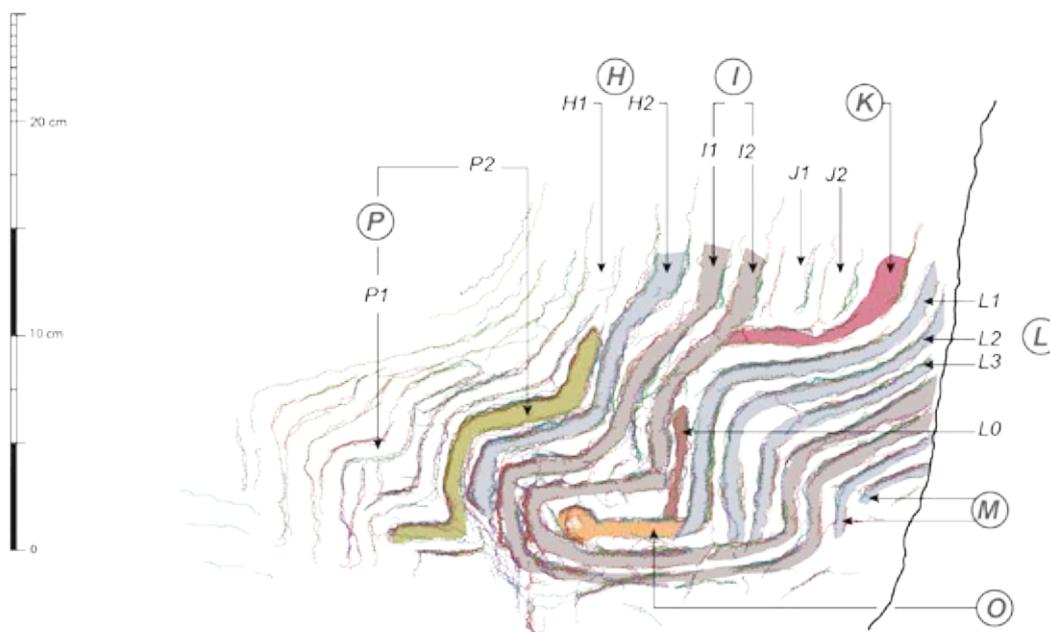
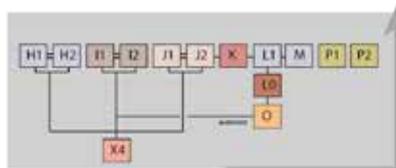


Figure 14

Gavrinis (Larmor-Baden, Morbihan)
Dalle C3 (chambre)

Station 3
 Photos DSC_0150.jpg à DSC_0188.jpg
 26 juin 2014

Division en motifs
 et identification des séquences partielles
 (numérotation et couleurs des enlèvements de matière sont en accord avec la synthèse graphique de la station 1)



Eclairages virtuels tournants (lasergrammétrie)

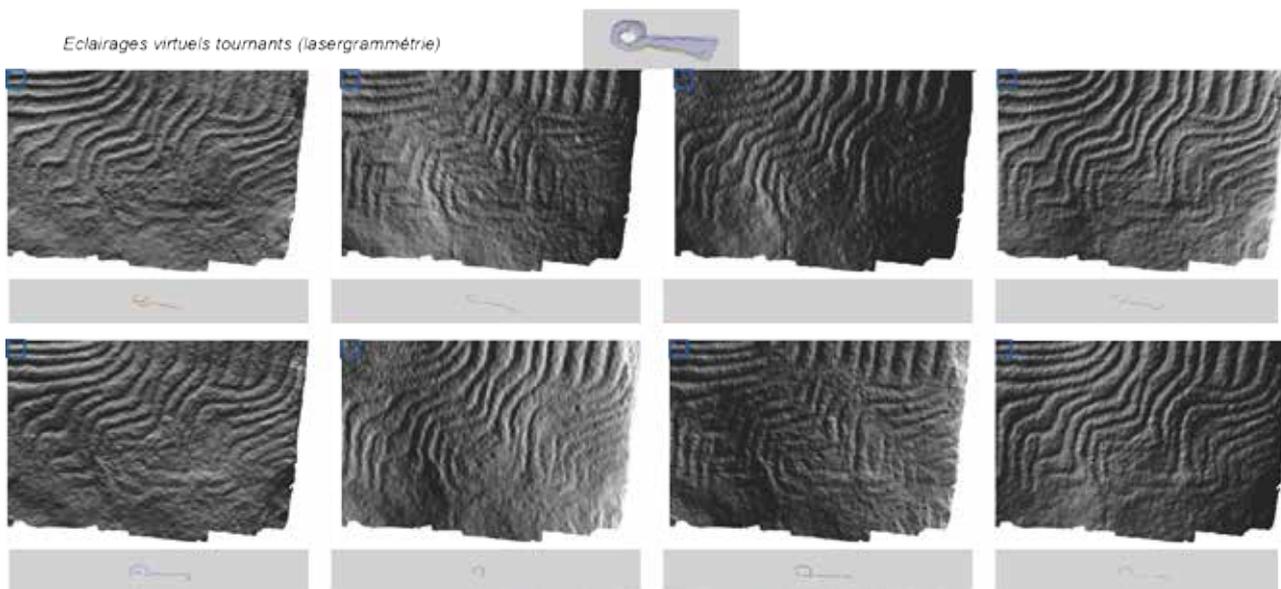
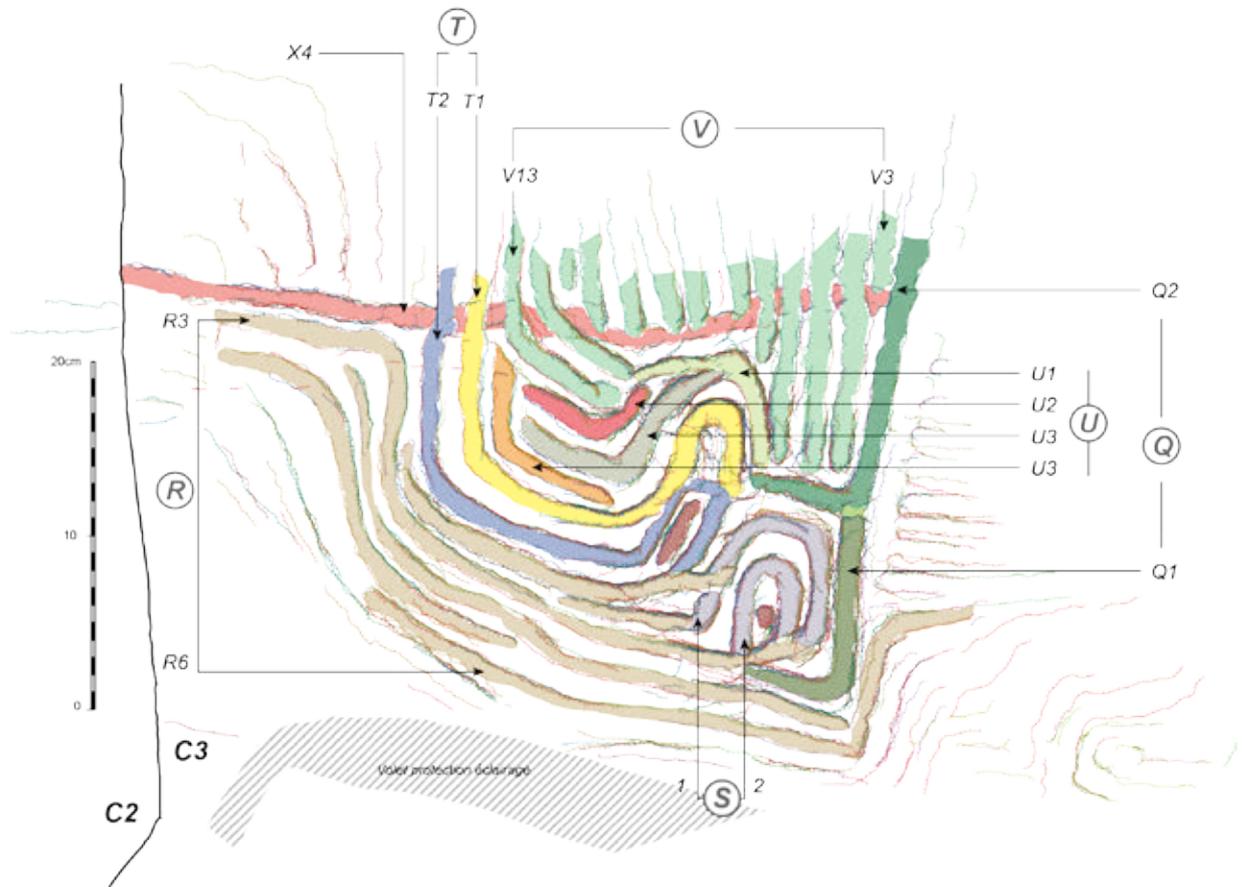
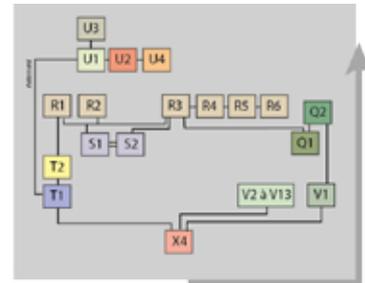


Figure 15

Gavrinis (Larmor-Baden, Morbihan)
Dalle C3 (chambre)

Station 2
 Photos DSC_0106.jpg à DSC_0143.jpg
 26 juin 2014



*Division en motifs
 et identification des séquences partielles*
 (numérotation et couleurs des enlèvements de matière sont en accord avec
 la synthèse graphique de la station 1)

Figure 16

Gavrinis (Larmor-Baden, Morbihan)
Dalle C3 (chambre)

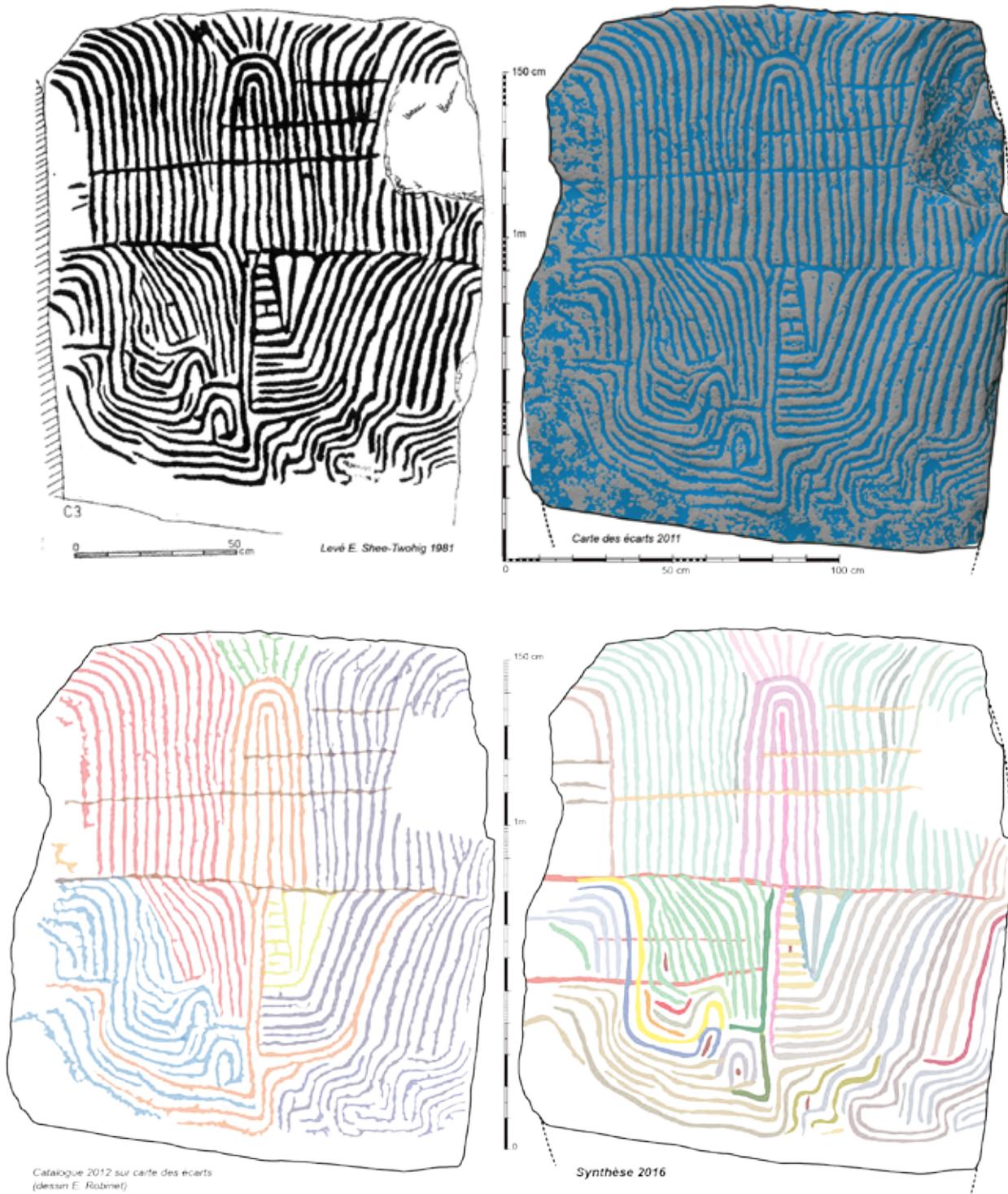
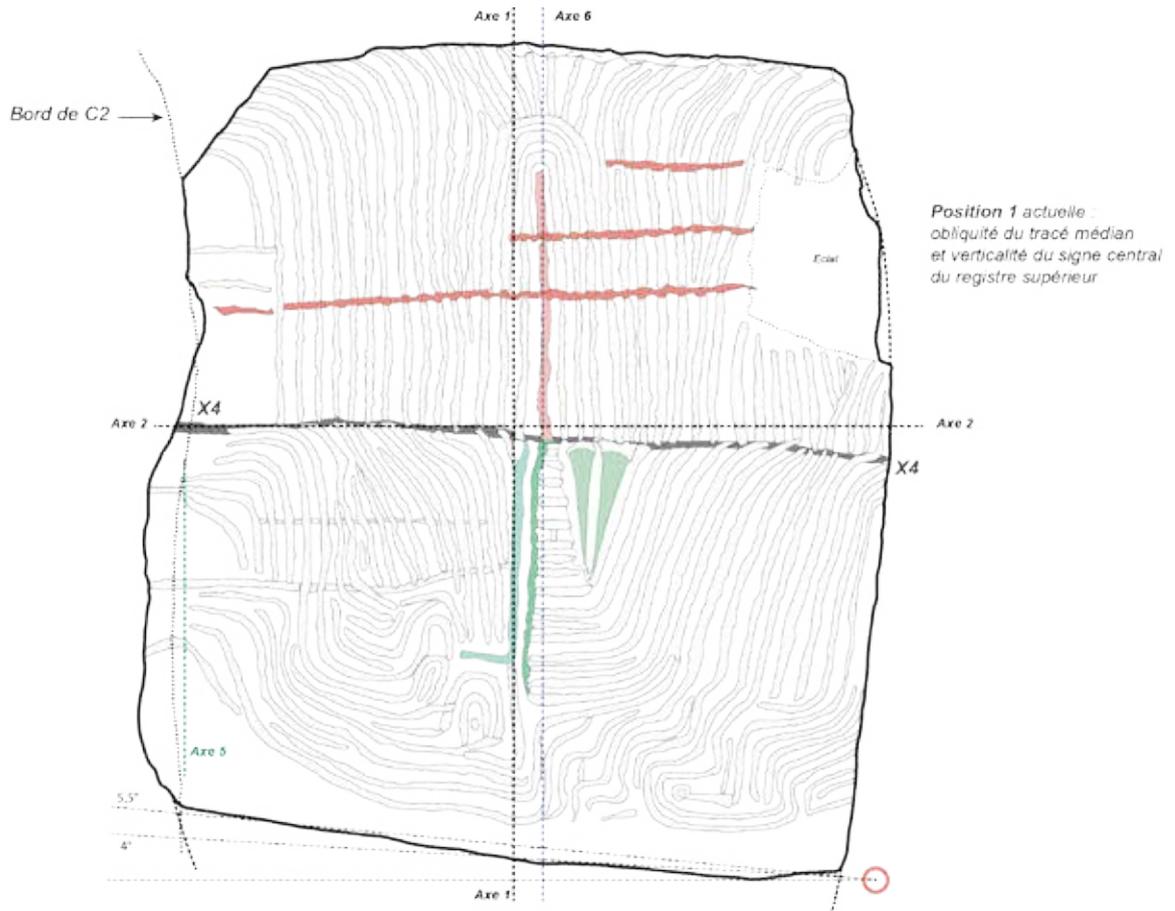


Figure 17



Gavrinis
(Larmor-Baden, Morbihan)
Dalle C3
(chambre)

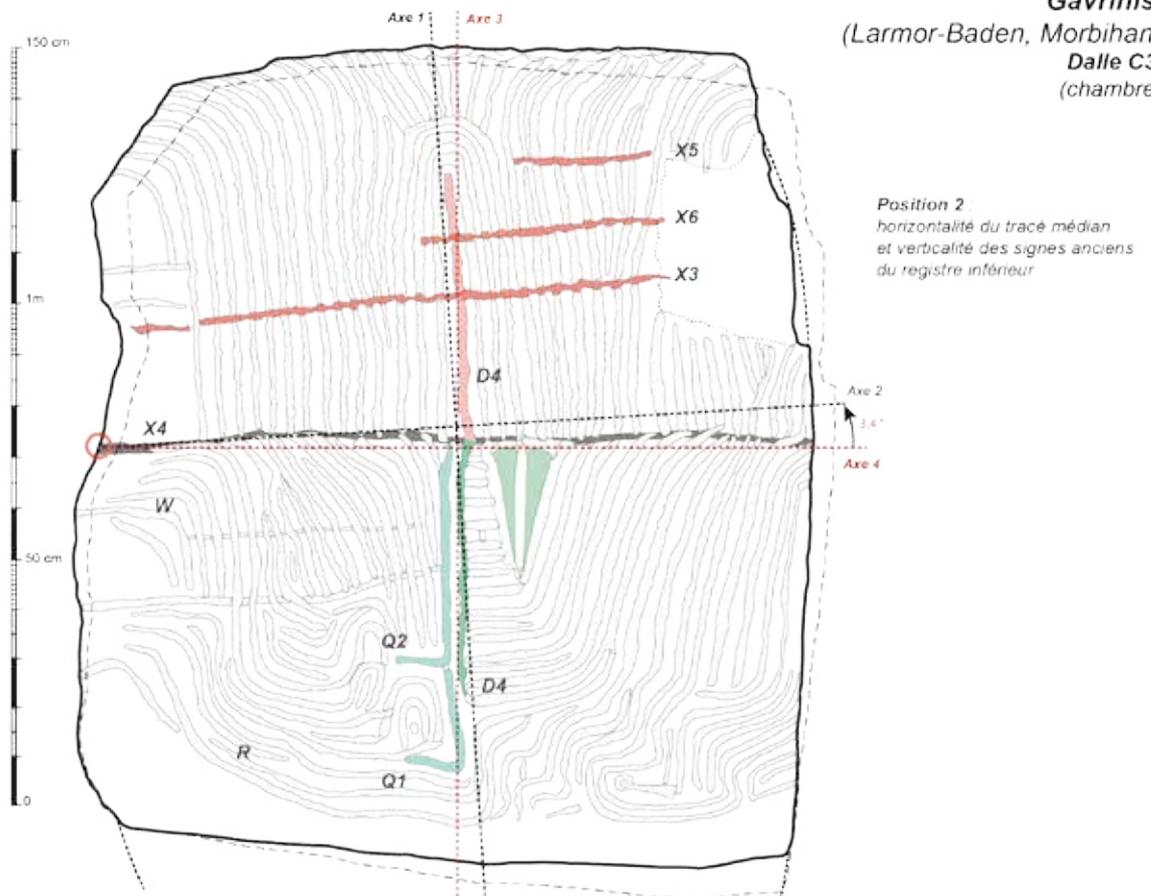


Figure 18

Gavrinis (Larmor-Baden, Morbihan)
Dalle C3 (chambre)

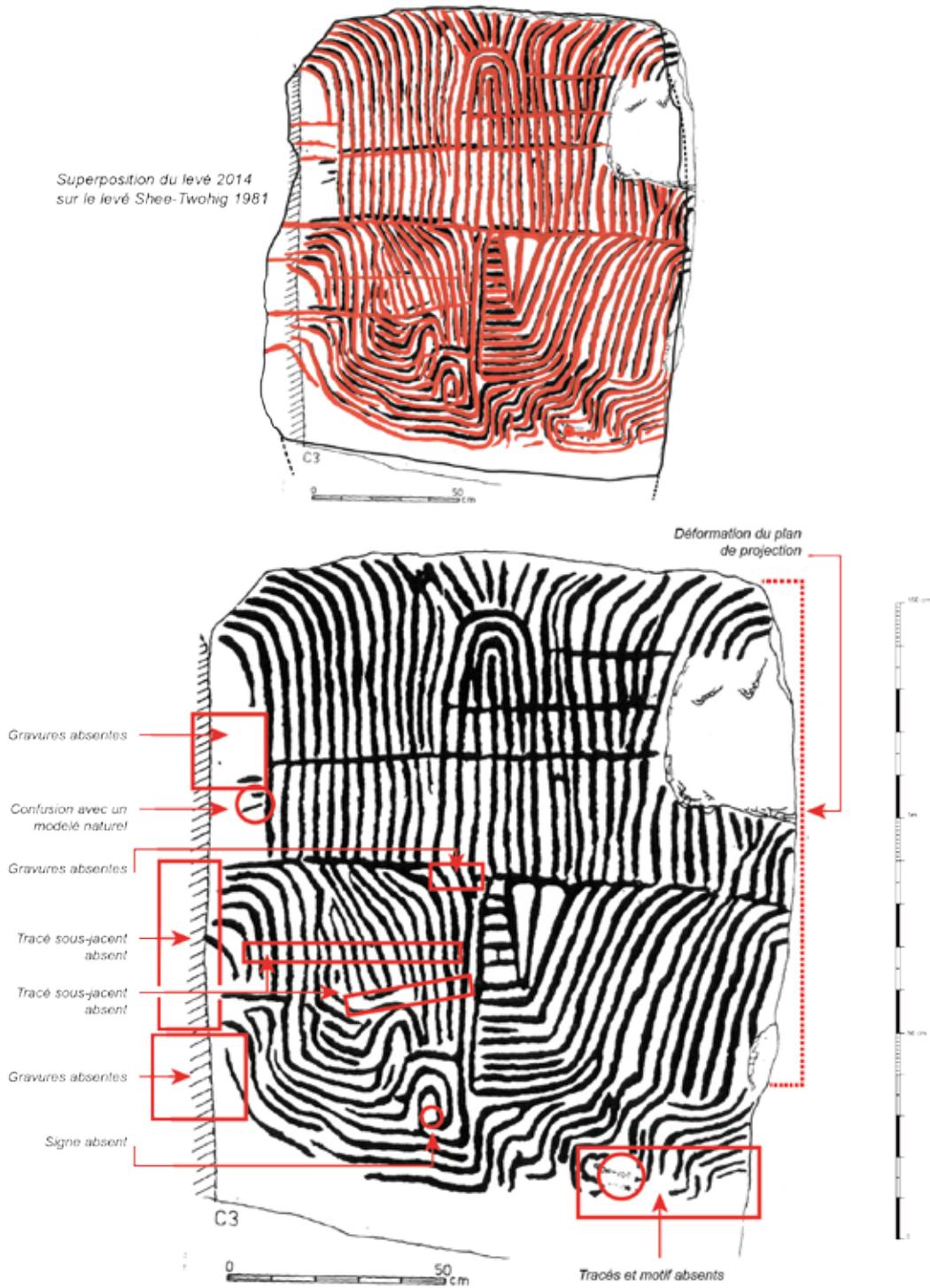


Figure 19

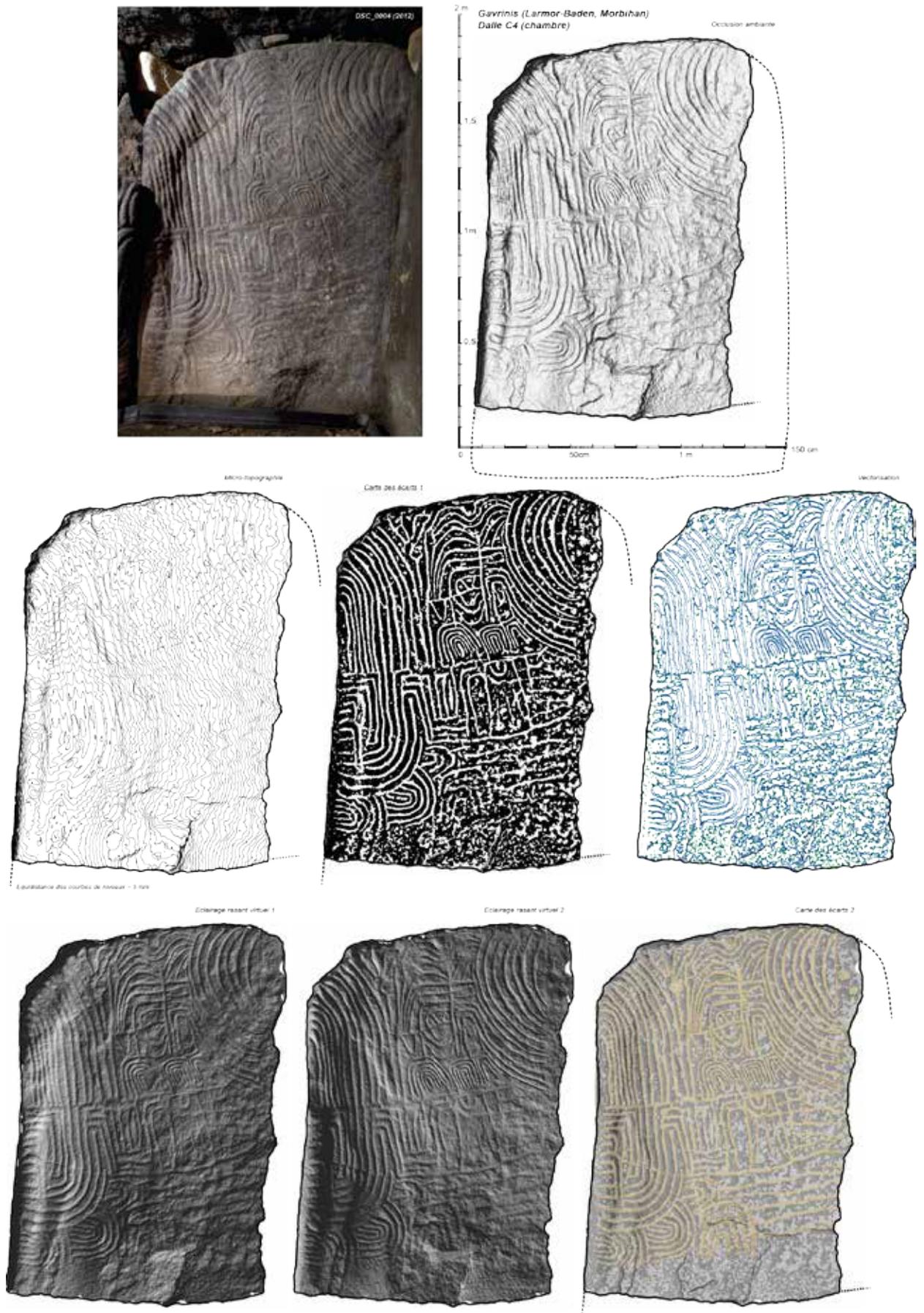


Figure 20

Gavrinis
(Larmor-Baden, Morbihan)
Dalle C4 (chambre)

Stations d'acquisitions photographiques
par éclairages tournants

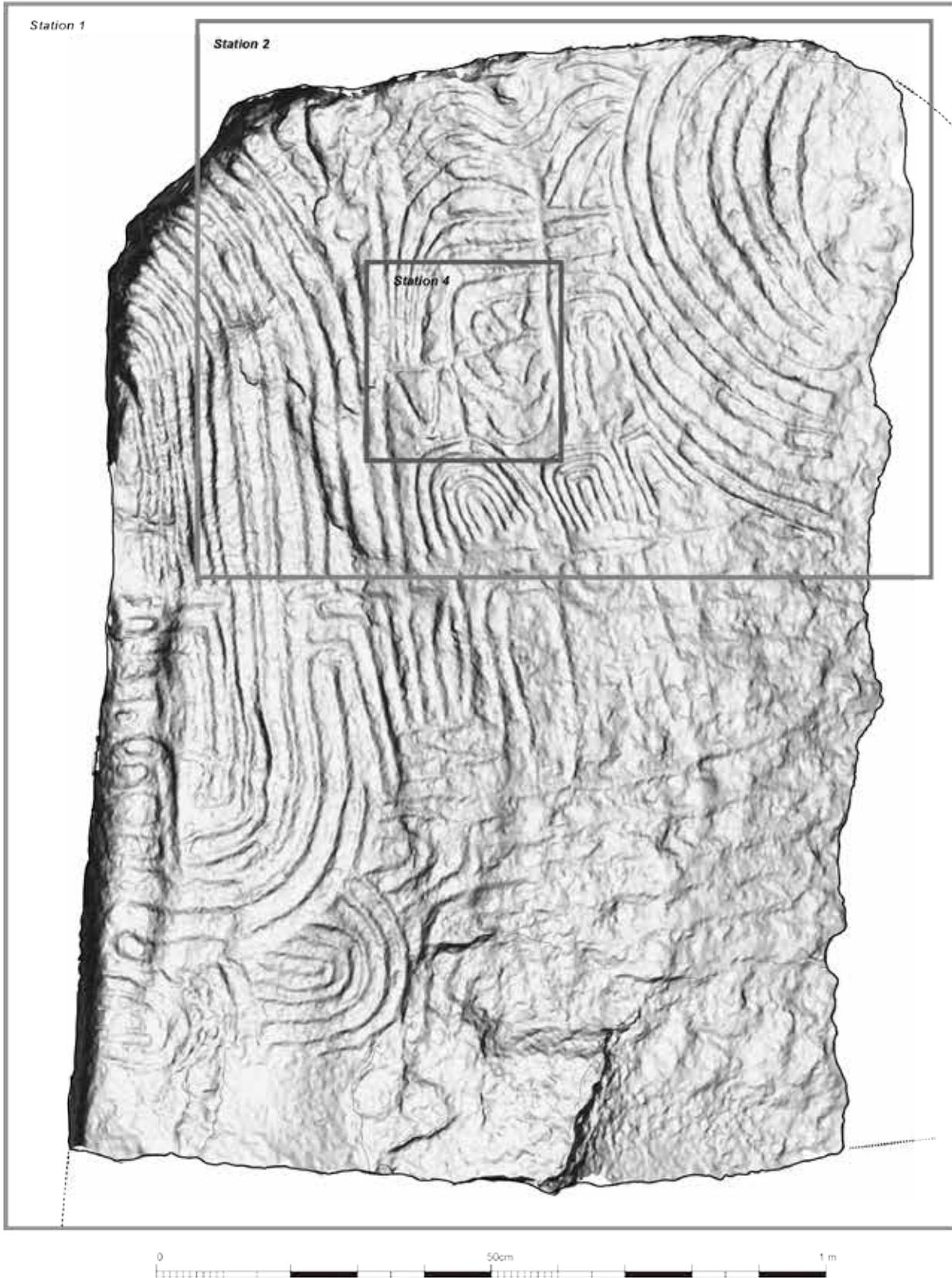


Figure 21

Gavrinis
(Larmor-Baden, Morbihan)
Dalle C4 (chambre)

Station 1
(éclairages tournants)

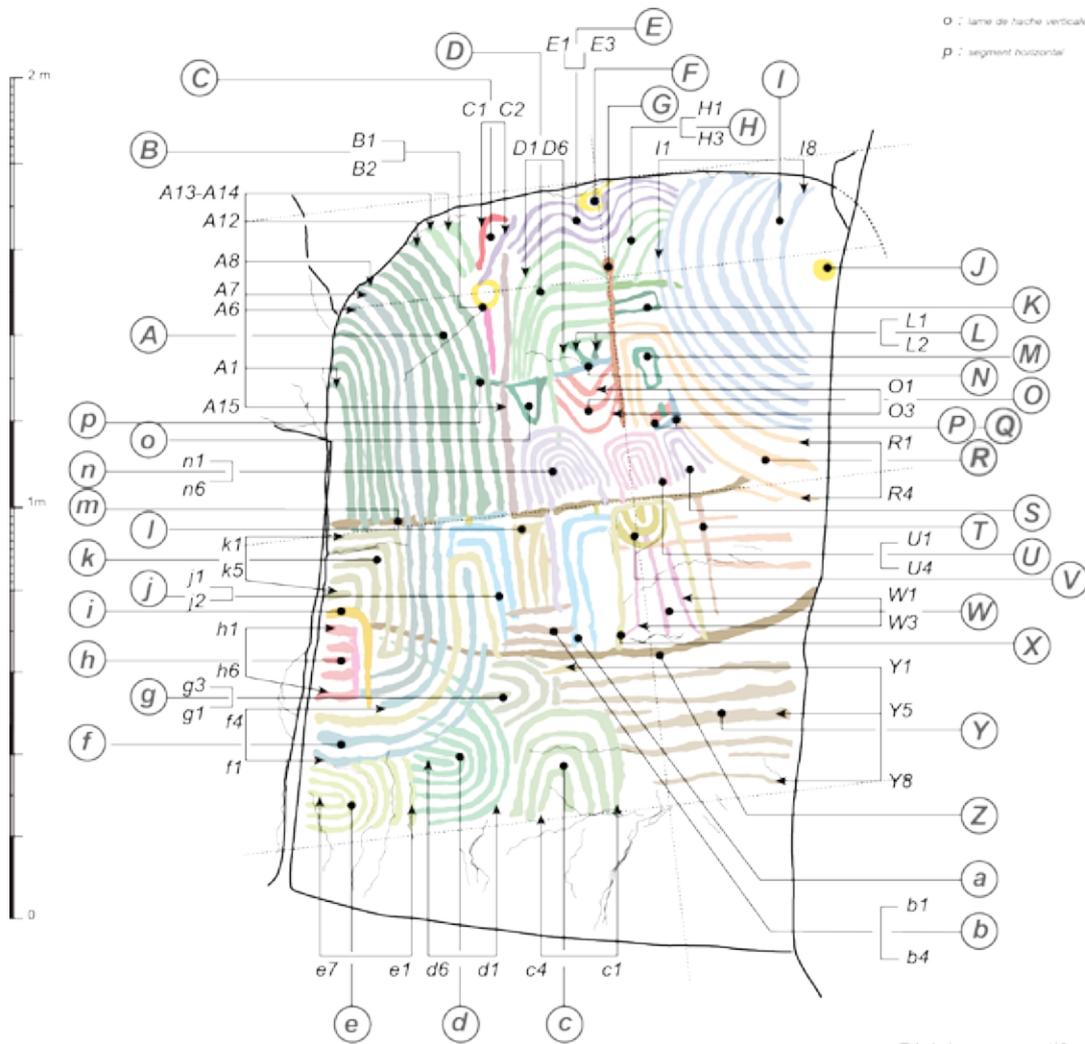
Photos DSC_0344 à DSC_0392
21 mars 2013

Synthèse graphique non redressée

349, 352 pour surfaces érodées

Motifs temporaires

- | | | |
|-------------------------------------|--|---|
| A : crosses senestres verticales | N : segment rectiligne | a : croise droite verticale |
| B : cercle sur segment vertical | O : arcs radiaux ouverts en haut | b : segments rectilignes horizontaux |
| C : lame de hache verticale | P : motif non qualifié | c : arcs radiaux ouverts sur le bas |
| D : crosses dextres verticales | Q : croise inversée verticale | d : arcs radiaux ouverts sur le bas |
| E : signes ondulés irréguliers | R : crosses senestres radiales repliées | e : arcs radiaux ouverts sur le bas |
| F : disque en champlevé | S : arcs radiaux ouverts sur le bas | f : arcs radiaux recourbés |
| G : cupule sur segment rectiligne | T : réticulé ? | g : arcs radiaux sur segment rectiligne |
| H : segments courbes obliques | U : arcs radiaux ouverts sur le bas | h : segments parallèles coïncidents |
| I : arcs radiaux ouverts à droite | V : arcs radiaux sur segment rectiligne | i : croise senestre verticale |
| J : cupule circulaire | W : rectilignes parallèles puis divergents | j : crosses senestres verticales |
| K : lame de hache ? | X : arc éliné ouvert sur le bas | k : crosses emboîtées sur segment |
| L : segments rectilignes divergents | Y : segments rectilignes horizontaux | l : segments verticaux parallèles |
| M : quadrilatère allongé | Z : arc allongé horizontal | m : rectiligne horizontale |
| | | n : arcs radiaux sur segment rectiligne |
| | | o : lame de hache verticale |
| | | p : segment horizontal |



Division en motifs
et identification
des séquences partielles

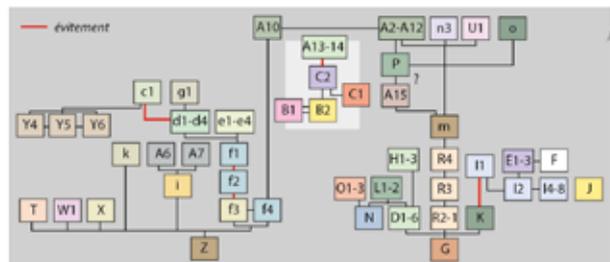


Figure 22

Gavrinis (Larmor-Baden, Morbihan)
Dalle C4 (chambre)

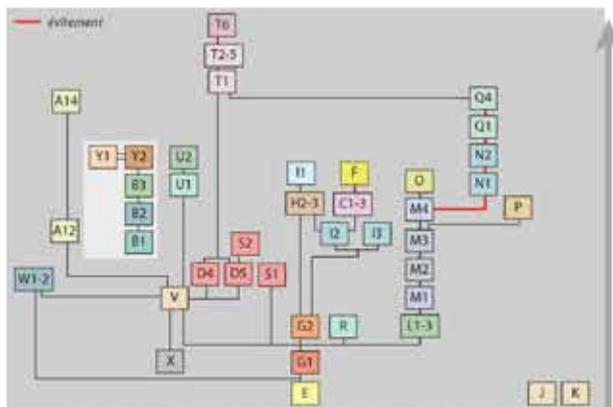
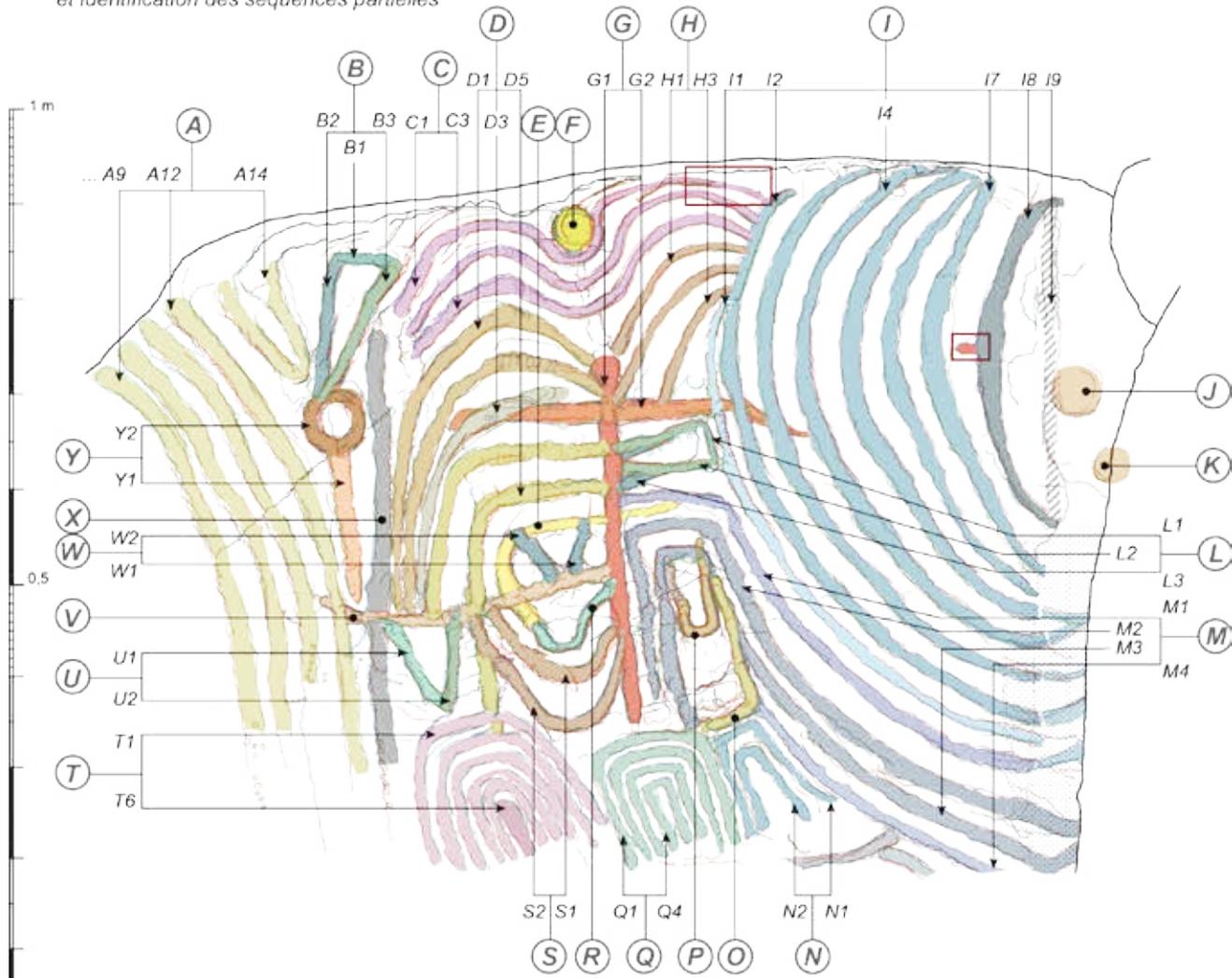
Station 2 (éclairages tournants)
 Photos DSC_0189 à DSC_0297
 26 juin 2014

Synthèse graphique non redressée

Motifs temporaires

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------|
| A : crosses senestres verticales | N : arcs radiaux ouverts en bas |
| B : lame de hache verticale | O : crosses senestres inversées |
| C : signes ondules imbriqués | P : crosses senestres inversées |
| D : crosses droites verticales | Q : arcs radiaux ouverts en bas |
| E : crosses horizontales | R : crosses obliques |
| F : disque en clairpâte | S : crosses obliques imbriquées |
| G : segments orthogonaux et cupule | T : arcs radiaux ouverts en bas |
| H : segments courbes obliques | U : lame de hache verticale |
| I : arcs radiaux ouverts à droite | V : segment horizontal courbe |
| J : cupule circulaire | W : segments courts divergents |
| K : cupule circulaire | X : segment vertical |
| L : lame de hache horizontale | Y : cercle sur segment vertical |
| M : arcs radiaux recourbés | |

Division en motifs
 et identification des séquences partielles



- Surface reprise par martelage
- Tracé non validé

Figure 23

Gavrinis (Larmor-Baden, Morbihan)
Dalle C4 (chambre)

Observations techniques

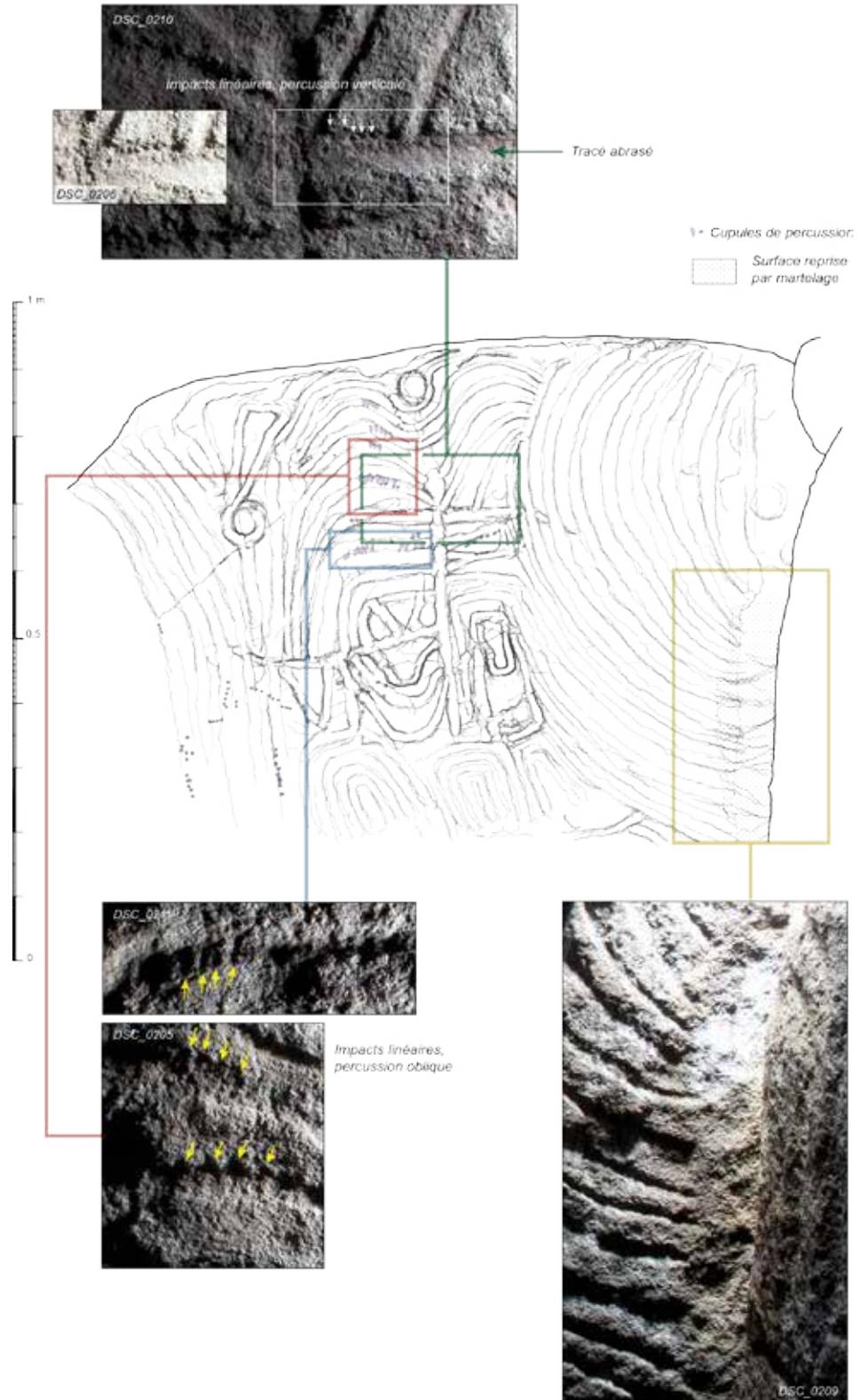


Figure 24

Gavrinès (Larmor-Baden, Morbihan)
Dalle C4 (chambre)

Axes mesurés au centre
de la composition gravée visible



Axes pris sur les plus anciens tracés
horizontaux et verticaux

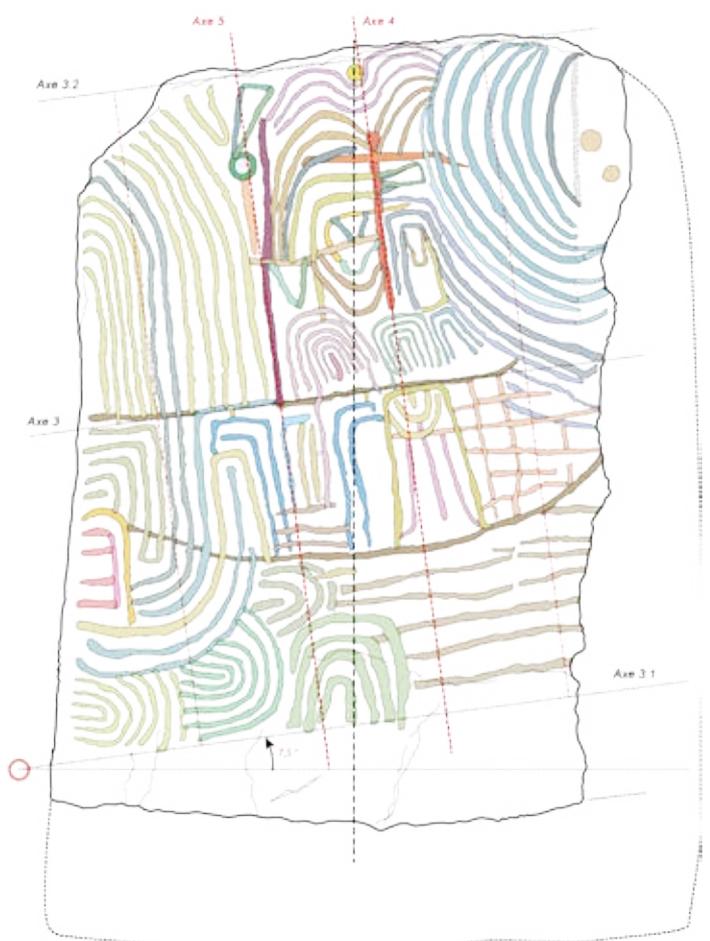
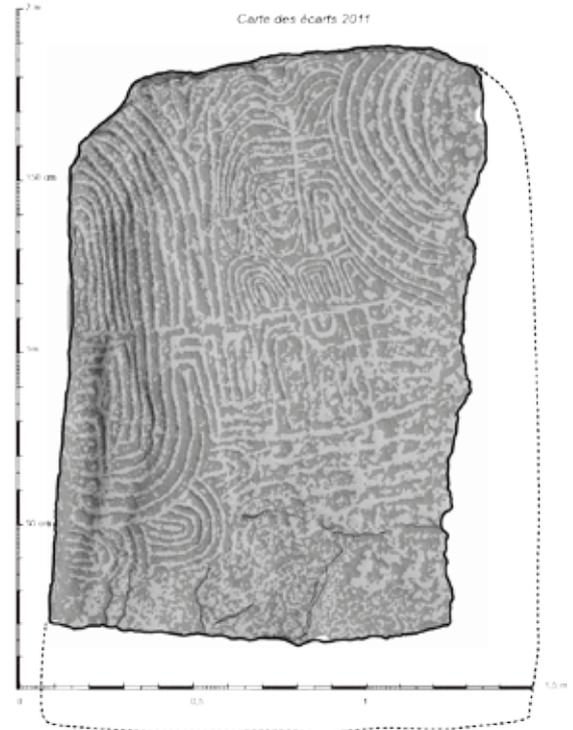


Figure 25

Gavrinis (Larmor-Baden, Morbihan)
Dalle C4 (chambre)



Levé E. Shee-Twohg 1987



Carte des écarts 2011

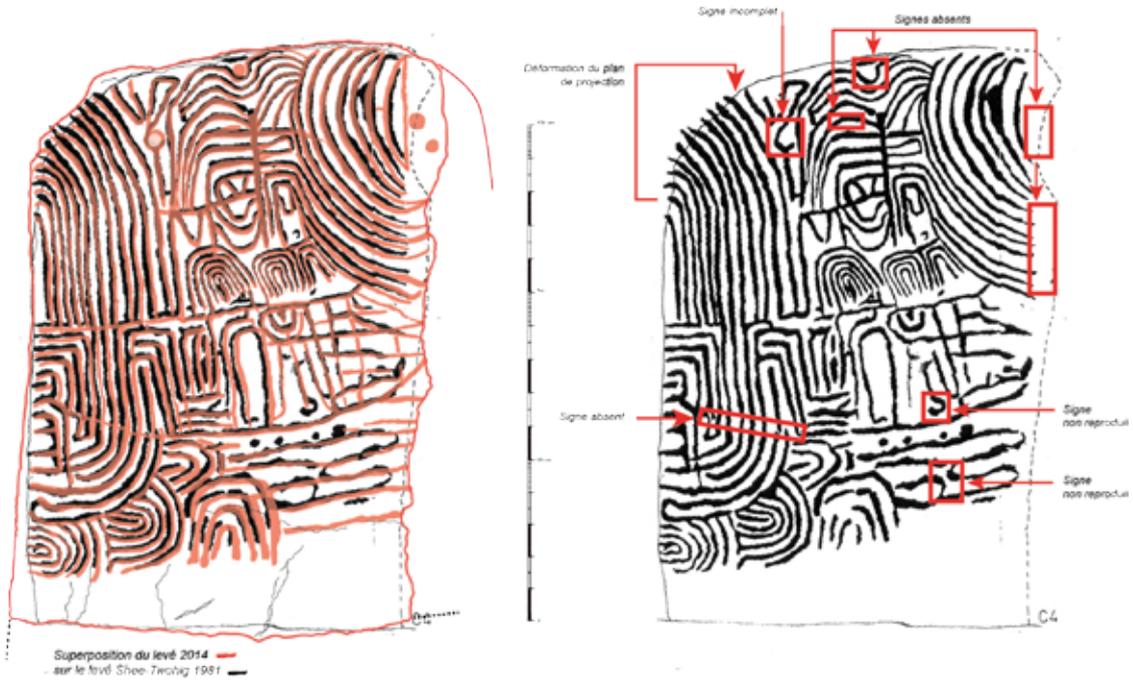


Catalogue 2012 sur carte des écarts
(dessin E. Robinet)



Synthèse 2016

Figure 26



Gavrinis (Larmor-Baden, Morbihan)
Dalle C4 (chambre)



Figure 27

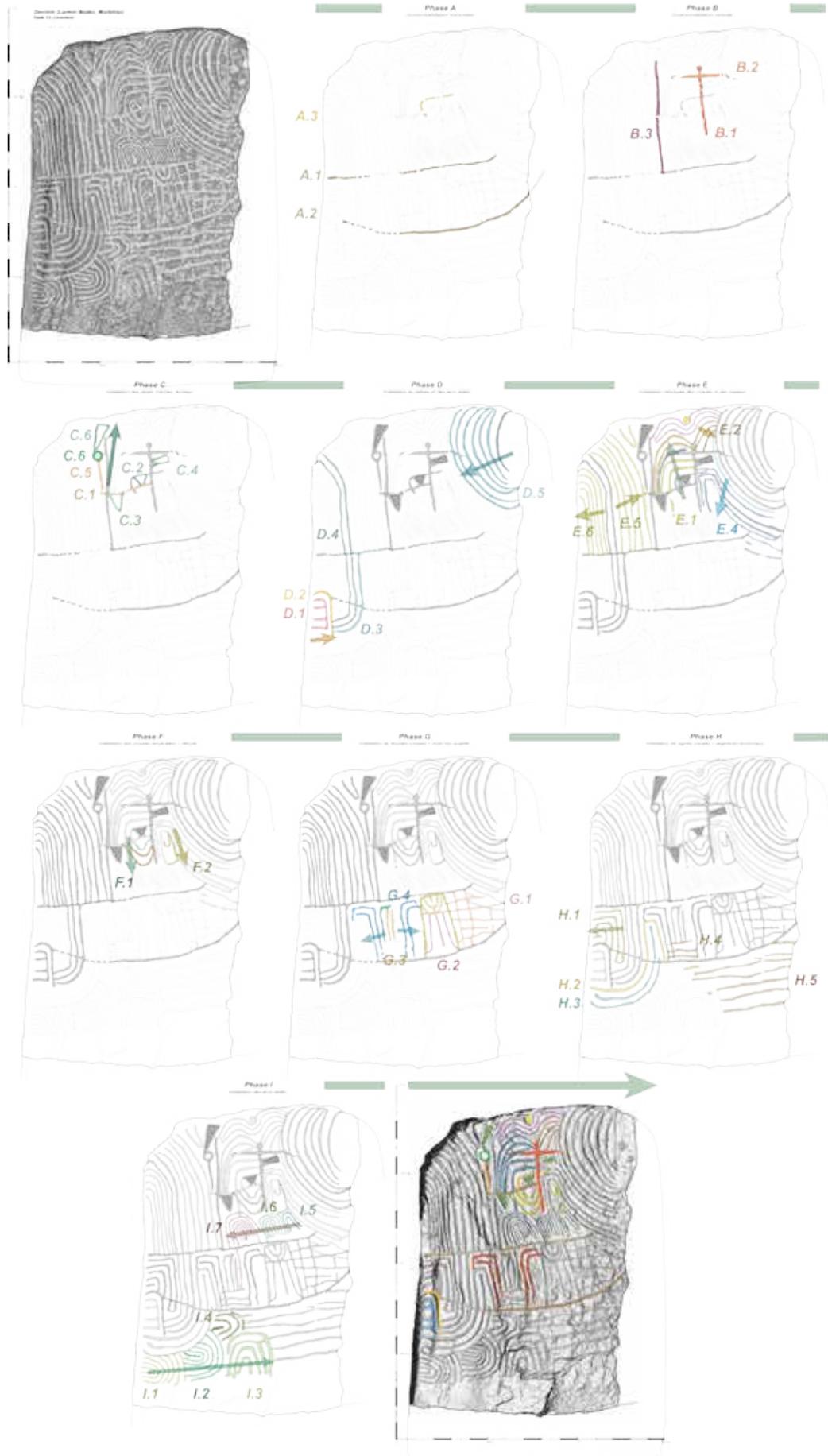


Figure 28

4.8. Kermaillard (Sarzeau, Morbihan)

Le menhir dit Motte de Beurre (*Gueguen Amonen*), mais aussi *Scalebir*, près du hameau de Kermaillard-Le Net en Sarzeau, est mentionné par l'abbé Mahé dès 1825, et malgré sa position allongée demeure bien visible dans le paysage en raison d'une forme remarquable (« Comme elle paroît avoir été travaillée, elle pourroit bien être aussi une de ces pierres sacrées auxquelles nos ancêtres rendoient un culte insensé et superstitieux, ainsi qu'une autre pierre semblable de Saint-Gildas. » - Mahé 1825, p. 97). Il la mesure à 17 pieds (5,56 m) qui est en effet la taille du bloc de Kermaillard.

Un creusement occasionné par des chasseurs le long du monolithe donna en 1974 l'opportunité de découvrir le départ d'une large gravure (fig. 1). J. Lecornec réalisa en 1985 un sondage autorisé par le SRA Bretagne (dir. C.T. Le Roux), à l'extrémité sud, en vue de son relèvement réalisé par la municipalité en 1988. La fosse d'implantation reconnue à cette occasion est de faible amplitude (Lecornec 1988), contrairement à la fosse moderne de fondation qui enterrera largement la racine du monolithe.

4.8.1. Levé de la face occidentale (carré + croissant) – Conditions générales de l'acquisition

Il s'agit d'une face d'arrachement, plane et peu fissurée par le réseau polygonal qui se remarque au centre, courant depuis le haut vers la pointe du « croissant ». Cette face était au sol avant que le monolithe ne soit redressé. Mais cette paroi naturellement droite a été significativement reprise par percussion directe, notamment dans sa partie inférieure, où des enlèvements circulaires centimétriques sont encore bien visibles (fig. 1). Cette reprise au percutant affecte aussi la face méridionale sur au moins 1/3 de sa bordure gauche. Ces états de surface sont d'ailleurs identiques à ceux observés sur les orthostates bien conservés et sans gravures de la première partie du couloir de Gavrinis (état 1 dans notre échelle de gradation).

Ce dressage se poursuit en terre, et comme à Men Bronzo à Locmariaquer, la tendance moderne à vouloir planter profondément ces monolithes redressés, de peur qu'ils ne tombent, occulte une partie voulue à l'air libre au Néolithique. Ce qui explique que le carré, étrangement tangent au sol actuel (tout comme l'oiseau au Bronzo), n'est pas à sa place et qu'il devait être découvert à 50 cm au-dessus du niveau d'enfouissement (en accord avec ce que présente graphiquement J. Lecornec en 1990), limite atteinte par le travail de préparation du granite, limite correspondant d'ailleurs au rétrécissement de la base du monolithe. La fosse de fondation de la stèle devait par conséquent être conforme à cette morphologie moins encombrante, et l'on comprend mieux la faible ampleur de l'excavation retrouvée par le fouilleur (clichés archives J. Lecornec, et Lecornec 1990 ; fig. 1). Il en fut de même, on le sait, pour le Grand Menhir, dont le travail de préparation des faces descend très bas vers la racine, s'arrêtant à la partie rétrécie du monolithe qui était plantée, au creux de la fosse de fondation, dans une construction massive adaptée pour mieux recevoir cette morphologie en pointe, et non un aménagement de moellons disposés par la suite pour « caler » (Cassen 2009).

Le levé des gravures s'est exclusivement fondé ici sur le modèle numérique tridimensionnel. Les tracés larges et profonds, bien conservés et très visibles à l'œil nu même en journée, ne nécessitaient pas *a priori* d'acquisitions pas éclairages tournants dès lors que nous avions à disposition un nuage de points en haute définition.

Le nuage de points de la face occidentale a donc été traité dans le programme libre *Meshlab*, en usant de deux filtres dans la fonction *Shader* du logiciel : *Dimple* et *Lattice*. Cette façon classique d'éclairer virtuellement la scène est particulièrement intéressante car ces 2 filtres usent de 3 paramètres (les 3 directions dans l'espace) qui permettent à un autre opérateur de retrouver exactement le type d'illumination choisi par nos soins. Encore faut-il bien entendu que le descriptif, ou le rendu graphique, donne cette information, que nous insérerons autant que faire se peut. Le fichier source dans *Adobe Illustrator*, qui assure le contour vectoriel des tracés, conserve bien entendu cette information ; chaque calque correspondant à une image sous éclairage rasant (dessinée à la tablette graphique *Wacom Intuos*) est en effet nommé en fonction des 3 paramètres choisis (ex. : le calque *Dimple -340* correspond à un traitement *Shader/Dimple* avec les paramètres -3/4/0).

- 17 images ont été produites d'un même point de vue, et sont donc ordonnées selon un même axe (poids 8,9 Mo). Chacune correspond à un éclairage virtuel rasant et tournant (fig. 3). Les contours graphiques (vectoriels) des gravures visibles sont ainsi superposés dans un fichier synthétique, comme nous le faisons habituellement avec une station de terrain sous éclairage réel.

- 16 fichiers graphiques + 2 fichiers de synthèse (36 Mo) ont permis le levé des gravures.
- Les signes identifiés seront désignés par des lettres capitales, parfois numérotées selon le possible partage des tracés.
- Le tracé **A**, qui est un enlèvement de matière en périphérie du signe « hache » décrit ci-après pour la face septentrionale, est le plus anciennement réalisé. **A2** est en effet recoupé par le tracé **B2** du carré (en Dimple -4/4/5, -4/2/4 ; Lattice -4/-5/4, -8/-8/4, 5/5/4).
- Le côté gauche du quadrangulaire est tout d'abord marqué par un tracé **B1**, presque entièrement couvert par **B2** (en Dimple -4/2/4, -4/5/0, 4/-2/5 ; Lattice 10/-10/0, 20/-20/4). Il est à cet égard difficile de dire si le tracé **F**, excroissance qui se poursuit peut-être en terre (détail déjà perçu par Le Roux et Le Goffic en 1997), était un prolongement de ce premier enlèvement, ou s'il est un appendice postérieur.
- Nous formons l'hypothèse que **F** est donc plutôt antérieur, il l'est en tout cas sur les tracés **B2** et **E** (en Dimple -4/4/5, -2/-2/4 ; Lattice -4/-5/4).
- Le tracé **D** est en effet ancien, recoupé par les 2 autres côtés du quadrangulaire (**E** et **C3**) ainsi que par le signe en « croissant ».
- Il est par conséquent plus que probable que le « carré » a été débuté par le côté droit puis réalisé en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre.
- L'enlèvement **G** est recoupé par l'enlèvement **H**, chacun dessinant respectivement le bord supérieur et inférieur du signe « croissant » (Dimple 2/-2/4, -4/4/5 ; Lattice -4/-5/4).
- Le tracé **H** recoupe nettement le bord droit du carré (Dimple 2/-2/4, -4/4/5, -4/2/4, 4/0/5).
- On note enfin qu'une reprise en **I** est venue souligner la pointe gauche du signe (Dimple -2/-2/4, -4/4/5, -4/5/0 ; Lattice -4/-5/4, -8/-8/4).
- La pointe droite du « croissant » vient mordre sur la face méridionale, en une intention indéniable qui a déjà été commentée (Cassen 2011).

Conclusions sur l'association des signes « hache », « carré » et « croissant »

Les trois motifs « hache », « carré » et « croissant », chronologiquement inscrits dans cet ordre, de la gauche à la droite du panneau occidental, sont indissociables de la composition en ceci que leurs enlèvements périphériques sont recoupés alors qu'il était possible de les différencier. Le carré même, penché par rapport à la ligne de sol, par ce rendu instable semble subir le contact du signe en croissant. Ce signe, loin d'être le « croissant lunaire » aux côtés d'une « stylisation en carré de la déesse-mère » (Briard 1990, p. 9), est par nous interprété comme une embarcation sans équipage, affirmant ainsi la dimension cinématique de la scène, que souligne le hors-champ iconographique avec l'extrémité droite du bateau débordant sur la face méridionale de la stèle.

Cette trilogie forme d'ores et déjà un élément syntaxique à part entière du répertoire des signes néolithiques de la moitié nord de la France (cf. Vallée aux Noirs 6, en dehors de l'Armorique).

4.8.2. *Levé de la face septentrionale (hache emmanchée)*

Cette face (pente latérale de l'affleurement d'origine) est exposée aux agents atmosphériques depuis la gravure et la chute du monolithe, et n'a donc pas bénéficié d'une protection quelconque à l'image de la face tombée au sol. Son emplacement, assez singulier puisque jouant de l'arête du monolithe entre les faces occidentales et septentrionales (dans la position redressée actuelle), n'était pas pour faciliter un relevé numérique. L'altération générale du motif – qui explique son interprétation passée comme « masse » (Lecornec 1988) ou hache « à silhouette en *Tau* » (Le Roux 1997) - a conduit à effectuer un levé précis par éclairages tournants (fig. 5).

L'acquisition et le traitement des données peuvent être résumés comme suit.

- La morphologie du support a été rendue par une photomodélisation des surfaces (corpus des 55 clichés décrits précédemment, avec les mêmes caractéristiques techniques des prises de vues et du traitement des nuages de points, puis des surfaces).
- Le levé photographique des gravures par éclairages tournants s'est fondé sur 2 stations d'images compilées (Nikon D5000 ; objectif 10.5mm f/2.8G ED DX Fisheye-Nikkor ; ISO 200 ; format RAW ; ouverture à 16 ; correction objectif dans *Adobe Photoshop CS5*). Ces stations n'ont pas été posées frontalement et en parallèle au motif mais en léger décalage angulaire de telle sorte que le départ de la face occidentale fût pris dans le champ de prise de vue ; ainsi l'arête entière est enregistrée dans les deux dimensions.

Corpus photographique (1,22 Go) : 101 photos au format .NEF (12,3 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ;

101 photos corrigées au format .jpeg (5,3 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ; utilisation des photos DSC_0093.jpg à DSC_0193.jpeg.

Corpus graphique vectoriel (1,78 Go) : 30 fichiers vectoriels au format .ai (42,4 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse.

Les signes identifiés seront désignés par des lettres capitales, numérotées suivant la répartition des tracés appartenant à une même phase de réalisation.

- L'enlèvement périphérique **A** est le plus ancien, il prépare la surface et dégage le champlevé, notamment du manche (en **A2 et A3**). Le secteur **A1** n'est pas le mieux assuré, et la distinction est difficile ici avec les altérations naturelles dans le granite.
- **B** est l'enlèvement de matière périphérique qui reprend en partie **A** et assure le dessin de la lame (**B1** ; un dessin néanmoins gêné par un relief horizontal dans la roche), de la bordure droite du manche (**B2**) et de son extrémité distale.
- En **C** subsiste ce qui n'apparaît pas du tout à l'œil nu, qui est le prolongement effacé du crosseron de l'emmanchement (clichés DSC_0117 à 0121, 0129, 0133, 0146, 0154). La percussion du tracé **D** marquant le côté gauche du « carré » (**E** formant le bord supérieur) a rabaissé le relief de **C** mais sans le faire totalement disparaître. Sans pouvoir vraiment le prouver, il semble bien que cette amputation, consécutive à l'inscription du signe quadrangulaire sur l'autre face, a provoqué la reprise du crosseron pour mieux l'achever en une extrémité arrondie et presque élargie (clichés DSC_0118 à 0121, 0172).

Malgré ces résultats graphiques inespérés, la synthèse devant qualifier le signe hache n'est pas des plus faciles, le dessin du contour étant sujet à interprétations diverses. Aussi avons-nous pris le parti de proposer 2 contours qui déterminent de facto 2 types de lames.

- *Contour 1.* La première ligne de contour, qui se fonde sur les occurrences les plus rapprochées les unes des autres, malgré un effet « d'escalier » dû à l'altération de la surface, suggère un tranchant légèrement arqué, un talon pointu, mais un corps rentrant avant d'aller s'élargissant vers le tranchant. Ces bords donnant ainsi l'impression d'une concavité des bords ne sont pas inconnus de l'ordre typologique européen des lames originaires des Alpes, et ce sont les types Rarogne et Krk (plutôt orientaux) qui illustrent au mieux cette morphologie (Pétrequin et al. 2012 typo).
- *Contour 2.* Il reprend l'essentiel du contour précédent pour la partie droite de la lame, mais s'en remet à la dernière limite reconnue sous éclairage rasant sur la partie gauche, qui n'est pas celle se rapprochant du groupe des plus nombreuses occurrences. Dans cette configuration, on peut trouver des correspondances avec les types Bernon, Glastonbury, voire Puy, faute de connaître bien entendu la section.

Conclusions sur la hache emmanchée

Débordant sur l'arête séparant les faces occidentale et septentrionale du monolithe redressé, le motif est dégagé par champlevé. La dimension réduite de la lame (12,3 cm), au surplus très altérée, ne laisse pas transparaître de type évident, car deux contours sont pour le moins identifiables. Le talon est pointu, le tranchant court et légèrement courbe se raccorde aux bords par des angles assez vifs (types Rarogne/Krk ou Bernon/Puy).

Le manche est subordonné à l'inscription de la lame qui est en effet prolongée de part et d'autre. Le crosseron du manche, très enroulé sous le talon de la lame, fut tronqué par l'installation postérieure du signe quadrangulaire sur la face contiguë.

4.8.3. *Levé de la face orientale (cachalot + crosse)*

Cette face d'affleurement est marquée de cupules reconnues de longue date, estimées à 17 (Lecornec 1988). Très érodée, elle laisse pourtant entrevoir, quand l'éclairage solaire s'y prête (fin de matinée), deux lignes gravées plus ou moins parallèles qui furent interprétées comme « grande armature de hache » (Lecornec 1990 p. 145 hommage Giot) et « possible représentation de grande hache » (Le Roux 1997, p. 140 (coll Nantes)).

Une partie limitée au bas de la stèle conserve malgré tout d'indéniables témoignages d'un dressage de la pierre, au même titre que la face occidentale.

Si le modèle tridimensionnel obtenu par photomodélisation HD enregistre bien ce double tracé, la surface altérée, voire polie par endroits (l'appellation « Motte de beurre » dit bien les pratiques autrefois liées à ces monolithes dans le cadre de rituels de fertilités, dont le frottement du corps sur la pierre et l'application de matières grasses sont ces exemples souvent rapportés en Europe), ne peut se satisfaire de cette seule technique. Une acquisition photographique par éclairages tournants a donc permis la détection d'une partie importante de la composition. Matériels et protocole sont identiques à ceux décrits pour la face

septentrionale.

Corpus photographique (1,14 Go) : 102 photos au format .NEF (11,3 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 101 photos corrigées au format .tif (6,4 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ; utilisation des photos DSC_0297.tif à DSC_0397.tif.

Corpus graphique vectoriel (1,28 Go) : 50 fichiers vectoriels au format .ai (42,4 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse.

Les signes identifiés et détails d'intervention seront désignés par des lettres capitales et minuscules, numérotées suivant la répartition des tracés appartenant à une même phase de réalisation (fig. 6).

La crosse :

Ce signe très altéré n'est pas apparu au premier abord, car nous ne le cherchions pas. Il est au surplus installé dans le prolongement d'une arête naturelle dans la pierre qui peut induire en erreur. Mais deux enlèvements larges de 5 à 8 cm (**a1** et **a2**) dégagent bien en champlévé une forme crossée (**b**).

Le cachalot :

Ce signe est constitué d'un tracé continu **B** qui part et vient s'achever sur un modelé naturel dans la pierre, près de l'arête gauche du monolithe. Ce modelé fut repris par un travail de piquetage en **d2** (DSC_0376.tif) qui, en réduisant une arête à cet endroit, laissait au relief linéaire principal le soin d'arrêter la forme recherchée. Car il semble clair désormais qu'en lieu et place d'un lame de hache, le corps, et bien sûr la queue du cétacé à travers ce relief naturel linéaire, sont les solutions graphiques reconnues par ailleurs (Cassen, Vaquero Lastres 2000) et reconnaissables sur la stèle.

Le « jet » habituel dans le modèle (ou « souffle »), qui valide le mammifère marin, est enfin perceptible grâce à une série de clichés le cernant en surface d'une roche tourmentée car altérée (DSC_0358.tif, 0367, 0382 à 0389, 0393). Mais on note une variante par rapport aux normes inventoriées en Armorique-sud. **A1**, **A2**, **A3** et **A4** sont en effet disposés en arcs radiés, dont au moins deux d'entre eux (**A2** et **A4**) ne viennent pas toucher le corps de l'animal. **A1** et **A3** sont par contre endommagés par une desquamation, perceptible dans le contour du corps juste en dessous, lui aussi interrompu à cet endroit ; c'est la raison qui nous pousse à proposer par hypothèse (en gris sur le dessin de synthèse) un prolongement jusqu'au dos du cétacé. Nous sommes, avec ce dessin, très proches de la configuration décrite sur la stèle du Mané Lud, à la différence que le jet porte d'un seul côté à Kermaillard et non en « fontaine » à l'image du spécimen locmariaquois (Cassen et al. 2005).

Par sa tête quadrangulaire, nous concluons à la représentation d'un cachalot, même si encore une fois (cf. Mané Lud) le placement du souffle est anatomiquement erroné, trop décalé vers l'arrière de la tête.

Les cupules

Une soixantaine de cupules marque cette surface, alors que l'inventaire précédent n'en dénombrait que 17 (Lecornec 1988). Les éclairages rasants sont particulièrement efficaces dans la détection de ces signes à la géométrie simple, aisément contrôlables par l'application d'une lumière opposée.

Deux arguments plaident pour une intervention postérieure à l'inscription de la composition principale. Tout d'abord, deux cupules (en rouge sur le dessin de synthèse) recoupent les tracés du cachalot ; puis une majorité des vingt-cinq cupules détectée au bas de la stèle sont obtenues aux dépens de la surface de préparation dressée dans ce secteur.

Il est difficile de dire à quel moment de l'utilisation de la stèle ces enlèvements ont eu lieu. Il était en effet possible, pour cette face, de les réaliser pierre debout ; ce n'est pas le cas sur le côté septentrional où le modèle photogrammétrique restitue une vingtaine de cupules dont certaines ne pouvaient être percutees sans l'aide d'un échafaudage sur la stèle dressée. Nous penchons plutôt pour une intervention une fois la pierre couchée. Notons, hasard ou intention, que l'intérieur du cachalot n'est affecté que par une seule cupule.

Conclusions sur la crosse et le cachalot :

La partie orientale de la stèle, ancienne face d'affleurement altérée qui conserve néanmoins des traces de préparation de la roche, est composée d'un motif rassemblant les indices graphiques (queue, souffle, tête, corps) permettant de proposer une représentation de cachalot. Sa géométrie est proche de l'exemplaire réaliste du Mané Lud, bien que le jet soit ici orienté d'un seul côté. L'animal est présenté en position oblique, tête en haut, entraînant une effet dynamique à la scène.

Surmontant ce « saut » du cétacé, une crosse est inscrite sur un ressaut naturel de la paroi. Elle est également penchée et dirige sa partie active (le crosseron) vers le jet et la tête de l'animal. On retrouve à nouveau ce jeu des oppositions et corrélations entre signes concurrents, notamment avec le cachalot confronté aux signes crosse et hache (TDM/Gavrins, Gd Menhir).

4.8.4. Levé du sommet (ondulés concentriques)

Plusieurs cannelures parallèles apparaissent au sommet de la stèle quand on éclaire les secteurs est et nord-est. Ces « rainures », tout d'abord détectées quand la stèle gisait au sol, furent interprétées comme le résultat d'un « ruissellement intense » (Lecornec 1988 et 1990 p. 145). Les difficultés à enregistrer cette anomalie à une telle hauteur, par le biais d'un éclairage rasant et d'une station à l'aplomb de l'objet, nous ont amené à utiliser toutes les ressources de la photomodélisation en haute définition après une acquisition par perche verticale (fig. 7).

Le corpus photographique est donc le même que celui décrit en introduction (format NEF). Le traitement des données nécessite un passage par *Photoscan* pour la reconstruction du modèle ; *Geomagic* pour nettoyer le maillage ; *Meshtlab* pour les élévations produites en Occlusion ambiante et Radiance scaling. *Meshtlab* encore, afin que le nuage de points soit soumis au filtre « Lattice » dans la fonction « Shader » du logiciel (cf. supra pour l'identification des fichiers selon les paramètres donnés à l'éclairage virtuel).

- 6 images numériques ont été produites d'un même point de vue, et sont donc ordonnées selon un même axe. Chacune correspond à un éclairage virtuel rasant et tournant.
- 6 fichiers graphiques + 1 fichiers de synthèse (21 Mo) ont permis le levé des anomalies linéaires.
- Au terme de cette analyse visuelle et graphique, la conjonction de ces cannelures ou rainures ne peut être la conséquence d'une météorisation, que la stèle soit dressée ou couchée.
- Une érosion post-mégalithique, pierre debout, devrait immanquablement provoquer un réseau parallèle de cannelures descendant en surface de la pierre. Or, deux changements de direction sont notables, incompatibles avec le processus naturel d'altération.
- Dans un scénario où la stèle serait couchée, le dessin des cannelures est encore moins compatible avec la circulation de l'eau par gravité, puisqu'il est parallèle au sol.
- Ajoutons que ces traits concentriques sont bien trop réguliers pour être le résultat d'une action naturelle ; il s'agit bien d'une intervention humaine.

8 tracés ont donc été identifiés. Mais le développement du motif ondulé n'est pas régulier, puisque 4 d'entre eux partent du sommet de la stèle tandis que 7 tracés sont comptabilisés près d'1 m plus bas sur l'arête naturelle où ils viennent s'arrêter en débordant quelque peu ; certains sont en effet plus courts, interrompus.

Le pointement de la stèle semble naturel, il est difficile d'affirmer qu'il s'agit d'un aménagement. La convergence morphologique avec le « rostre apical » du motif phallique armoricain (Cassen 2000), retrouvé jusqu'en Suisse dégagé au sommet d'une stèle (Yverdon – Voruz 1992 ; Cassen à paraître), est quoi qu'il en soit très vraisemblable. La « figure » est d'ailleurs la mieux reconnaissable en regardant cette partie de la stèle depuis le nord-est ; c'est également ici que le motif ondulé fut inscrit, comme s'il fallait souligner le rapport entre la pointe du mégalithe et les signes concentriques qui semblent en sortir et s'écouler.

Conclusions sur le motif ondulé :

Les rainures dites de ruissellement observées au sommet du monolithe sont en réalité des tracés gravés, curvilignes et parallèles. En suivant notre hypothèse d'une représentation phallique qu'illustre la morphologie recherchée de la stèle avec resserrement latéral et pointement sommital, nous avançons que le motif gravé ondulé est la représentation d'un liquide s'échappant de l'extrémité de la stèle/phallus. Cette structure est reproduite au Portugal où des stèles, également phalliques avec gland dégagé, sont marquées de signes gravés « serpentiformes » qui peuvent être rapprochés du même liquide séminal tel que nous le proposons à Kermaillard.

4.8.5. Conclusions générales sur la stèle

La stèle « Motte de Beurre » de Kermaillard à Sarzeau est un monolithe en granite de plus de 5 m de long, aux surfaces aménagées par percussion en vue de leur gravure. Dressée à 250 m du rivage actuel (fond de l'anse du Poul), la stèle est implantée en rive orientale et au centre du passage le plus étroit entre les marais de La Saline/Tumiach (Atlantique) et la rivière de Vannes (bien visible sur la carte de Cassini). Cette configuration rentre tout à fait dans notre série des « sites de passage », d'autant mieux que plusieurs pierres dressées dans ce secteur géographique restreint, auxquelles s'ajoutent des fosses d'implantations reconnues par J. Lecornec lors des travaux de voirie et d'aménagement du golf de Kerver (com. pers.), sont probablement les vestiges d'ouvrages de stèles dans lesquels Kermaillard a pu s'intégrer.

Les deux faces principales ont été gravées, indépendamment d'un jeu de cupules pour l'essentiel postérieures, avec un ajout débordant sur le côté septentrional ainsi que l'inscription d'un motif au sommet de la stèle. Il convient de séparer ce dernier motif, signifiant par rapport à la morphologie de la stèle, des autres motifs gravés qui utilisent la fonction d'écran des deux faces planes.

La Face ouest :

L'ancienne face d'arrachement aujourd'hui orientée à l'ouest/sud-ouest (après le relèvement des années 80, sans doute proche de la situation originale) est marquée de trois signes bien individualisés : sur la partie gauche mais débordant amplement sur ce côté septentrional, une hache à talon pointu et manche croisé dirige son tranchant vers la gauche ; au centre, un signe quadrangulaire n'est pas disposé horizontalement mais penché vers la gauche ; à droite, un signe en croissant aplati est également penché vers la gauche, mais avec une obliquité moindre, et déborde à son tour sur le côté droit de la stèle.

Des recoupements de tracés entre ces trois entités permettent d'établir des relations d'antéro-postériorité. L'ensemble de la composition s'est faite de la gauche vers la droite, de la hache vers le croissant, sachant que le carré fut travaillé dans le sens des aiguilles d'une montre en commençant par son côté droit.

L'état d'altération de la lame polie représentée ne permet pas d'assurer un type précis dans le tableau européen proposé pour les instruments en roches alpines (types Rarogne/Krk ou Bernon/Puy). Le talon est cependant pointu et le tranchant étroit assez droit ; il ne s'agit donc ni des types Bégude ou Altenstadt/Greenlaw, ni du type régional Saint-Michel.

La face est :

Ancienne face d'affleurement, cette partie dirigée au ciel après la chute du monolithe - effondrement probablement rapide au vu de la faible implantation dans le sol -, a subi une météorisation beaucoup plus poussée que la face occidentale. Cupules mises à part, trois motifs se succèdent du haut vers le bas, mais deux sont réellement visibles à l'observateur placé frontalement à 2-4 m de la stèle. D'une part un signe croisé vers le haut et vers le centre de la stèle ; d'autre part un cétacé, type cachalot à tête quadrangulaire, à peu près au centre de la stèle (dans son implantation actuelle) et plutôt décalé sur la gauche d'un axe longitudinal imaginaire. Ces deux signes sont en position oblique, mais deux obliquités respectivement inversées.

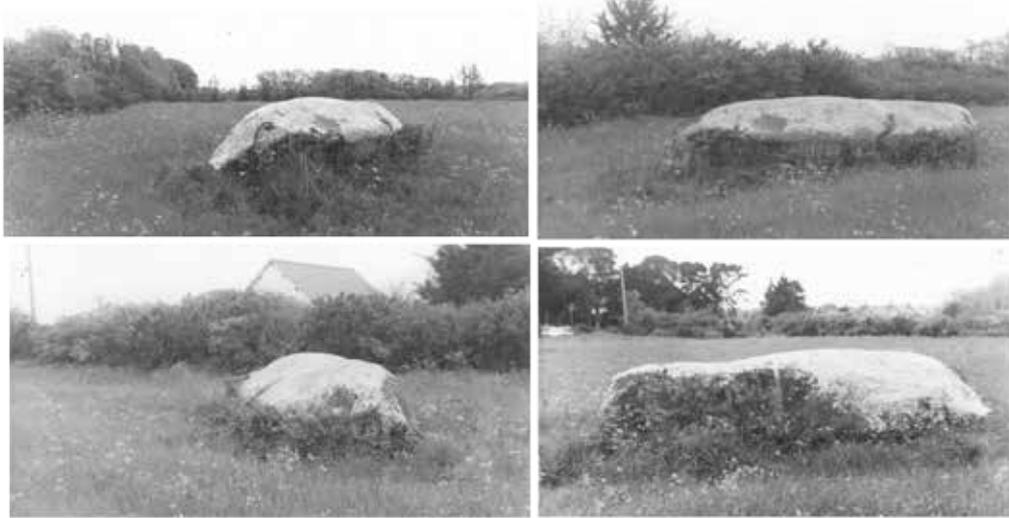
Des signes ondulés plus ou moins concentriques (8 tracés successifs) partent du sommet pointu de la stèle, suivent la bordure naturelle et viennent mordre sur une arête qui ferme une sorte de dépression. Ce méandre devait être beaucoup plus visible depuis le côté septentrional du monolithe. L'aspect incontestablement phallique du bloc découvert par ce côté (large échancrure pour signifier le gland) nous semble le déterminant principal pouvant expliquer la disposition de la gravure. Le motif doit par conséquent être plutôt compris en relation directe avec la morphologie du monolithe, pour partie naturelle, et non pas inscrit sur paroi-écran à l'image des autres signes gravés qui ne dépendent pas de détails anatomiques pour être saisis.

Au final, nous retrouvons une « association syntaxique » qui rassemble en Bretagne les signes « hache/hache croisée », « quadrangulaire » et « croissant » reconnus sur stèle (Bois du Duc à Spézet, 29) et orthostate de tombe (Mané Lud à Locmariaquer, 56) (Cassen et al. 2012). C'est, au surplus, la même suite sémiotique qui vient d'être découverte au sud de Paris, inscrite sur une stèle naturelle de la vallée de l'Essonne (Cassen et al. 2014c), démontrant la force des images inventées sur le littoral morbihannais, et leur percolation dans l'univers mythique des sociétés néolithiques de la moitié nord de la France. Validant enfin par ce nouveau panneau la fonction de bateau proposée au motif en croissant (fig. 13) .

Sarzeau (Morbihan)

Kermallard

(1974 - avant restauration) - Clichés J. Lecornec



Fouille 1985 - Clichés J. Lecornec



Etats de surface



Figure 1

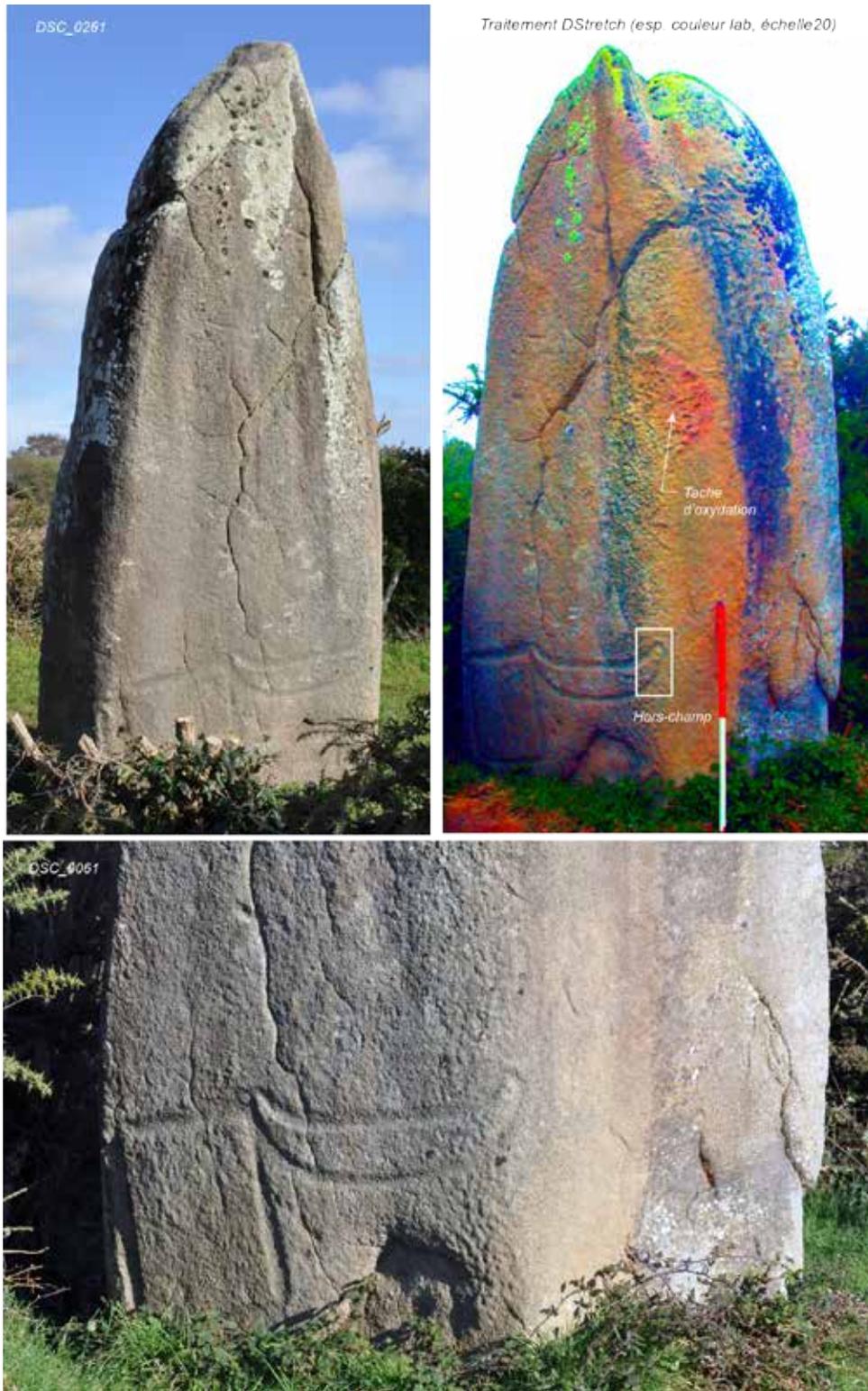


Figure 2

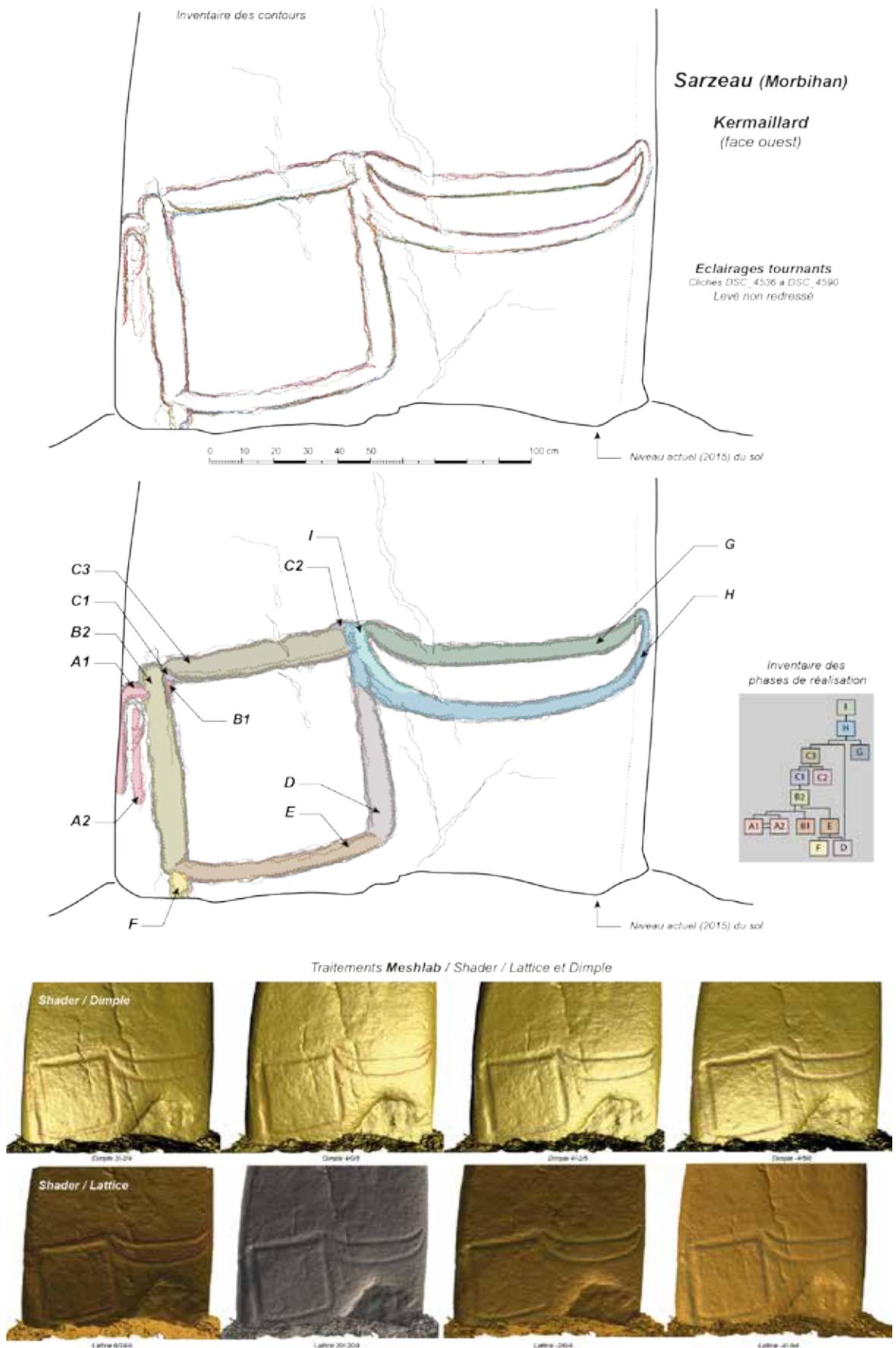


Figure 3

Sarzeau (Morbihan)

Kermaillard
(face ouest)

Eclairages tournants
Clichés DSC_4536 à DSC_4590
Lévé non redressé

Inventaire des signes

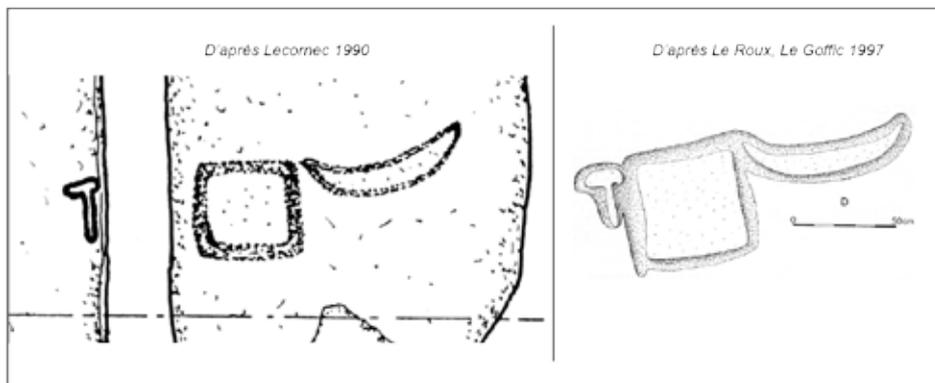
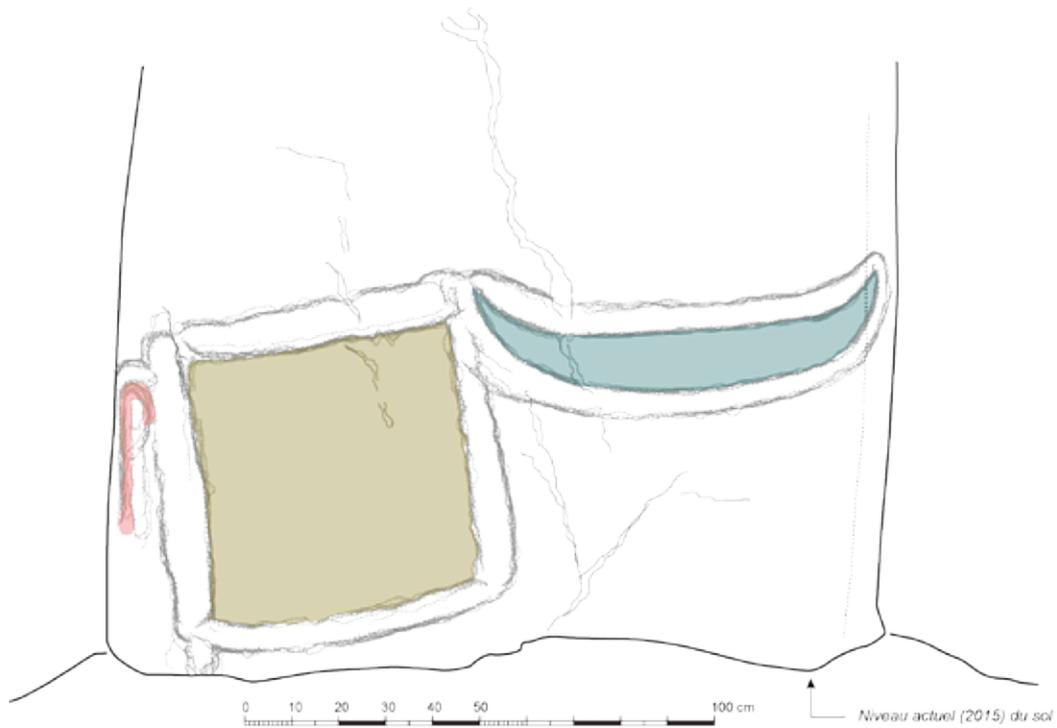


Figure 4

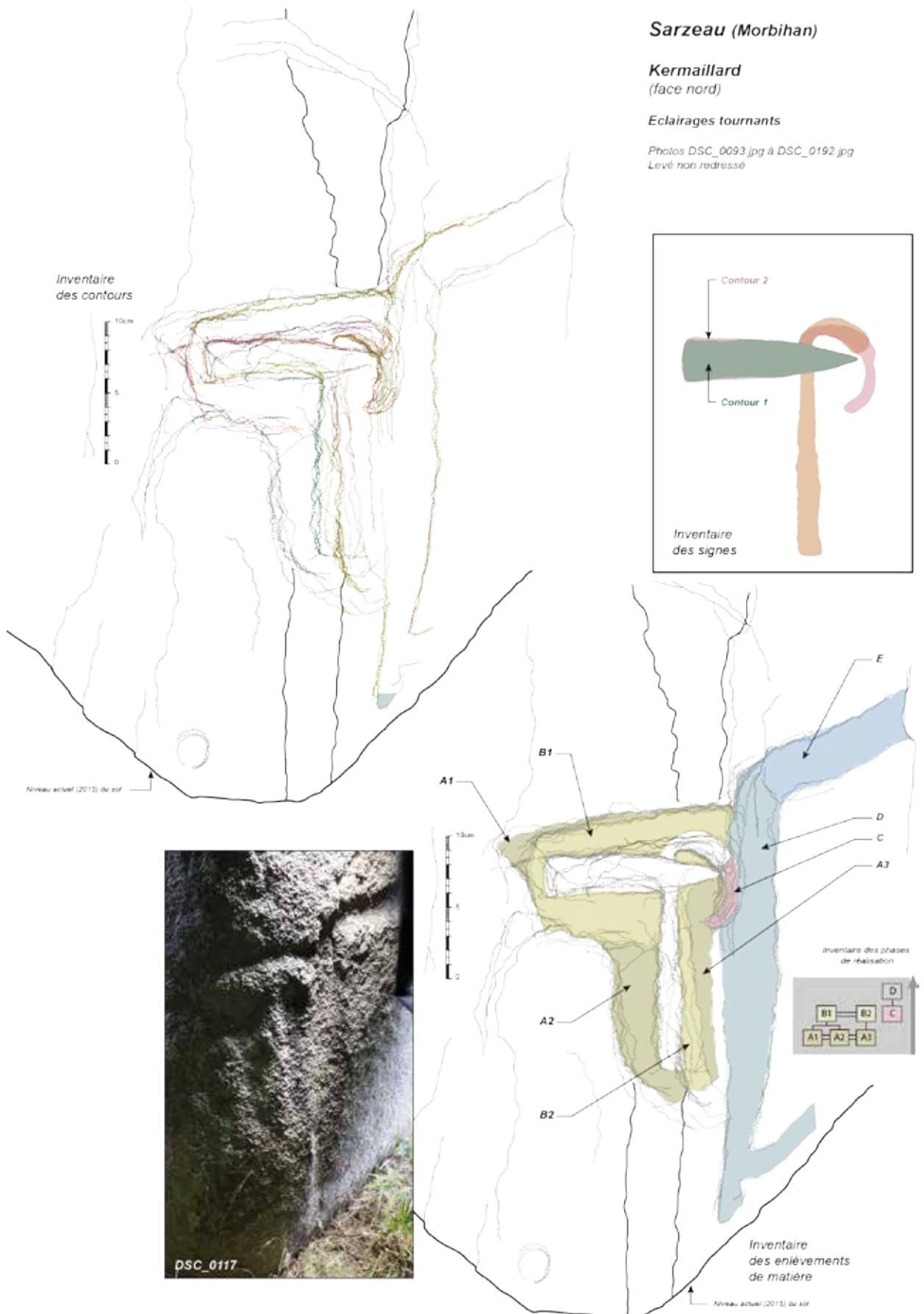


Figure 5

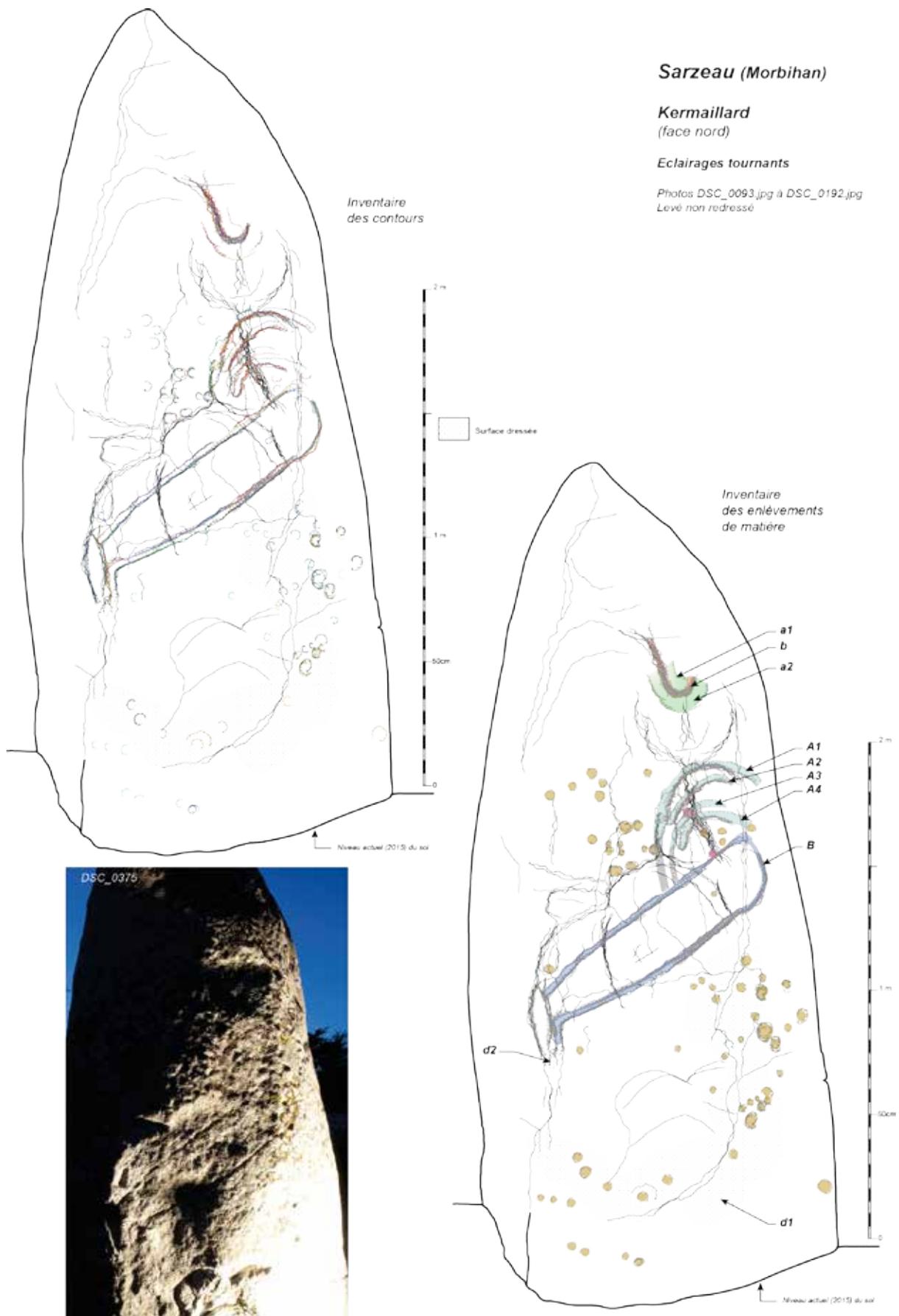


Figure 6

Sarzeau (Morbihan)

Kermaillard
(sommets nord)

Eclairages tournants
Clichés DSC: 4536 à DSC: 4590
Levé non redressé

Traitements Meshlab / Shader / Lattice

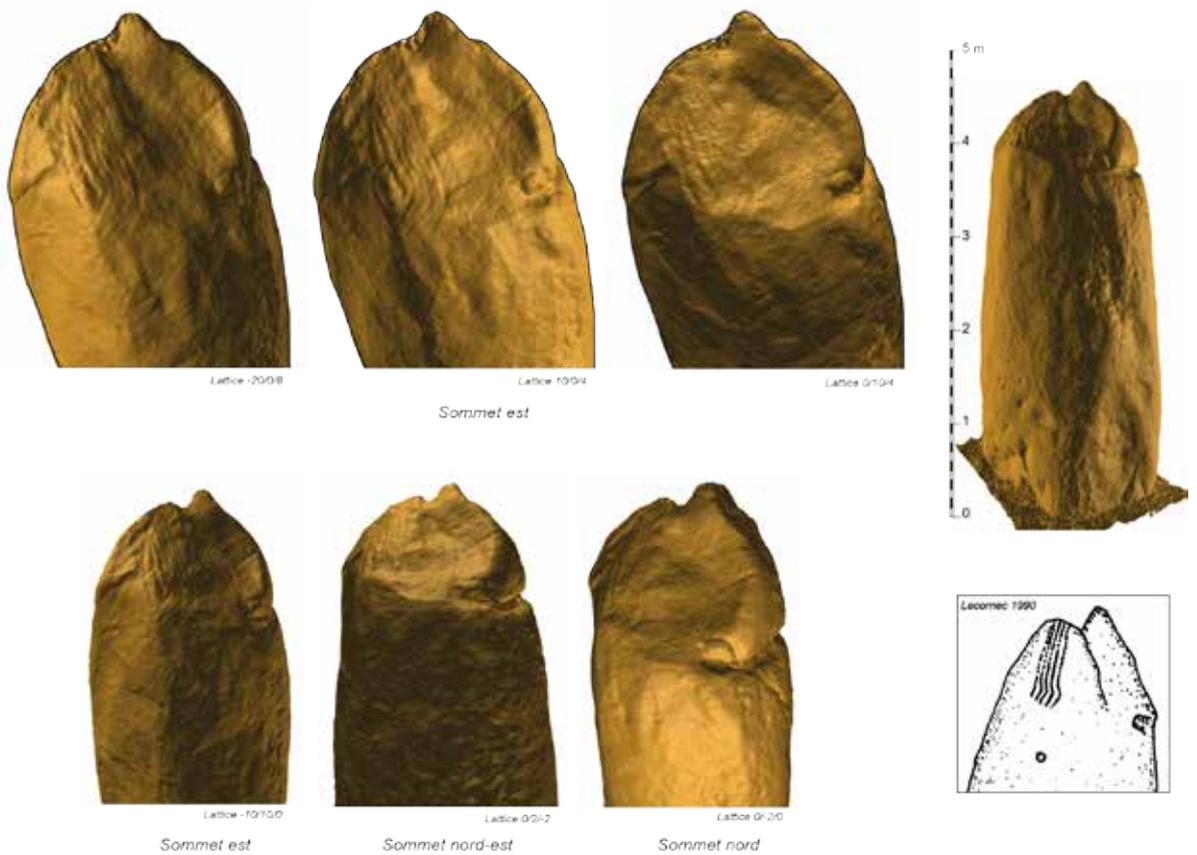
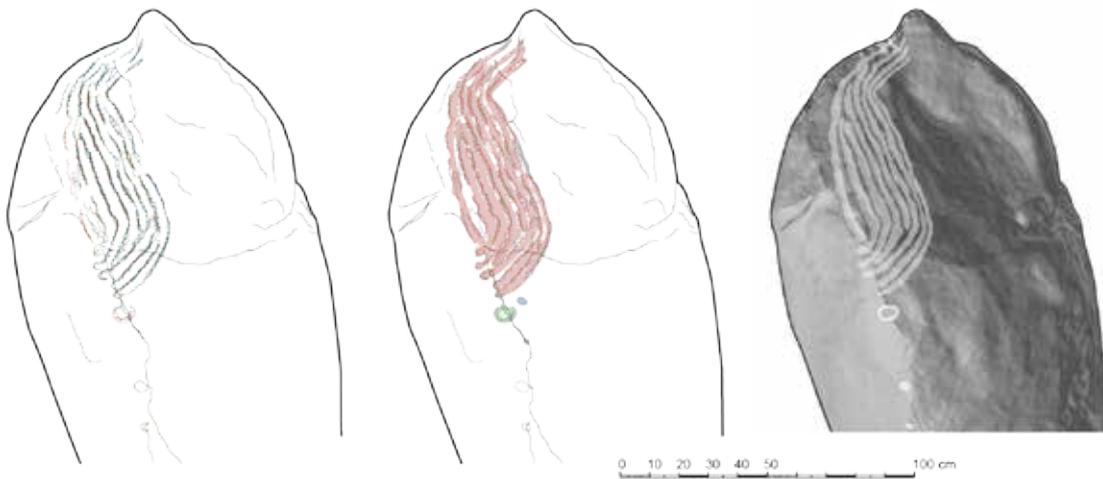


Figure 7

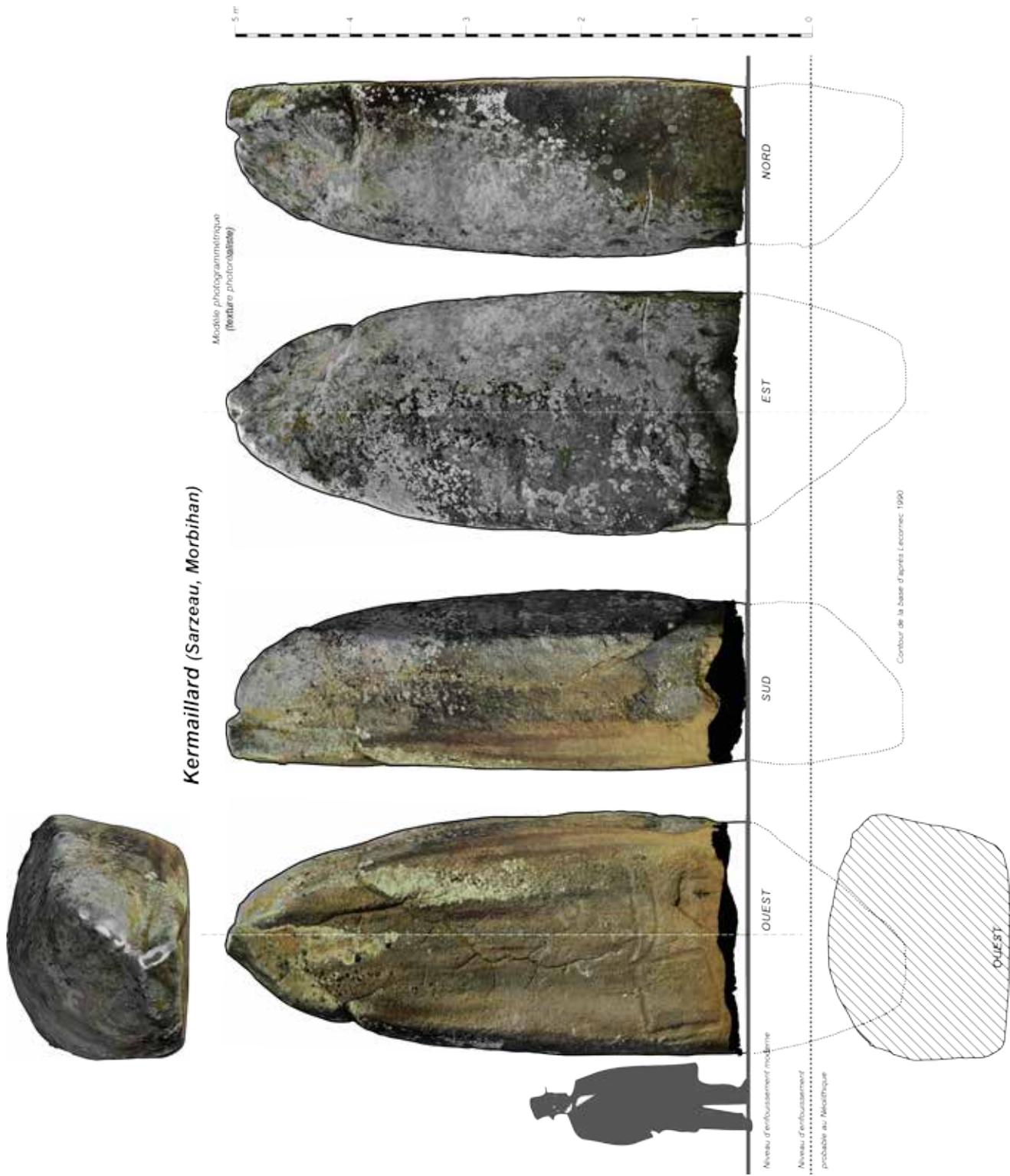


Figure 8

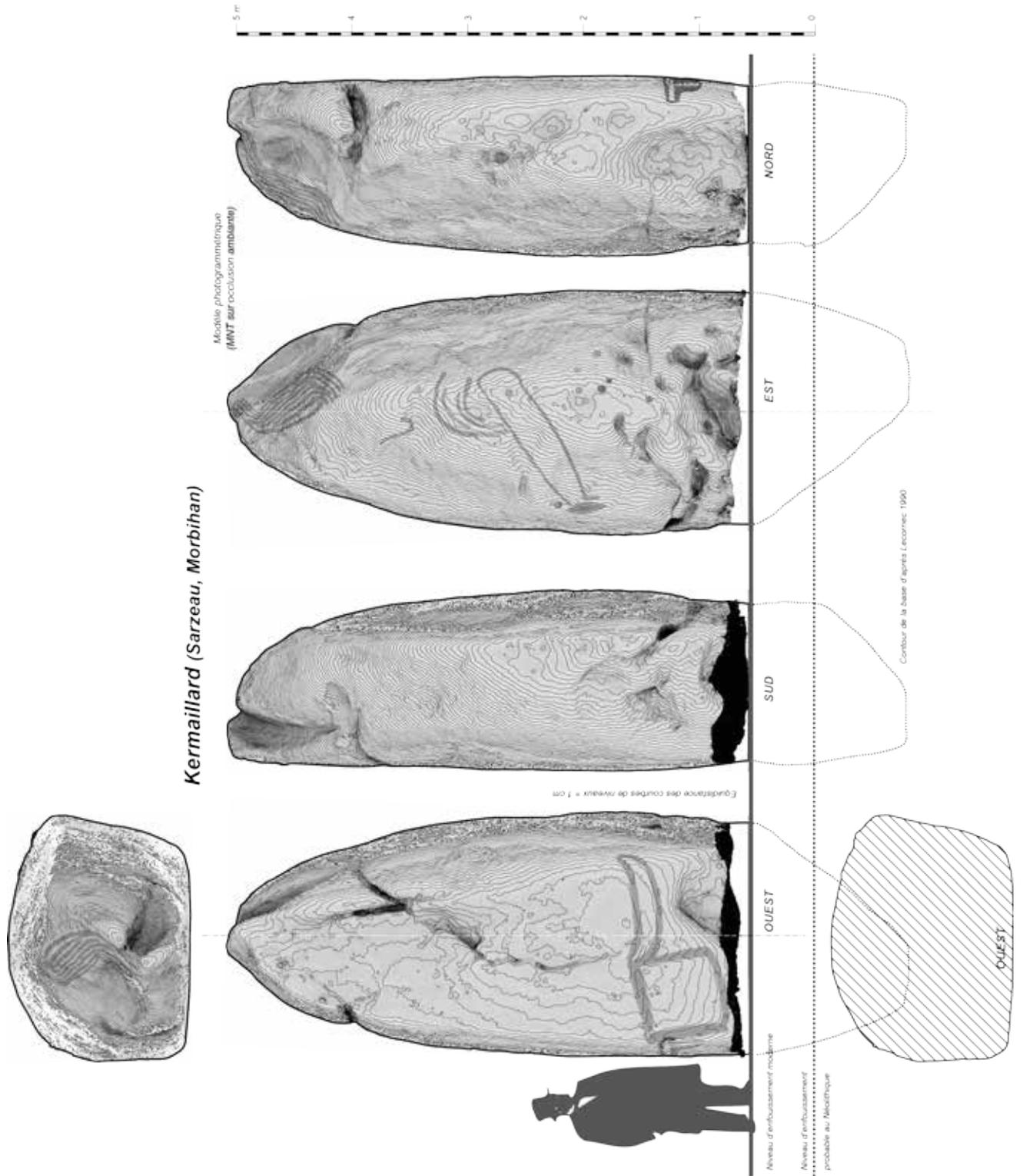


Figure 9

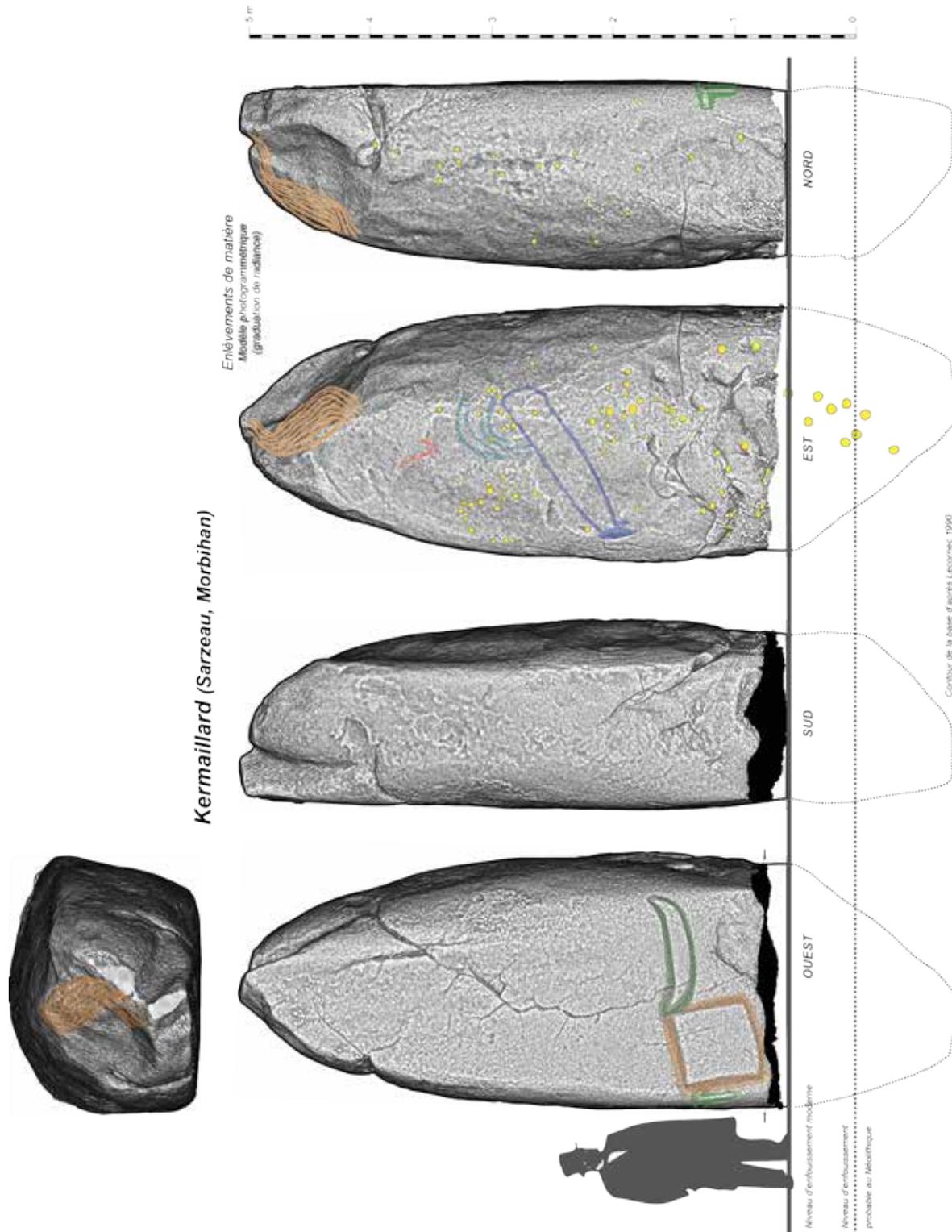


Figure 10

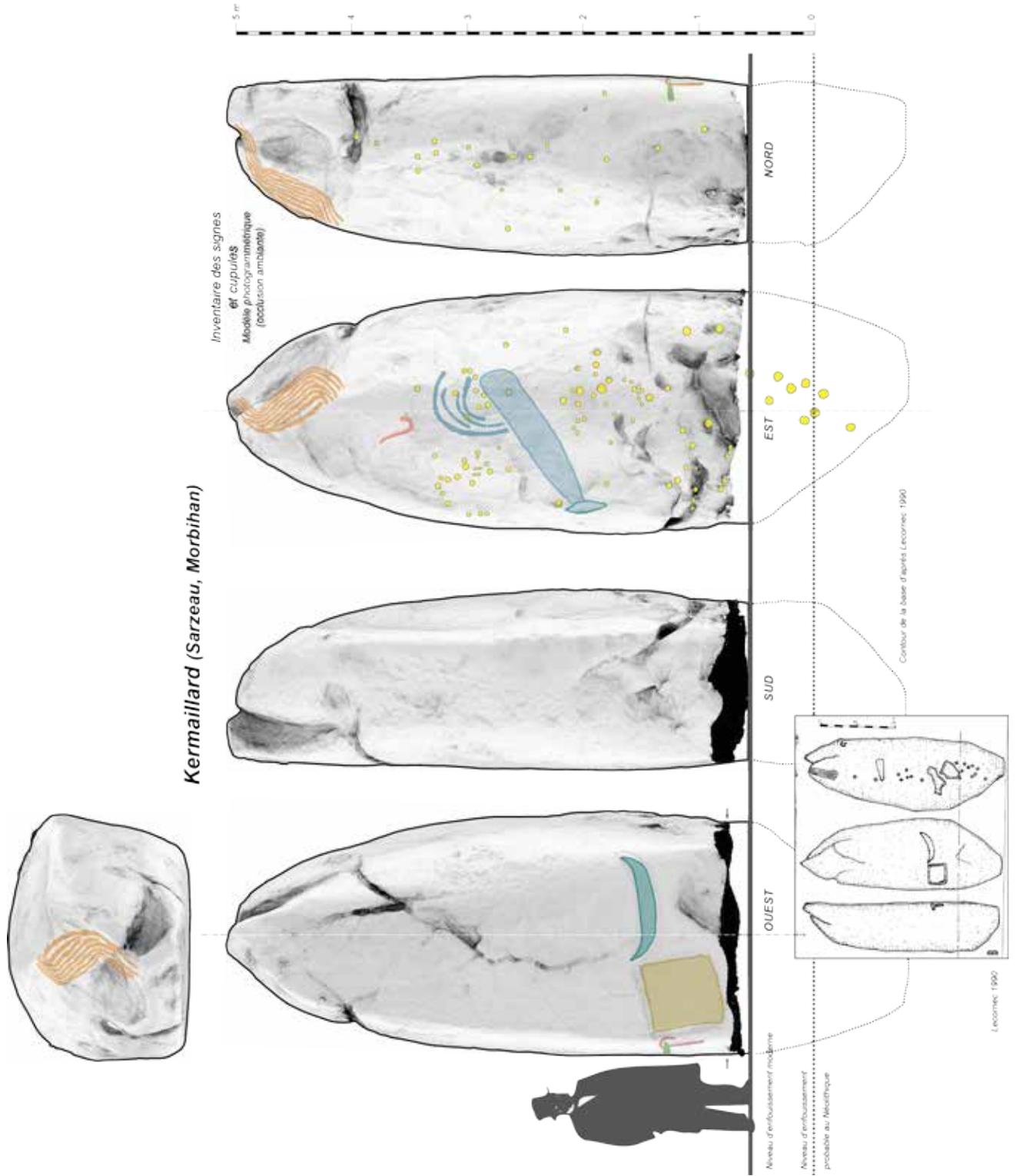


Figure 11

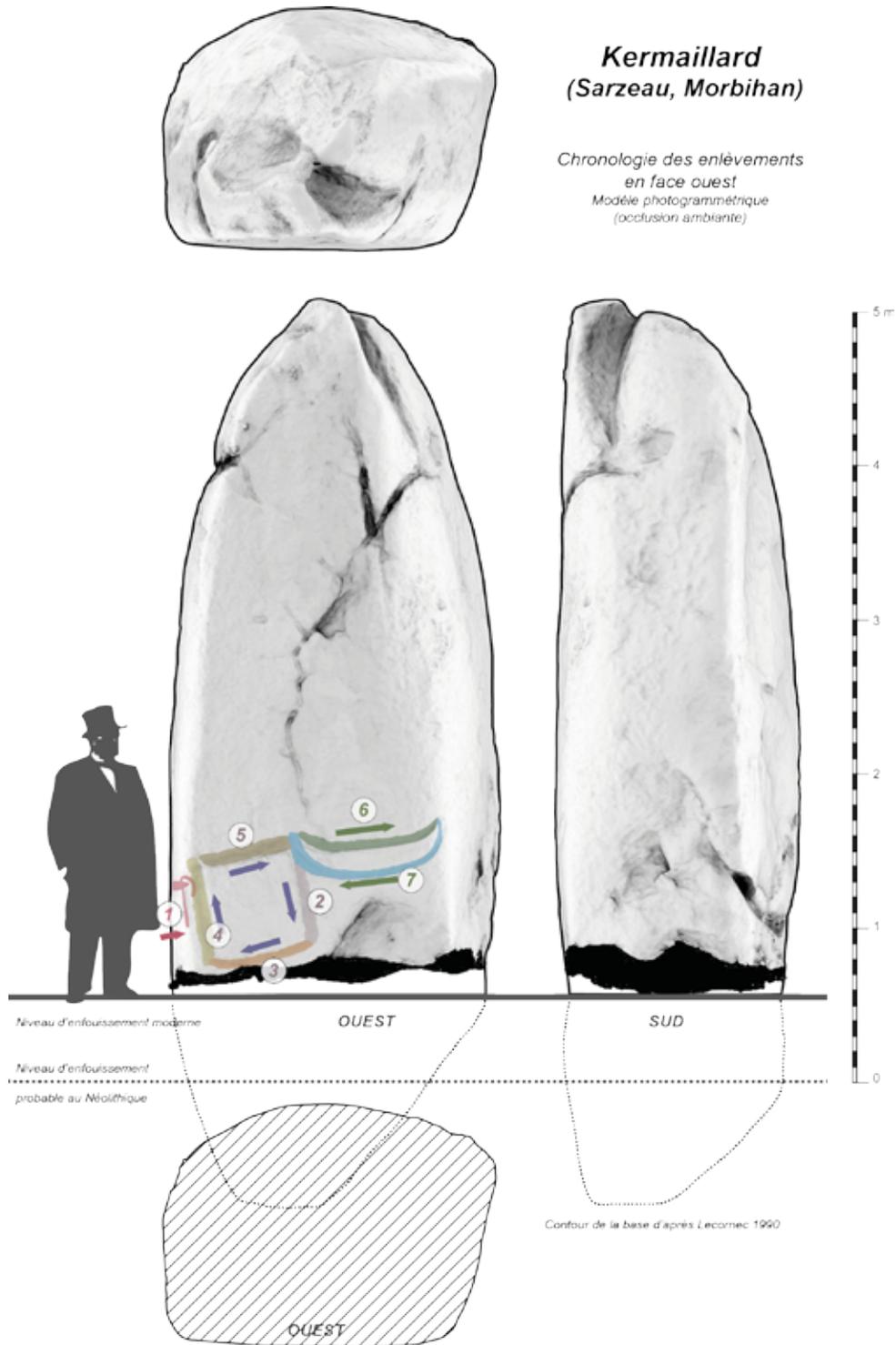


Figure 12

Kermaillard (Sarzeau, Morbihan)

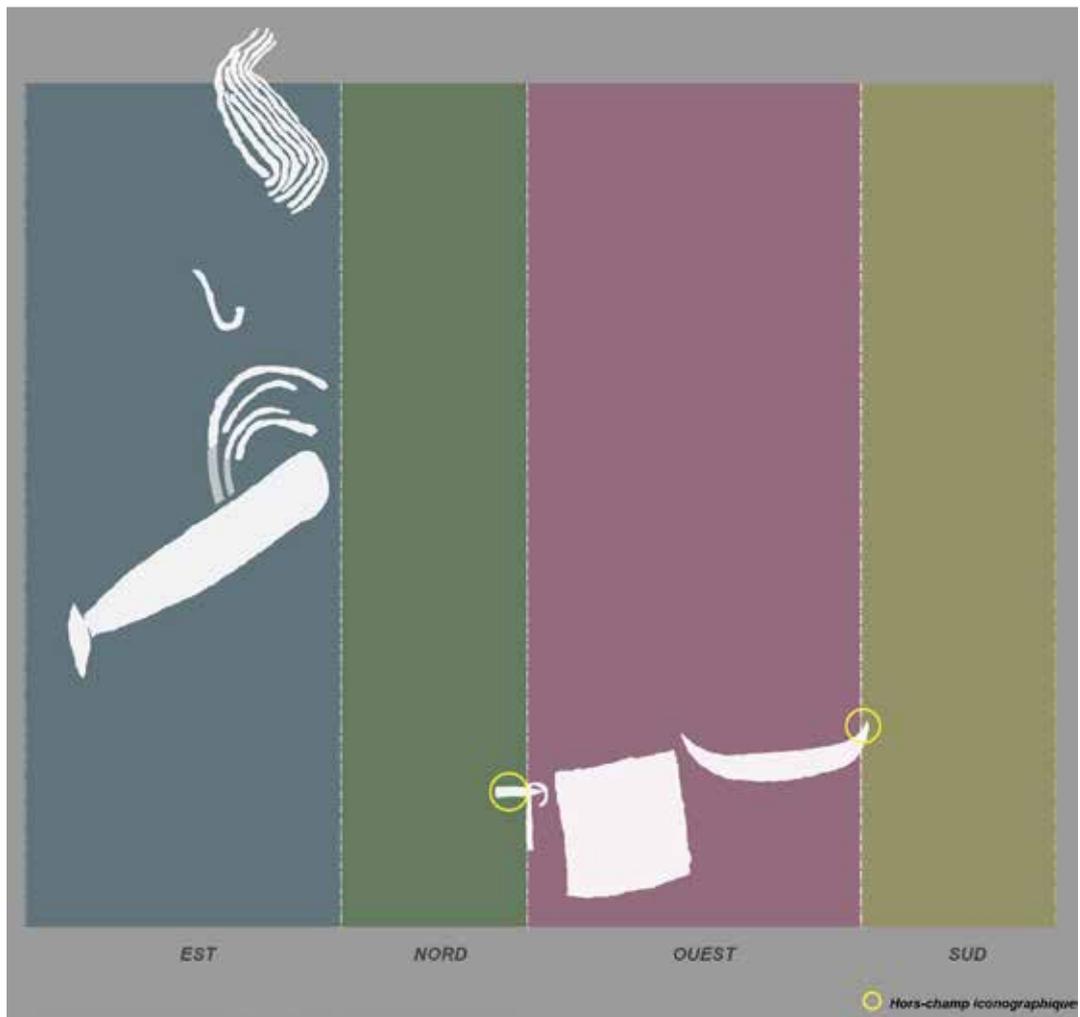


Figure 13

4.9. Tevenn (Le Conquet, Finistère)

En rive septentrionale de l'aber du Conquet, l'isthme de Kermorvan devait être un habitat privilégié au Néolithique, dont témoignaient encore au XIXe siècle les stèles, tertres à cistes et tombes à couloir ici distribuées en une densité remarquable (Devoir 1917 ; Pailler 2007). L'industrie lithique récoltée en prospection laisse entendre de multiples phases d'occupation depuis le Mésolithique jusqu'à la fin du Néolithique. On note en particulier un atelier de mise en forme de lames polies en fibrolite locale et régionale (Pailler 2007).

Le Chevalier de Fréminville signale, dès 1832, la présence d'un ouvrage de stèles (« cromlech ») sur la dorsale qui mène à l'extrémité de la presqu'île (Fréminville 1832, p. 250) et P. du Chatellier inventorie 4 tertres bas (du Chatellier 1903). Un plan parcellaire accompagnant une note inédite du Cdt E. Morel (archives UMR 6566, daté probablement de 1925-1926 selon P.R. Giot *in litteris*) montre les quatre tertres alignés sur une direction NO-SE (parcelles 600 pour deux tertres, et 602 pour les deux autres). Une intervention de M. Le Goffic permet d'identifier un de ces tertres bas (18 x 14 x 0,5 m) au milieu duquel est érigée une stèle (entre 2 et 3 m de haut) ainsi qu'une ciste rectangulaire qui semble enfouie à 4 m vers l'ouest (rapport Le Goffic 1994, avec plan reproduit dans Pailler 2007, fig. 143).

Au lieu-dit Tevenn (« la dune »), au tout début de la presqu'île et dominant l'anse des Blancs Sablons, une stèle gravée fut découverte en 1916 par P. Montfort et le capitaine G. du Plessix, couchée à l'extrémité nord-ouest d'un tertre (de 1 à 2 m de puissance), sa partie basale encore enfouie dans les sédiments de l'édifice (du Plessix 1918 ; Devoir 1917) ; un moulage fut aussitôt exécuté et un tirage sera adressé aux musées de Nantes et de Brest. Il est plus que probable que le monolithe (classé Monument historique) était bien érigé à cet emplacement au Néolithique. Les gravures tournées vers le sol ont donc permis qu'elles se soient relativement bien conservées jusqu'à leur dégagement. La longueur mesurée sur le terrain est de 2,1 m ; le dessin de M. Montfort autorise par ailleurs la restitution de la silhouette que nous proposons (la base étant désormais et malheureusement enfouie dans le sol cimenté du musée de Penmarc'h). Mais si le contour du levé Montfort s'accorde bien à notre propre levé, il devient par conséquent impossible de limiter la longueur du monolithe aux 2,1 m proposés par les auteurs. A l'heure actuelle, la stèle mesure 1,9 m hors-sol ; il apparaît difficilement concevable que seuls 20 cm sont pris dans le sol du musée pour maintenir l'objet. Il faut donc envisager une longueur totale plus probable de 2,45 m.

Au centre de la tumulation, une ciste aux parois murées par moellons selon Devoir est en réalité bien décrite avec ses dalles de chant par G. du Plessix (id. p. 8). Elle semblait sans système de couverture pour le premier chercheur alors que le second souligne que les pierres de parois étaient recouvertes de petites dalles, probable reste d'une structure en encorbellement. L'intérieur de la ciste (1,2 x 0,5 m) n'a rien donné aux fouilleurs, sinon des « débris tous petits et informes de poterie » (du Plessix 1918, p. 8). La configuration du monument est donc inverse de celle décrite par M. Le Goffic pour l'un des autres tertres préservés, où une stèle est implantée en son centre et une ciste disposée à l'extrémité occidentale.

La roche est un gneiss (fig. 1) dont cette variante rubanée est aujourd'hui accessible sur le versant sud de la presqu'île, laissant supposer un déplacement limité. La face A est la mieux conservée, évidemment en raison de son enfouissement dans le sol. La face B est davantage météorisée. Le dressage soigné de la surface avant gravure, en face A, n'a pas échappé au regard attentif de A. Devoir (id. 1917, p. 3). Son levé des tracés fut effectué à l'aide d'un quadrillage à la craie, et pour cela plutôt juste géométriquement, mais le dessin par Montfort ajoute certains enlèvements de matière qui sont tout à fait justifiés pour déterminer le contour des signes, et en cela demeure encore aujourd'hui plus informatif.

L'interprétation du motif remonte à l'intervention des premiers fouilleurs, et la même image sera mainte fois reproduite jusqu'à nos jours : « un poignard dans sa gaine » (G. du Plessix 1918, p. 6) ou encore « hache engainée » (Le Goffic 2009). G. du Plessix donne pour comparaison des lames en bronze emmanchées, extraites d'un ouvrage de Mortillet, ou encore une stèle anthropomorphe d'Italie comprenant un poignard métallique, d'après Déchelette. C'est A. de Mortillet qui a cependant le premier suggéré en Bretagne l'idée d'une hache dans sa gaine à propos de la représentation similaire trouvée dans la tombe à couloir morbihannaise de Pen Hap (Mortillet 1894, p. 273). Z. Le Rouzic reproduira l'expression sans la contester (Péquart et al. 1927). G. de Closmadeuc se limite cependant à nommer le signe comme « asciforme » (distingué du signe celtiforme), même s'il lui semble pouvoir être la représentation d'un instrument quelconque ou d'une hache emmanchée (Closmadeuc 1873). S'écartant radicalement du schéma convenu, R. Minot voit plutôt à Pen Hap/Er Boglieux une « idole ronde en arceau double, avec collier, yeux marqués » (Minot 1964, p. 89). Pour E. Shee-Twohig, le poignard lui semble à première vue difficilement compréhensible avec des excroissances sur les côtés ; par contre, s'il s'agissait d'un anthropomorphe, ces signes latéraux pourraient alors être des « yeux » (Shee-Twohig 1981, p. 189), reprenant ici l'interprétation antérieure de R. Minot sans que l'on sache si cette publication lui était connue. Mais, finalement, l'hypothèse d'un poignard lui semble la plus satisfaisante. Avec la fouille

et la restauration de Gavrinis, le dossier est réactivé grâce à la découverte d'un nouveau motif au dos de l'orthostate L11. Ici comme à Pen Hap, « l'interprétation la plus plausible semble être la représentation d'une hache en pierre polie dans sa gaine d'emmanchement » (Le Roux 1985, p. 30 ; Le Roux 1998, p. 32 ; Le Roux 2010, p. 20). On s'accorde ainsi sur une « grande lame de hache, peut-être d'apparat, prise dans une sorte de gaine (peut-être destinée à l'ostentation) » - Laporte, Le Roux 2004, p. 105).

Résumé des procédures d'acquisition :

- La morphologie tridimensionnelle des supports a été rendu par une photomodélisation des surfaces (corpus de 117 clichés au format jpeg obtenus avec un appareil Nikon D5000, résolution 12 millions de pixels, allant de Kermorvan_01 (1) à Kermorvan_03 (24) ; ISO 640 ; format RAW ; ouverture à 11 ; focale 18 et 29 mm ; temps de pose 1/60^e ; utilisation du flash ; traitement photogrammétrique par logiciel *Agisoft Photoscan* – version 1.2.4).
- Le levé photographique des gravures par éclairages tournants, sur lequel va porter notre descriptif, a été mené de nuit dans le musée et s'est fondé sur 2 stations d'images compilées, une pour chaque face, formant un total de 99 clichés (Nikon D5300 ; objectif AF-S Nikkor 10-24 mm ; ISO 400 ; format RAW ; ouverture à 16 ; focale 12 ; temps de pose allant de 1 à 3 s).
- Le dessin vectoriel des tracés et anomalies fut opéré par logiciel *Adobe Illustrator CS6* sous tablette graphique Wacom/Intuos.

Reconstruction photogrammétrique :

Description du corpus photographique : Nombre de clichés : 117 ; Nom de l'appareil photo : Nikon D5000 ; Résolution des clichés : 4 288 x 2 848 pixels (12 millions de pixels) ; Longueur focale : [Kermorvan_01 (xx)] : 29 mm ; [Kermorvan_01 (xx)] : 29 mm ; [Kermorvan_03 (xx)] : 18 mm ; Ouverture : f/11 ; ISO : 640 ; Temps de pose : 1/60.

La stèle de Kermorvan est actuellement située à l'intérieur du musée de Pen Marc'h (Finistère). Une verrière constitue en partie la toiture, ce qui assurait – à l'heure de l'acquisition – une lumière diffuse homogène. Cependant, en raison de l'heure avancée pour la saison – l'acquisition s'est déroulée en 17h10 et 17h25 le 18/04/2016, le flash a été systématiquement utilisé. L'environnement était donc idéal pour l'acquisition photogrammétrique, si ce n'est la présence d'une vitrine à moins d'un décimètre de la tranche à droite du motif de la « hache engainée ». La couverture photogrammétrique y est donc un peu moins bonne ; un bruit – nettoyé manuellement – a été généré à l'issue de la reconstruction du nuage de points.

4.9.1. *Descriptif des signes*

Nous avons dénommé la face principale, connue pour ses gravures, Face A ; en se réservant la possibilité de découvrir des tracés inédits en Face B, au « verso » de la stèle dans l'implantation muséographique actuelle.

4.9.1.1. Face A

Le corpus photographique couvrant la face se compose de 57 photos au format .jpg (457 Mo) ; 40 clichés DSC_0058 à DSC_0109 ont été utilisés. Le corpus graphique (2,14 Go) est composé de 40 fichiers vectoriels au format .ai et de 2 fichiers de synthèse (fig. 2).

Nous l'avons dit, la surface est presque entièrement dressée, seul le sommet échappe au travail préparatoire. Ce travail était nécessaire, non pas tant en raison d'une surface tourmentée - car il s'agit très probablement d'une face d'arrachement dans le substrat - mais plutôt afin d'éliminer la « peau » du gneiss avant d'inscrire le champlevé. Ce dressage apparaît sur notre levé par le biais des cupules de percussions chaque fois qu'elles ont pu être détectées. Il ne s'agit pas d'un inventaire exhaustif mais d'une information qui aide à mieux renseigner l'état de surface. On distingue ainsi des enlèvements circulaires punctiformes, témoignages d'une percussion posée verticale, des enlèvements allongés qui sont généralement le résultat d'une percussion posée oblique. Les uns et les autres participent activement ou bien à la régularisation de la surface du support, ou bien au tracé des signes proprement dits. Tout cela a été bien observé en direct sur les orthostates bien conservés de Gavrinis mais également sur les parois des abris de l'Essonne (Cassen et al., à paraître Jade2).

Suivant notre protocole, les tracés successifs inventoriés seront désignés par des lettres capitales, en débutant en haut du support puis en tournant dans le sens de l'horloge.

- L'enlèvement **A** a pu être suivi en continu, sans reprise ni repentir, sur les deux côtés du motif. Il apparaît plus large sur la droite mais il est ici aussi le plus endommagé et donc le moins précis sous éclairages tournants et rasants.

- Le tracé **B** désigne l'autre versant du champlevé qui permet de dégager la « boucle ». Ce signe recoupe son homologue **O** qui a permis de dessiner le premier contour au motif.
- Le signe **C** est un trois-quart de cercle, mal conservé ici par rapport à son symétrique mieux visible en **K**. Cet « anneau » va bien entendu de pair avec l'enlèvement central **D** qui pourrait s'apparenter à une cupule sans pourtant en reproduire la morphologie habituelle, en cuvette symétrique. **C** est postérieur à **A**.
- Nous avons qualifié en **E** un enlèvement de matière que nous ne pensons pas vraiment anthropique. En effet, la coïncidence du bord gauche de **E** avec une fissure dans la pierre témoigne plutôt d'une desquamation accidentelle au moment du creusement de **F** qui est le signe véritable.
- Le tracé **G** recoupe le précédent **F**. Il semble être un enlèvement linéaire secondaire comme pour rectifier le motif réservé en relief. Car il se superpose et recoupe donc le tracé **H** qui ceinture le motif. Mais **H** à son tour a recoupé une surface dégagée en **I**.
- **J** est un enlèvement symétrique de **F** et comme lui antérieur au contour de la « hache ». Mais il recoupe plus haut le tracé **K**.
- **K** et **L** dégagent l'anneau sur le côté du motif. Notons qu'à la différence de **E**. Shee-Twohig qui enregistre un cercle complet, nous ne confondons pas l'arête visible sur le côté droit de ces enlèvements circulaires avec un signe à part entière. Comme pour **E**, il s'agit certainement d'une desquamation du gneiss guidé en quelque sorte par le travail du graveur. On distinguera néanmoins **L1** (la dépression centrale) et **L2** (anneau en réserve mais partiellement repris par percussion). **K** recoupe le signe **A**.
- Le signe **N** se superpose à **M** qui a dû être un enlèvement étendu avant que d'être repris pour bien souligner la « boucle ».

4.9.1.2. Face B

Le corpus photographique couvrant la face en une seule station se compose de 42 photos au format .jpg (354 Mo) ; 23 clichés DSC_0117 à DSC_0153) ont été utilisés. Le corpus graphique (1,8 Go) est composé de 25 fichiers vectoriels au format .ai et de 2 fichiers de synthèse (fig. 3).

Non réputée contenir des gravures, cette partie de la stèle nous a semblé mériter un enregistrement sur la foi de plusieurs indices prouvant, pour le moins, une percussion en secteur bas, à gauche (qui deviendra le signe **C** dans notre descriptif). La surface est très érodée, nous l'avons dit, en grande partie due à la météorisation du gneiss, ici au contact direct des agents atmosphériques depuis la chute du monolithe ; il s'agit quoi qu'il en soit d'une ancienne face d'affleurement. Mais plusieurs clichés sous éclairages rasants démontrent que certains secteurs, au centre du support, conservent encore des impacts lisibles d'une percussion lithique. Il s'agit davantage du témoignage d'un dressage de la roche plutôt que de l'inscription de tracés.

Malgré une attention soutenue sur l'ensemble des clichés, peu d'information fiable peut être recensée qui prouverait une scène gravée.

- En **A1** et **A2**, tout d'abord, ressortent deux dépressions quadrangulaires au fond écrasé (très clair sur photographie) qui sont indéniablement des boîtes de débitage creusés par des carriers à une époque inconnue mais devant au moins dater du XIX^e siècle.
- **B** est un des deux tracés pour lequel nous avons pu restituer les deux bords en vis-à-vis, validant l'intention d'un graveur. Le signe est courbe, interrompu à droite, sous l'effet d'un grand enlèvement sur cette partie de la stèle.
- **C** est un signe rectiligne, visible sur le monolithe, mais qui n'a pu être rattaché à aucun autre tracé.

D'autres indices ont pu faire penser que des tracés courbes s'ajoutaient plus haut ou plus bas à la scène, mais malheureusement si une arête sort systématiquement, l'autre bord du possible tracé n'est pas restitué, ce qui n'est pas de nature à valider un enlèvement de matière. On peut donc conclure qu'une composition a bien marqué cette face de la stèle, mais sans qu'une reconnaissance visuelle minimale ne puisse être commentée.

4.9.2. Synthèse graphique

1. *Le redressement du levé*

Le fichier .AI obtenu des éclairages tournants sur l'objet, contenant les calques superposés correspondant à tous les dessins des contours pour chaque cliché compilé, a été allégé en fusionnant ces calques sous une même rubrique. Une estimation des tracés, autrement dit des signes gravés, a été proposée en étant guidé par cet inventaire des contours. Puis cette synthèse a été copiée sur la face A du modèle 3D du monolithe, ombré en « graduation de radiance », plus apte à faire ressortir le motif dans la pierre. On corrige ainsi les données vectorielles à travers l'outil de déformation manuelle qui joue sur les points d'ancrage, afin de faire coïncider le dessin et le modèle 3D. En l'occurrence cette correction fut mineure étant donné la possibilité d'un large recul à la prise de vue, entraînant par conséquent une moindre déformation de l'objectif.

2. *La géométrie de la composition*

Dans sa position artificielle actuelle au musée de Penmarc'h (fig. 4), la stèle n'offre pas une composition gravée en accord avec un axe vertical imaginaire. L'axe longitudinal qui passerait au milieu du motif, depuis la « boucle » en haut jusqu'à la « hache » en bas, est en effet dévié d'un angle de $5,3^\circ$ par rapport à cette verticale (fig. 5). Pourtant, l'implantation muséographique de la stèle s'est naturellement faite en accord avec les proportions présentes afin qu'un équilibre du centre de gravité soit atteint. Cette représentation serait donc penchée depuis l'origine. On peut néanmoins faire douter de l'intégrité du monolithe, dans la mesure où l'on sait qu'un tracé curviligne en face B est interrompu par l'arête gauche, comme si des pans entiers de la roche avaient disparu à la taille, une taille décrite par A. Devoir sur l'arête droite de la face A. Il est actuellement impossible de conclure sur les deux termes de cette alternative.

3. *La comparaison avec le levé Shee-Twohig*

En face B, on l'a vu, notre collègue E. Shee-Twohig n'a pas découvert de gravures. En face A son levé par calques est conforme, non déformé. On soulignera cependant trois secteurs divergents avec notre synthèse (fig. 6).

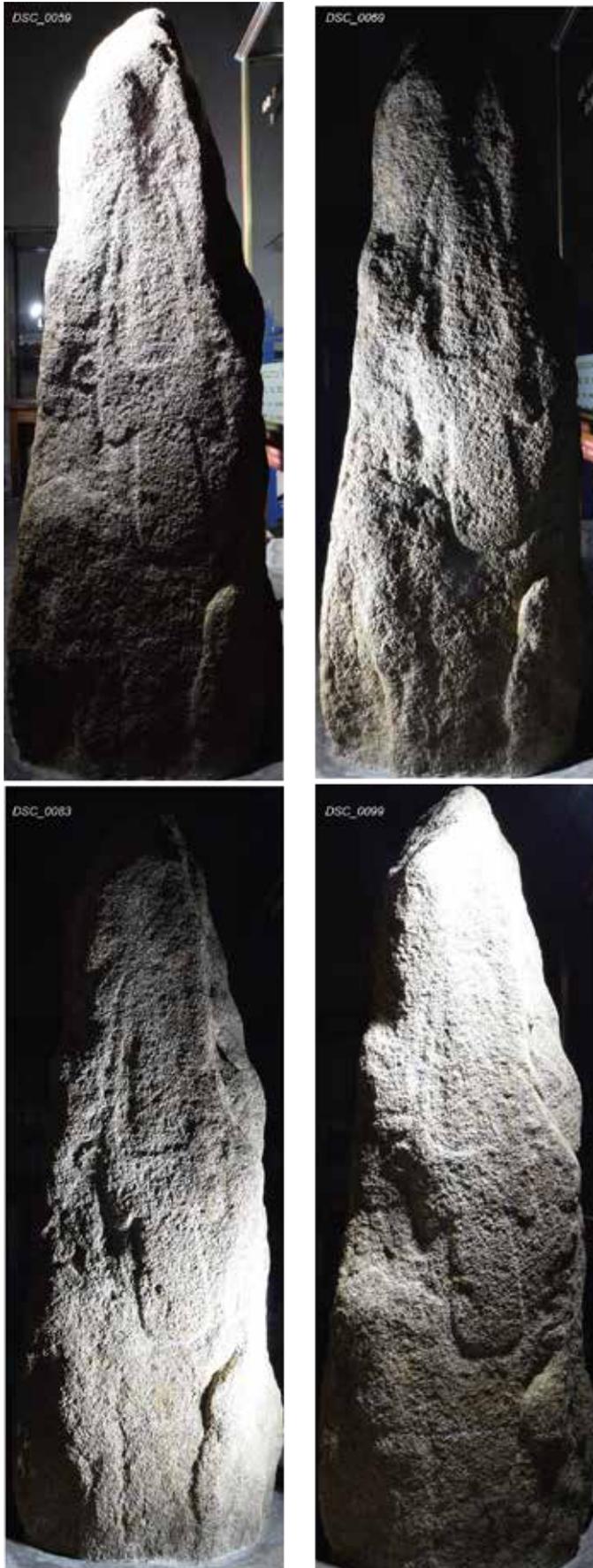
- Tout d'abord l'angle inférieur gauche n'est pas complété de l'enlèvement de matière qui, il est vrai, dépasse l'encombrement du motif.
- La jonction droite entre le « boucle » et les « anneaux » latéraux n'a pas non plus été détectée.

Enfin, à l'intérieur gauche de la boucle supérieure, une confusion est faite entre tracé en tant que signe et enlèvement de matière pour opérer le champlévé. Il n'y a donc pas un second élément sorti en relief sur ce côté, qui doublerait en quelque sorte le contour de la boucle. Un seul signe est présent, seulement dégagé en deux fois par le graveur sur ce côté gauche.

4.9.3. Conclusions

Dans un riche environnement néolithique en presqu'île de Kermorvan, notamment quatre tertres indatés, le monument de Tevenn a recouvert une ciste en son centre tandis qu'une stèle en gneiss devait marquer son extrémité occidentale. Chutée du côté des gravures qui ont fait sa réputation, la dalle a néanmoins présenté d'autres signes gravés sur la face (B) tournée au ciel, ancienne face d'affleurement déjà bien météorisée. Ici, les restes érodés de deux boîtes de débitage laissent entendre une tentative de débit au cœur de la stèle, qui a d'ailleurs pu réussir sur son côté.

La composition en face A ne présente qu'un seul motif, inventorié depuis le XIX^e siècle sous les appellations de « poignard dans sa gaine » ou « hache engainée ». Ces interprétations ne sont plus acceptables malgré leur maintien dans la littérature la plus récente ; nous reviendrons plus tard sur une proposition qui nous paraît plus cohérente.



Le motif est dégagé par champlevé après qu'une bonne part du support ait été dressé par piquetage régulier. La ligne graphique s'apparente bien entendu aux exemplaires morbihannais semblables de Gavrinis et Pen Hape, voire Crugellic.

La ciste sous terre de Tevenn et la stèle gravée associée s'inscrivent donc dans une suite d'inférences notables que nous avons déjà sollicitées pour tenter de mieux comprendre ces liens fonctionnels et chronologiques tissés entre éléments d'architecture et représentations du monde, dès la première moitié du Ve millénaire en Bretagne méridionale (Boujot, Cassen 2000, p. 181).

Remerciements :

Un grand merci à Valérie Dufour, intendante du Musée de la Préhistoire de Penmarc'h, pour nous avoir accueilli dans le cadre d'une conférence invitée et pour nous avoir offert d'excellentes conditions de travail. P. R. Giot nous avait très aimablement adressé le plan cadastral de E. Morel avec l'emplacement des quatre tertres alignés.

Tevenn
(stèle dite de **Kermorvan**)
(Le Conquet, Finistère)

Musée de Préhistoire
Penmarc'h

Figure 1

Tevenn (stèle dite de Kermorvan)
(Le Conquet, Finistère)

Face A, Station 1

Eclairages tournants / Photos complètes
Nikon D5300 / Clichés DSC_0058 à DSC_0109

Levé (non redressé) sur l'original

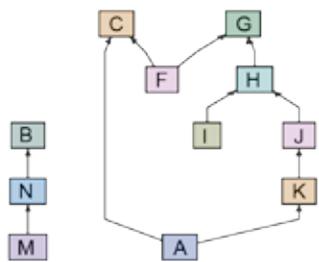
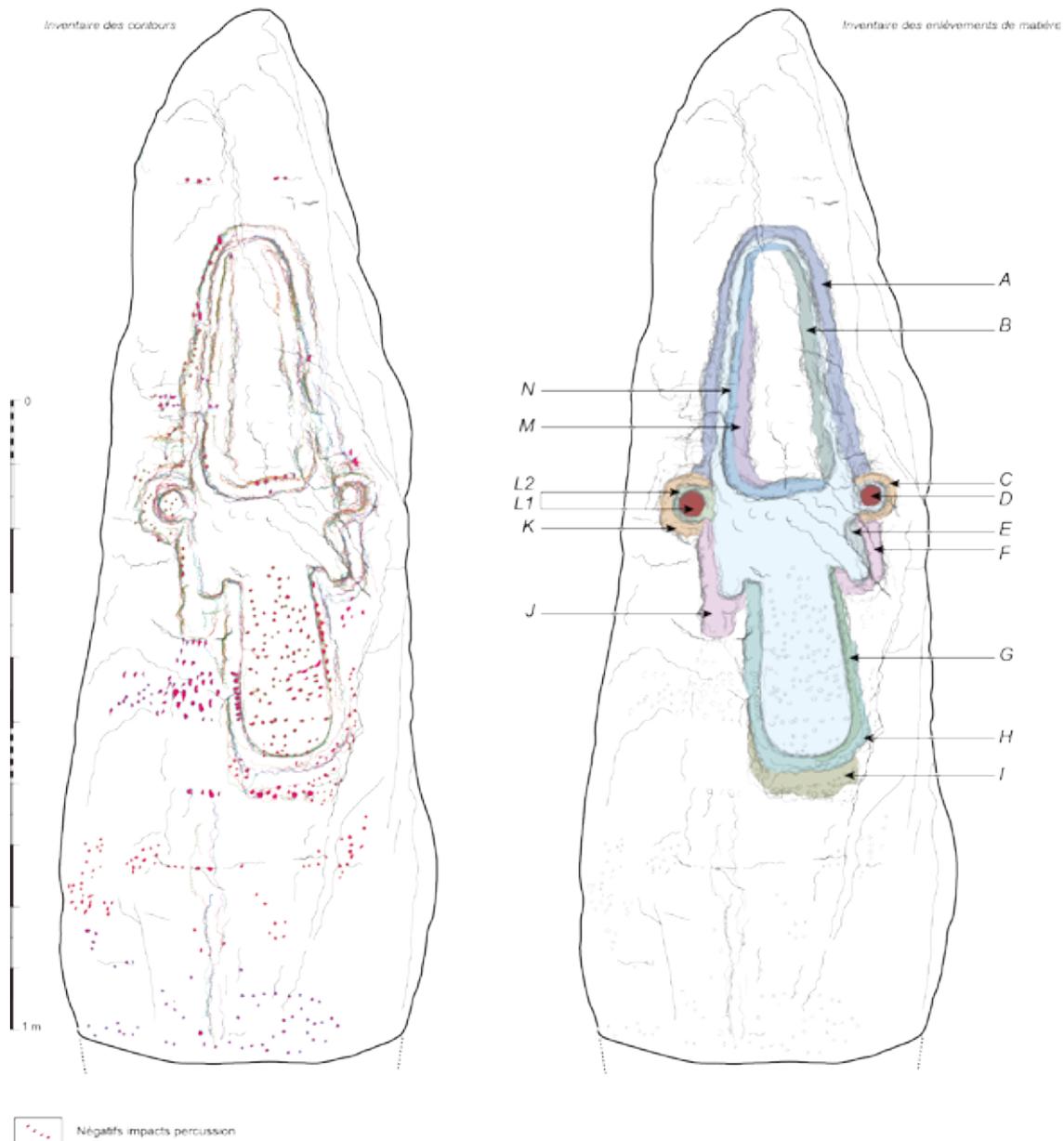


Figure 2

Tevenn (stèle dite de Kermorvan)
(Le Conquet, Finistère)

Face B, Station 1

Eclairages tournants / Photos compilées
Nikon D5300 / Câblés DSC_0112 à DSC_0153

Levé (non redressé) sur l'original

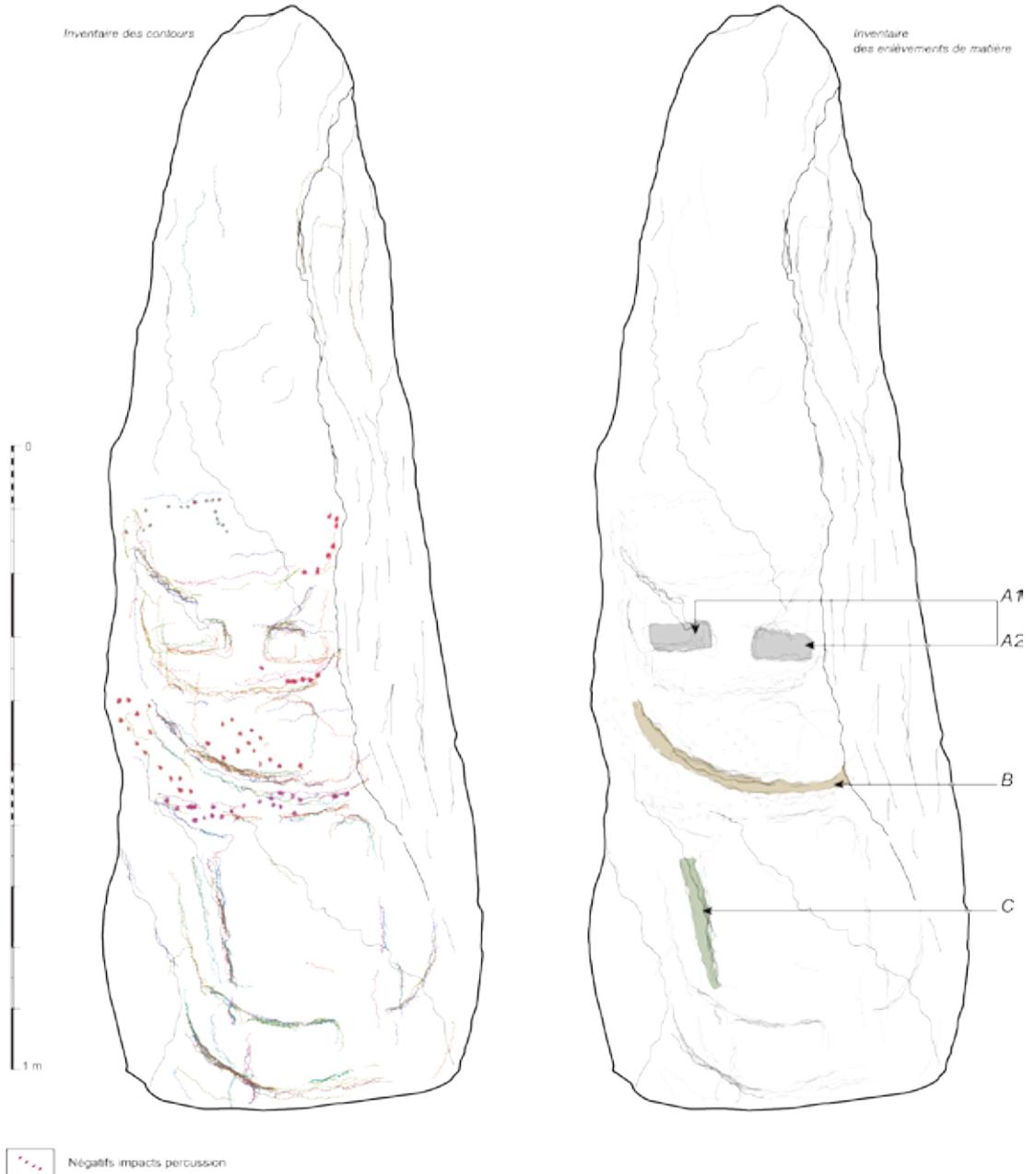


Figure 3

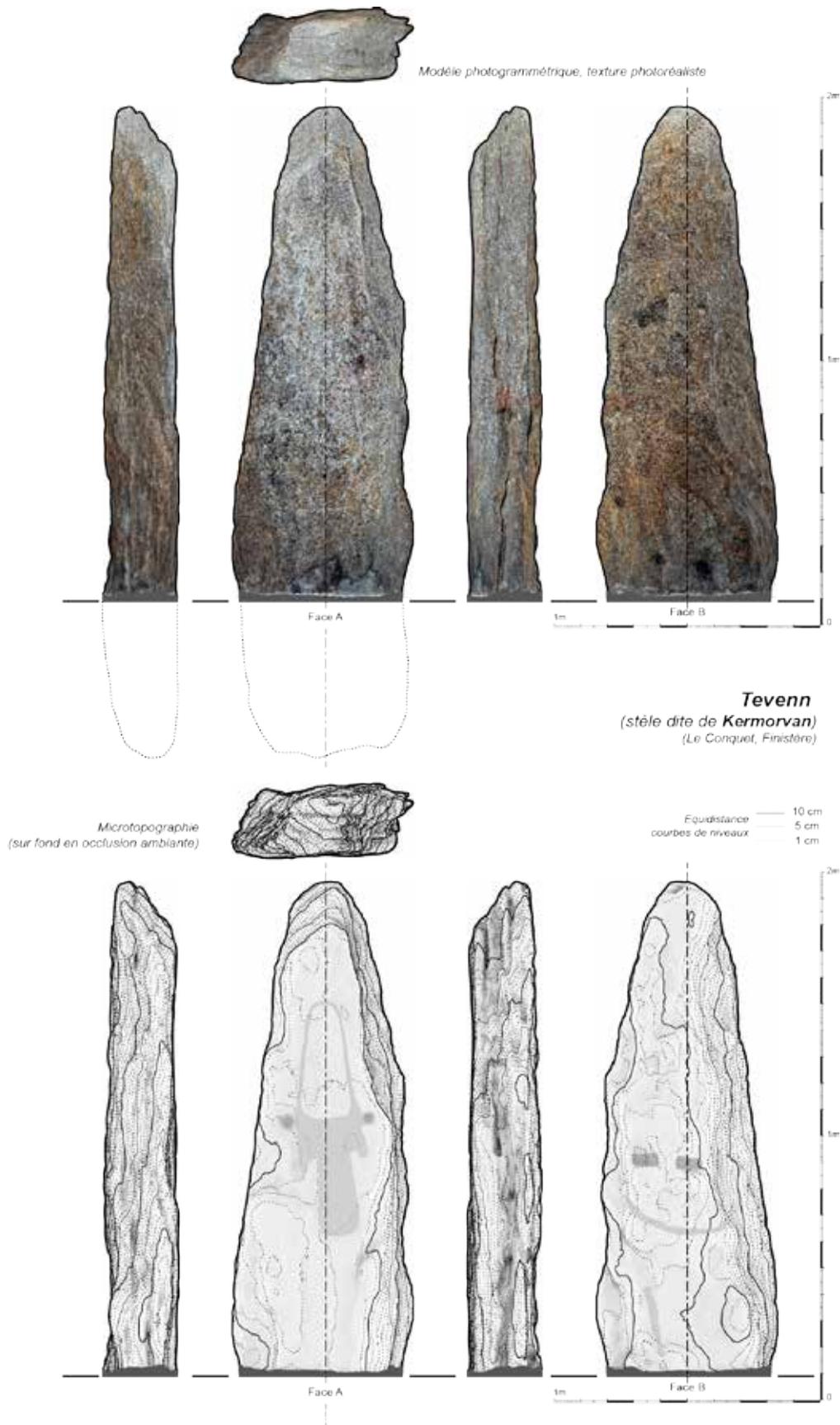


Figure 4

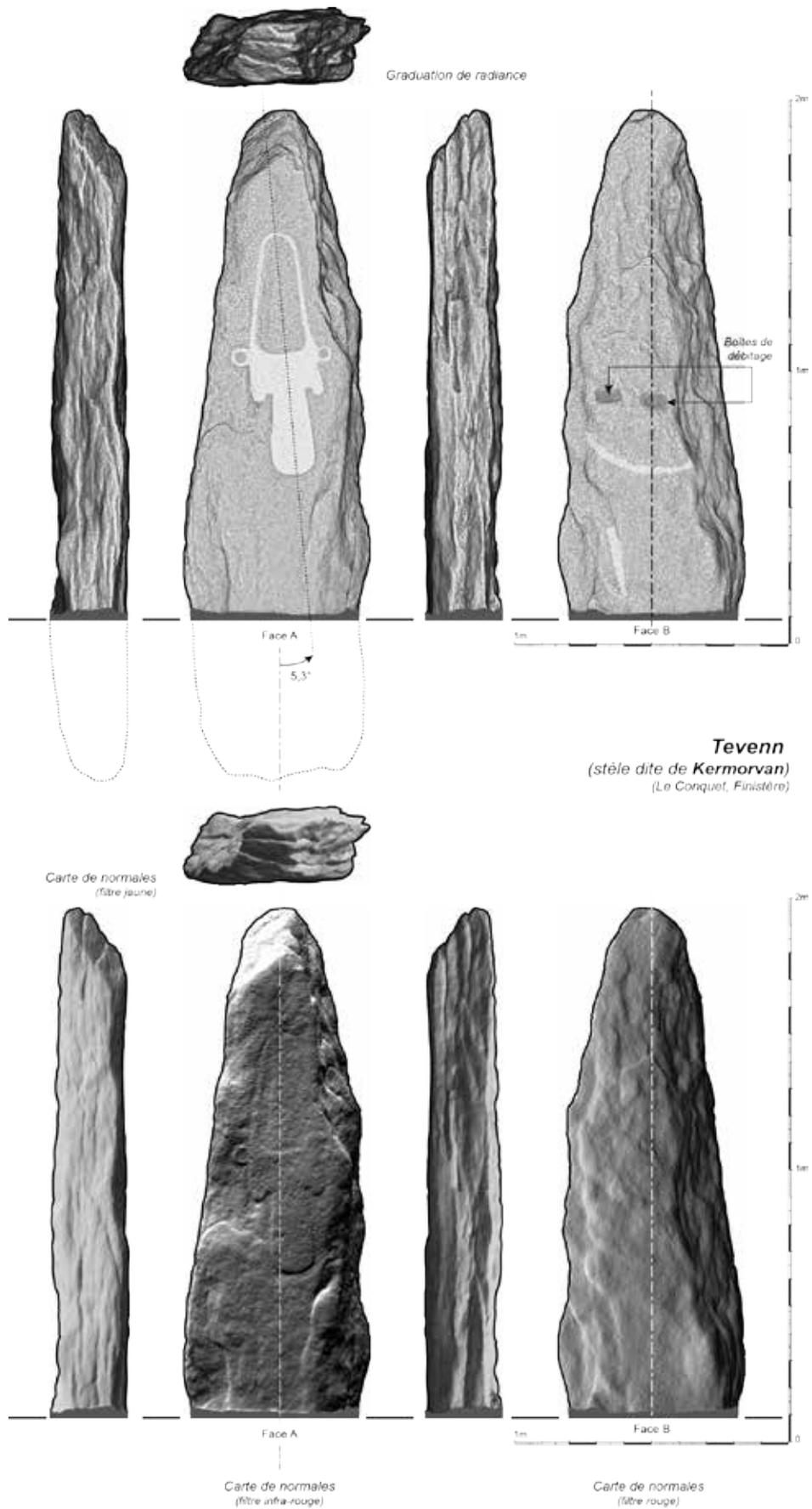


Figure 5

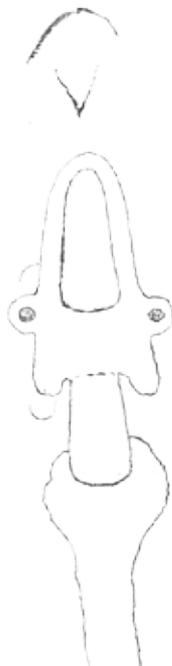


Tevenn
(stèle dite de **Kermorvan**)
(Le Conquet, Finistère)

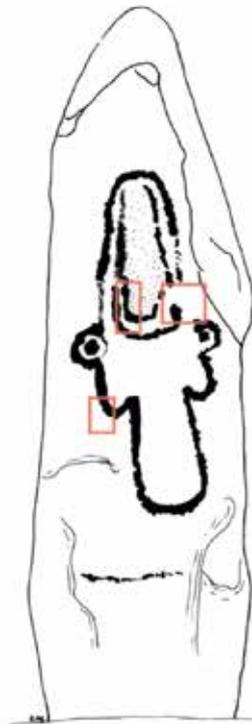
La stèle plantée à l'extérieur du musée de Penmarc'h
(avant son installation à l'intérieur)



Plessix, Montfort 1916

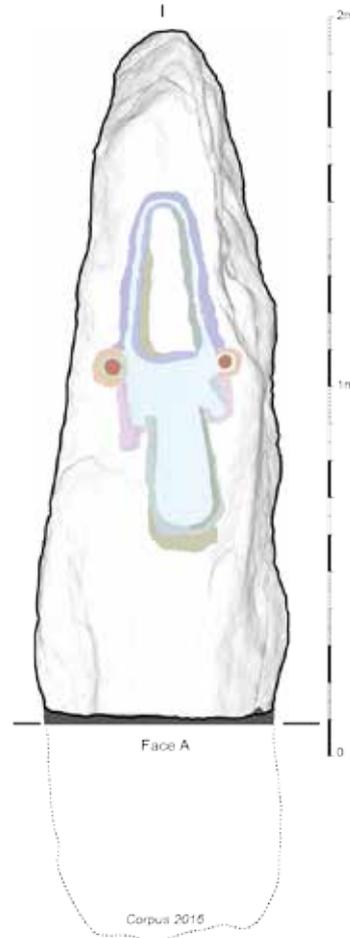


Devair 1917



Shee-Twohig 1981

Plage discutée
dans le texte



Face A

Corpus 2016

Figure 6

4.10. Corn er Hoët (Caurel, Côtes-d'Armor)

La tombe à vestibule latéral de Corn er Hoët n'est pas implantée au sommet topographique du lieu mais en début de la pente méridionale, en somme pour être dirigée vers la vallée profonde du Blavet qui fait ici un coude à 90° pour diriger son cours vers le sud et l'Atlantique. L'abbé Collet évoque en 1871 « un panorama immense et grandiose, le plus remarquable, sans contredit, de toute la péninsule armoricaine » (Collet 1871, p. 9). La sépulture voisine de Coet Correc à Mur-de-Bretagne, à 1 km à l'ouest, d'une typologie architecturale identique, présente les mêmes caractéristiques d'implantation, non pas au sommet mais sur le début de pente dirigée au sud. Les deux ensembles partagent un même système de transition, entre le vestibule et la chambre allongée, fait de deux dalles échancrées en vis-à-vis laissant un passage grossièrement circulaire qui devait être obturé par une porte en pierre ou en bois. Les deux monuments ont été visités et fouillés par l'abbé Collet sans que les compte-rendu n'explicitent les mobiliers rencontrés, ni ne différencient les monuments souvent confondus (Collet 1871 ; Le Roux, Thollard 1990).

Les gravures enregistrées sur Corn er Hoët seront publiées à l'occasion du colloque sur l'art mégalithique tenu à Nantes en 1995 (Le Roux, Le Goffic 1997). Les deux compositions semblables sont disposées sur les deux plus grands supports en schiste inclus dans les parois du vestibule, structure d'accès à la chambre sépulcrale. Ces supports ne seront pas désignés par nos collègues sous une référence particulière. Le motif sur le pilier nord-ouest (à gauche de l'entrée) est décrit comme un grand cartouche rétréci vers le haut, contenant les dessins de larges crosses à extrémité arrondie (Le Roux, Le Goffic 1997, p. 142). Sur le pilier sud-est (à droite), le graphisme semble plus simple, « le contour du cartouche se confondant avec le trait externe de la branche montante des deux crosses... ». Ici s'ajoutent « plusieurs aires piquetées quadrangulaires plus ou moins marquées [qui] apparaissent de façon apparemment aléatoire dans les champs restés libres » (Le Roux, Le Goffic 1997, p. 142). Les auteurs concluent très justement sur un air de famille avec les tombes en équerre du littoral morbihannais, sorte d'avatar du « style des Pierres Plates » (id. p. 144).

Les surfaces des deux supports sont naturellement planes grâce à la nature du schiste. Une préparation préalable par percussion a néanmoins affecté plusieurs secteurs pour en atténuer les reliefs, chaque fois que la bonne conservation et donc la lisibilité des impacts le permettaient. D'autres ponctuations enregistrées sont par contre hors de toute intention de mise en forme, hors de tout tracé, et ne trouvent pas d'explication.

Sans descendre dans l'observation détaillée et technique de ces cupules de percussion, on distinguera deux grandes familles d'enlèvements selon qu'ils sont circulaires et symétriques ou bien allongés et dissymétriques. Les premiers correspondent à une percussion posée normale au support, les seconds à une percussion oblique. La précision des coups alignés pour tracer les bords des signes plaide en faveur d'une percussion indirecte (burin et percuteur ou mailloche). L'expérimentation menée au cours du programme Gavrinis permet d'être plus assuré quant à l'interprétation relative à ces détails d'observation (Vourc'h et al. 2014)

Les négatifs d'impact circulaire sont d'un diamètre allant de 3 à 8 mm (fig. 15), mais certains enlèvements progressent jusqu'à 12-13 mm et marquent davantage un travail sur la surface du support qu'une intervention sur un signe. Les enlèvements obliques peuvent atteindre 18 mm. Pour ces derniers, le sens de réalisation, donné par leur dissymétrie (point d'impact plus profond), permettrait en théorie de retrouver le geste du graveur, mais le travail considérable pour y parvenir nous a semblé hors de propos de cette année-test pour le PCR.

Soulignons enfin, et notamment sur le tracé central de la dalle de droite, le passage de la partie aérienne de la gravure, sur laquelle les impacts de percussion sont invisibles, à la partie enfouie et par conséquent protégée, où les cupules d'enlèvements sont bien plus apparentes.

Procédures d'acquisition en résumé :

- La microtopographie du tumulus, le plan et les élévations des structures internes ont été enregistrés et calés par lasergrammétrie (scanner 3D Faro X3D 130) au moyen de 15 stations, totalisant 150 536 643 millions de points, mais ces données n'ont pas été mobilisées pour documenter le site.
- La morphologie tridimensionnelle des supports et le rendu orthophotographique ont été obtenus par photomodélisation des surfaces :
- *orthostate droit* : corpus de 64 clichés (63 + 1 photo pour projeter le levé du programme iconographique) au format jpeg obtenus avec un appareil Fujifilm X-E2, allant de 'CaH_06 (1)'

à 'CaH_06 (63)' ; focale de 18 mm ; ouverture à $f/8$ pour un temps de pose allant du $1/160^e$ au $1/34^e$; ISO 1250 ; traitement photogrammétrique par logiciel *Agisoft Photoscan*.

- *orthostate gauche* : corpus de 59 clichés (58 + 1 photo pour projeter le levé du programme iconographique) au format jpeg obtenus avec un appareil Fujifilm X-E2, allant de 'CaH_07 (1)' à 'CaH_07 (58)' ; focale de 18 mm ; ouverture à $f/8$ pour un temps de pose allant du $1/170^e$ au $1/15^e$; ISO 1250 ; traitement photogrammétrique par logiciel *Agisoft Photoscan*.
- Le levé photographique des gravures par éclairages tournants, sur lequel va porter notre descriptif, a été mené sous barnum de toile noire étanche (2 x 2 x 2,5 m) et s'est fondé sur 1 station d'images compilées par orthostate, formant un total de 112 clichés (Nikon D5300 ; objectif AF-S Nikkor 10-24 mm ; ISO 400 ; format RAW ; ouverture à 16 ; focale entre 13 (dalle 25) et 16 (dalle 1) ; temps de pose allant de 1 à 6 s).
- Le dessin vectoriel des tracés et anomalies fut opéré par logiciel *Adobe Illustrator CS6* sous tablette graphique Wacom/Intuos.

4.10.1. Descriptif des signes

Chaque dalle de la structure interne (vestibule et chambre) sera numérotée de 1 à n, en débutant à l'entrée à gauche en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre.

4.10.1.1. Orthostate 26 (vestibule droit)

Le corpus photographique couvrant la face se compose de 108 photos au format .NEF et .jpg (5,12 Go) ; 40 clichés (DSC_0074 à DSC_0125) ont été utilisés. Le corpus graphique (1,82 Go) est composé de 48 fichiers vectoriels au format .ai et de 3 fichiers de synthèse.

Le dégagement manuel soigné de la base de l'orthostate nous a semblé nécessaire pour gagner en surface d'acquisition, mais nous avons limité cet enlèvement à une moitié droite au bas du support. Il s'avère que cette unité sédimentaire superficielle est nettement remaniée, soit par le fait du dallage moderne qui couvre actuellement le sol, soit en raison des explorations anciennes. Nous avons stoppé le sondage dès que la couleur et la texture du sédiment changeaient, sans pour autant garantir que cette nouvelle unité est archéologiquement intacte, ce dont nous doutons fortement. Mais sans être titulaire d'une autorisation de sondage, nous avons limité ce nettoyage à ces 10 cm de profondeur.

Cet enlèvement de l'horizon humifère a donné l'occasion d'apprécier le contraste marqué entre la partie à l'air libre et nettement altérée du support, et la partie relativement bien conservée actuellement en terre. L'enregistrement des cupules de percussion témoigne amplement de cette conservation différentielle, notamment au niveau du large trait central de la composition (signe E). Une part importante de la colonisation biologique a été également cartographiée, sans bien entendu rechercher l'exhaustivité qui nécessiterait d'autres compétences. Ont donc été retenus les lichens de trois colorations bien distinctes, sachant que les mousses et les lichens les plus saillants avaient été enlevés à la brosse par le propriétaire voici quelques années, et qu'il en reste hélas des traces dans ce schiste briovérien relativement tendre (stries et rayures parallèles). Ajoutons une desquamation de la roche en partie haute du support et singulièrement au sommet de la composition gravée, amputant le signe central d'une information qui nous manquera pour rétablir la séquence de réalisation.

Suivant le protocole en vigueur, nous nommerons les signes par une lettre capitale en commençant par le haut du support et en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre. Les chiffres accolés aux lettres désigneront les sous-ensembles d'un tracé cohérent (fig. 16).

- **A** est un tracé parfaitement circonscrit à son extrémité basse alors que son développement supérieur se confond avec une rupture de plan dans la roche, entraînant une solution de continuité. Il semble que C lui soit bien postérieur et que B1 le recoupe.
- **B1** est un signe courbe recoupé par C.
- **B2** est disposé dans la continuité du tracé du précédent mais lui est antérieur. Il se poursuit en sous-sol.
- **C** est une ligne continue en périphérie du motif en son ensemble, formant une sorte de limitation postérieure aux signes intérieurs.
- **D** rassemble trois disques semblables (de D1 à D3) d'un diamètre égal de 45 mm.
- **E** est un large tracé (entre 32 et 35 mm) assurant une sorte d'axe symétrique de la composition. Son extrémité supérieure est manquante, abîmée par une desquamation dans le schiste en suivant le fil d'une fissure oblique.

- **F** rassemble à son tour trois disques semblables. Ils sont cependant plus proches d'ovales aplatis, d'un diamètre maximal (mesuré à l'horizontal) croissant entre F1 (45 mm), F2 (50 mm) et F3 (52 mm).
- **G** est un tracé divisé en deux phases de réalisation, à l'image de B sur la partie droite du motif : G2 est ainsi postérieur à G1. Il est difficile de conclure fermement sur la relation entretenue avec le signe périphérique C, car la surface est desquamée à la zone de jonction, mais il semble bien que C soit confirmé dans sa postériorité.

4.10.1.2. Orthostate 1 (vestibule gauche)

Le corpus photographique couvrant la face se compose de 116 photos au format .NEF et .jpg (5,48 Go) ; 40 clichés (DSC_0058 à DSC_0109) ont été utilisés. Le corpus graphique (1,77 Go) est composé de 44 fichiers vectoriels au format .ai et de 2 fichiers de synthèse (fig. 22).

Comparé à l'orthostate orné en vis-à-vis, le haut du support est cette fois encore plus nettement marqué d'enlèvements aux arêtes vives qui font douter que cet aménagement soit le fruit d'une intervention néolithique. Et comme pour son homologue, un dégagement de la partie basale a permis d'enregistrer au maximum de la surface gravée. Cet enlèvement de la couche superficielle humique a cette fois été effectif sur toute la largeur du support, jusqu'à atteindre une terre jaunâtre. Et ici encore le passage au secteur mieux conservé est clairement indiqué par la meilleure conservation des cupules de percussion. Ce niveau de transition nous semble celui découvert par les fouilles anciennes (1871) qui ont très probablement atteint le sol de circulation néolithique, 30 à 50 cm plus bas.

Secteurs desquamés et différents lichens ont ici encore été cartographiés, ce qui permettra une comparaison à moyen et long terme, sachant que les mousses avaient été enlevées par le propriétaire (fig. 25).

- **A1** correspond à l'extrémité d'un long tracé ici recourbé, développé symétriquement autour d'un axe vertical. A1 est postérieur à **A2** qui lui-même vient recouper le signe **A3** formé de deux rectilignes à angle droit. **A4** n'est en réalité que le prolongement de A3 après le large tracé G ; à la différence du panneau de droite, A4 est continu jusqu'à son extrémité, recoupant ici un signe antérieur **A5** qui a dû entamer la séquence avant que sa direction ne soit corrigée. Cette séquence est donc bien réalisée depuis la gauche du panneau vers la droite.
- **B1** est le pendant du processus antérieur décrit pour A, en ce sens qu'il est la phase ultime d'un long tracé symétrique et homologue à la géométrie de A. B1 est postérieur à **B2** qui recoupe **B3** mais cette fois sans introduire d'angulation marquée. L'angle est seulement reproduit en bas à droite du signe. **B4** est, là encore, le probable prolongement de B3 malgré la solution de continuité introduite par la partie gravée encore enfouie en terre. **B5**, enfin, est une sorte de crosse qui reprend l'orientation du tracé de B4 - dont une arête dans le prolongement laisse entendre qu'il fut dans un premier temps dessiné à l'image du motif sur la dalle de droite. Ce signe B5 est contraint par A4/A5, indiquant par conséquent sa postériorité.
- **C** est un signe difficile à qualifier de néolithique. Aucune cupule de percussion n'a été recensée à l'intérieur tandis que d'autres rectilignes apparaissent sur sa droite, mais à peine marquées et non validées par un double bord qui pourrait plaider en faveur de tracés anthropiques. Il est à se demander s'il ne s'agirait pas là de marques d'outils des premiers fouilleurs du site...
- **D** est lui aussi mal renseigné. Si des cupules de percussion sont cette fois inventoriées, elles ne sont pas ordonnées par le tracé et nous semblent plutôt le témoignage de la surface environnante dressée. Deux autres segments de ce type sont ressortis de notre levé entre B3 et A3. Manifestement hors de la structure décorative telle que nous la comprenons, ces tracés ne peuvent pas à l'heure actuelle être interprétés.
- **E1** est un long signe qui englobe la composition sur sa partie droite, en venant recouper G en haut et au centre, et probablement aussi à son extrémité basse malgré la zone de contact non dégagée. Seule une fouille, ou un sondage au pied de l'orthostate, permettront de confirmer ce qui semble tout à fait prévisible.
- **F** réunit trois disques piquetés superposés (de 1 à 3) dont le diamètre va sensiblement croissant en allant vers le haut, parallèlement à l'axe vertical donné par le signe G.
- **G** est le tracé le plus large, et de loin (3 cm en moyenne), de toute la composition. Il permet à ce titre de bien apprécier la marque des impacts dans le schiste, très bien conservés sous le niveau d'enfouissement des gravures. Cette conservation différentielle montre bien le processus de météorisation à l'œuvre et la part souvent difficilement imaginable des gravures effacées dans le corpus armoricain.
- G a donc été inscrit après les deux ensembles quadrangulaires imbriqués mais fut recouper par le tracé périphérique E.
- **H** réunit les trois autres disques piquetés, superposés (de 1 à 3) en secteur gauche, avec également un diamètre s'accroissant vers le haut, parallèlement à l'axe vertical donné par le signe G.

4.10.2. Synthèse graphique

4.10.2.1. Le redressement du levé

Le fichier .AI obtenu des éclairages tournants sur l'objet, contenant les calques superposés correspondant à tous les dessins des contours pour chaque cliché compilé, a été allégé en fusionnant ces calques sous une même rubrique. Une estimation des tracés, autrement dit des signes gravés, a été proposée en étant guidé par cet inventaire des contours. Puis cette synthèse a été copiée sur la face A du modèle 3D du monolithe, ombré en « graduation de radiance », plus apte à faire ressortir le motif dans la pierre. On corrige ainsi les données vectorielles à travers l'outil de déformation manuelle qui joue sur les points d'ancrage, afin de faire coïncider le dessin et le modèle 3D. En l'occurrence cette correction fut mineure étant donné la possibilité d'un large recul à la prise de vue, entraînant par conséquent une moindre déformation de l'objectif.

4.10.2.2. La géométrie de la composition

Le levé redressé ayant été réalisé début décembre 2016, la géométrie sera évaluée en 2017.

4.10.2.3. La comparaison avec le levé Le Roux-Le Goffic

Pour l'orthostate 25, le dessin des gravures produit par C.T. Le Roux et M. Le Goffic ne diffère pas fondamentalement de notre levé, exceptés bien entendu les six disques piquetés de notre résultat graphique qui n'ont été qu'entrevis par nos collègues, et sous la forme de deux carrés (le troisième carré, au milieu, ne correspond pas un disque). On voit également que la « fourche » du large trait central a été complétée par la pensée dans leur publication car la réalité du terrain, en raison de la desquamation, nous prive de cette information et n'a pu donc être « vue » (fig. 26).

Pour l'orthostate 1, la différence est cette fois plus importante puisque non seulement les deux séries de disques n'ont pas été détectées, mais une erreur d'enregistrement a confondu les parties basales de deux tracés (A et B) alors qu'elles sont clairement détachées et concentriques. Ajoutons que les « crochets » sur le panneau de gauche n'ont pas été relevés à l'image du panneau symétrique à droite.

Remerciements :

Nous sommes très reconnaissants au propriétaire de Corn er Hoët, Monsieur Xavier Bernard, d'avoir autorisé l'accès du site à toute l'équipe et de nous avoir fait visiter cette partie du bois. Un grand merci également à Claudine Bernard pour nous avoir fait l'amitié d'une visite sur le site et pour son aide dans la recherche documentaire.

Corn er Hoët (Caurel, Côtes-d'Armor)



Vue méridionale sur le vestibule, dalle 1 gravée.



Nettoyage du monument avant le levé photogrammétrique



Prises de vues photogrammétriques



Porte (par 2 dalles échancrées) au passage vestibule/chambre



Prises de vues photogrammétriques par perche et écran de visée déportée

Figure 1

Corn er Hoët
(Caurel, Côtes-d'Armor)



Figure 2

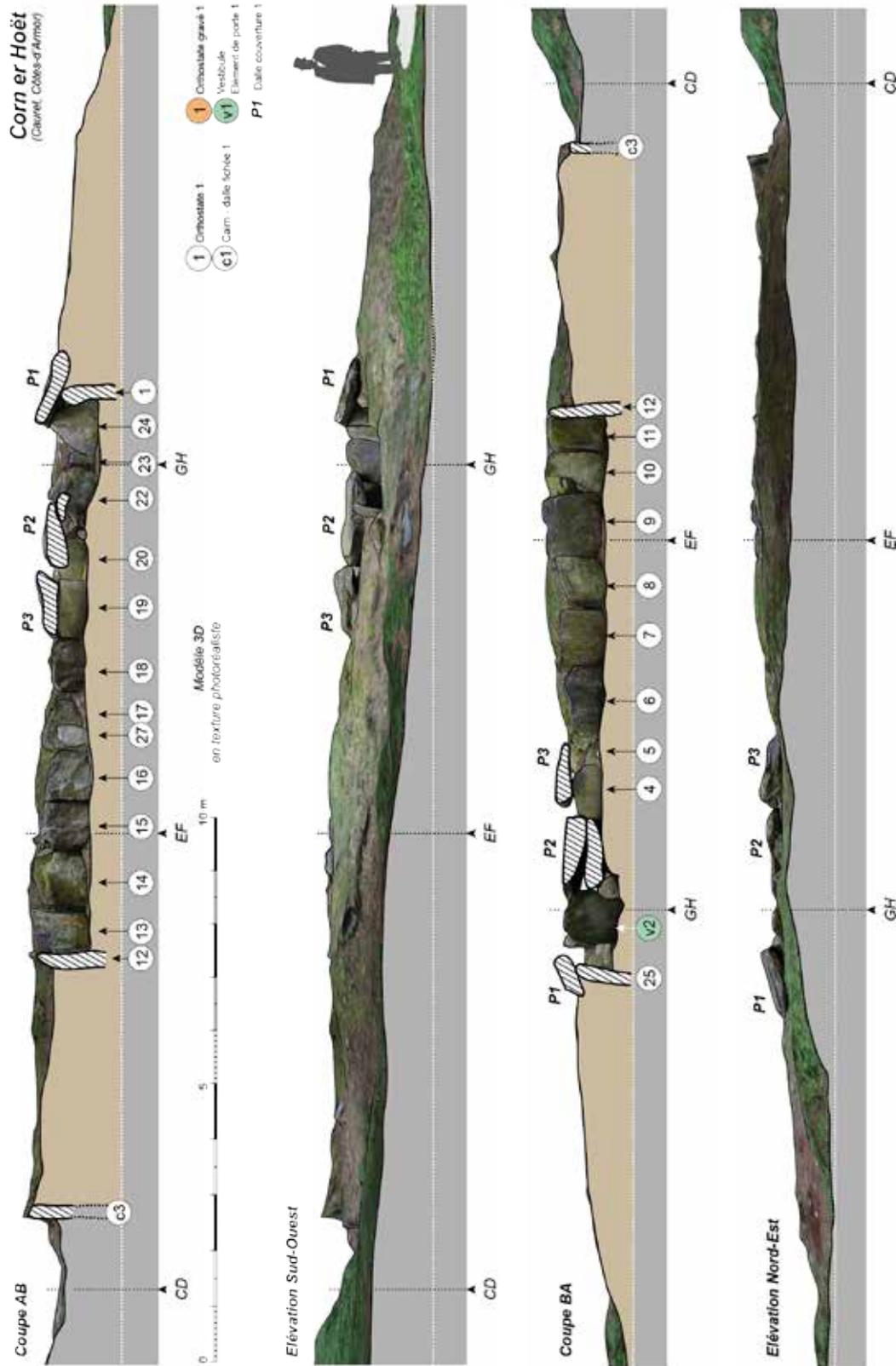


Figure 4

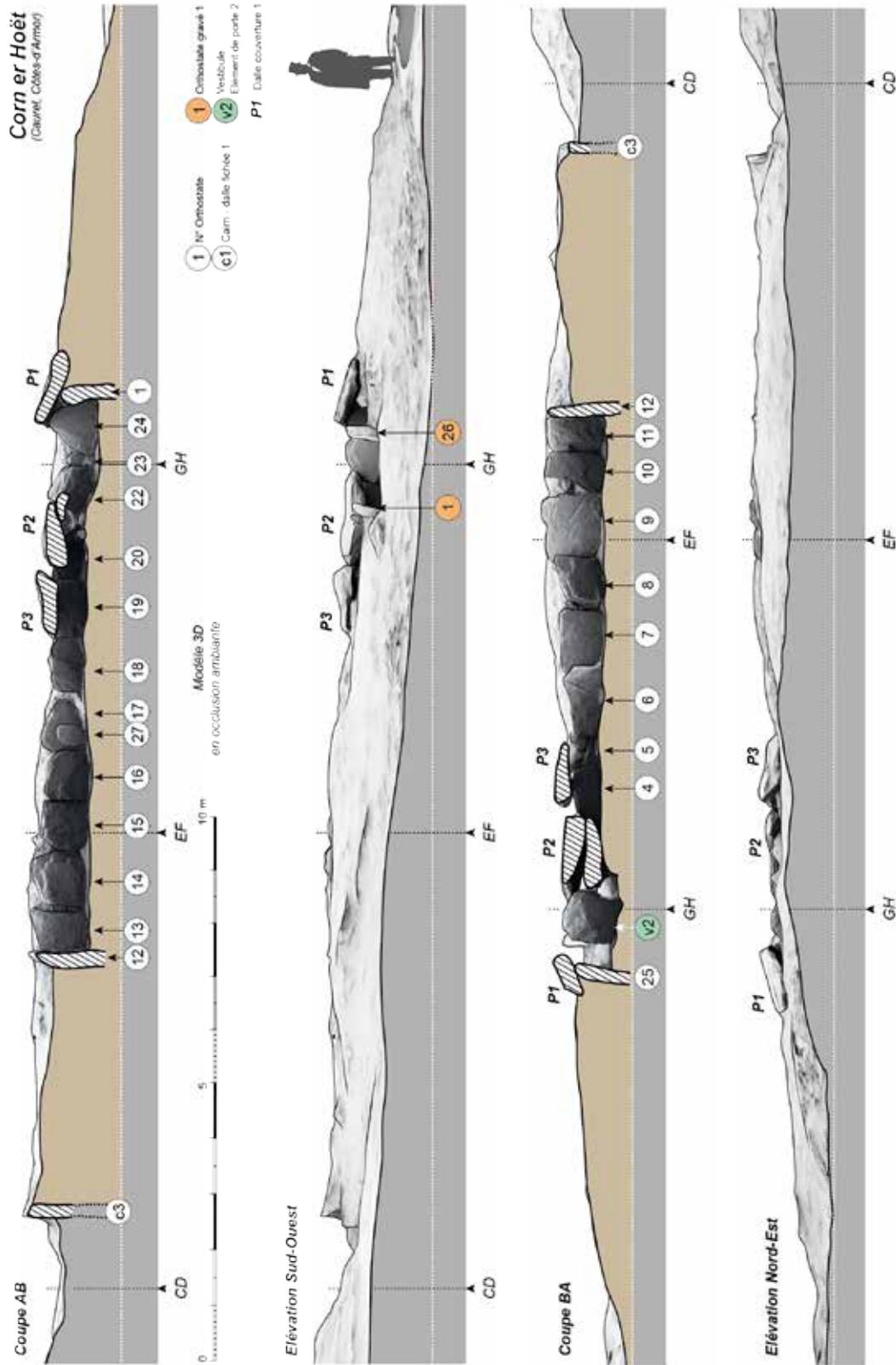


Figure 5

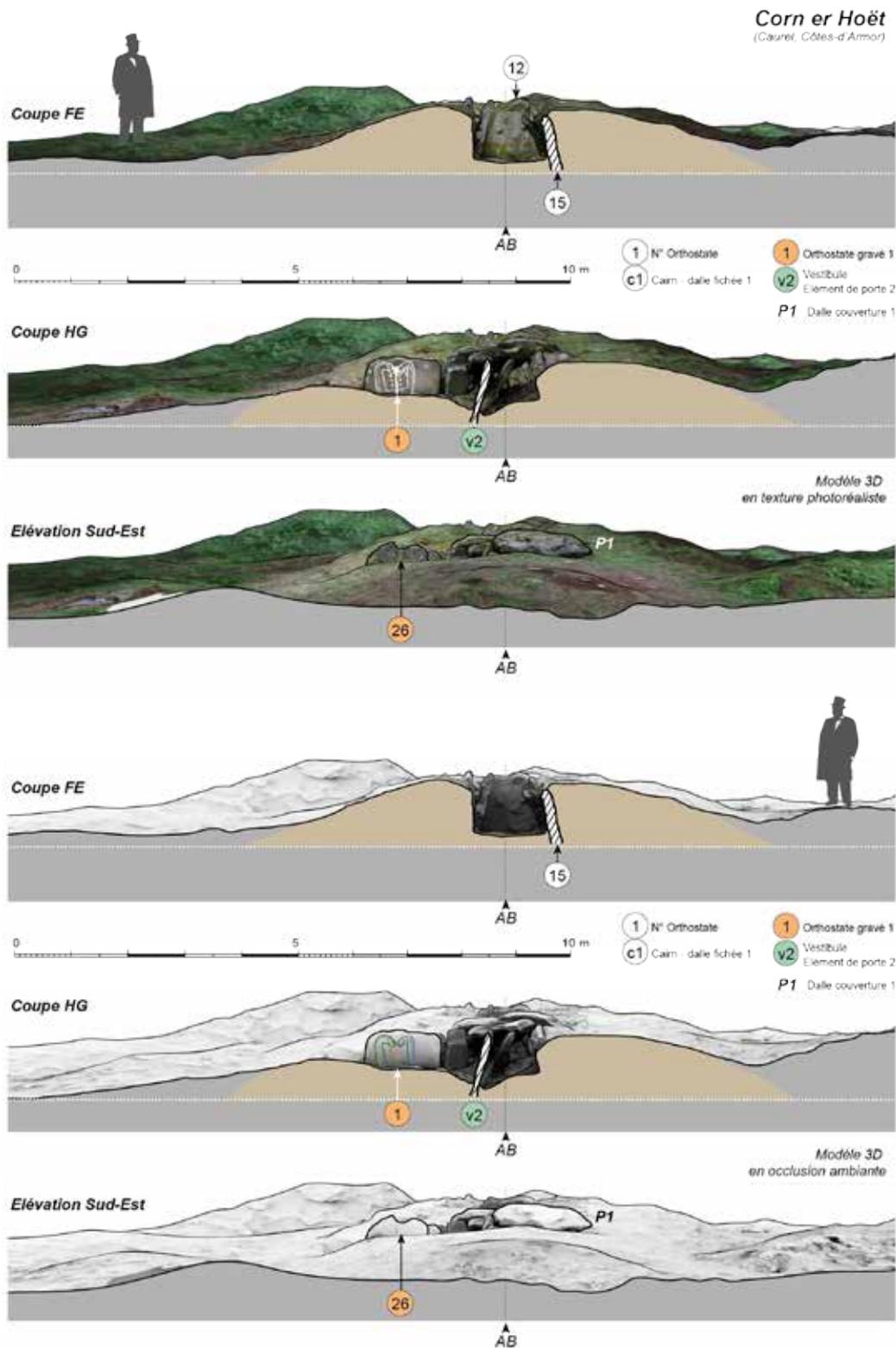


Figure 6

Corn er Hoët
(Caurel, Côtes-d'Armor)

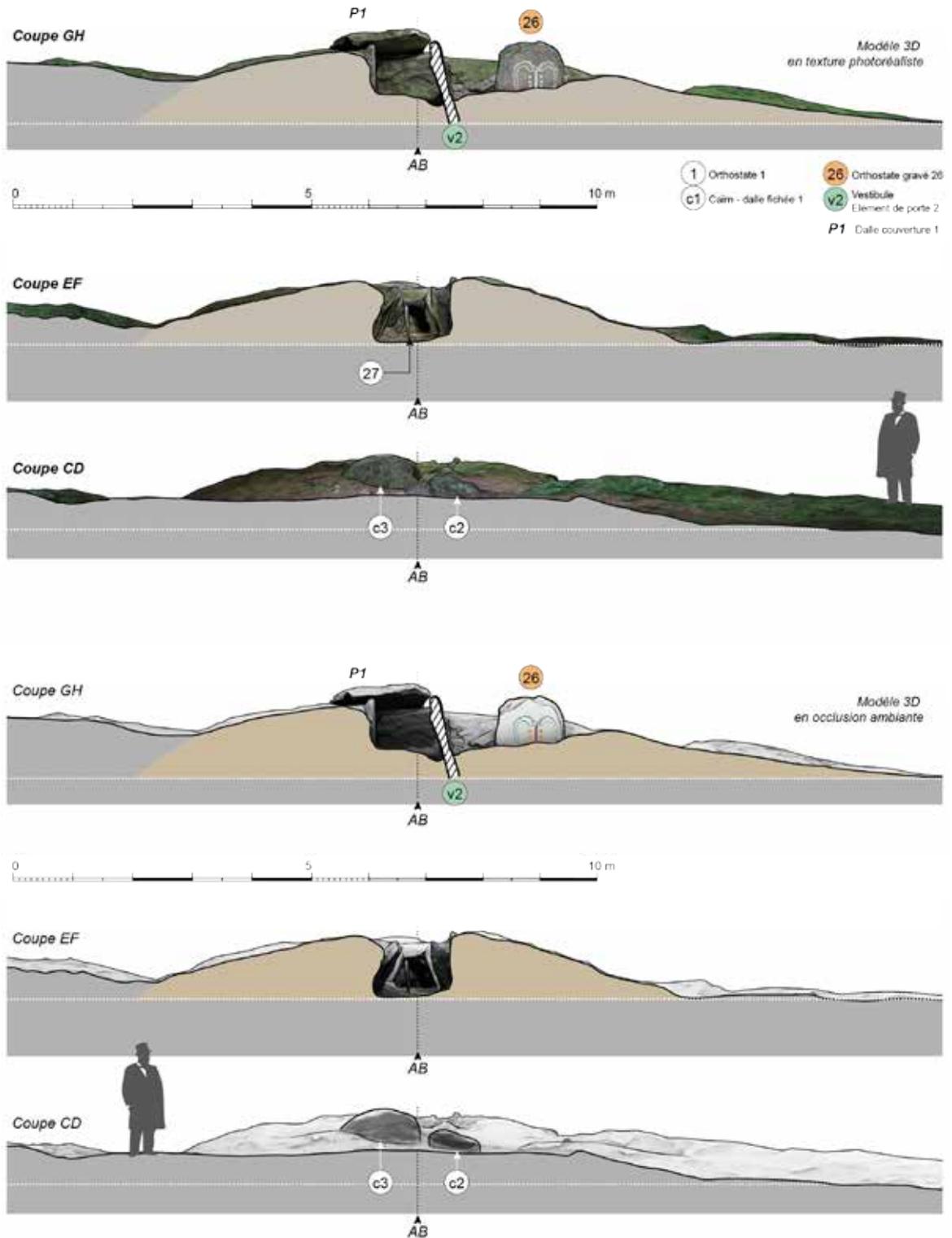


Figure 7

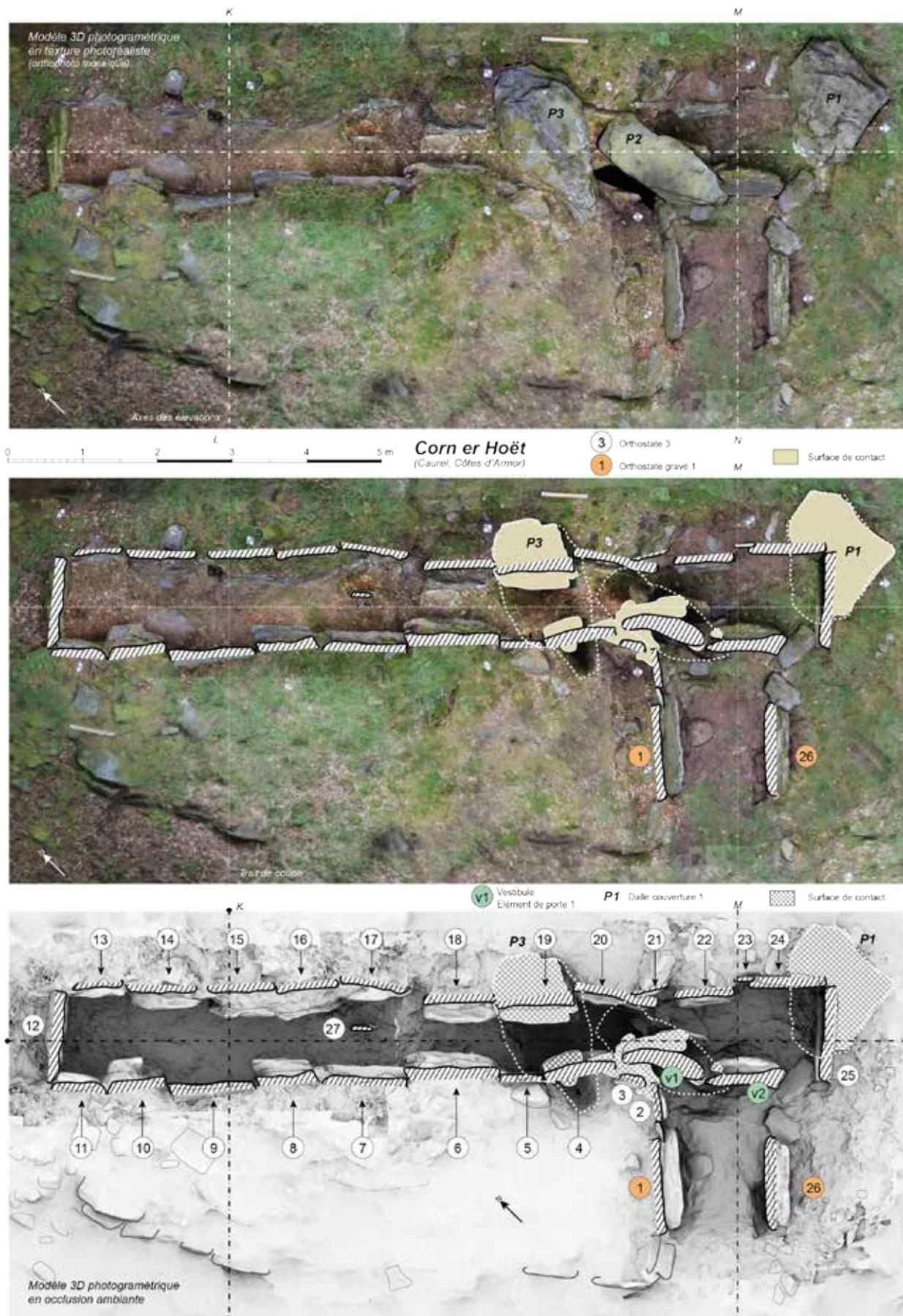


Figure 8

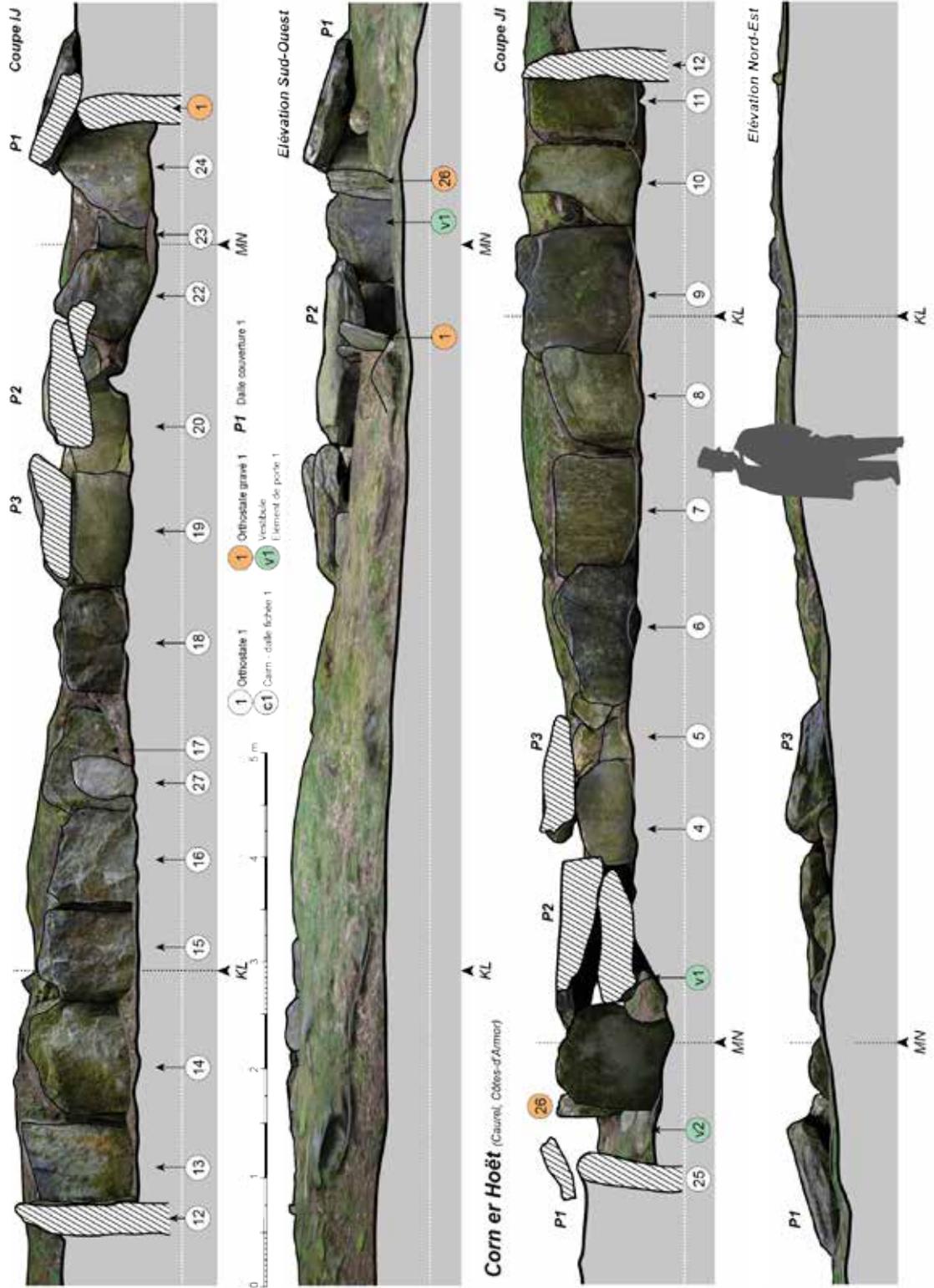


Figure 9

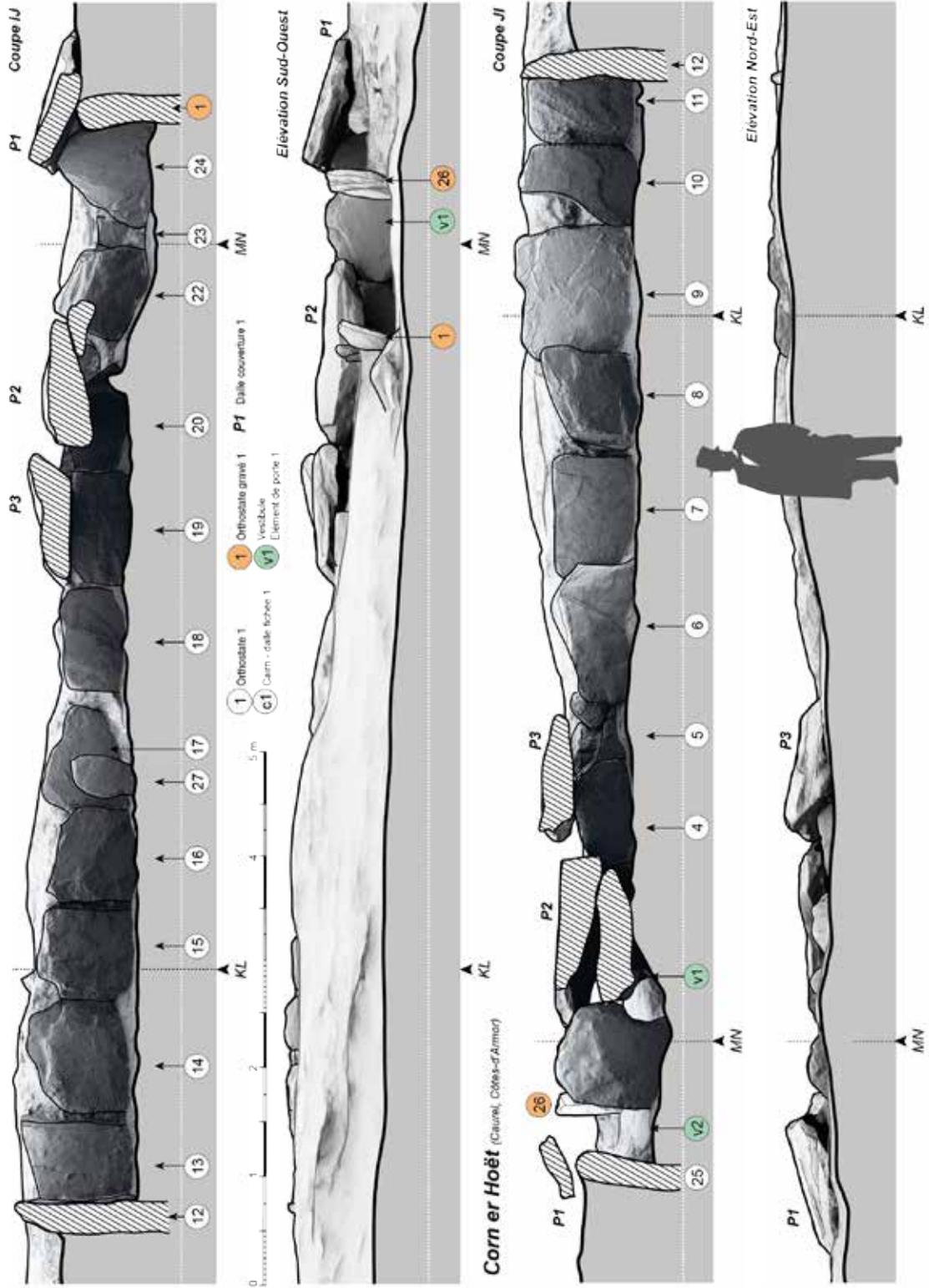


Figure 10

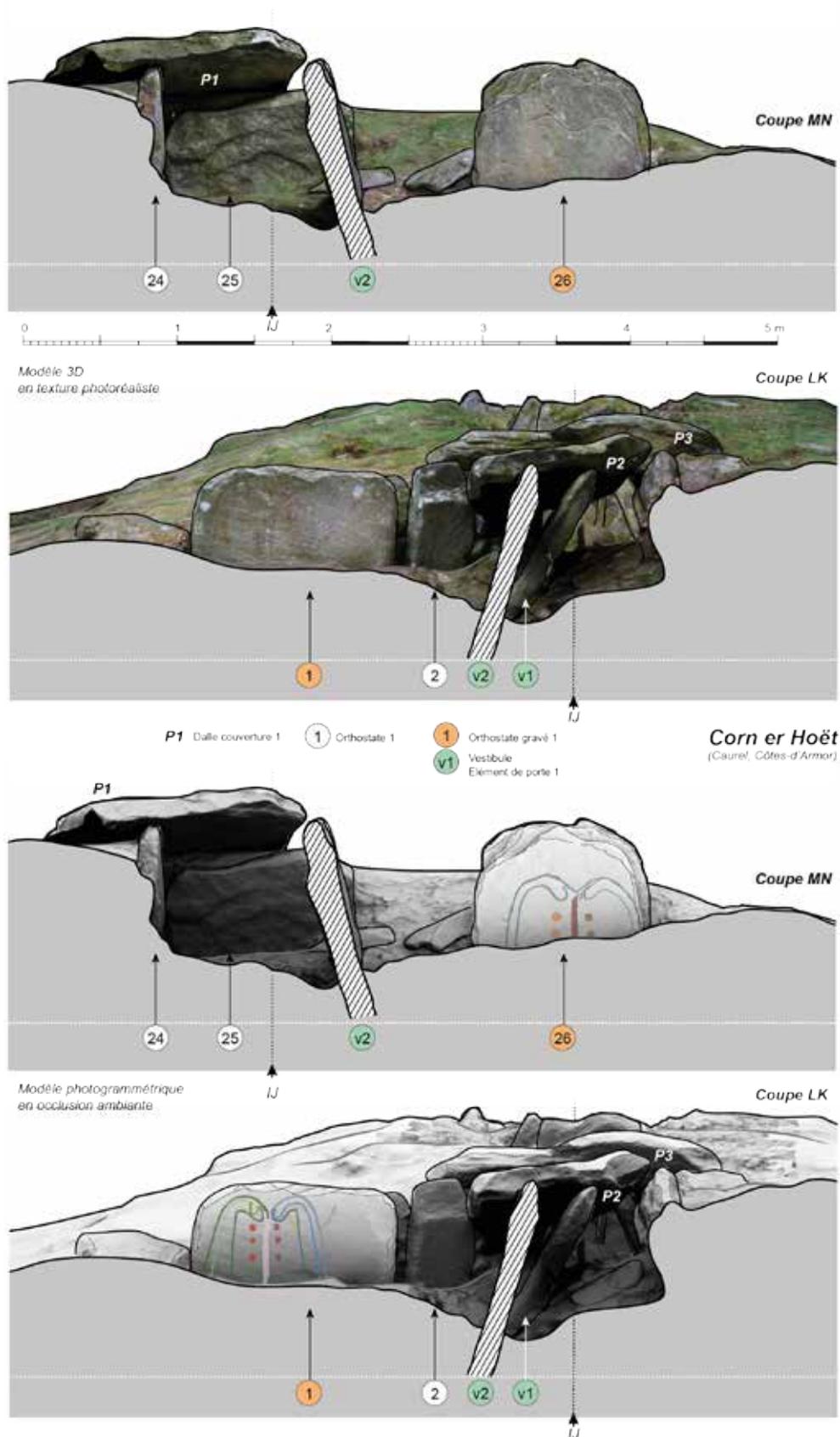


Figure 11



Figure 12



Corn er Coet, Caural - Dalle droite

Figure 13

Corn er Houët
(Caurel, Côtes-d'Armor)
Orthostate droit vestibule

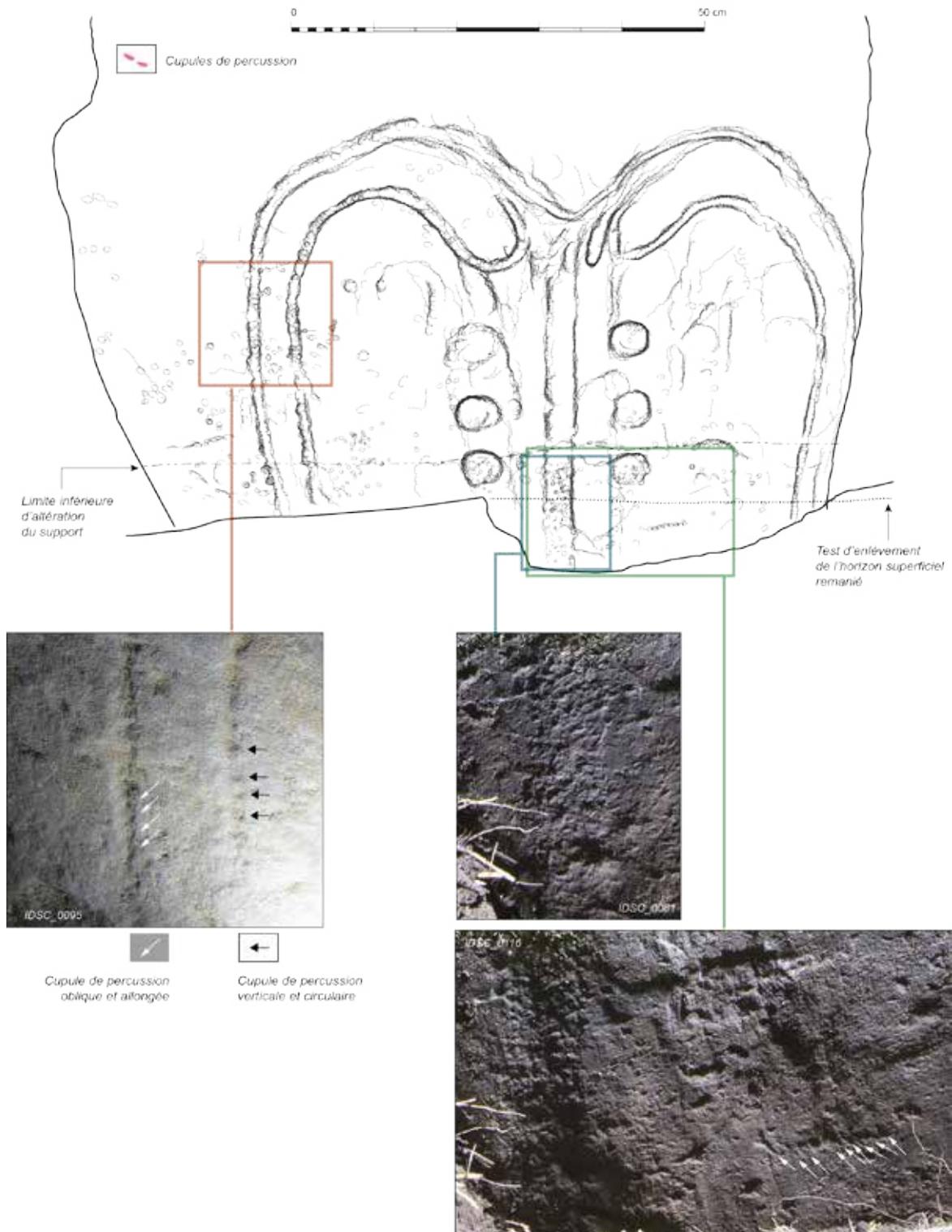


Figure 14

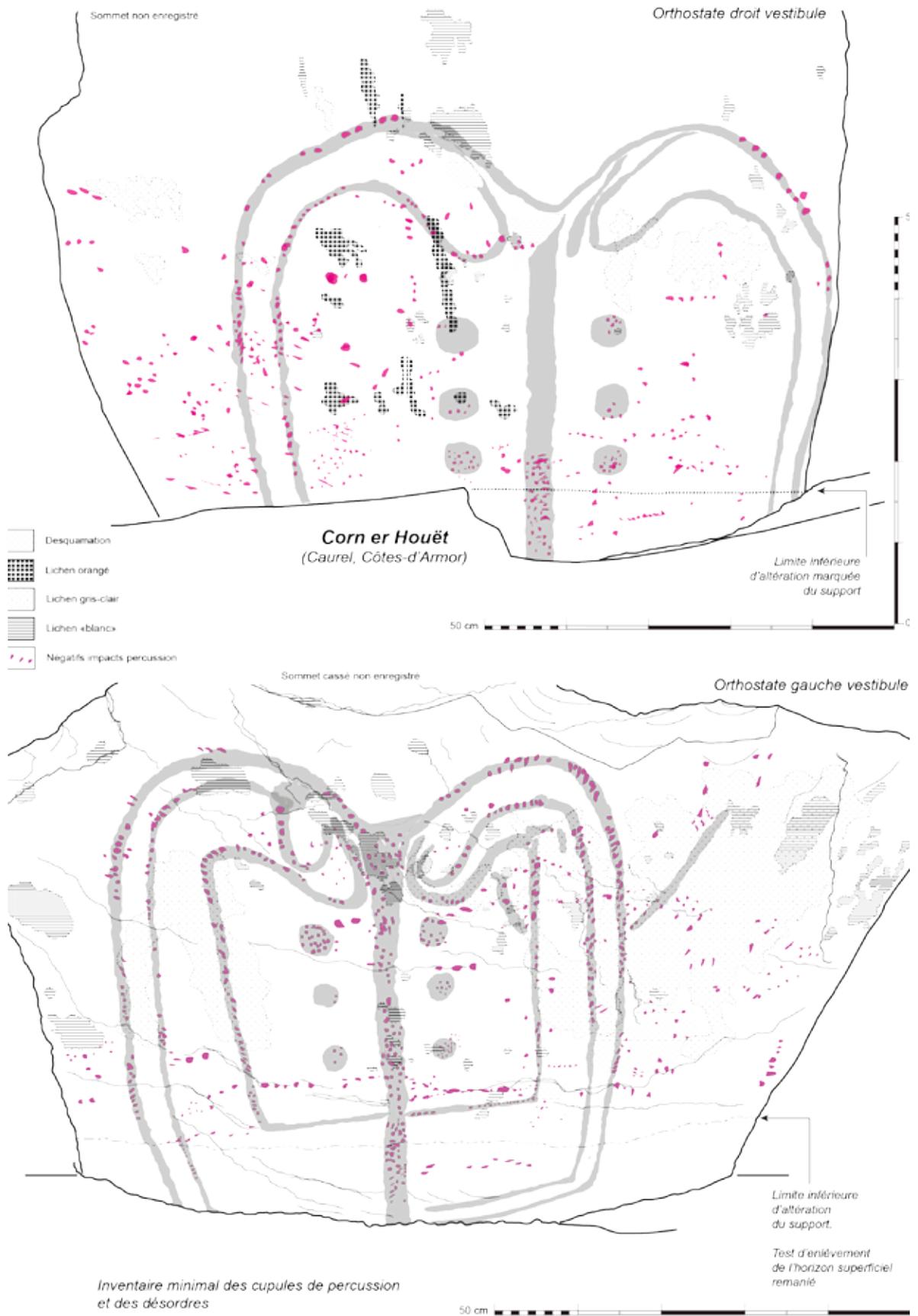


Figure 15

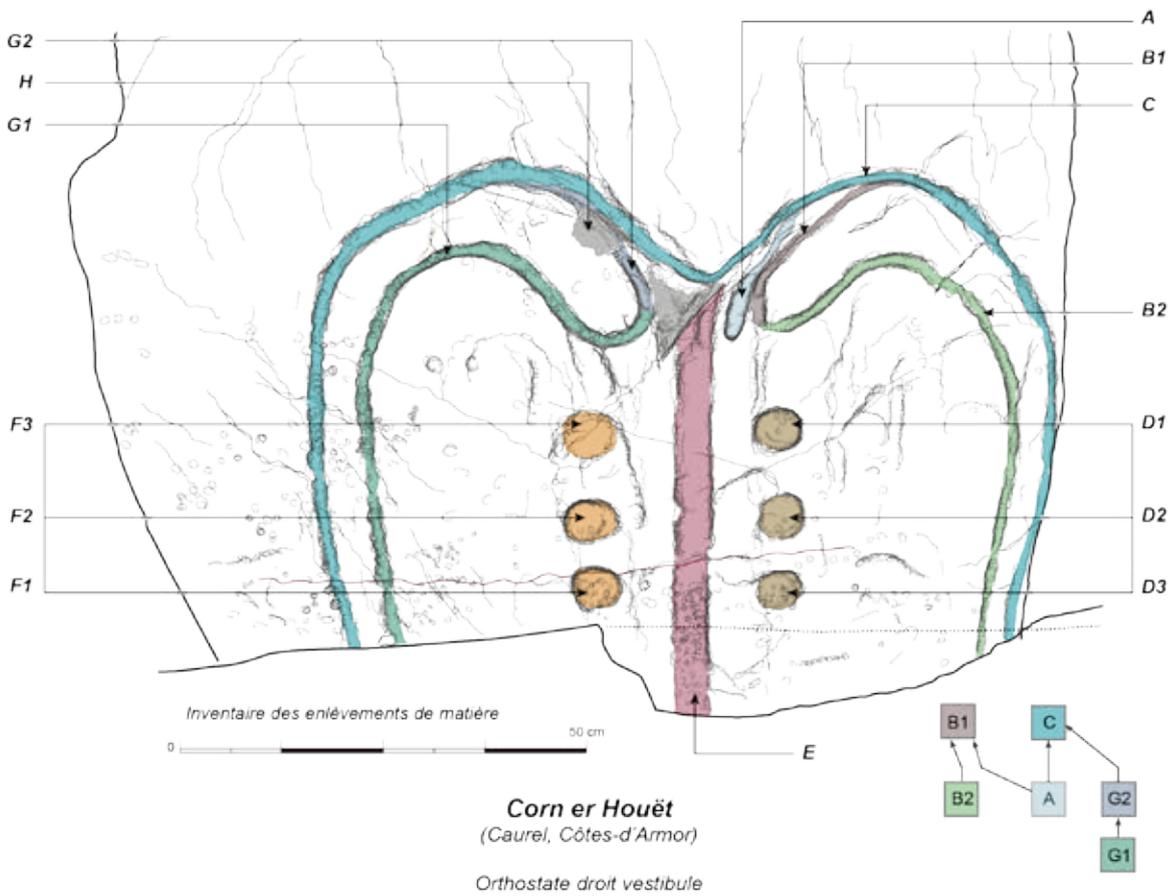
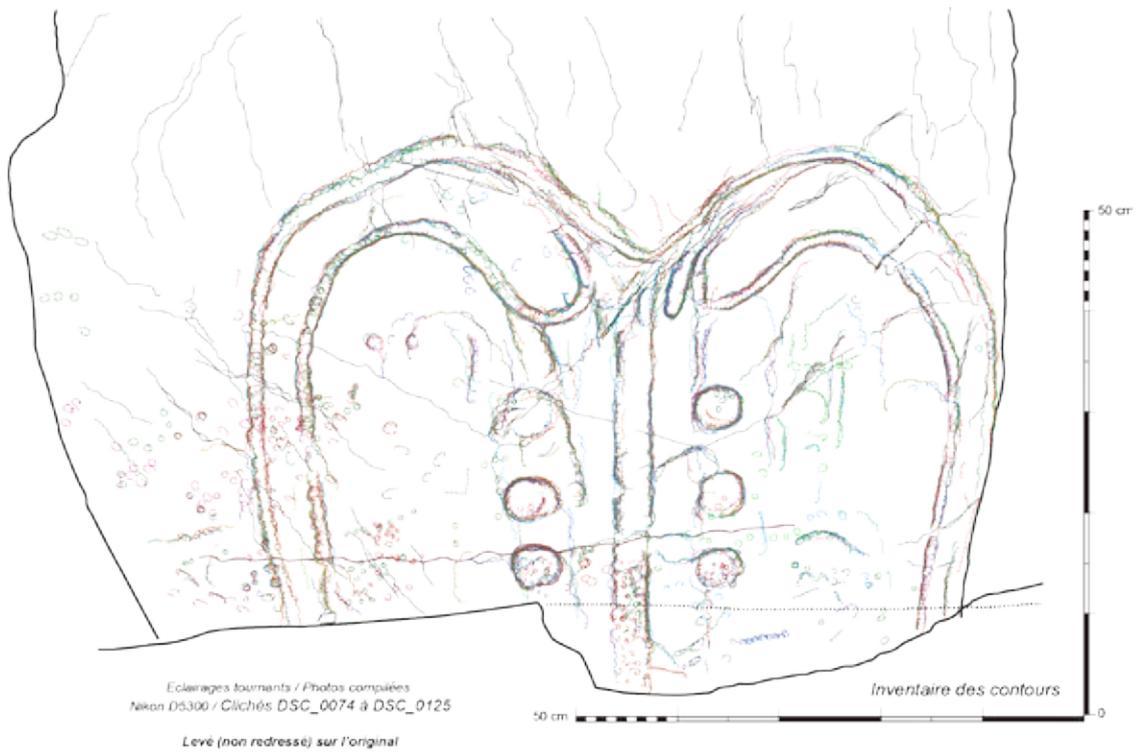


Figure 16

Corn er Hoët
(Caurel, Côtes-d'Armor)

Orthostate 26

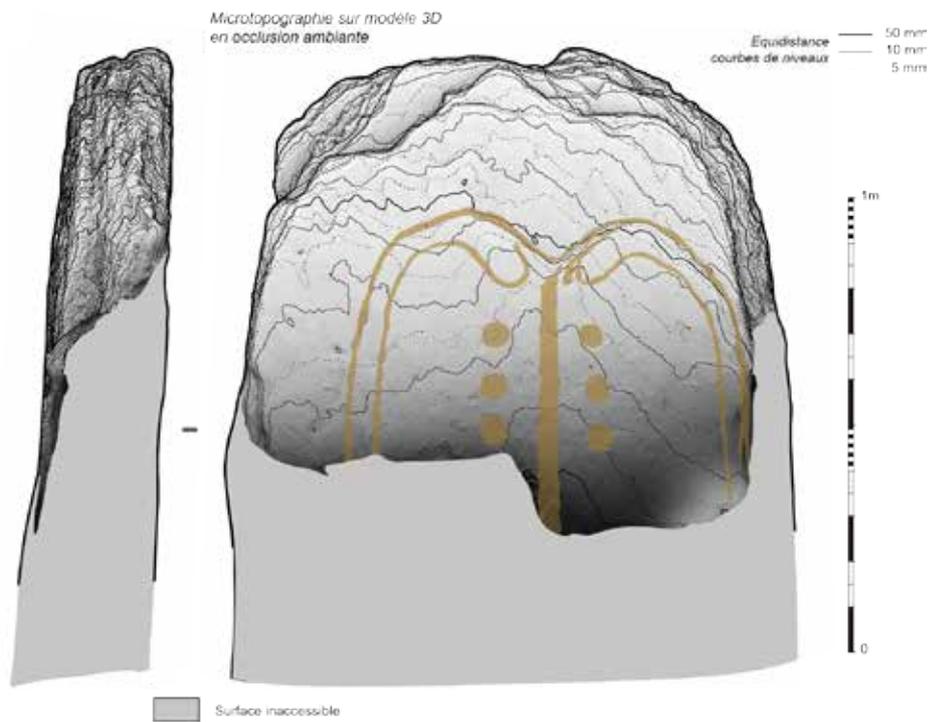
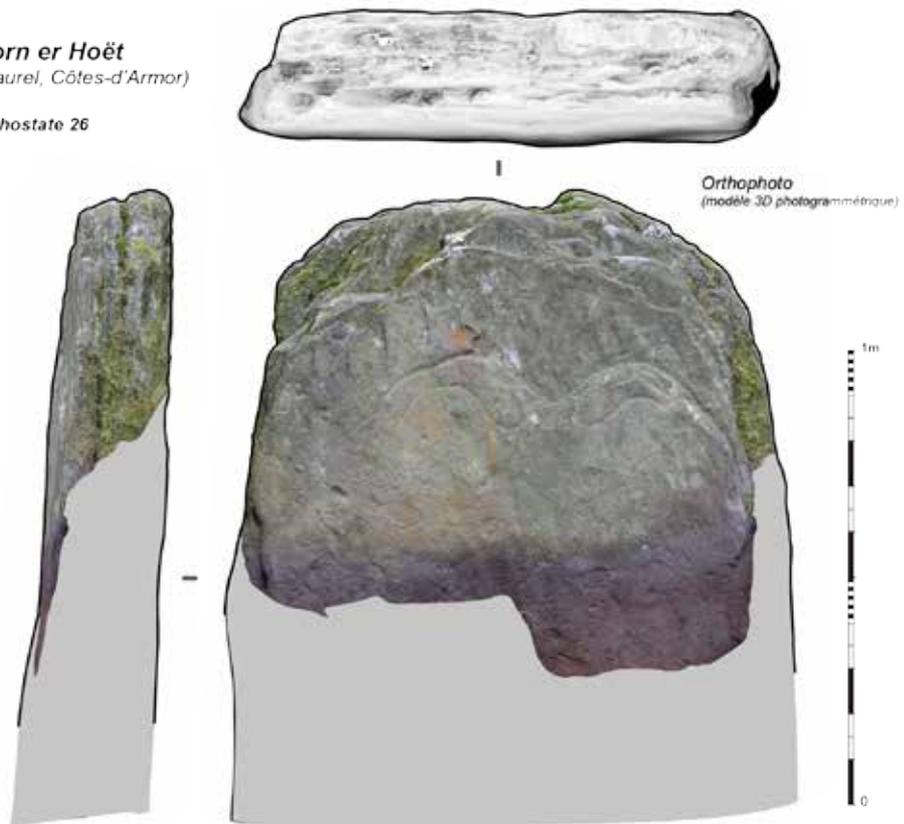
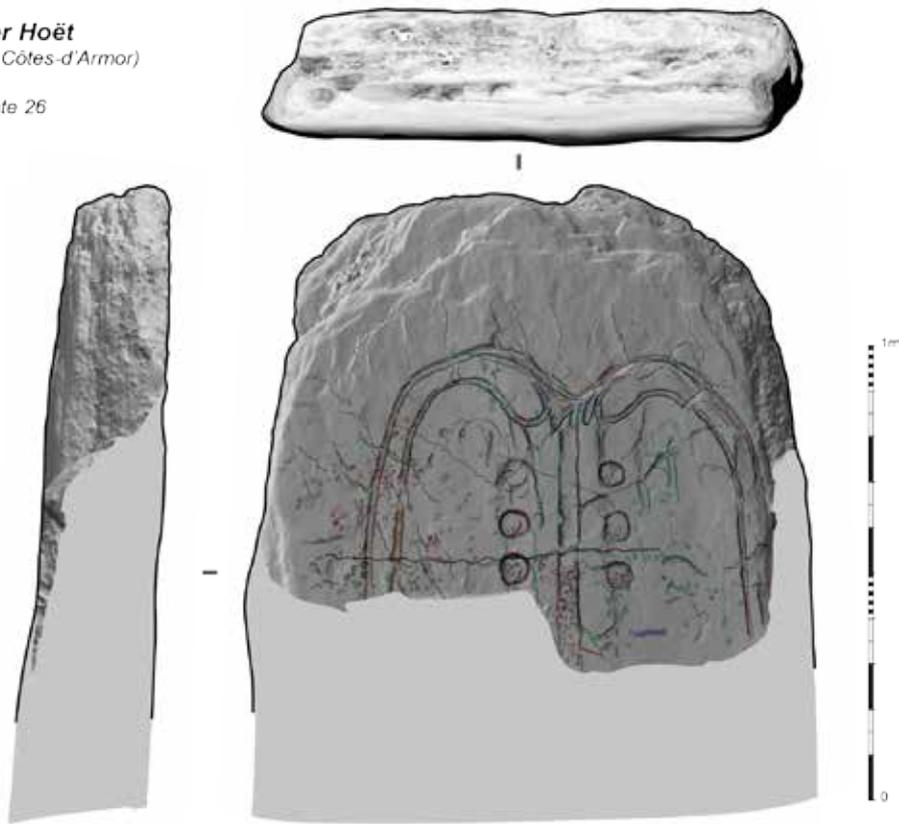


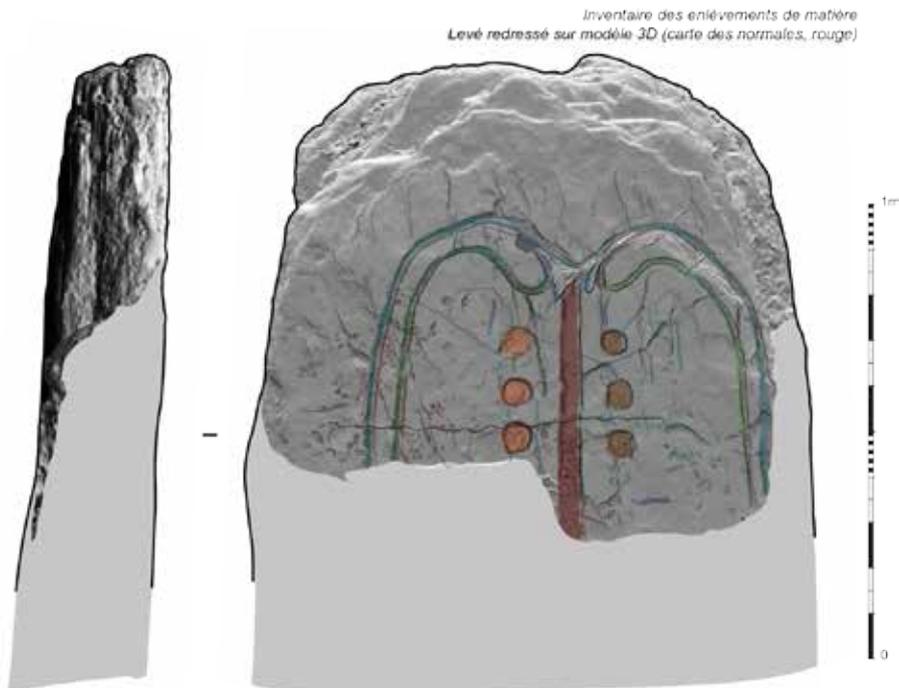
Figure 17

Corn er Hoët
(Caurel, Côtes-d'Armor)

Orthostate 26



Inventaire des contours
Levé redressé sur modèle 3D (carte des normales, jaune)



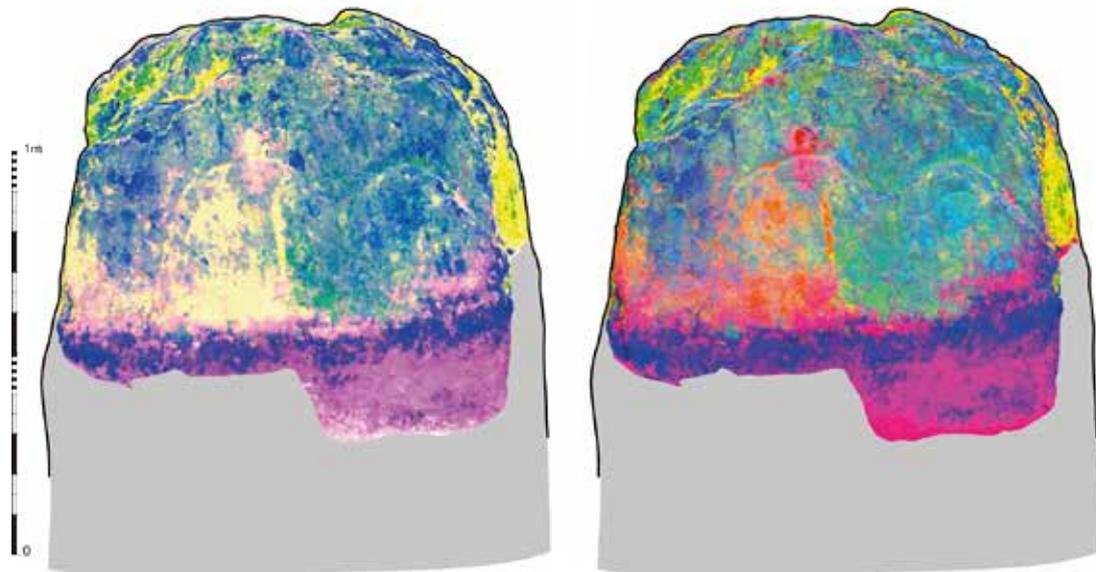
Inventaire des enlèvements de matière
Levé redressé sur modèle 3D (carte des normales, rouge)

Surface inaccessible

Figure 18

Corn er Hoët
(Caurel, Côtes-d'Armor)

Orthostate 26 - Cartographie des désordres



Orthophoto traitée dans Image J/DStretch
(espace de couleur YBK, échelle 20)

Orthophoto traitée dans Image J/DStretch
(espace de couleur YDS, échelle 20)

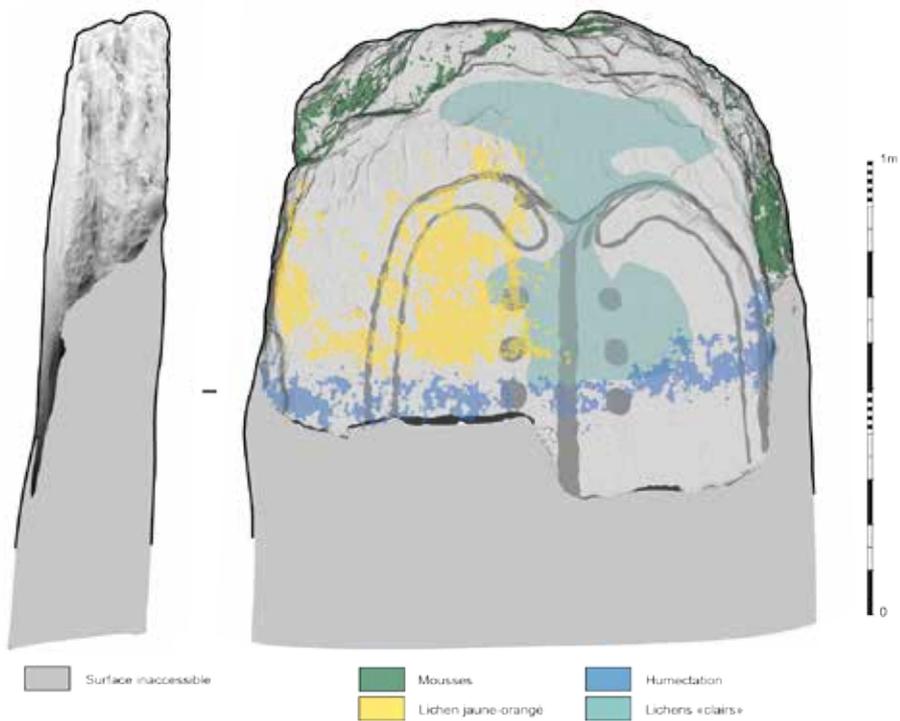


Figure 19



Corn er Coët, Caurel - Dalle gauche

Figure 20

Corn er Houët
(Caurel, Côtes-d'Armor)
Orthostate gauche vestibule

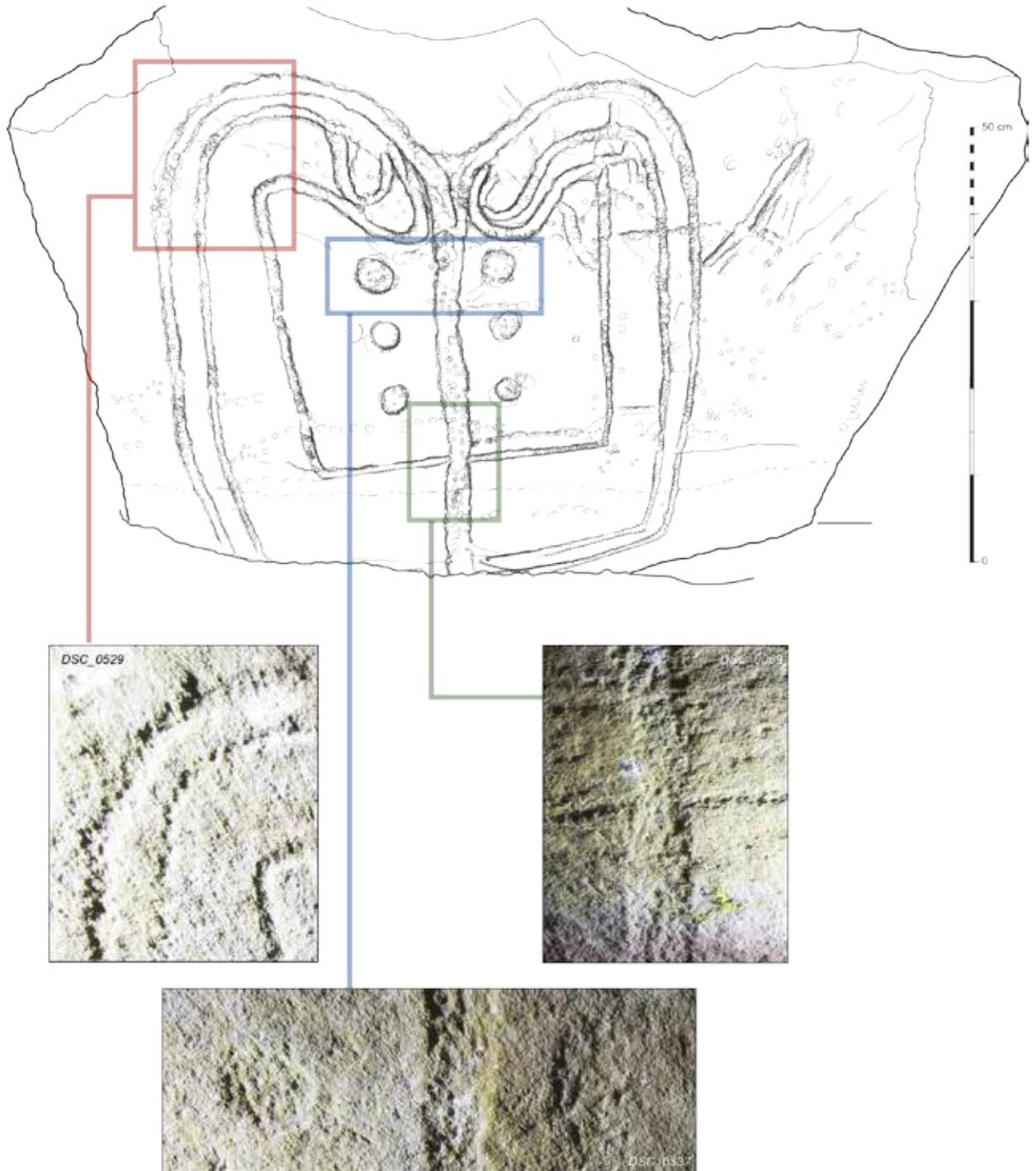


Figure 21

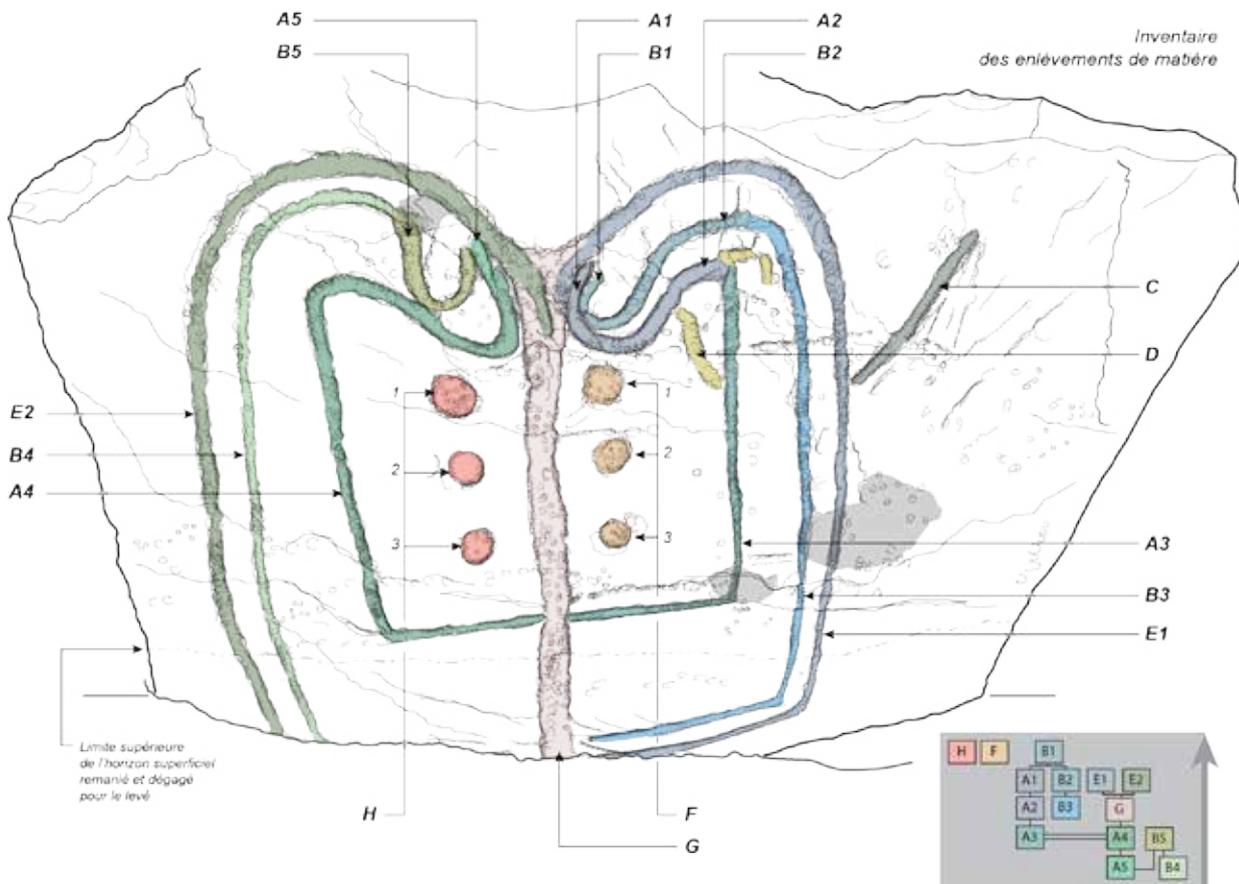
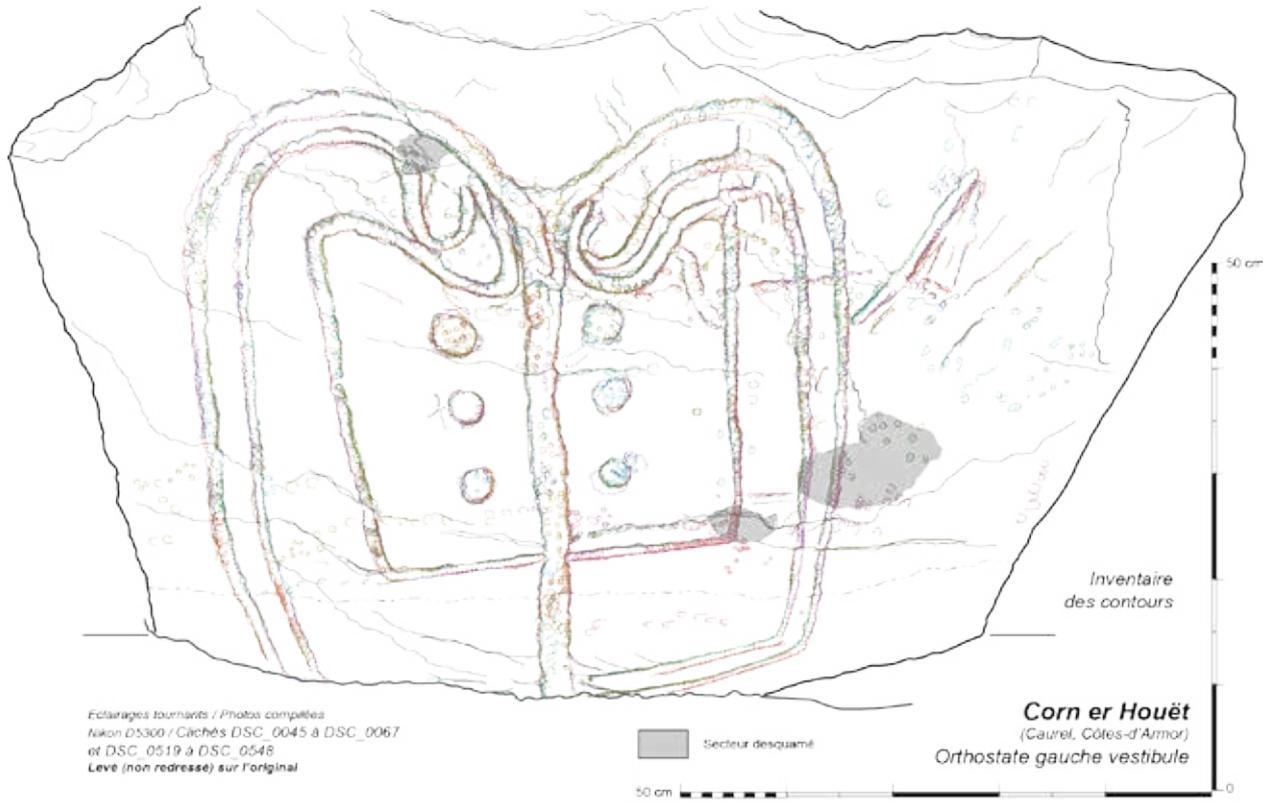


Figure 22

Corn er Hoët
(Caurel, Côtes-d'Armor)

Orthostate 1

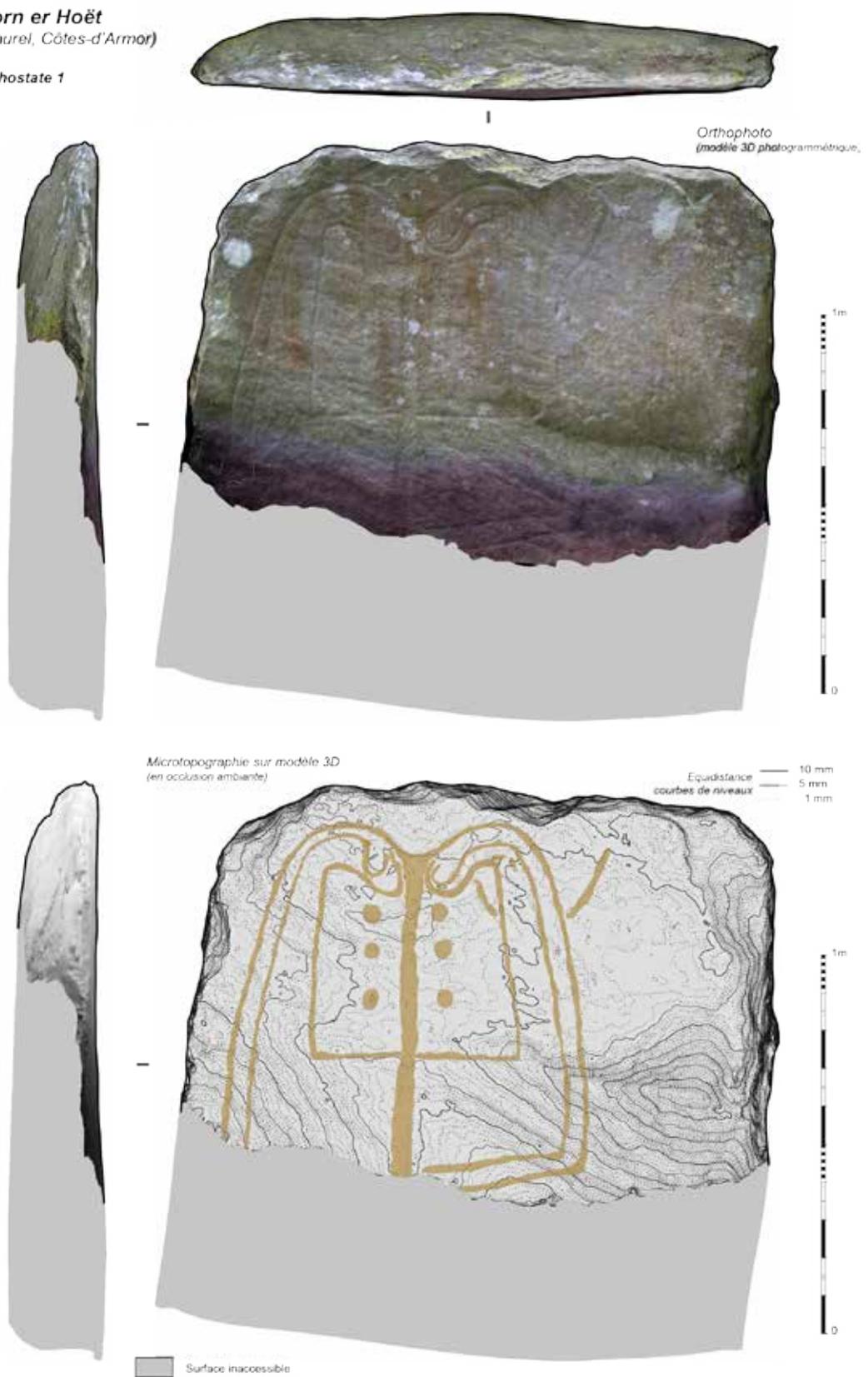


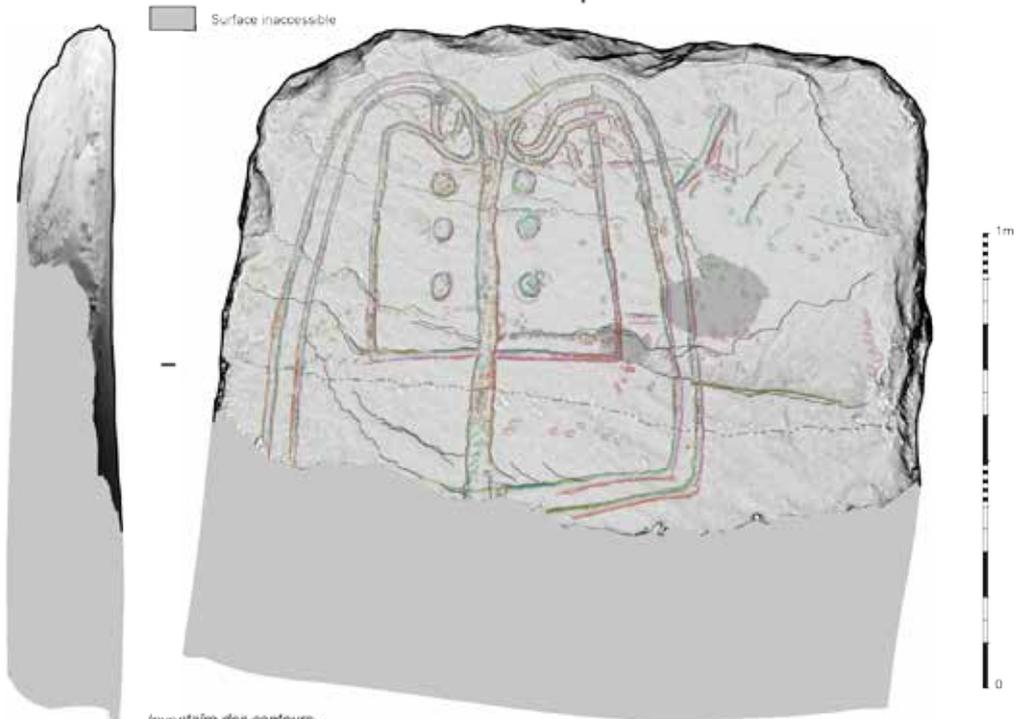
Figure 23

Corn er Hoët
(Caurel, Côtes-d'Armor)

Orthostate 1



I



Inventaire des contours
Levé redressé sur modèle 3D (graduation de radiance)

Inventaire des enlèvements de matière

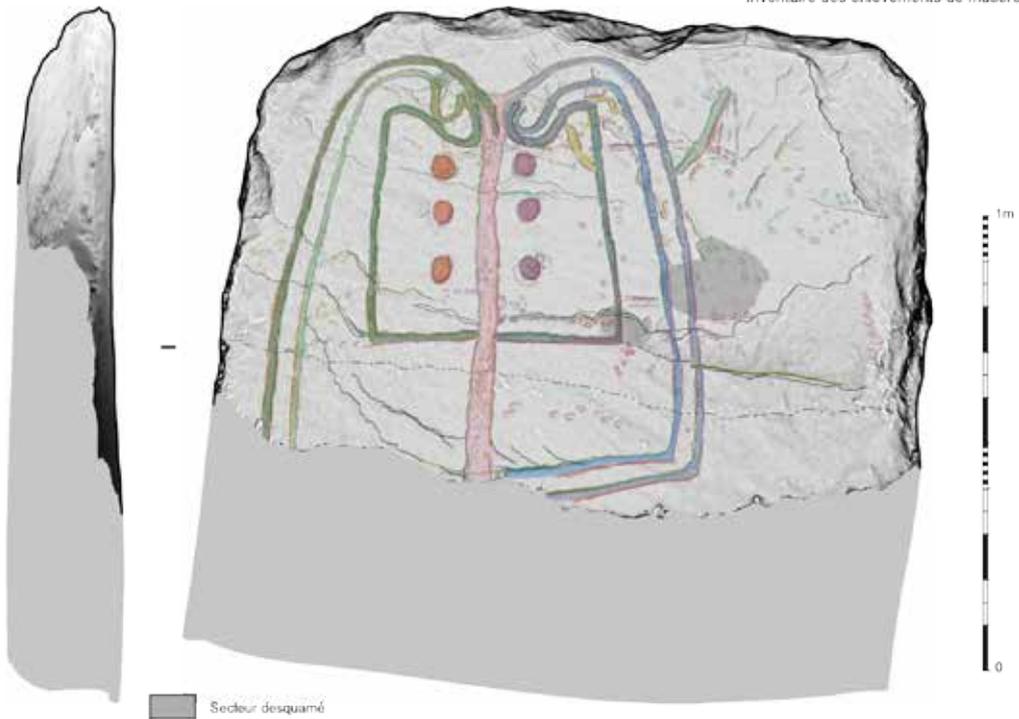
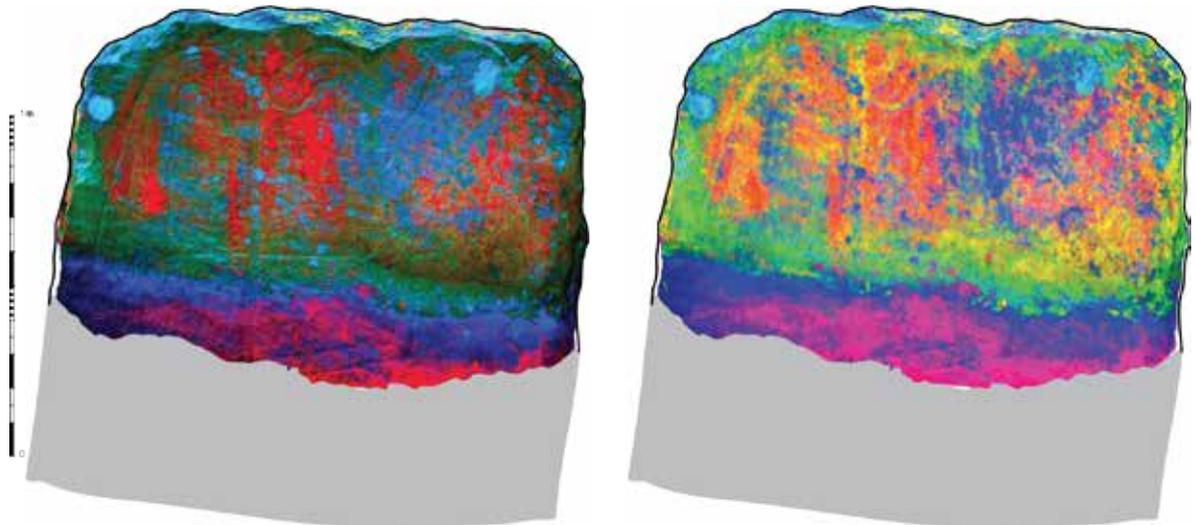


Figure 24

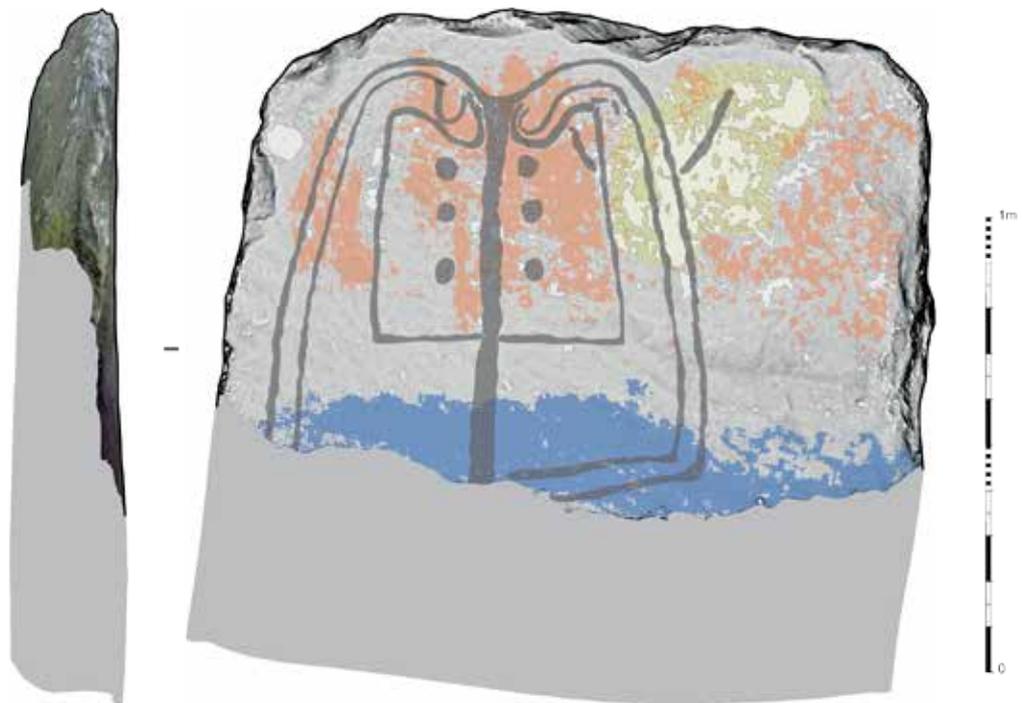
Corn er Hoët
(Caurel, Côtes-d'Armor)

Orthostate 1 - Cartographie des désordres



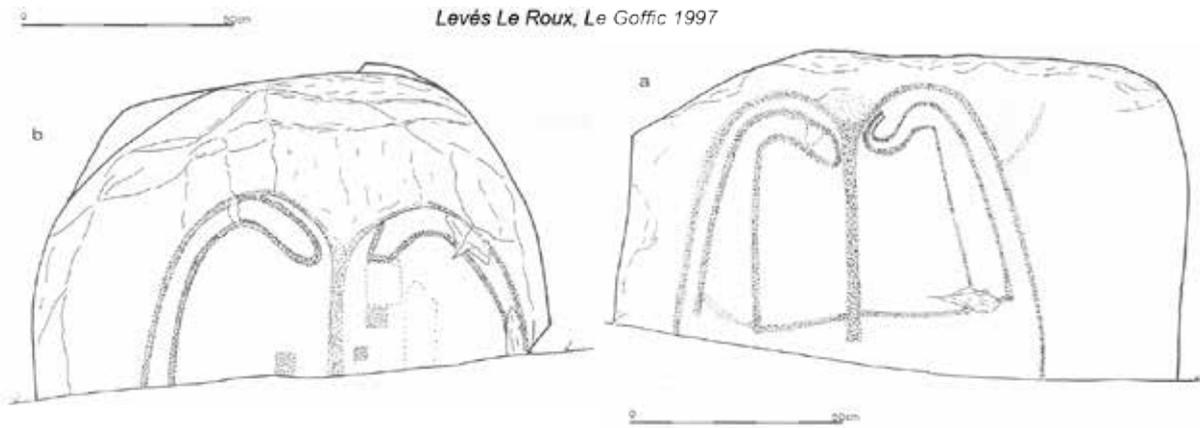
Orthophoto traitée dans Image J/DStretch
(espace de couleur LAB, echelle 20)

Orthophoto traitée dans Image J/DStretch
(espace de couleur YDS, echelle 20)

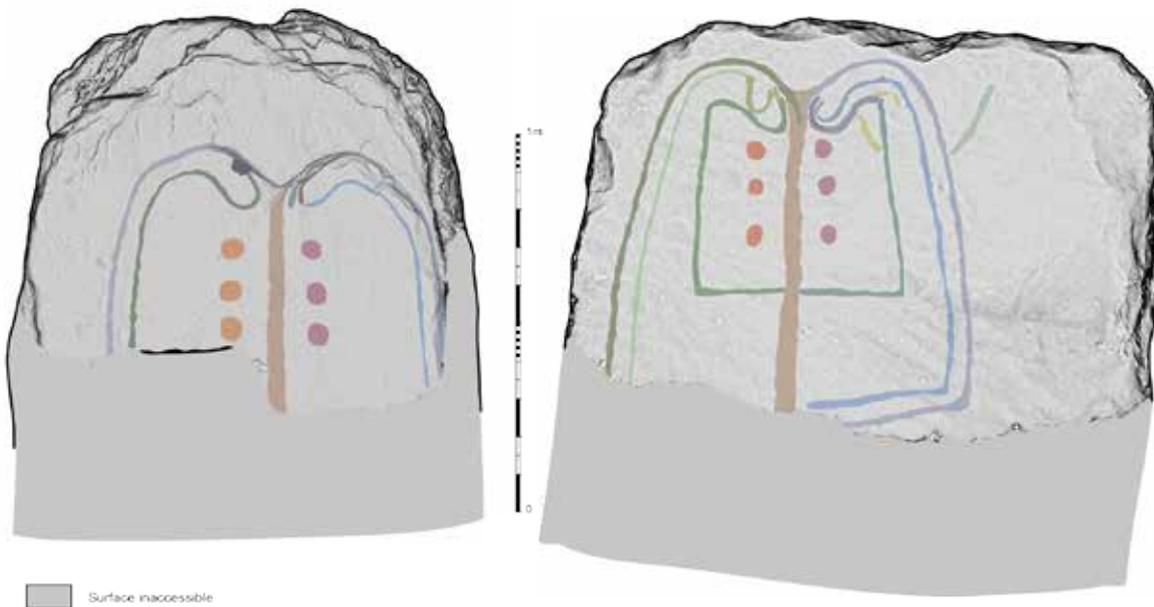


- | | | |
|--|--|---|
|  Surface inaccessible |  Surface abrasée |  Humectation |
|  Lichens jaune-orangé |  Lichens «clairs» | |

Figure 25



Corn er Hoët
(Caurel, Côtes-d'Armor)
Orthostates 1 et 26



Levés PCR 2016

Figure 26

4.11. La Tremblais (Saint-Samson-sur-Rance, Côtes-d'Armor)

Classé monument historique depuis 1977, ce monolithe attire doublement l'attention par sa grandeur et son implantation très oblique (45°), comme en équilibre instable malgré son gigantisme. La date de ce fléchissement dans le sous-sol est inconnue mais le légendaire qui s'attache encore aujourd'hui à la pierre y trouva peut-être sa diversité et la richesse évocatrice que nous rappellerons. L'implantation dans le paysage sera aussi brièvement évoquée car elle ne semble pas du tout anodine pour une des dernières stèles gravées à l'est de la Bretagne.

Le légendaire

Le rappel des croyances débute par la toponymie, et le choix des noms ne manque pas pour le site. La « Pierre Longue » est employée au 16^{ème} et 17^{ème} siècle (de par le lieu-dit « Champagne de la Pierre Longue ») au même titre que « Pierre de Saint-Samson » ou « Pierre du Tonnerre », mais le menhir de la « Tiemblais » ou Thiemblaye (et encore « de la Tremblais », du nom local d'une famille noble du XVIII^{ème} siècle) est désormais souvent dénommé par la ferme qui lui est voisine à 300 m au nord-ouest (Tanguy 1999 ; Giot, Morzadec 1990). Moins connu, mais tout aussi ancien, le nom « Pierre Bonde » renvoie certainement à l'environnement maritime et fluvial de la Rance qui coule à 1 km à l'est ; nous y reviendrons à propos de l'implantation topographique de la stèle.

Les légendes rapportées s'appuient d'ailleurs sur des éléments extérieurs, comme l'influence de la mer à travers le jeu des marées, mais également sur des détails intrinsèques à la roche et à son orientation. Ainsi la raie blanchâtre qui barre en oblique la face principale (un filon de quartz) est la marque d'un coup de fouet du diable (l'endroit où le diable a passé une chaîne pour emporter le menhir en enfer - Lucie de V.-H. 1902a). Car Satan utilise la pierre comme une clé pour l'enfer, afin d'y précipiter tous les pêcheurs ; mais Saint-Samson appelant Saint-Michel à son secours va chasser le démon avant qu'il ne réussisse dans son entreprise (Lucie de V.-H. 1902b).

Cette notion de « clé » est en réalité reprise à différents niveaux. Les paysans des environs rapportent, au début du XX^e siècle, que cette pierre est la clé de la mer, et que si l'on parvenait à l'enlever, la mer envahirait immédiatement toute la France. Car la mer a trois clés, une qu'une mauvaise femme de Bretagne a pu enlever avec l'aide du diable, une autre qui est dans des pays lointains, et enfin celle de Saint-Samson (« Jadis, le diable a voulu l'enlever : il a passé une chaîne autour, et a mis tous les diables de l'enfer, qui sont plus forts que tous les chevaux du monde réunis, à tirer dessus : il a entamé la pierre et a réussi à la pencher ; mais n'a jamais pu arriver à la faire tomber » - Lucie de V.-H. 1902, p. 353). Autre version, liant la pierre de St-Samson au déluge venant de l'océan : le menhir est l'une des trois « clés » de la mer, les deux autres ayant été perdues ou aux mains d'une sorcière. Si on tourne la pierre sur elle-même, la mer arrivera en bouillonnant et le déluge sera plus terrible que celui du temps de Noë (Guenin 1909). On évoque encore des flammes qui défendent un trésor : la « Pierre de Tonnerai » ou « Pierre Tonnellerie » passerait, en effet, pour cacher des « tonnes d'or », dont on a souvent essayé de s'emparer ; mais chaque fois des flammes jaillissant de sa base ont mis en déroute les imprudents chercheurs (Guenin 1909). On se souviendra que le mot « bonde » était aussi employé en tonnellerie pour nommer le trou rond pratiqué au milieu d'une douve de tonneau servant à remplir ou à vider celui-ci ; par métonymie, la bonde est la pièce de bois qui sert à obturer ce trou (dictionnaire Atilf) ; ceci pouvant expliquer cela.

Compte tenu de son inclinaison, la stèle servait également d'« érussoir » (éruesser, qui était employé pour dire l'action d'effeuiller une branche d'arbres, signifie aussi glisser - Habasque 1836). Selon la croyance populaire, les jeunes filles qui voulaient se marier dans l'année devaient grimper au sommet et se laisser glisser jusqu'au sol, sans une écorchure, vêtues de « leur culotte de baptême » (Sebillot 1885). Dans la région, le remarquable affleurement naturel en quartz de La Roche de Lesmonts, à Plouër-sur-Rance, servait aux mêmes offices. Mais la pratique a disparu, ici ou là, au moment où Lucie de V.-H. rapporte la tradition, et seuls les enfants tentent encore de gravir la pente glissante de la stèle de Saint-Samson.

La localisation

La stèle n'est pas observée au sommet topographique du lieu (situé à 1 km à l'ouest en direction du Château de Carheil) mais implantée sur le haut de pente en vallée de Coutances, un ruisseau qui va se jeter dans la Rance au Moulin de Rochefort. Sans discuter plus en détail sa localisation dans les terres en retrait de ce cours d'eau principal, précisons ce qui nous apparaît comme significatif dans la position géographique du monolithe en regard d'une zone de compréhension limitée à la vallée.

Jusque dans les années 1930, La Rance était la principale voie de circulation des denrées entre l'arrière-pays et le port à marée de Dinan, et bien entendu en direction de Saint-Malo. Emportés par le courant,

les chalands filaient vers la mer avec leur chargement de bois, de pommes ou de céréales. La rivière était remontée grâce au courant de l'onde de marée dynamique, remplis de charbon et d'engrais. La limite de l'inscription maritime est fixée à l'écluse du Léhon, à 2 km en amont de Dinan ; la limite de la salure des eaux ou de la pêche maritime est fixée au vieux pont de Dinan, premier ouvrage faisant obstacle à la remontée des bâtiments en mer (Chaigneau-Normand 2002). En réalité, l'actuel port de la Hisse (forme impérative du verbe *hisser*, dans la marine pour rythmer un effort collectif de traction sur un cordage, souvenir des embarcations tirées par hommes ou chevaux), à la latitude de la stèle, laisse entrevoir à marée basse (secteur soumis à un marnage d'une amplitude de 7-8 mètres maximum) la rupture de charge provoquée par d'impressionnantes marches dans le substrat rocheux.

Cette coïncidence spatiale relative entre, d'une part, l'extension maximale de la marée dynamique notée à Dinan et, d'autre part, la localisation de cette stèle exceptionnelle, doit être commentée. Tout d'abord en rappelant le niveau de la mer, plus bas au Néolithique, qui doit par conséquent décaler cette limite maximale de la marée vers l'aval (compte tenu d'un niveau calculé entre -3 et -5 m sous le zéro hydrographique actuel, pour les Ve et IVe millénaires). Ce nouveau repère ne peut cependant excéder les 6 km actuellement mesurés en ligne droite entre Léhon et le Moulin de Rochefort à La Hisse, et dans tous les cas il conforte la superposition géographique observée entre ces deux objets d'étude dans le cadre du bassin de la Rance. En rappelant ensuite l'hypothèse que nous avons formulée en rapport avec ce phénomène fluvio-marin pour expliquer la présence étonnante d'ouvrages de pierres dressées sur les cours de la Loire et de la Vilaine (Cassén 2014). Qu'il s'agisse des files parallèles de stèles à la Pierre Meslière à Saint-Géréon (Loire-Atlantique), ou des systèmes similaires relevés à Langon et Sainte-Anne-sur-Vilaine, leur implantation coïncide avec la limite de l'onde de marée. Or ces ouvrages géométriquement agencés sont très exceptionnels en dehors du littoral sud-armoricain. Il est donc envisageable de tester cette hypothèse avec la stèle de Saint-Samson qui semble rassembler à nouveau ces singularités sur son nom et sa localisation.

Historique des recherches

C'est le baron J.M. Bachelot de La Pylaie, en visite le 29 décembre 1815, qui fait connaître le monument à la Société royale des Antiquaires de France (Bachelot de La Pylaie 1850). L'inventaire de J. Gaultier du Mottay (1885) précisera le premier qu'il est « penché par suite de fouilles », opinion communément admise qui sera répétée par les auteurs ultérieurs, comme A. Harmois (1909, p. 28). Il faut attendre 1972 et la visite de P.-R. Giot et J.L. Monnier (en vue de la préparation d'une excursion de congressistes) pour que certaines gravures en face occidentale apparaissent sous un éclairage zénithal favorable (Giot 1973). Un arrêté de classement MH suivra en 1977. La roche dont il est constituée n'est pas issue du substrat local mais la source n'est pas très éloignée (granite de Bobital dont les plus proches affleurements connus se trouvent à près de 4 km au sud-ouest - Giot et al. 1979).

Le premier levé des gravures est médiocre, techniquement et graphiquement (Giot, Morzadec 1990). Un second levé, établi par S. Le Corvellec sur feuilles translucides à partir d'un moulage de la stèle produit pour une exposition temporaire installée au Château de La Roche Jagu, est bien meilleur et sera reproduit à plusieurs reprises (sans que la référence au travail universitaire ne soit renseignée dans les bibliographies respectives : Le Roux 2003 ; Bizien-Jaglin 2012 ; Caldwell 2012). Les décors observés - hache emmanchée, « cartouche », « palette » - étant proches de ceux observés dans quelques allées couvertes, une date est logiquement proposée vers le début du IIIe millénaire avant J.-C.

P.-R. Giot est parfois plus circonspect : « Plutôt que de voir dans ces panneaux rectangulaires des « idoles », nous penserions plus volontiers à un parcellaire de petits champs. » (Giot, Morzadec 1990, p. 50). Sans faire de comparaisons directes avec Gavrinis, les animaux figurés sur la stèle participeraient de la même ambiance « agraire et bucolique de la plupart des figurations, bestiaux, champs, haches-charruées, crosses ou bâtons à fouir, palettes ou faux ou fléaux à battre » (Giot, Morzadec 1990, p. 51). Il faut enfin noter que parmi les cinq animaux inventoriés, il leur semble difficile de savoir s'il s'agit, selon les cas, de cervidés, de bovidés voire de capridés. Nous verrons combien la réserve était pertinente et bonne l'intuition.

4.11.1. Procédures et problèmes d'acquisition

La taille extraordinaire de l'objet et l'étendue considérable des gravures ont commandé une complémentarité des acquisitions (photographique, photogrammétrique, lasergrammétrique) et une infrastructure spécifique sur le terrain après obtention des autorisations indispensables, s'agissant d'un monolithe appartenant à la commune et classé au titre des MH (Mairie et DRAC Bretagne).

Avec une hauteur hors-sol de 4 m et une circonférence à la base d'environ 7 m, il était impossible de vouloir travailler au trépied, même démultiplié, ni bien entendu à la perche monopode de 6 m qui, à son extrémité la plus mince, est affectée d'une oscillation dans le vent incompatible avec une prise de vue nocturne à vitesse lente (à défaut de pouvoir monter un barnum opaque enveloppant pour faire l'obscurité). Une structure formée d'un double échafaudage, montée de part et d'autre de la face principale dirigée au ciel, a permis d'établir (en décembre 2013) un plancher suspendu sur lequel un trépied fut amarré, les torches étant alimentées par un groupe électrogène.

Mais les limites de l'enregistrement furent atteintes dans la partie sommitale de la face principale de la stèle, où l'obliquité des prises de vues et l'élargissement des fenêtres d'acquisitions, due à l'impossibilité de multiplier les stations de prises de vues depuis le plancher suspendu, devaient altérer la qualité des photographies sous éclairages tournants. Fort heureusement, la consultation d'un ancien moulage du monument est venue à point nommé pour assurer la totalité de l'enregistrement.

L'exposition « 20 ans de recherches archéologiques en Côtes d'Armor », montée en 1999 au Château de La Roche Jagu (Ploëzal, Côtes-d'Armor), fut en effet l'occasion d'un projet ambitieux devant permettre de répliquer l'énorme stèle gravée, restituée à peu près fidèlement dans une salle de l'édifice, répétant son actuelle implantation oblique (Menez et al. 1999). La tâche fut menée à bien par l'établissement Arc'Antique (Nantes) sous la coordination d'Armand Vinçotte. Tout d'abord on appliqua de la résine silicone en une première couche avant qu'une seconde couche ne soit étendue avec un tissé de verre ; après quoi une chape en résine polyester stratifiée est venue se superposer aux précédents enduits de matière ; à la suite du séchage, le démoulage des deux premières couches laisse en mains une peau assez souple de silicone, de 1 cm d'épaisseur ; par ailleurs les panneaux de la chape sont assemblés sur une charpente permettant de réaliser un tirage en résine polyester stratifiée ; la structure est enfin démontée et la chape enlevée, en sorte que la peau en silicone puisse à son tour être détachée de la copie. Cette copie rigide sera conçue pour être démontée en plusieurs panneaux. Ce sont ces 14 panneaux, conservés lors de notre intervention en mars 2014 au dépôt archéologique de Guingamp (mais désormais stockés dans le nouveau dépôt des Côtes d'Armor à Quessoy), qui seront sollicités comme objets gravés à part entière, que l'enregistrement soit photogrammétrique ou sous éclairages tournants. La photogrammétrie a d'ailleurs été conduite avec les panneaux verticalisés, tandis que la compilation d'images sous lumière rasante périphérique exigeait que les panneaux soient disposés à l'horizontal, l'appareil photographique étant installé en surplomb sur trépied déporté.

La question d'un enregistrement lasergrammétrique s'est posée dès 2012, en mettant à profit nos premières expériences vécues sur le site de Gavrinis (Larmor-Baden, Morbihan). Un test fut pour cela conduit en janvier 2013, sur une des parties gravées les mieux conservées, en collaboration avec Alain Olivier (3D Avenir) et l'aide d'un scanner à main *Artec Eva* (0,1mm de précision et 0,5mm pour la résolution annoncée) qui utilise la lumière structurée, évitant tout calibrage et en théorie tout marqueur sur l'objet. Le résultat est bon sur le secteur choisi à hauteur d'homme (bovin sur la face 2), mais ne permet pas d'extraire aisément les contours des signes, comme nous nous en doutions. La question de l'accessibilité des surfaces hautes s'est par ailleurs vite posée dans l'éventualité d'une extension du procédé, notamment sur la face ventrale oblique (face 1). L'assemblage des différentes fenêtres d'acquisition aurait bien entendu exigé des cibles pour réussir à « boucler » les différents chantiers. En définitive, le coût du scanner et de la superstructure indispensable à un bon enregistrement des surfaces, de surcroît à une distance du support assez contraignante comprise entre 20 et 40 cm, nous a conduit à privilégier la photogrammétrie, sur le terrain et en laboratoire (tirage).

En conclusion, deux méthodes seront systématiquement employées, la photogrammétrie et la compilation d'images sous éclairages tournants, appliquées aussi bien à l'objet réel qu'à sa réplique morcelée. Nous résumerons ci-dessous la somme des données acquises et mobilisées par nos levés avant que d'entamer le processus descriptif proprement dit.

4.11.1.1. La photogrammétrie

1. Sur l'objet original

La morphologie tridimensionnelle du support a été rendue, de jour, par une photogrammétrie des surfaces (boîtier Canon EOS 600D sur monopode télescopique Manfrotto ; corpus de 231 clichés au format jpeg, allant de IMG_0405 à IMG_0434, puis IMG_3347 à IMG_3485, enfin IMG_5112 à IMG_5177 ; focale de 20 mm ; ouverture à F/13, temps de pose au 1/30^e ; ISO 2000 ; traitement des clichés et reconstruction par *Agisoft Photoscan*). Les nuages de points ont été décimés dans *CloudCompare* à un point tous les 0,5 mm et maillés dans *Geomagic*.

2. Sur les plaques du tirage

L'enregistrement a été mené à couvert et sous éclairage naturel (boîtier Canon EOS 600D). Les plaques du tirage seront désignées selon leur disposition sur les trois faces de l'original (bas, centre, haut), la face au ciel (face 1) étant découpée en quatre fragments (bas, centre-bas, centre-haut, haut) (fig. 3).

- Face 1, bas : 12 clichés IMG_2603 à IMG_2614 ; focale de 24mm. Ouverture à F/13, ISO 400, temps de pose variant entre 0,8 à 1,3 s.
- Face 1, centre-bas : 12 clichés IMG_2591 à IMG_2602 ; focale de 27mm. Ouverture à F/13, ISO 400, temps de pose variant entre 0,8 à 1 s.
- Face 1, centre-haut : 12 clichés IMG_2579 à IMG_2590 ; focale de 27mm. Ouverture à F/13, ISO 400, temps de pose variant entre 1 et 2 s.
- Face 1, haut : 12 clichés IMG_2566 à IMG_2578; focale de 27mm. Ouverture à F/13, ISO 400, temps de pose variant entre 1,3 et 2 s.
- Face 2, bas : 12 clichés IMG_2530 à IMG_2541 ; focale de 27mm. Ouverture à F/13, ISO 400, temps de pose variant entre 1,3 et 2,5 s.
- Face 2, centre : 12 clichés IMG_2651 à IMG_2663 ; focale de 24mm. Ouverture à F/13, ISO 400, temps de pose variant entre 0,8 à 1,3 s.
- Face 2, haut : 12 clichés IMG_2676 à IMG_2687 ; focale de 20mm. Ouverture à F/13, ISO 400, temps de pose variant entre 1,3 et 2 s.
- Face 3, bas : 15 clichés IMG_2688 à IMG_2703 ; focale de 18mm. Ouverture à F/13, ISO 400, temps de pose variant entre 1,6 et 3,2 s.
- Face 3, centre : 12 clichés IMG_2615 à IMG_2626 ; focale de 18mm. Ouverture à F/13, ISO 400, temps de pose variant entre 0,6 et 0,8 s.
- Face 3, haut : 15 clichés IMG_2704 à IMG_2718 ; focale de 18mm. Ouverture à F/13, ISO 400, temps de pose variant entre 1 et 1,6 s.
- Face 4, bas : 9 clichés IMG_2521 à IMG_2529 ; focale de 27mm. Ouverture à F/13, ISO 400, temps de pose variant entre 1,3 et 2 s.
- Face 4, centre : 12 clichés IMG_2542 à IMG_2553 ; focale de 27mm. Ouverture à F/13, ISO 400, temps de pose variant entre 0,8 et 2 s.
- Face 4, haut : 12 clichés IMG_2554 à IMG_2565 ; focale de 27mm. Ouverture à F/13, ISO 400, temps de pose variant entre 2 et 2,5 s.
- Face sommitale : 12 clichés IMG_2664 à IMG_2675 ; focale de 28mm. Ouverture à F/13, ISO 400, temps de pose variant entre 1 et 2 s.

4.11.1.2. La photographie sous éclairages tournants

La possibilité de travailler les tirages dans de meilleures conditions d'éclairage et d'orientation de l'appareil photographique nous a conduit à privilégier le détail des enregistrements en laboratoire, en doublant le nombre des clichés par comparaison avec le corpus accumulé sur le terrain.

1. *Sur l'objet original*

Le levé photographique des gravures par éclairages tournants, sur lequel va porter notre descriptif, s'est fondé sur sept stations d'images compilées formant un total de 563 clichés (Nikon D5000 ; objectifs 10.5mm f/2.8G ED DX Fisheye-Nikkor et DX Nikkor 18-70 mm AF-S ; ISO 200 ; format RAW ; ouverture à 16, temps de pose allant de 0,5 à 6 s ; correction objectif dans *Adobe Photoshop CS5*).

2. *Sur les plaques du tirage*

Le levé photographique a nécessité autant de stations d'images compilées que de plaques du tirage, formant ainsi un total de 1343 clichés (Nikon D5000 ; objectif DX Nikkor 18-70 mm AF-S ; ISO 200 ; format RAW ; ouverture à 16, temps de pose allant de 0,5 à 3 s ; correction objectif dans *Adobe Photoshop CS5*).

Le dessin vectoriel des tracés et anomalies fut opéré par logiciel *Adobe Illustrator CS5* sous tablette graphique Wacom/Intuos.

4.11.2. *Descriptif des surfaces*

Sans vouloir prétendre mener un bilan sanitaire sur le monument, l'acquisition photographique des quatre faces témoigne des conditions d'exposition aux agents extérieurs qui peuvent varier, soit en raison de l'orientation géographique (vents dominants), soit de l'accessibilité (visiteurs). Nous proposerons par conséquent un certain nombre d'images partielles ou synthétiques (développé du modèle 3D) sous traitements colorimétriques qui peuvent aider à discriminer un certain nombre de désordres (fig. 29 à 31).

Les altérations prennent des formes variées qui ont pu être recensées et décrites à travers quelques termes généraux (altération, dégradation...). Cinq grandes catégories de formes d'altération sont actuellement peu ou prou reconnues, dans lesquelles sont classées plusieurs dizaines d'altérations différentes :

- fissures et déformation (fracture, clivage...);
- détachement (boursoufflure, éclatement, délitage, désagrégation, fragmentation, pelage, desquamation);
- figures induites par des pertes de matière (alvéolisation, érosion, dégât mécanique, microkarst, partie manquante, perforation, *pitting*);
- altération chromatique et dépôt (croûte, dépôt, altération chromatique, efflorescence, encroûtement, aspect luisant, graffiti, patine, encrassement, subefflorescence);
- colonisation biologique (colonisation biologique, algue, lichen, mousse, moisissure, plante).

Plusieurs de ces désordres ont été décrits lors de notre opération sur le monument de Gavrinis (rapport 2013).

Le granite est lui-même l'objet de changements de teinte qu'il n'est pas facile de qualifier, les spécialistes eux-mêmes ne pouvant répondre aisément aux questions relatives aux aspects actuels des surfaces d'un monument préhistorique (El-Gohary 2011). La question des changements de teintes sous l'effet d'une chauffe (contact d'un feu de camp, d'une lampe à combustion...) fait partie de ces tachages par oxydation (Nicaise, Steenhoudt 2009) dont plusieurs parois de monuments néolithiques semblent affectées.

En ce qui concerne la pierre naturelle, on distingue le tachage dit interne, dû à la réaction de certains constituants de la pierre, et le tachage externe, provoqué par un contact avec un produit potentiellement tachant. Le tachage interne peut être subdivisé en deux types :

- le tachage de type I, lié à la présence de sels de fer et résultant de l'oxydation de minéraux métalliques, micas ou carbonates présents dans certaines pierres, dont le granite;
- le tachage de type II, lié à la présence de matières organiques.

La stèle de Saint-Samson relève de ces différents tachages, soit par le fait que formant un abri naturel plusieurs feux ont été allumés sous la face 3, soit par des interventions récentes à la peinture sur la face 2 (invisibles à l'œil nu). A cela s'ajoute un ruissellement de l'eau dissemblable selon les faces, qui provoque des colorations qui s'accroissent aux mêmes endroits, et qui donne d'ailleurs l'occasion d'observer une météorisation passée d'un monolithe (les cannelures très marquées au sommet, qui ne sont plus fonctionnelles) et une dégradation géomorphologique en cours depuis qu'il est en position penchée. Dans la mesure où aucune forme manifeste n'est encore inscrite en creux dans la roche, l'obliquité du monolithe ne doit donc pas être le résultat d'un phénomène ancien.

4.11.3. *Descriptif des signes sur la copie et sur la stèle originale*

Devant la grande qualité du moulage effectué par Arc'Antique et la bonne préservation du tirage, le descriptif des signes va par conséquent se fonder sur la lecture de ce dernier, travaillé sous éclairages tournants. Les observations tirées des stations du terrain viendront compléter et corriger ces premiers résultats. Les stations (ou fenêtres d'acquisition) suivront les surfaces de découpe adoptées par Arc'Antique pour démonter le tirage, et seront numérotées en continu.

Les motifs seront désignés par des lettres capitales, en commençant par le haut de la stèle et en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre. Un signe interrompu mais se poursuivant sera décliné au sein du motif par des sous-ensembles chiffrés.

La désignation et la numérotation des parties désassemblées de la stèle suivront les précédentes références.

4.11.3.1. Levés sur le tirage

1. Station 1 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 1/bas

Corpus photographique (1,04 Go) : 88 photos au format .NEF (11,9 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 88 photos corrigées au format .jpeg (4,8 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ; utilisation des photos DSC_0001 à DSC_0083.jpeg.

Corpus graphique vectoriel (1,77 Go) : 61 fichiers vectoriels au format .ai (59 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse.

Cette partie de la stèle est la plus estompée et donc la moins lisible, très certainement en raison des usures répétées que révèle un poli parfois brillant sur presque toute l'étendue de la surface au ciel (une réflectance d'ailleurs néfaste à la photomodélisation). Soit par contacts manuels, soit par « glissades » dues à certaines croyances comme le rapportent les traditions locales, ou encore aux simples jeux d'escalade, ces frottements ont affecté le grain de la pierre et les arêtes des creux en sont devenues difficilement perceptibles sous lumière oblique. Seules les cupules plus récentes et facilement reconnaissables ressortent mieux.

La chronographie en sera donc très affaiblie, et même l'identification de certains tracés restera en suspens, faute de pouvoir être corroborés. Nos planches conserveront ces lignes en attente, preuve qu'elles ont été détectées, mais nous ne les passerons pas au statut de signe avéré. Il faut donc s'attendre à ce que la composition que nous restituons aujourd'hui s'enrichisse de détails avec le temps et les méthodes renouvelées (fig. 7).

- Le tracé **A1** est suivi en continu, mais est interrompu sur le bord du monolithe par le tracé **A2** qui ferme ici le motif quadrangulaire.
- Le tracé **B** est au moins antérieur à **A2**.
- le tracé **C** semble pouvoir être suivi sans interruption depuis la bordure de la stèle jusqu'à son centre géométrique où il est recoupé par **K2**.
- **D** pourrait se poursuivre sans arrêt le long de l'arête de la stèle ; il recoupe en tout cas le tracé horizontal **E**.
- Le tracé **F** est douteux, n'ayant pas été corroboré par la station correspondante sur le terrain. Une intervention accidentelle au moment du moulage, ou bien lors des manutentions diverses, ont pu générer ce segment, que nous laissons néanmoins en vue dans ce levé.
- Le tracé **G**, rectiligne et central, est la preuve que la scène gravée se prolonge sous terre. Il est peut-être recoupé par **C**.
- **H** est également douteux, et pourrait être un écho de **F**.
- **I** marque le contour d'un motif quadrangulaire prolongé en terre, et pourrait être postérieur à **J**.
- **K1** et **K2** sont distingués, mais sans assurance que le second est bien postérieur au premier. A noter que **K1** et **I** sont antérieurs à trois cupules ici inventoriées.
- **L** est un large tracé au centre de la stèle, partageant deux motifs quadrangulaires ; il semble antérieur à tous ceux qui le ceinturent, mais une fissure naturelle dans la roche coïncide en partie avec sa direction d'implantation pour que la relation puisse être vraiment affirmée.
- Le tracé **M** borde la stèle et forme dans le même temps le haut du motif quadrangulaire, recoupant les tracés **N** et **O**.
- **N** est à peine visible, sans levés récurrents.

Conclusion intermédiaire sur la partie basse de la Face 1 :

L'ensemble des tracés révélés rassemble au moins 9 motifs quadrangulaires, rectangles allongés selon une horizontale et disposés presque symétriquement de part et d'autre d'un axe longitudinal. La chronographie complète ne permet pas de tous les intégrer dans la séquence de travail ; les seules données disponibles semblent néanmoins montrer une réalisation allant du haut vers le bas.

Parmi la vingtaine de cupules reconnues, trois d'entre elles se superposent aux tracés de deux motifs rectangulaires.

2. Station 2 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 1/Centre-bas

Corpus photographique (2,01 Go) : 175 photos au format .NEF (11,4 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 175 photos corrigées au format .jpeg (4,6 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ; utilisation des photos DSC_0089 à DSC_0263.jpeg.

Corpus graphique vectoriel (2,04 Go) : 124 fichiers vectoriels au format .ai (28,5 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse (fig. 8).

Ce second fragment du tirage conserve bien le filon de quartz qui le barre en travers. Cette inclusion a d'ailleurs gêné le sculpteur et entrave une bonne lecture des signes gravés à son contact.

- Le tracé rectiligne et vertical **A** est implanté au centre géométrique ; il semble que l'on puisse le suivre en continu pour former un motif quadrangulaire.
- Les tracés **B** et **C** déterminent par champlevé le dessin d'une lame polie mince et allongée, au manche croisé dont l'extrémité distale est contrainte par le filon de quartz. C est postérieur à D.
- L'enlèvement **D** est opéré au détriment de A sus-jacent. Le creux aussi bien que le relief déterminent un dessin similaire au signe « cornu » ou « oiseau ».
- Le tracé **E** prolonge B pour dégager le talon de la hache, tandis que **F**, antérieur à E, pose le manche en relief.
- **G** est postérieur à F et à J, et dessine le contour droit d'un motif quadrangulaire aux angles supérieurs relevés.
- Le tracé **H** est un arc-de-cercle régulier reliant les angles supérieurs du motif quadrangulaire qui l'entoure. Il est malheureusement impossible à l'heure actuelle d'affirmer la relation d'antéropostériorité entre H et G, ainsi que I.
- Symétrique de G, le tracé **I** est interrompu par deux fois par le filon de quartz. **I3** recoupe le motif quadrangulaire en M.
- Les tracés **K** et **N** appartiennent aux côtés verticaux des motifs quadrangulaires de la scène sous-jacente ; ils sont tous deux antérieurs à J et O.
- L'enlèvement en **L** détermine une figure coudée en relief, dont la disposition au-dessus d'un motif quadrangulaire peut se comprendre comme une composition à part entière (de type allée-couverte, voir conclusions) ou comme l'amputation du talon d'une hache emmanchée par le motif à droite représenté par I3. L est antérieur à I3.
- Les tracés **N**, **O** et **P** dégagent un motif quadrangulaire bordant la partie gauche de la stèle.
- **R** et **Q**, de part et d'autre du filon de quartz, font ressortir un manche croisé. Ils recouper les enlèvements destinés à dégager la lame polie, **S1** et **S2** à gauche, **T1** et **T2** à droite. Ces derniers se superposent également à **U** et **V** qui détournent le crosseron.
- En **W**, l'enlèvement autour des membres antérieurs d'un quadrupède n'a pu être séquencé avec précision, et nous laissons ce contour sans l'interrompre, faute d'éléments probants. On note cependant que la jambe gauche sur l'animal (mais à droite sur le levé) présente une extrémité recourbée qui donne l'aspect d'un « pied ».
- Le tracé **X** est antérieur à W. Il fait ressortir les parties basses de l'encolure et de la tête de l'animal, ainsi qu'une excroissance recourbée sortant de l'extrémité céphallique. Notons que cette excroissance est légèrement dégagée de la tête, mais la précision sur la roche altérée ne permet pas de mieux préciser, notamment le degré de sa mise en forme, et pour cette raison nous ne qualifierons pas ce signe au même niveau d'identification par lettres, à l'image des tracés environnants.
- Le tracé **Y** est ici aussi présenté comme d'un seul jet (voir W), mais seulement faute d'informations précises. Il dessine le contour du dos, avec un épaulement à peine marqué, une « oreille » au contraire fort proéminente, et une tête allongée. Y est antérieur à X.
- Les membres inférieurs du quadrupède sont dessinés par des contours rectilignes **Z1/Z2** verticaux s'appuyant sur le filon de quartz, postérieurement à I2. Comme pour le train avant, la distinction entre les jambes se fait par un enlèvement superficiel dans la roche qui détermine un arrière-plan sous le ventre. C'est ce qui permet d'avancer que la jambe droite de l'animal (mais située sur la gauche du dessin) est achevée une nouvelle fois par un « pied » retourné.
- Le tracé **AA** marque la partie gauche et inférieure d'un motif quadrangulaire bordant la stèle, tracé antérieur au voisin droit (contour A).
- Notons enfin que sur les 4 cupules inventoriées avec certitude (d'autres sont incertaines et pour cela non comptabilisées), 2 recouper le tracé courbe H.

Conclusion intermédiaire sur la partie centre-bas de la Face 1 :

À la relative monotonie des motifs quadrangulaires du panneau inférieur, s'oppose ici une composition enrichie de deux représentations animalières : un quadrupède s'appuyant sur un filon de quartz et un oiseau survolant une forme en croissant marquée d'une hache emmanchée.

La « corne » relevée et sortie de la gueule de l'animal ne peut pas être apparentée à une encornure ; le sanglier est le seul mammifère à pouvoir se conformer à ces raccourcis graphiques. L'oreille touffue et dressée sur le suidé mâle et sauvage est compatible avec le dessin relevé sur la tête. Les pattes avant-gauche et arrière-droit sont prolongées par des « pieds » de genre humain, sur le modèle de la stèle Table des Marchands/Gavrinis où seul l'avant-train du caprin est affecté de cette singularité.

Le signe « cornu » à l'extrémité droite de la scène ne nous semble pas devoir être confondu avec le symbole d'un bovin ou d'un caprin ; l'échelle de représentation et son isolement dans l'espace, sous le filon de quartz, plaident pour la figuration d'un oiseau volant au-dessus d'un motif quadrangulaire, à l'image de ce qui fut déjà explicité au Mané Lud (Cassen 2011). Notons que ce motif rectangulaire est ici superposé par une forme en croissant surmontée en son centre par une hache à court manche croisé, forme que nous proposons d'interpréter comme une embarcation, à l'instar des signes de nature similaire inventoriés ailleurs en Bretagne (Cassen 2007).

Si la hache emmanchée sous les pattes avant du sanglier ne laisse aucun doute sur sa reconnaissance, le signe voisin surmontant l'autre motif quadrangulaire se limite à une forme anguleuse, beaucoup plus rare, uniquement superposable à la gravure sur une dalle de la cellule terminale de la sépulture mégalithique de Prajou-Menhir (Trébeurden, Côtes-d'Armor – L'Helgouac'h 1966). Ce signe décrit « en équerre » par notre collègue, est assimilé à la « grande Déesse Néolithique » (id. p. 332) et serait la schématisation d'une tête (« Le mode de représentation de la tête et du cou sur l'idole de CN 2 ne doit pas nous surprendre, ni par la schématisation des éléments ni par le fait que la tête soit vue de profil et le corps de face. Les personnages des bas-reliefs et des peintures des grandes civilisations méditerranéennes sont fréquemment figurés dans cette position. Cette idole se différencie encore des deux autres par la figuration des seins par deux cupules, ce qui précise parfaitement le sexe de ces idoles. » L'Helgouac'h 1966, p. 333). Mais si l'on veut rester cohérent avec la présence d'un objet vrai sur le motif de gauche (une arme/ un outil), ce signe « en équerre » pourrait être alors la représentation d'une hache amputée, ou d'une hache sans crosseron, ou encore la représentation d'une arme de jet (« crosse »).

La chronographie de l'ensemble permet d'avancer que cette réunion d'animaux et d'un bateau inscrit dans un motif rectangulaire est postérieur aussi bien à la composition supérieure qu'à celle du bas, et que le sanglier, réalisé dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, est le dernier à avoir été inscrit.

3. *Station 3 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 1/Centre-haut*

Corpus photographique (1,67 Go) : 143 photos au format .NEF (11,8 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 143 photos corrigées au format .jpeg (8,9 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ; utilisation des photos DSC_0524 à DSC_0662.jpeg.

Corpus graphique vectoriel (6,71 Go) : 113 fichiers vectoriels au format .ai (28,5 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse (fig. 9).

Cette fenêtre prend en compte les deux intervalles situés entre trois ensembles de motifs quadrangulaires, dont bien entendu le précédent.

- Le court tracé **A** correspond à une division des motifs quadrangulaires de la séquence supérieure. Il est antérieur à **B** qui est la base de cette séquence.
- Le tracé **C**, en forme de crosse, est longtemps resté énigmatique, aucune lame de hache ne venant le compléter. Il semble recouper le tracé E, mais sans certitude.
- Les enlèvements **E** et **F** déterminent une forme ovoïde aplatie, joignant les angles supérieurs d'un motif quadrangulaire sous-jacent.
- Un tracé **D** est ici encore resté sans compréhension, jusqu'à la consultation du modèle photogrammétrique et l'interrogation des clichés de terrain qui complètent ce tracé en le prolongeant sur l'arête. En sorte que l'association des signes C (le souffle), D (la nageoire caudale), E et F (le corps) rendent tout son sens au très probable motif d'un cétacé.
- Le contour **G** forme le côté droit d'un motif quadrangulaire, recoupé par F.
- Le tracé **H** dessine un motif quadrangulaire recoupé par F, donnant l'impression que le cétacé est directement posé sur lui.
- La ligne « horizontale » **I** (divisée sur notre schéma en I1 à I3) semble la plus anciennement inscrite au sein de la composition. Elle relie les deux bords des motifs quadrangulaires.
- **J** est le tracé commun aux deux motifs quadrangulaires ; il est postérieur à leurs bases.

- Le tracé **L** détoure le crosseron d'un motif de hache emmanchée jusqu'au talon de cette dernière.
- Les enlèvements **P** et **N** dégagent le manche de cette arme. **N** recoupe **L**, mais **P** est recoupé par **O**.
- **O** et **M** dégagent le corps de la lame polie.
- Les tracés **Q1** et **Q2** semblent former en deux temps le haut du motif quadrangulaire sous-jacent. Aucune relation chronographique n'a pu être retirée de leur contact avec la hache emmanchée. On note qu'un enlèvement **R** s'ajoute à ce secteur droit du motif ; il est comparable aux autres « croissants » reproduits sur la stèle.
- **S** est un enlèvement marquant la division entre les deux motifs quadrangulaires du panneau sous-jacent.
- **T** est un tracé générique qui n'a pu être différencié en raison de l'altération de la pierre. Il ceinture la presque totalité d'un quadrupède. A la différence des autres quadrupèdes sur la stèle, le train-avant oblique semble introduire une dynamique. Les « cornes » sont dessinées par enlèvements en **Y2**, postérieurs à **T**. Leur morphologie les éloigne des cornes de bovin/caprin, et il s'agit plus probablement de bois d'un cervidé (cerf, élan). Notons que l'arrière-train recoupe les tracés **O** et **M** sur la hache de gauche.
- **U1** et **U2** sont curieusement inscrits à l'image exacte de leurs voisins **Q1** et **Q2**, mais nous n'en comprenons pas la raison... **U2** étant postérieur à **U1**, et l'ensemble forme le haut d'un motif quadrangulaire.
- Les tracés **V1** et **V2** dégagent à la fois le corps d'un manche et celui d'une lame polie, **V2** ayant au surplus réduit la largeur de cette lame, pour ne laisser subsister qu'un mince instrument.
- Les tracés **X** et **Z** ont dégagé le côté gauche d'un nouveau motif quadrangulaire, **Z** ayant postérieurement réduit l'implantation du motif, en recoupant les tracés sous-jacents de la hache emmanchée et du cervidé, et alors que **X** leur était antérieur.
- Trois signes courbes **AA**, **AB** et **AC** se superposent en s'imbriquant, dégagant en champlevé peu marqué deux croissantiformes. Ces tracés sont inscrits aux dépens des côtés **Z** et **J** du motif quadrangulaire qui semble les supporter. A l'instar des autres motifs de ce type, nous les interprétons comme des représentations de navires.
- Un nodule naturel résistant est conservé en surface de la roche. Un enlèvement **AD** en sa périphérie l'a clairement posé en exergue, et il semble évident que les embarcations ont été centrées sur ce ressaut, au point que la hache emmanchée à ses côtés est désaxée, alors que les deux autres exemples sur la stèle illustrant cette structure associative présentent une symétrie exacte.
- Si le motif de la hache emmanchée qui « monte » la dernière embarcation est assez bien reconnaissable, son contour **AE** n'a pu être décliné en phases distinctes d'enlèvements.

Conclusion intermédiaire sur la partie centre-haut de la Face 1 :

Dans une installation oblique des motifs qui introduit *de facto* une dynamique des sujets dirigée de la droite vers la gauche, deux nouveaux animaux apparaissent dans le bestiaire de la stèle : un cervidé contraint entre deux haches emmanchées dirigées vers la gauche ; un mammifère marin soufflant dont la grande taille, ramenée aux dimensions du bateau adjacent, suggère un cétacé plutôt qu'un phocidé.

Si le cervidé (cerf, élan) semble « sauter » d'un motif quadrangulaire à l'autre, le cétacé semble pousser l'embarcation qui le précède. Ce dernier animal semble d'ailleurs posé sur un motif quadrangulaire, lui même implanté juste au-dessus d'une ligne qui, prolongée vers la gauche, supporte à son tour le navire, laissant entendre un niveau plan (d'eau).

Un accident naturel ovoïde dans la roche a été opportunément intégré à la scène, et occupe le centre du navire supérieur. La hache emmanchée a dû céder la place, preuve de l'importance de l'artefact et du signifié associé.

4. Station 4 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 1/Haut

Corpus photographique (1,13 Go) : 96 photos au format .NEF (11,8 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 96 photos corrigées au format .jpeg (8,9 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ; utilisation des photos DSC_0668 à DSC_0762.jpeg.

Corpus graphique vectoriel (4,74 Go) : 78 fichiers vectoriels au format .ai (64,1 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse (fig. 10).

Alors que nous ne nourrissions que bien peu d'espoirs dans le résultat des enregistrements de gravures dans cette partie sommitale et très météorisée de la stèle, plusieurs tracés sont néanmoins apparus pour conclure l'assemblage des motifs de haches sur cette face 1.

- Le tracé **A** est une exception à la règle de formation des motifs par enlèvement de matière en leur périphérie. Il s'agit en effet d'une lame de hache dégagée en creux, l'objet se confondant avec ce signe, ce qui a d'ailleurs occasionné des problèmes de compréhension puisque le modèle d'inscription s'éloignait des autres motifs de haches emmanchées jusqu'ici enregistrés. Le talon **D** de la lame est lui aussi et très logiquement représenté en creux.
- Le manche crossé est par contre réservé en relief à son extrémité distale par les enlèvements **B** et **C**, une partie desquamée étant figurée en trame rayée sur notre levé. L'extrémité proximale est également visible en champlevé sous l'action des tracés **M1/M2**. L'ensemble du motif est antérieur aux lignes horizontales **K1/K2** (les côtés supérieurs des motifs quadrangulaires) et **I1/I2** sur lesquels il nous faut revenir.
- **I1** et **I2** sont les éléments d'un « tracé » horizontal, parallèle aux côtés supérieurs des deux derniers motifs quadrangulaires, et pour cela cohérent en regard de la structure de la scène. Mais, de façon surprenante, ce tracé n'apparaît ni sur le modèle photogrammétrique de terrain ni à travers les enregistrements par éclairages tournants sur l'original. Longtemps indécis, il a fallu se rendre à l'évidence : l'empreinte avait été marquée en creux au cours du moulage (les arceaux de renfort en bois sur la coque ?), ou bien ce panneau du tirage avait été abîmé lors de sa manutention et des différents démontages et déplacements (serrage de sangle ?).
- Nous avons été confronté au même problème au Mané Lud en enregistrant les parties linéaires nettoyées après un acte de vandalisme sur les orthostates gravés, plusieurs années avant notre intervention, parties correspondant à des signes imaginaires peints mais que notre technique très fine avait finalement enregistrées.
- Un second spécimen de hache emmanchée est décelable, quoique très altéré, à la droite du précédent. Ici encore, semble-t-il, les tracés **J** et **F** en creux se confondent avec la lame et son talon, alors que le manche est dégagé en relief par **G**. Mais les choses ne sont pas aussi simples, car le crosseron dont le point de passage au manche est en relief passe subitement en creux avec le tracé **E**. Au point que nous venons à nous demander si, à la différence du motif précédent, ce ne serait pas un enlèvement du relief réservé qui donnerait cette empreinte « fantôme » en creux... Il est impossible de conclure, l'état de la roche étant trop altéré. En tout cas, le manche s'arrête sur le motif quadrangulaire, mais en étant désaxé par rapport à la norme attendue, probablement sous l'action de la hache précédente, la plus anciennement inscrite et qui a imposé ce décalage vers la droite. Enfin est postérieur à **K1**.
- Le tracé **H** marque le côté droit du motif quadrangulaire en bordure de la stèle.
- Le tracé **L** est commun aux deux motifs quadrangulaires en les divisant. Il est postérieur à **K1/K2**.
- La troisième hache emmanchée renoue sans confusion possible avec la technique du champlevé. Le manche est dégagé par les tracés **N** et **P**, antérieurs à la ligne **K2**. La lame de hache est déterminée par les enlèvements **Q** et **R**, tandis que le crosseron du manche est dessiné par le tracé **S**. Un enlèvement **T** précise le talon appointé de la hache dont l'extrémité distale est plutôt élargie.

Conclusion intermédiaire sur la partie haute de la Face 1 :

Deux motifs quadrangulaires symétriques, surmontés de deux haches aux manches crossés, achèvent la composition gravée au sommet de la stèle. Mais une première hache emmanchée avait été inscrite au centre du support, et disposée obliquement par rapport à un axe vertical. Contrairement aux autres spécimens jusqu'ici enregistrés, sa lame est dégagée en creux alors que le manche est réservé en relief, avec une volute distale peu incurvée. Son obliquité semble aussi avoir influencé l'exemplaire de droite, contraint de se désaxer par rapport au centre du quadrangulaire, alors que l'autre hache sur la gauche est disposée verticalement et parfaitement centrée, présentant de surcroît un tranchant élargi.

5. *Station 5 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 2/Bas*

Corpus photographique (1,06 Go) : 89 photos au format .NEF (11,8 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 89 photos corrigées au format .jpeg (10,4 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ; utilisation des photos DSC_0093 à DSC_0181.jpeg.

Corpus graphique vectoriel (4,35 Go) : 63 fichiers vectoriels au format .ai (69,5 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse (fig. 11).

Cette base du monolithe, face au nord, a probablement subi différents chocs qui s'ajoutent à l'altération naturelle du granite. Les éclairages tournants montrent de surcroît leurs limites étant donné l'empêchement du sol pour corroborer certains tracés. En tout cas, plusieurs signes se prolongent sous terre...

- Le tracé **A** marque le côté gauche d'un motif quadrangulaire, antérieur à sa base **B**.
- L'enlèvement **C** est l'emprise la plus ancienne d'un motif de hache emmanchée, dont le crosseron

à extrémité distale élargie est précisé en **D** et **F1**, F1 recoupant D, tandis que la longue lame est dégagée par les tracés **P** et **Q**, Q recoupant P, et le talon par **E** et **F2**, E recoupant D.

- Le manche est mis en relief par les enlèvements **G** et **N**, N recoupant le tracé large **O** détournant le motif.
- Le tracé **H1** marque le côté supérieur droit du quadrangulaire et semble se prolonger en un enlèvement continu en **H2**. H2 est d'ailleurs recoupé par une cupule.
- Le tracé **I** est une ligne courbe symétrique reliant les angles supérieurs du quadrangulaire. Elle se superpose à deux arcs plus ou moins radiés **J1** et **J2** qui recourent les côtés **H1** et **M**. Le motif dégagé en relief est donc un croissant, de type « embarcation sans équipage ».
- Un tracé **K** est inscrit à l'horizontal au tiers inférieur du quadrangulaire, recoupant le bord latéral gauche. Il est recoupé par une cupule.
- Le bord gauche du motif quadrangulaire a été réalisé en deux temps, tout d'abord avec **L**, puis en réduisant le carré par l'enlèvement **M**.

Conclusion intermédiaire sur la partie basse de la Face 2 :

Au-dessus de lignes horizontales indécises, se prolongeant dans le sol, un motif quadrangulaire presque carré est surmonté d'une hache emmanchée à la lame étroite démesurément allongée vers la gauche. Le crosseron s'élargit à son extrémité distale. A l'intérieur du carré, un motif en croissant de type embarcation occupe le tiers supérieur de la surface interne, tandis qu'un segment horizontal barre cette même surface en son tiers inférieur.

Enfin un second motif quadrangulaire apparaît au-dessus de la scène.

Encore une fois, les cupules intégrées aux relations d'antéro-postériorité recourent les gravures de la composition.

6. *Station 6 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 2/Centre*

Corpus photographique (1,98 Go) : 169 photos au format .NEF (11,8 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 169 photos corrigées au format .jpeg (8,5 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ; utilisation des photos DSC_0093 à DSC_0181.jpeg.

Corpus graphique vectoriel (7,79 Go) : 124 fichiers vectoriels au format .ai (58,6 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse (fig. 12).

Ce long panneau rassemble des tracés complexes mais nous confrontera également aux creux parasites déjà entrevus, dus aux opérations de moulage et/ou transport des tirages.

- Le tracé **A**, suivi sans interruption (apparente), dessine la partie inférieure d'un motif quadrangulaire.
- Les enlèvements **B** à **E** soulignent la partie supérieure d'un motif de hache emmanchée, B étant postérieur à **C**, **D** postérieur également à **C**.
- Les tracés **G**, **H1/H2** ne sont que les prolongements d'enlèvements visibles au contact de la lame polie et de son manche. L'ensemble du motif est barré d'un trait **AQ** qui, enregistré sur le moment comme gravure à part entière, s'est avéré après consultation des photographies de terrain comme un artefact plus récent, comparable à celui décrit et interprété sur la station 4.
- **I1/I2** est le résultat de la même intervention sur le moulage ou le tirage, trace dont il ne faut par conséquent pas tenir compte.
- **F** a été distingué de **K**, mais ils pourraient être tous deux les enlèvements sans interruption de la limite marquant la partie droite du motif quadrangulaire.
- Les tracés **J**, **N1/N2** forment le contour, recoupé par **K**, d'un quadrupède difficile à enregistrer. Ce contour est en effet recoupé par un tracé **M**, très discret mais bien présent sur les acquisitions de terrain, quoique de nature différente (superficiel, irrégulier), qui recoupe à la fois les reliefs et les creux, mais dont on se demande s'il ne serait pas le résultat d'une météorisation guidée par le tracé plus profond **F** placé juste au-dessus, autrement dit un ruissellement d'eau dans le prolongement de cette limite de motif.
- L'enlèvement **P1** dessine le contour du mufle de l'animal. Il contribue également, avec **N2**, au dégagement d'une « corne » implantée sur la tête qui ne peut trouver un suivi visuel que sur le modèle tridimensionnel, le signe étant placé à cheval sur les deux faces. L'ensemble est positionné en oblique par rapport à un axe longitudinal à la stèle.
- **P2** semble ne pas prolonger P1, mais nous ne pouvons l'assurer, cette partie étant très altérée. Le

tracé dégage en tout cas le membre avant droit de l'animal. Le tracé **Q1**, en effet, divise la surface du support tandis qu'un enlèvement moins profond **Q2** marque un arrière-plan, en un effet de perspective déjà entrevu sur le suidé de la station 2, en sorte que les membres droit et gauche sont discernables, et doivent probablement accrocher différemment la lumière dans un meilleur état de conservation du support.

Le phénomène se répète, preuve de son intentionnalité, au niveau du train arrière, et si **O1** trace la division entre les deux jambes, **O2** marque l'arrière plan sous le ventre.

- Les enlèvements de matière **S** et **R** dessinent la volute d'un manche de hache, R étant postérieur à S.
- La lame polie est soulignée par **AA** et **T**, AA étant postérieur à R.
- Le manche vertical est tout d'abord largement dégagé en **U** et **Z**, puis souligné en **V** et **Y**, ces deux derniers tracés s'opérant aux dépens de **W** et **AD** qui forment le contour du motif quadrangulaire supportant la hache. Une surface soustraite **X** laisse entendre que la partie proximale du manche était peut-être implantée plus à l'intérieur du quadrangulaire.
- **AE** marque l'intervention sur l'encornure d'un second animal. Le tracé n'a pu être décliné en plusieurs étapes de réalisation, mais le résultat n'est pas douteux et deux cornes fines et concentriques s'appuient sur le haut de la partie céphalique du quadrupède qui peut très probablement être compris comme un bovin. Ici aussi, l'obliquité de la disposition fait écho à l'implantation de l'animal cornu qui précède.
- **AF** et **AG** dégagent le mufle, la mandibule et le frontal de l'animal, AF étant postérieur à AG. Une cupule **AK** est exactement située pour signifier un œil ; elle ne peut être confondue avec tout autre cupule du semis inventorié dans les seules parties basses du monolithe.
- Les tracés parallèles **AH**, **AI** et **AJ** dessinent deux membres antérieurs rectilignes sans qu'il soit hélas possible de distinguer la partie droite de la partie gauche. Notons en **AL1/AL2** deux représentants des pseudo-tracés qui marquent ce secteur de la stèle (figurés en tramé à rayure), mais uniquement sur ce tirage et non sur l'original.
- Le dos de l'animal est bien rendu par les tracés **AM** et **AN**, AM recoupant le premier.
- **AO** est une reprise sur le large tracé **K**, redressant peut-être le côté du quadrangulaire pour tendre à plus d'obliquité. **AP** pourrait être son prolongement, mais la ligne **AQ**, moderne, introduit une solution de continuité. La ligne **AR** est aussi de facture récente, et résulte du même processus d'intervention sur le tirage ou le moulage.
- Conclusion intermédiaire sur la partie centrale de la Face 2 :
- Entre deux motifs quadrangulaires surmontés en leur centre de deux haches à manche croisé, un assemblage de deux quadrupèdes cornus côte à côte est placé obliquement par rapport à l'axe vertical de la stèle.
- Le plus petit animal présente une corne unique, prolongée sur l'autre face du monolithe, en venant au contact d'un autre motif quadrangulaire ; son aspect recourbé et son large diamètre font plutôt penser à un caprin. Son inscription dans la pierre est antérieure au motif quadrangulaire sus-jacent, et la hache du motif sous-jacent est également inscrite à ses dépens.
- À l'arrière, un second animal présente une tête deux fois plus volumineuse et une encolure plus massive mais avec deux cornes concentriques symétriques plus étroites. Nous plaidons cette fois en faveur d'un bovin.

En sorte que cette association dynamique fait inmanquablement penser à la superposition d'un caprin et d'un bovin sur la stèle TDM/Gavrinis, où l'on sait que le caprin a aussi la préséance sur le bovin (Cassen, Vaquero Lastres 2003a). Tous deux à Locmariaquer sont d'ailleurs considérés comme des animaux domestiques, aucun bouc ou bélier n'étant présent dans la faune armoricaine ; en sorte que le couple figuré sur cette face 2 de la stèle de Saint-Samson-sur-Rance nous paraît devoir être classé dans la même catégorie.

7. *Station 7 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 2/Haut*

Corpus photographique (1,15 Go) : 98 photos au format .NEF (11,8 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 98 photos corrigées au format .jpeg (9,5 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ; utilisation des photos DSC_0434 à DSC_0528.jpeg.

Corpus graphique vectoriel (3,16 Go) : 50 fichiers vectoriels au format .ai (66,1 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse (fig. 13).

Ce panneau achève l'inventaire des signes sur la face 2. Il est amputé sur la gauche d'une partie de la

circonférence, en raison de la morphologie particulière du haut de la stèle qui imposait cette coupure arbitraire.

- Les tracés **A1** et **B** détournent le haut du crosseron d'un motif classique de hache emmanchée. **B** est postérieur à **A**. **B** recoupe également une surface d'enlèvement **M**, malheureusement indifférenciée et qui ceinture la lame polie sans que nous puissions mieux établir d'éventuelles phases de réalisation.
- **A2** et **C** englobent largement le talon de la hache et **D** recoupe **A2** pour mieux le poser en relief.
- **E** et **N** recoupent respectivement **A2** et **M** pour dégager le manche en le soulignant. **E** et **N** recoupent les tracés **F** et **L** marquant les bords supérieurs du motif quadrangulaire supportant la hache emmanchée.
- **H** et **K** forment les bords latéraux du motif quadrangulaire, **K** recoupant **L**. Un tracé oblique **J** les recoupe, mais n'est pas corroboré par l'information de terrain, et rentre par conséquent dans les inscriptions parasites déjà inventoriées.
- Un enlèvement original **I** détermine un contour concave tout en laissant à la base du manche l'espace de se loger. L'intention est manifeste. Il est par contre difficile de hiérarchiser **I** par rapport aux autres tracés.

Plusieurs contours ont été inventoriés à gauche de cet ensemble de tracés, mais aucun n'a pu convaincre, quand parfois même leur ancienneté nous a semblé douteuse. Nous les laissons en l'état, des levés futurs pourront peut-être résoudre ce défaut d'information. Il n'est pas impossible que l'extrémité droite du motif inventorié sur la face 3 déborde ici et se mélange avec les contours indécis en question.

Conclusion intermédiaire sur la partie haute de la Face 2 :

L'ultime motif quadrangulaire à marquer le haut de la stèle est une surface trapézoïdale aux angles supérieurs saillants, en position légèrement oblique par rapport à un axe longitudinal. Il est surmonté d'un classique motif de hache emmanchée, qui suit parfaitement cette fois l'orientation verticale.

La coupure du panneau sur la gauche nous prive finalement d'un raccord avec le motif unique présent en face 3.

8. *Station 8 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 3/Haut*

Corpus photographique (866,4 Mo) : 73 photos au format .NEF (12,3 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 73 photos corrigées au format .jpeg (2,2 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ; utilisation des photos DSC_0531 à DSC_0602.jpeg.

Corpus graphique vectoriel (525,7 Mo) : 47 fichiers vectoriels au format .ai (66,1 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse (fig. 14).

Cette face très marquée de cannelures d'érosion, mal éclairée car formant la partie oblique du monolithe dirigée vers le sol, n'était pas censée contenir de gravures. Aussi la découverte de deux tracés parallèles n'a été validée qu'après avoir pris soin de vérifier que d'éventuelles empreintes récentes n'auraient pas parasité la surface du moulage ou du tirage. Enfin un contrôle spécifique sur le terrain devait confirmer l'existence de ces gravures limitées à deux tracés superposés.

- Le tracé **A** est dissymétrique, davantage relevé sur le secteur droit.
- Le tracé **B**, postérieur, suit exactement le dessin du premier, avec un relèvement encore plus marqué sur le côté droit afin de rejoindre la pointe de **A**. Notons ici que le point d'inflexion coïncide avec un filon de quartz qui ceinture le haut de la stèle et passe en travers.
- Curieusement, le traitement de l'objet 3D fait ressortir, dans l'option « carte des normales », une rupture de pente horizontale dans la moitié gauche du bloc, à la hauteur de l'extrémité gauche du motif (fig. 14). Mais les éclairages tournants n'ont rien restitué à cet endroit qui puisse s'apparenter à un tracé anthropique, et nous ne pouvons donc corroborer l'impression visuelle donnée par ce traitement.

Conclusion intermédiaire sur la partie haute de la Face 3 :

Ce motif en croissant s'éloigne de la famille des « cornus » et s'apparente à notre catégorie des embarcations sans équipage. La dissymétrie de la coque est par contre une donnée nouvelle en Bretagne qui peut s'expliquer selon une alternative : ou bien la morphologie est bien intentionnelle et codifiée, et en ce cas le motif est conforme au bateau néolithique enregistré sur la paroi Vallée aux Noirs 6 de Buthiers (Cassen et al. 2014) ; ou bien l'arête rentrante de la stèle a imposé ce retour et par ailleurs le débordement du motif sur la face 2.

9. Station 9 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 4/Bas

Corpus photographique (1,35 Go) : 113 photos au format .NEF (12,3 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 113 photos corrigées au format .jpeg (4,6 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ; utilisation des photos DSC_0182 à DSC_0292.jpeg.

Corpus graphique vectoriel (6,56 Go) : 101 fichiers vectoriels au format .ai (66,1 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse (fig. 15).

Ici encore, des tracés continués au pied de la stèle laissent clairement entendre leur prolongement dans le sous-sol. Dès lors, l'enregistrement par éclairages tournants sur le terrain en devient plus compliquée, d'où le grand intérêt à travailler sur le tirage à notre disposition.

- Le tracé **A** est profondément inscrit et se repère d'ailleurs aisément sur le monolithe. Il recoupe tous les longs segments horizontaux périphériques (**B**, **E**, **G**, **U** et **V**) ; il est la plus grande figuration connue de la « palette », diversement interprétée (« poignard chypriote », « palette des morts » - Briard 1995 ; « aviron de gouverne » - Breuil, Boyle 1959 ; L'Helgouac'h 1998).
- Les tracés **B**, **C** et **F** (auquel peut être adjoint **G**) sont parallèles et viennent s'appuyer sur un signe bordier **C** avec lequel il est impossible d'assurer une relation d'antéro-postériorité.
- Les tracés **D1** à **D8** sont inattendus et plusieurs contrôles ont été nécessaires pour bien assurer que ces chevrons n'étaient pas le résultat d'un jeu de fractures naturelles dans le granite. Il existe en effet une orientation préférentielle des détachements qui peuvent suivre ce jeu des failles aux écarts angulaires similaires, et nous avons conscience de ce biais naturel. Mais la répétition relativement régulière des intervalles et l'absence de marques semblables sur les surfaces avoisinantes poussent à accepter temporairement cette décoration interne du motif en « palette », dans l'attente d'un levé spécifique sur cette surface ou d'une analyse tracéologique.
- **H** est un segment horizontal en creux qui marque la base de la « palette » allongée, sans que nous sachions s'il est inscrit avant ou après le contour du motif.
- En **I** est individualisé une dépression qui n'offre pas le même aspect que les bords des cupules environnantes. Aussi l'avons-nous posée comme signe à part entière dans la composition, aidé en cela par des observations similaires effectuées sur les motifs de palettes à Prajou-Menhir.
- À noter justement que des cupules se superposent aux chevrons, et certaines à l'évidence alignées sur le grand axe longitudinal du motif principal.
- Les enlèvements rectilignes **J** et **K1** du côté droit, **L** et **M1** du côté gauche, sont prolongés par **K2** et **M2**, après une desquamation dans la roche qui interrompt leur suivi. Ils déterminent ainsi le « manche » de l'objet ? **K1** et **L** sont postérieurs à **J** et **M1**.
- Plusieurs cupules recourent les enlèvements **J**, **K1**, **L** et **K2**.
- **N1** et **N2** sont probablement les deux segments d'un signe horizontal sur lequel vient s'appuyer le motif précédent. Ici encore, plusieurs cupules se superposent à la gravure.
- **O** et un tracé vertical, orthogonal à **P**, mais aucun rapport stratigraphique sûr ne permet de conclure sur l'ordre de superposition.
- **Q** est un tracé parallèle à **P**, et se poursuit en terre. Trois cupules le recourent.
- **R** et **S** sont deux lignes parallèles dont une seule a pu être correctement suivie le long de l'arête du monolithe.
- **T** est manifestement un signe circulaire dont le contact avec la signe **U** n'a pu être établi. La station 14 fera le point sur ces tracés ainsi que sur les tracés précédents **R** et **S**. La proximité du sol entrave bien entendu le bon enregistrement des creux, faute de pouvoir éclairer par le biais d'un foyer opposé.
- **V** est un tracé vertical, recoupé par **W** au sommet, et par une cupule à sa jonction avec **N2**.
- **W** forme le bord gauche du motif quadrangulaire, suivi en continu sur les côtés supérieur et inférieur. Il est antérieur au tracé **M1** du motif aux chevrons, et superposé par deux cupules.
- Ce segment **Y** recoupe le contour **A** de la palette, mais lui est directement associé, s'appuyant sans le dépasser sur le « manche » de l'objet. Il est positionné juste au-dessus d'une réserve circulaire **X** en relief, dégagée par les contours **K1** et **L** sur le manche en question. Cette succession de détails est difficilement interprétable, mais dans l'acception d'un aviron de gouverne, ces éléments au dessin assez précis ont dû figurer un dispositif technique et une morphologie d'objet reconnus de tous.
- Le tracé **Z** forme la base et le côté gauche d'un nouveau motif quadrangulaire supportant une hache emmanchée. Trois cupules le recourent et il est également recoupé par le signe **A**.
- Le bord supérieur **AB** du motif rectangulaire se superpose à l'enlèvement **AC** de matière pour détourner à gauche le manche et la lame de hache, alors que sur la partie droite du motif de hache,

l'enlèvement **AD** recoupe le tracé du quadrangulaire en **AA**, démontrant à quel point ces deux motifs sont imbriqués et contemporains.

Conclusion intermédiaire sur la partie basse de la Face 4 :

Un probable aviron de gouverne est la figure qui se détache par la taille (1,3 m) et la précision des éléments qui la compose. Si certains détails semblent de nature esthétique, pour un éventuel rendu dynamique (les chevrons sur la pale), d'autres sont trop singuliers et asymétriques pour ne pas renvoyer à un appareillage de fixation, à la jonction entre manche et pale, sans doute très résumé sur les représentations actuellement disponibles dans le corpus armoricain.

La base du monolithe est malheureusement mal renseignée, faute de recul pour l'éclairage, et devra être reprise.

10. Station 10 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 4/Centre

Corpus photographique (1,45 Go) : 122 photos au format .NEF (12,3 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 122 photos corrigées au format .jpeg (9,6 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ; utilisation des photos DSC_0400 à DSC_0521.jpeg.

Corpus graphique vectoriel (6,95 Go) : 107 fichiers vectoriels au format .ai (59,8 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse (fig. 16).

Cette fenêtre concerne essentiellement un motif quadrangulaire et, sur sa partie droite, un motif semblable mais compliqué par l'adjonction insoupçonnée de signes croisés.

- Le tracé **A** anticipe sur le bord droit du motif quadrangulaire supérieur. Il semble recouper **C**, base du motif.
- **B** est un tracé inscrit dans le prolongement de **C**, côté supérieur d'un petit quadrangulaire venant au contact de l'angle inférieur du précédent. Son bord droit et basal est **E** tandis que le côté gauche **D** semble outrepasser la limite inférieure ; mais ici le jeu des cannelures de la météorisation trouble la lecture et peut induire en erreur, l'eau circulant naturellement guidée par ces gravures longitudinales.
- Le tracé **F** se confond avec le motif : il s'agit d'un signe croisé vertical au manche droit, à l'extrémité proximale renflée. Plus étonnant, le signe est renversé par rapport au positionnement attendu. Ce sont en réalité 3 autres signes similaires qui répètent cette inversion (en **Q**, **O** et **R**), mais en étant obliques cette fois par rapport à un axe longitudinal à la stèle. Chaque fois qu'une relation chronographique est établie, leurs tracés sont postérieurs aux signes environnants.
- Une série d'enlèvements détermine en relief un motif de hache emmanchée : **G** et **H** dégagent la lame et le crosseron externe ; **I** le crosseron interne et le talon supérieur de la hache ; **J** le talon inférieur et le haut du manche.
- Le motif de la hache est inscrit sur un quadrangulaire à peine perceptible à l'arrière-plan. **K1** et **K2** marquent le côté supérieur. **P** le bord droit, qui se perd quelque peu vers le haut ; **N** inscrit à mi-chemin un segment horizontal à l'intérieur du rectangle. **S** est le côté inférieur. **W** se superpose à **X** et **S** pour réinscrire, semble-t-il, le côté gauche.
- La partie supérieure du motif de hache emmanchée révélée dans la station précédente vient ici s'achever : **V** est un large enlèvement de matière ; **U** et **T** dessinent le crosseron et le talon fin qui outrepassent largement son manche.
- Déjà mentionné par son côté **X**, le quadrangulaire peut être suivi sur son côté gauche et supérieur à travers le tracé **Y**, dont on ne peut pas mieux relever les différentes phases de réalisation, étant suivi jusqu'au dégagement presque intégral du manche de la hache. **Z** assure l'enlèvement symétrique à gauche du manche, ainsi que le bord supérieur du quadrangulaire.
- L'ensemble du motif de la hache est redevable d'un large enlèvement **H** et **AC**, ainsi que **AF**, sans pouvoir les hiérarchiser. Puis **AE1/AE2** dégagent la lame élargie, **AG** le crosseron interne.
- Au-dessus, le quadrangulaire suivant apparaît avec le tracé de sa base concave en **AJ**, qui recoupe le bord gauche **AK**. Notons qu'un enlèvement manifeste affecte en **AI** le pourtour d'un accident naturel dans la roche (grosse inclusion en relief, non identifiée) qui rappelle exactement le phénomène observé sur la face 1 et à cette hauteur.
- Un tracé **AA** a été identifié, mais ne correspond à rien de réel sur le terrain. Un autre pseudo-tracé fut relevé en **AD** mais ne restitue qu'un pli naturel et trompeur dans la roche.
- Enfin, plusieurs cupules se superposent à des tracés, en **F**, **G** et **Y**.

Conclusion intermédiaire sur la partie centrale de la Face 4 :

Un motif quadrangulaire déporté en bordure gauche de la stèle est surmonté d'une hache emmanchée en position centrale, mais obliquement disposée et présentant un corps élargi jusqu'au tranchant. Son talon dépasse très largement l'extrémité distale du manche croisé et le résultat est alors proche par cette morphologie singulière d'un autre exemplaire similaire en haut de la face 1.

Un autre motif quadrangulaire répétant la même formule est accolé sur la droite, mais il est plus réduit et décalé vers le bas au lieu d'être en position d'équivalence. La jonction entre les surfaces des deux motifs est occupée par une grande croisée inversée et verticale (55 cm). Le petit motif rectangulaire est lui-même couvert de trois croisées juxtaposées, plus petites et obliques, comme rangées.

11. *Station 11 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 4/Haut*

Corpus photographique (1,26 Go) : 105 photos au format .NEF (12,3 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 105 photos corrigées au format .jpeg (9,9 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ; utilisation des photos DSC_0296 à DSC_0399.jpeg.

Corpus graphique vectoriel (5,01 Go) : 76 fichiers vectoriels au format .ai (69,8 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse (fig. 17).

D est un segment oblique par rapport à l'axe vertical de la stèle ; il est fait de deux tracés distincts D1 et D2 se joignant au point de rencontre avec le motif cruciforme, en lui étant, semble-t-il, postérieur. Les deux extrémités ne présentent pas la même morphologie : à droite le relevé du trait est à angle droit, à gauche il est moins long et oblique. Cette forme dissymétrique à bords relevés peut être interprétée comme une embarcation (pour des exemples similaires, voir Cassen 2007 et 2011).

Dessous, les tracés **E**, **F** et **G** dégagent tour à tour le crosseron et le talon d'une hache emmanchée, tandis que **M** détoure la partie distale de la lame polie. Le manche est dessiné par **K** et **L**, **K** étant recoupé par **G** alors que **L** se superpose à **M**.

- L'inscription de ce manche se fait aux dépens d'un motif quadrangulaire aux angles supérieurs saillants, donnés par les tracés **J** et **H**.
- Le pseudo-tracé **I** est encore une fois un leurre, aucun tracé n'ayant été repéré sur l'original à cet endroit.

Conclusion intermédiaire sur la partie haute de la Face 4 :

Débutant ou clôturant la séquence en haut de cette face, un motif cruciforme vertical est positionné au creux d'un signe plat aux extrémités relevées et asymétriques, lui-même disposé en oblique par rapport à l'axe longitudinal de la stèle. Par analogie avec nos études antérieures sur le Mané Lud, et par comparaison directe avec un motif semblable au Mané Kerioned A (Carnac, inédit), l'ensemble est interprété comme une figuration humaine debout dans une embarcation.

Cette représentation surmonte l'assemblage normé d'une hache croisée placée au centre d'un motif quadrangulaire aux angles supérieurs néanmoins saillants..

4.11.3.2. Levés sur l'original

1. *Station 12 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 2 (centre)*

Corpus graphique vectoriel (892,6 Mo) : 39 fichiers vectoriels au format .ai (15,5 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse.

Une station spécifique a été implantée sur la face 2, de telle sorte que le quadrupède puisse être enregistré sur la totalité de son développement, sachant que l'arrière-train est en partie tourné sur la face 3. Le panneau découpé par Arc'Antique ayant amputé ce secteur, il était préférable de tout reprendre dans une seule fenêtre d'observation (fig. 18).

- Le tracé **A** dégage le bord droit d'une encornure, et vient entamer le tracé **I**.
- Le tracé **B** détermine à la fois le bord gauche de l'encornure précédente et le côté droit de la

seconde corne. Il y a donc une différence d'appréciation avec le levé sur le panneau moulé, proposant un seul enlèvement périphérique aux encornures, mais qui s'explique par le moindre éloignement de l'objectif photographique et de surcroît sur l'original, et un plus grand nombre de clichés consacré à un seul sujet.

- Le tracé **C** dessine enfin le bord gauche de la seconde corne et se poursuit du chignon jusqu'au garrot bien dégagé. Le relief réservé suggère ainsi une corne plus petite que la première ; il est par conséquent tentant de la considérer comme la corne gauche tandis que la première, au premier-plan et donc plus longue, serait la corne droite.
- Le tracé **D1**, conformément à notre levé n° 6 sur le tirage, est antérieur à C et détoure la croupe. Nous avons plus bas distingué un tracé **D2**, bien qu'aucune interruption flagrante n'ait été enregistrée, en raison de son détachement volontaire du contour général de l'animal. En écartant d'emblée une erreur du sculpteur qui n'aurait pas corrigé son ouvrage, nous tenons cette excroissance comme volontaire, et trop bien placée au niveau de la queue pour que ce détail ne demeure pas sans signification. La seule alternative tient à la localisation du signe, soit partie réservée en relief entre E et D2, soit partie en creux se confondant alors avec D2 (notre choix).
- Le tracé **E**, antérieur à D2, tout du moins à l'emplacement de sa reprise possible pour dégager la queue, vient dessiner l'arrière de la patte droite.
- En **F** s'établit un enlèvement de matière de part et d'autre du membre inférieur gauche. Cette orientation est donnée par un traitement spécifique sur la surface de la roche, sous le ventre, qui détache le haut de la patte alors que sa voisine est nettement solidaire du corps de l'animal. Nous retrouvons ici la solution graphique appliquée sur le caprin pour rendre compte d'une vue en perspective. Notons que l'extrémité de F recoupe le tracé H.
- Ce tracé **H** a été suivi en continu de la panse jusqu'à l'intervalle visible entre les membres antérieurs. Un enlèvement **G** a été comptabilisé, sans savoir s'il est bien anthropique. Situé à une bonne hauteur pour signifier le sexe d'un mâle (voir l'image du cachalot au Mané Lud à Locmariaquer) ou les pis d'une vache, il manque cependant de détail pour convaincre.
- Le tracé **I** est ici mieux suivi que sur le tirage, perturbé par des artefacts de manutention. Il contourne la patte droite – mais malheureusement aucun argument décisif ne permet d'assurer l'orientation droite plutôt que gauche – et vient dessiner la tête en son entier. Nous ne retrouvons pas cette fois le double enlèvement au niveau du mufle retenu dans la station 6.
- Enfin, une petite dépression est confirmée sur la tête qui pourrait en effet correspondre à la position d'un œil.

Conclusion intermédiaire sur l'animal gauche de la Face 2 :

Ce quadrupède est un animal dont la représentation des encornures par arcs radiés, mais en position basse sur la tête, ne plaide pas en faveur d'un caprin mais plutôt d'un bovin. La proportion du corps, la taille du garrot et bien entendu la présence d'une queue allongée plaident finalement en ce sens et confortent le précédent diagnostic établi par comparaison avec le second animal.

2. Station 13 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 2 (bas)

Corpus photographique (384,9 Mo) : 37 photos au format .NEF (9,9 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 46 photos corrigées au format .jpeg (6,7 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ; utilisation des photos DSC_0450 à DSC_0483.

Corpus graphique vectoriel (622,8 Mo) : 15 fichiers vectoriels au format .ai (30,2 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse.

Cette station vient compléter, malgré ses limites en raison du sol qui empêche le croisement des éclairages tournants, le levé de la partie basse du monolithe (station n° 5). L'enregistrement du panneau bas du tirage est en effet surchargé de tracés indécis qu'il convenait de réduire, la présence de gravures ne faisant pas discussion (fig. 19).

- Le tracé A est manifestement un angle, peut-être d'un motif quadrangulaire.
- Le tracé B est une ligne horizontale se poursuivant en sous-sol, et la ligne B en est un second exemple.

Conclusion intermédiaire :

À l'image du bas de la face 1, une composition de signes à base de lignes orthogonales semble achever le bas de la face 2. Une fouille de la partie enterrée sera seule en mesure de résoudre l'énigme de la composition actuelle.

3. Station 14 : levés par éclairages rasants et tournants sur le motif circulaire face 4 (bas)

Cette station supplémentaire (fig. 19) est devenue indispensable quand la présence d'un motif circulaire est apparue en station 9. Insuffisamment circonscrit pour que nous ayons pu conclure sur ses limites et son environnement gravé, et, s'il devait être vérifié, d'une grande importance dans la sémiologie générale de la stèle, notamment en raison des enregistrements récents à Gavrinis et dans le massif de Fontainebleau, le motif en question a donc exigé un retour au terrain en 2015. La fenêtre d'acquisition fut par conséquent beaucoup plus réduite, et tous les détails recherchés ont été assez bien rendus pour définir l'ensemble sans ambiguïté. Un objectif Nikon AF-S 10-24 mm DX/3 a été ici pour la première fois utilisé, avec succès.

Corpus photographique (868 Mo) : 77 photos au format .NEF (11 Mo en moyenne ; 4288 × 2848) ; 53 photos corrigées au format .jpeg (3,9 Mo en moyenne ; 3543 × 2353) ; utilisation des photos DSC_0008 à DSC_0058.

Corpus graphique vectoriel (964,6 Mo) : 43 fichiers vectoriels au format .ai (20 Mo en moyenne) + 2 fichiers de synthèse.

Les acquisitions ont porté l'accent sur les tracés mal définis en station 9, aussi les tracés généraux (lignes obliques – horizontales dans la stèle redressée) n'ont pas été davantage parcouru.

- Le tracé vertical **A** est confirmé dans sa superposition sur la ligne **L**.
- Les cupules **B**, **C**, **F** et **J** sont bien visibles, les deux premières étant postérieures aux gravures des motifs quadrangulaires.
- Un tracé **D** a été individualisé malgré la forte altération du support, qui se traduit par un étalement des contours du creux à cet endroit. Si **D2** semble postérieur à **D3**, la relation d'antéro-postériorité entre **D2** et **D3** est impossible à établir, le contour même de **D2** demeurant incertain. On peut cependant observer que **D1** et **D2** sont antérieurs à **L**. Le motif dégagé par ce contour semble clairement une lame de hache polie non emmanchée. Il sera par contre impossible de vouloir reconnaître le type de l'instrument, notre proposition de contour étant le résultat d'un « lissage » intuitif qui peut s'apprécier différemment selon les opérateurs ; il semble que le tranchant pourrait être évasé mais les incertitudes sont vraiment trop grandes pour conclure.
- Le tracé **E** est ici rappelé pour mémoire, sans insister sur son contour ; il fait partie d'un ensemble horizontal déjà répertorié, se prolongeant d'ailleurs dans le sous-sol.
- **G** et **H** sont deux enlèvements parallèles et rectilignes, entrevus dans la station 9, dont l'un (**G**) vient s'arrêter sur une anfractuosité naturelle dans le granite. Ces deux signes déterminent en réalité par champlevé un motif central sur lequel nous reviendrons.
- Le tracé **I** est parallèle aux tracés **L** et **E** ; il est antérieur aux deux signes **K** et **G**.
- **K** est le motif circulaire également soupçonné en station 9, qui est cette fois presque entièrement suivi en sa circonférence. Il est recoupé par les tracés **D2/D3**. En considérant la présence des signes **G** et **H** qui viennent à son contact, une alternative peut donc être énoncée : si les enlèvements de matières constituent le signe, alors un anneau est superposé à deux segments rectilignes qui formeraient ainsi une sorte de « manche » ; s'il s'agit de considérer le champlevé, alors ce « manche » dégagé au centre et en relief viendrait non plus maintenir un anneau mais un disque. Dans le premier cas l'anneau pourrait être cet élément de parure désormais reconnu sur les sites du Bassin parisien (Vallée aux Noirs 6, Buthiers) ou ceux d'Armorique (Mané er Hroëck, Locmariaquer). Dans le second cas, les masses perforées en calcaire ou « marbre » pourraient répondre à l'image présentée (voir l'objet du Moustoir, Carnac). Une troisième possibilité peut bien entendu combiner les deux procédés permettant de restituer les motifs en cause : ainsi le manche serait figuré par la ligne droite et verticale en relief, tandis que l'objet à son extrémité serait un anneau, lui-même recoupé par une lame de hache polie (Cassen à paraître Jade 2 Conclusions).
- La cupule **J** au milieu du tracé **K** semble contemporaine des autres petites dépressions et pourrait donc être inscrite dans une phase postérieure. Une phase qui peut ne pas être très ancienne, l'anomalie circulaire encore visible aujourd'hui en plein jour ayant pu attirer l'attention et donc guider le lieu de son inscription.

Conclusion intermédiaire sur le motif dit circulaire en partie basse de la Face 4 :

Un assemblage assez bien identifié, malgré la forte altération du support, réunit un signe rectiligne à un signe circulaire étroitement associé à l'extrémité supérieure du premier. Le contour d'une lame polie, inscrite en légère obliquité, vient recouper le signe circulaire, en une intention manifeste. On retrouve ici le même agencement tripartite que celui tout juste inventorié sur la dalle **C4** de la chambre de Gavrinis. L'instrument « hache » vient donc au contact et outrepassé même ce qui pourrait être considéré comme un autre objet, qu'il s'agisse d'un anneau (bracelet) ou d'une sphère (masse), tous généralement pris dans des roches rares au sein des contextes funéraires armoricains.

Le sens de réalisation de la composition va du bas vers le haut.

4.11.4. Discussion et conclusions

La stèle dite de Saint-Samson fut l'objet de nombreuses dénominations (Pierre Longue, Pierre Bonde/Bonde de l'Enfer, Pierre Tonnerais/Pierre Tonnerre, La Tremblais/Thiemblye) qui traduisent le grand intérêt des populations sur une probable très longue durée des récits transmis à son sujet. Sur près de 8 m hors-sol en oblique (4 m de verticale), le monolithe penché à 50° laisse deviner une racine probablement enfoncée sur plusieurs mètres pour tenir une telle position. Un fouillement à la base est l'hypothèse généralement donnée mais non vérifiée pour expliquer l'affaissement actuel ; le sous-sol est en grande partie meuble et argileux, peu propice au maintien vertical d'une telle masse. Penchée en direction de la pente naturelle, la pierre a pu progressivement pousser et comprimer le bord oriental, quand bien même sa base aurait été calée par des moellons.

La roche est le granite de Bobital accessible à 4 ou 5 km au sud, et notamment en bordure de la Rance juste en amont de Dinan. Deux filons de quartz blanc la parcourent en oblique et en parallèle, mais on ne voit aucune installation des signes qui aurait pu jouer de cette singularité. Les 26,4 m³ de volume calculé grâce au modèle tridimensionnel permettent d'évaluer la masse à 70 t (et non 160 t comme l'indiquent et le répètent tous les sites Internet - voir la webographie en fin de descriptif). Les traces de la météorisation sont très marquées depuis le sommet à travers de nombreuses et larges cannelures sur 1,5 m de long, formées au temps où la stèle était encore parfaitement verticale. Au moins trois faces ont été soigneusement dressées pour laisser place à des panneaux réguliers dans lesquels les signes ont été dégagés, pour l'essentiel par champlevé. La face occidentale est lissée et polie par endroits en raison des nombreux frottements qui ont affecté sa partie basale ; soit par ascension, soit par suite du fameux rituel de la « glissade » dans le cadre des croyances populaires portant sur le pouvoir génésique de la stèle. La face orientale est une ancienne face d'arrachement, naturellement plane et qui n'a pas reçu de gravures autres que le motif inscrit à son sommet. Mais le processus de desquamation habituel sur ces faces fragilisées par l'extraction, et les vastes thermo-altérations dues à des foyers menés au sol sous l'abri du monolithe, ont peut-être altéré la lecture des possibles traitements de surface.

Une centaine de cupules, postérieures à l'iconographie néolithique chaque fois que la relation chronologique a pu être établie, marque les trois faces ornées ; aucune n'est inscrite sur la face orientale pourtant très accessible, preuve d'une pratique directement liée aux panneaux les plus gravés. Or, l'effacement presque total des gravures en face occidentale laisserait entendre que la production de ces petites dépressions est pour le moins assez ancienne. Elle est en tout cas à la mesure de la stèle dans sa position actuelle puisque les parties affectées sur les faces septentrionale et méridionale sont toutes à la portée d'une personne debout. Seule la face occidentale démontre une intervention qui suppose soit une ascension sur 5 m pour atteindre l'emplacement des cupules les plus hautes, soit plus vraisemblablement un accès latéral pour une percussion menée depuis une échelle appuyée sur un des deux bords. On ne voit pas, en outre, de motif qui aurait bénéficié d'une plus grande attention, hormis peut-être « l'aviron de gouverne » qui concentre 18 cupules de toutes tailles. Il est vrai que les tracés du motif en question sont encore aujourd'hui assez visibles.

La surface occupée par les signes gravés (visibles) est considérable : 50 m² au total dont 36 m² en face principale (occidentale). Seules les parois de la tombe à couloir de Gavrinis supportent la comparaison avec 47 m² de panneaux cumulés (en excluant la dalle de couverture de la chambre). Il n'est sans doute pas accidentel que ce monument soit aussi la seule comparaison trouvée en Armorique pour commenter le couple bovin-caprin figuré sur la face septentrionale de Saint-Samson.

L'orientation actuelle du monolithe, qui doit refléter à peu près une même orientation au temps de sa verticalité, suit parfaitement les quatre points cardinaux. Seule la face septentrionale se démarque par l'inscription d'un seul grand motif à son sommet. Les trois autres faces sont presque intégralement couvertes de signes et les scènes se prolongent en terre, preuve supplémentaire d'un affaissement dans le substrat meuble. L'homogénéité visuelle du registre iconographique est indéniable, fondée sur l'association récurrente entre une hache emmanchée et une figure quadrangulaire répétée sur trois faces. La prise en compte du détail des motifs laisse cependant entrevoir des différences assez fondamentales pour distinguer chaque face en autant de programmes iconographiques.

La face 1, à l'ouest, présente plusieurs registres superposés et séparés de motifs plus ou moins imbriqués.

- Au sommet se juxtaposent deux signes quadrangulaires de taille comparable et à base plutôt rectiligne ; ils sont surmontés de trois haches emmanchées de morphologie et de placements distincts. Seule la hache de gauche est placée au centre du rectangle, comme il est attendu ; les deux autres haches se partagent le second rectangle, et si celle de droite présente une lame très oblique venant toucher l'extrémité distale du manche croisé, tandis que son extrémité proximale vient toucher son embase, l'exemplaire du milieu est à lame horizontale, manche croisé dégagé dont la base est cette fois profondément implantée dans le motif quadrangulaire. Notons au surplus que si la lame de gauche est à tranchant élargi, celle du milieu est au contraire à tranchant aminci.
- Deux autres motifs quadrangulaires occupent le registre du dessous, mais leurs bases rectilignes suivent cette fois une même oblique descendant vers la gauche. Sur le rectangle de gauche, une hache emmanchée est implantée sur un motif en croissant (portion de disque), lui-même inscrit dans un croissant plus large qui surmonte à son tour le rectangle en question. On notera que la

hache n'est pas centrée sur son embase, car le point est occupé par un nodule naturel ovoïde, sorte de noyau dur en relief dégagé par l'érosion du granite, et qui a été manifestement mis à profit par le sculpteur. A droite, une forme dissymétrique allongée occupe le haut du quadrangulaire, marquée à ses extrémités gauche et droite respectivement par un signe en crosse et un segment bilobé. La réunion de ces trois unités graphiques significantes nous conduit à reconnaître la ligne directrice d'un cétacé tel qu'il a été défini en Armorique-sud. L'animal marin est ici superposé en son milieu à un petit carré englobé dans le grand quadrangulaire. Les deux motifs rectangulaires du registre sont d'ailleurs divisés par une même ligne transversale.

- Ce sont à nouveau deux motifs quadrangulaires qui occupent le registre du dessous, cette fois surmontés de deux haches croisées bien implantées en leur centre. Les bords supérieurs des rectangles sont concaves. Un croissant est à signaler dans le motif de droite, inclus dans son bord supérieur. Surmontant les angles supérieurs juxtaposés des quadrangulaires, un quadrupède est étroitement pris entre le tranchant de la hache de droite (par la croupe) et le talon de la hache de gauche (par le mufle). Une encornure complexe élargie plaide en faveur d'un cervidé, cerf ou plus logiquement élan.
- Le quatrième registre inférieur complique le dispositif mais lui reste également fidèle. A droite, un motif quadrangulaire intègre une forme en croissant qui supporte une hache croisée. Juste à côté de cette hache, isolé sur le panneau, deux arcs de cercle fusionnent leurs côtés, rendant l'aspect d'un signe « cornu ». Compte tenu du contexte réaliste des représentations zoomorphes, de l'échelle adoptée et du positionnement du signe dans l'espace, nous proposons de le relier aux autres « cornus » du répertoire armoricain désormais interprétés comme oiseaux. Sur la gauche du registre, un quadrupède est défini par deux détails surdimensionnés : une oreille allongée et dressée, une dent courbe échappée de la gueule. « Écoute » (nom de l'oreille donné au sanglier) et « défense » qualifient certainement un suidé sauvage. Notons que la gravure de cette canine outrepassa le bord de la face 1 et vient toucher un quadrangulaire gravé en face 2.
- Le cinquième registre est une succession de motifs quadrangulaires superposés et contigus. Seuls deux d'entre eux en haut et à gauche sont surmontés de gravures, et si une hache croisée est fort logiquement posée au centre du spécimen de gauche, celui qui lui est juxtaposé porte en son milieu un signe coudé donnant l'impression visuelle d'une hache amputée, dont il manquerait le talon et le crosseron. Le motif quadrangulaire du dessus vient en effet directement à son contact, rendant cet effet d'écrasement.

La face 2, au nord, se développe en quatre registres superposés, coïncidant partiellement avec l'organisation relevée en face 1.

- Au sommet est dégagé un quadrangulaire aux bords supérieur et inférieur concaves. En son milieu est verticalement posée une hache croisée. Notons que la pointe gauche du croissant en face 1 vient mordre sur la face 2 jusqu'à toucher l'angle inférieur droit de ce motif presque trapézoïdiforme.
- Un motif similaire est inscrit dans l'espace au-dessous. Mais alors que l'orientation du premier motif supérieur avait tendance à pencher à gauche, l'obliquité de ce dernier est franchement tournée à droite.
- La même pente est suivie par la composition inscrite juste en dessous. Deux quadrupèdes cornus se suivent, les têtes tournées vers la droite. L'animal de gauche est exactement deux fois plus « gros » (géométriquement parlant) que son voisin. Il est muni d'une queue allongée, son encolure est massive et les encornures radiés sont courtes relativement à la tête (taille identique) : ces détails plaident en faveur d'un bovin, plutôt domestique. L'animal de droite, aux membres plus allongés en regard du corps, au mufle plus étroit et à l'encornure unique trois fois plus allongée que la tête, milite en faveur d'un caprin. On note que l'extrémité de la corne outrepassa la face 2 pour venir toucher l'angle du rectangle en face 1. Ces deux animaux reproduisent l'exacte composition relevée sur la stèle Table des Marchands/Gavrins, autrement dit la succession caprin-bovin, en position inclinée pour présenter dynamiquement leurs armes naturelles de défense.
- Formant un troisième niveau, un motif quadrangulaire isolé supporte en son milieu supérieur la classique hache emmanchée. Il est aussi penché vers la droite mais son bord droit épouse la ligne verticale du support. La défense du sanglier gravé en face 1 vient ici mordre sur la face 2 pour toucher le motif en question.
- Enfin, un dernier motif quadrangulaire est positionné dans le secteur inférieur, rétablissant l'assiette horizontale et venant coïncider et prolonger le registre des rectangles contigus décrit en face 1. La hache qui est positionnée au milieu du motif présente la plus longue lame parmi les 17 individus recensés sur la stèle. Un croissant est à nouveau visible à l'intérieur du rectangle, divisé en sa partie basse.
- **La face 3, à l'est**, n'était pas connue pour contenir des gravures. Un large motif occupe cependant la totalité du support, au point qu'il déborde sur la face 2, aidé en cela par un pan naturel coupé dans le monolithe. Cette forme curviligne est dissymétrique, aux extrémités relevées. Elle s'apparente à un bateau sans équipage, et notamment à l'exemplaire découvert sur le rocher de Vallée aux Noirs 6 à Buthiers (Seine-et-Marne - Cassen et al. 2014a et b).

La face 4, au sud, semble organisée un peu à la manière de la face 2, mais avec davantage de niveaux superposés.

- Au sommet est implanté un signe cruciforme posé sur un plat à bords redressés. Dans les registres morbihannais, le signe principal est assimilé à un personnage debout (Cassen 2007). Et la forme évidée sous-jacente est identique à certaines représentations d'embarcations élaborées par de nombreuses sociétés par le monde. Notons que la forme n'est pas installée à l'horizontale mais penchée vers la droite.
- Au dessous est disposé le motif classique d'une forme quadrangulaire surmontée d'une hache emmanchée en son milieu. La base est concave, penchée vers la gauche, mais le bord gauche suit verticalement l'arête du monolithe.
- Plus bas, en un troisième registre, faisant suite à la composition gravée en face 1 et placée au même niveau, un quadrangulaire à base rectiligne et horizontale est encore une fois surmonté en son milieu d'une hache. Manche croisé et lame polie à tranchant élargi sont obliquement disposés, penchant vers la gauche. Accolé à ce motif, une composition étonnante réunit une hache emmanchée, quatre crosses renversées et deux rectangles superposés (ou un rectangle divisé). La hache est résolument introduite dans la forme quadrangulaire et si le manche est oblique la lame est droite. Sur les quatre spécimens de crosses, le plus grand est verticalement accolé au bord du grand quadrangulaire tandis que les trois plus petits se répartissent dans les deux rectangles, l'un en forme de « cane » est coincé en oblique entre la grande crosse et le manche de la seconde hache, les deux autres, à crosser plus ouvert mais tout aussi obliques, semblent reposer sur la base du rectangle inférieur.
- Dans un quatrième registre sont assemblés plusieurs motifs quadrangulaires de tailles dissemblables. Un seul est surmonté d'une hache emmanchée, caractérisée par une implantation de la base du manche au sein même du motif. Et si ce manche est droit, la lame est complètement penchée vers la gauche. Mais l'originalité du registre provient d'une forme centrale, allongée et verticale, partagée en deux sous-ensembles de géométrie opposée : une ligne verticale, occupant la moitié du motif, est en effet surmontée d'une sorte de pale à l'extrémité supérieure rétrécie, marquée d'une série de chevrons emboîtés. Trois détails graphiques sont notés à la jonction de ces deux sous-ensembles : une cupule, distinguée des autres dépressions sur la surface de la stèle, et deux segments qui semblent placés juste sous la pale. Par analogie avec des signes semblables inventoriés par ailleurs en Bretagne, nous proposons de reconnaître ici un aviron de gouverne, orné et disposé dans une présentation valorisante.
- Le dernier registre au bas de cette face est probablement incomplet, l'usure et une partie de la stèle encore enterrée entravent une bonne description de la scène. Nous sommes néanmoins en mesure de décrire un assemblage original fait d'une lame polie dont le talon vient au contact d'un anneau (et en réalité s'introduit en lui si l'observateur tient compte de l'enlèvement de matière pour créer le champlevé). L'anneau est à son tour centré à l'extrémité d'une tige verticale qui tangente un petit signe quadrangulaire. Tige, anneau et lame polie sont dans cet ordre retrouvé sur l'orthostate C4 de la chambre de Gavrinis. Au moins deux des signes sont des objets vrais (anneau et lame de hache) susceptibles d'être agencés en un dispositif symbolique, peut-être maintenu par un manche droit.

Au terme de ce résumé descriptif et interprétatif, plusieurs faits peuvent être encore notés pour contribuer au décryptage du programme iconographique.

À vingt-sept reprises pour le moins, si l'on ne compte pas les divisions internes, le motif quadrangulaire est répété. Représentation d'un espace terrestre selon nous, il figure une bonne partie du monde, qu'il soit continental ou insulaire.

La hache vient ensuite, à dix-sept reprises. Emmanchée dans un objet croisé, elle dirige systématiquement son tranchant vers la gauche. Différentes morphologies de lames distinguées supposent, en outre, que des types précis ont été représentés, mais il est impossible de mieux les qualifier en raison de l'érosion et d'un risque de sur-interprétation.

Le bateau vient après, sept fois reproduit, mais six embarcations sont sans équipage. Sur les trois faces contenant ces signes plus ou moins imbriqués, les formes sont toutes symétriques. Sur la face dirigée vers l'est, et donc vers la Rance, la forme est dissymétrique, témoignage architectural plausible pour un usage différent. A cet égard, l'aviron de gouverne en face 4 adhère étroitement à cette symbolique du déplacement par voie d'eau. C'est également sur ce panneau dirigé au sud qu'une embarcation se singularise au sommet de la composition, avec pour équipage un seul individu, debout au centre, bras en croix.

Puis les animaux sont répartis en deux panneaux, au nombre de six.

- En face 2, au nord, un couple de bovin et de caprin est placé en position oblique, présentant dynamiquement leurs encornures vers la droite alors que les haches dans ce panneau tournent leurs tranchants horizontaux (stabilisés) vers la gauche. Le caprin a la préséance sur le bovin, et par un hors-champ iconographique l'extrémité distale de sa corne vient au contact de l'angle surélevé d'un motif quadrangulaire en face 1.

- En face 1, à l'ouest, les mondes marins, aériens et terrestres sont représentés par un cétacé soufflant, un oiseau survolant une embarcation, un cervidé sautant d'une terre à l'autre, et un suidé isolé sur le support, mais dont la canine inférieure (défense) dépasse le cadre pour venir toucher un rectangle en face 2. La nageoire caudale de la baleine déborde sur la face 4 et vient aussi au contact d'un rectangle. Les trois grands animaux sauvages et dangereux sont présentés superposés mais en étant décalés dans la composition. Notons qu'à l'image des scènes du Bronzo et de TDM/Gavrinis, cétacés et oiseaux inversent par leur position l'ordre des milieux sous-entendus (l'oiseau est en bas, le « poisson » est en haut).

En somme, les bêtes s'opposent, et les animaux domestiques au nord sont en position d'attaque ou de défense face au mouvement des animaux sauvages dirigé vers eux.

Enfin l'Homme, déjà annoncé par cette description des faces 1 à 3, est au cœur du projet sémiotique du panneau 4. Il est physiquement présent en haut des registres superposés, en position hiératique, debout dans une embarcation à fond plat. Ses objets, que l'on tient en main, sont installés et présentés en allant vers le bas : haches emmanchées, crosses de jet au repos, aviron de gouverne verticalisé, assemblage symbolique d'un anneau et d'une lame polie nue.

Par chance, la position originelle non perturbée du monolithe laisse entendre que la division cardinale actuelle des quatre panneaux gravés suit ces grandes orientations que les humains se donnent, par rapport à leur corps et à la course du soleil. Et si le panneau tourné vers le soleil levant ne contient qu'une embarcation sans équipage, c'est bien qu'il fallait contraster avec la face au soleil couchant, littéralement couverte de signes. Les quatre faces de la stèle sont en soi une représentation du monde néolithique, avec des récits, des emblèmes, des représentants valorisés et animés ; sa section même est un quadrangulaire, la forme géométrique dominante dans les scènes figurées. Pour l'ensemble de ces raisons, nous qualifierons la pierre de Saint-Samson de stèle historiée (fig. 33, 34).

Remerciements : Monsieur R. Regnault, Maire de Saint-Samson-sur-Rance, pour nous avoir accordé l'autorisation d'intervenir sur un terrain propriété de la commune ; H. Masson (DRAC Bretagne) pour avoir autorisé cette intervention sur un monument classé au titre des MH ; A. Olivier pour avoir, à notre demande, testé au scanner à main la face nord du monolithe ; J.Y. Tinevez pour avoir bien voulu nous accueillir au dépôt de fouilles de Guingamp ; L. Lescop et C. Rodriguez Rellan pour toute l'aide apportée sur le terrain lors des missions de levés par éclairages tournants.

Photo S. Cassen



Photos L. Lescop

Photos V. Grimaud

Enregistrement photogrammétrique diurne du monolithe et des tracés, avec prise d'assiette par repères auto-collants et cible laser cruciforme.
Enregistrement nocturne des gravures sous éclairages tournants, par plancher élevé sur échafaudages couplés.

Figure 1

Enregistrement photogrammétrique



Figure 2

Séances d'acquisitions (éclairages tournants et photogrammétrie) au dépôt archéologique de Guingamp (Côtes d'Armor) sur les tirages en résine polyester stratifiée



Photos V. Grimaud



Photo: Cassen

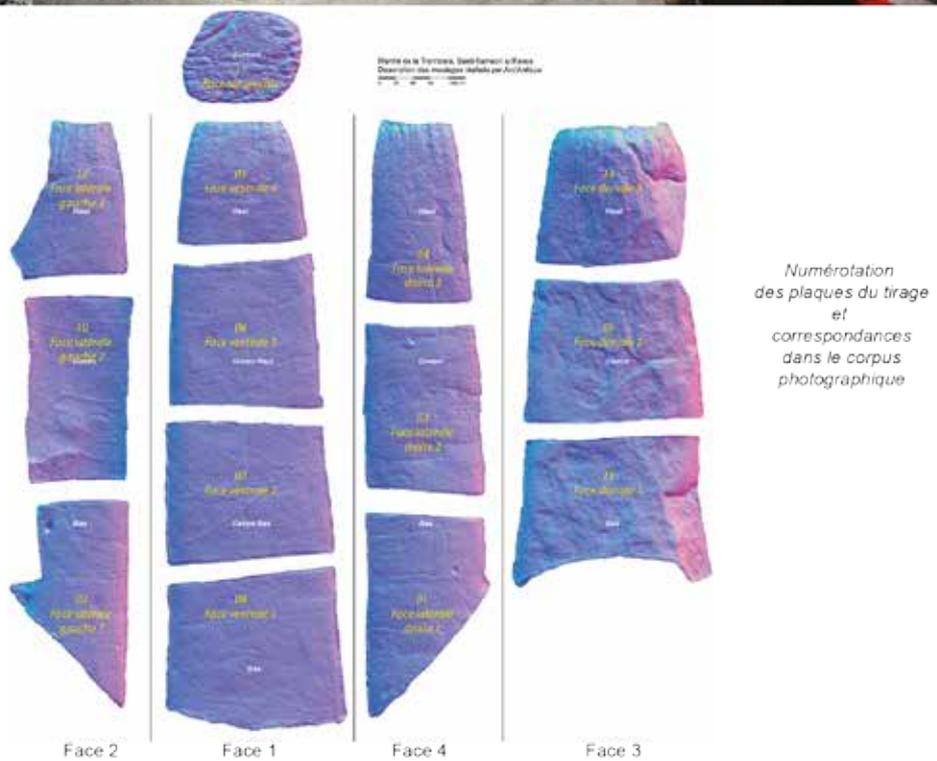


Figure 3

Assemblage des différents panneaux
découpés sur le tirage
et enregistrés
par photogrammétrie

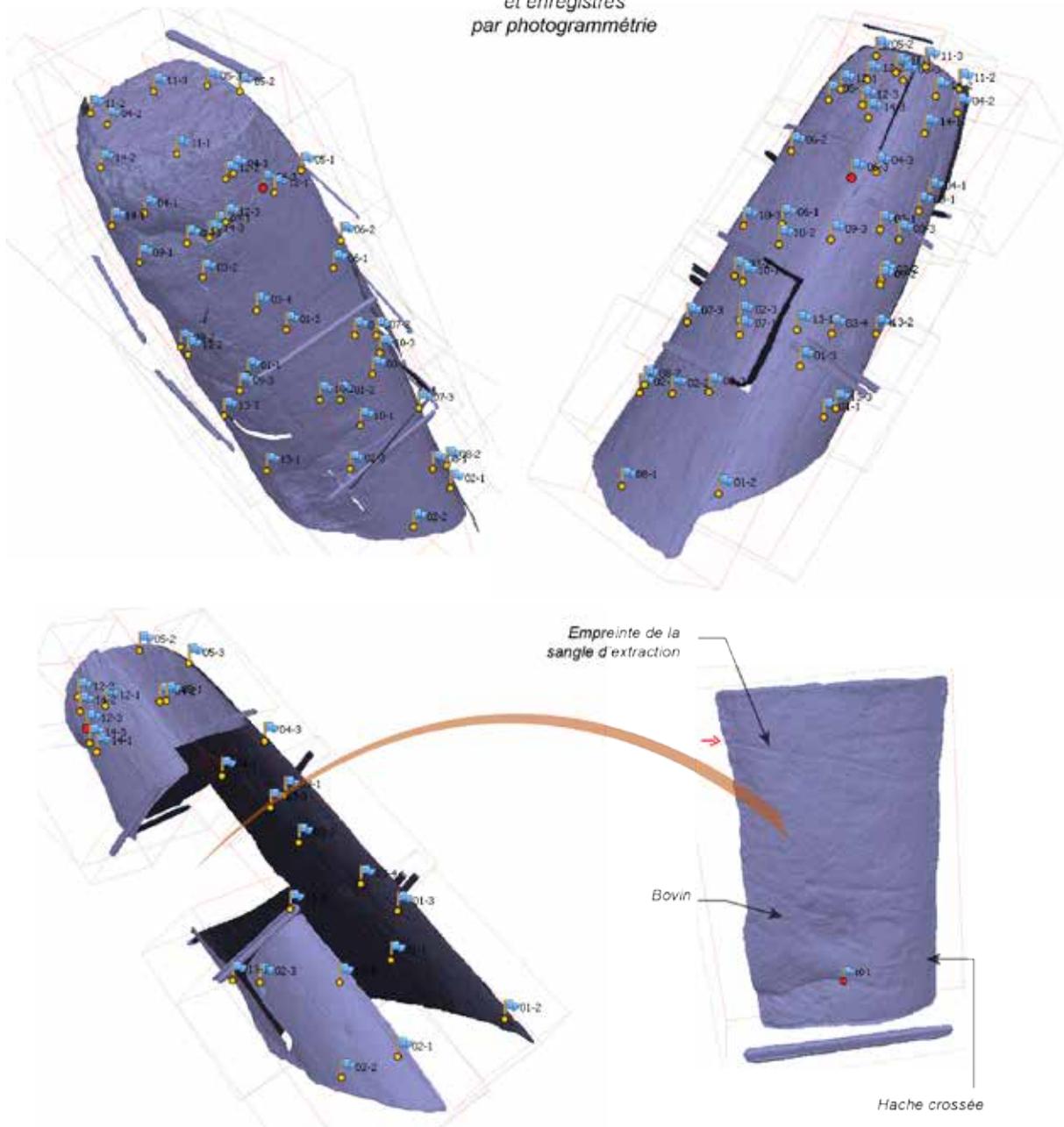


Figure 4

Fenêtres d'acquisition des gravures
éclairées par éclairages tournants et enregistrées par photogrammétrie

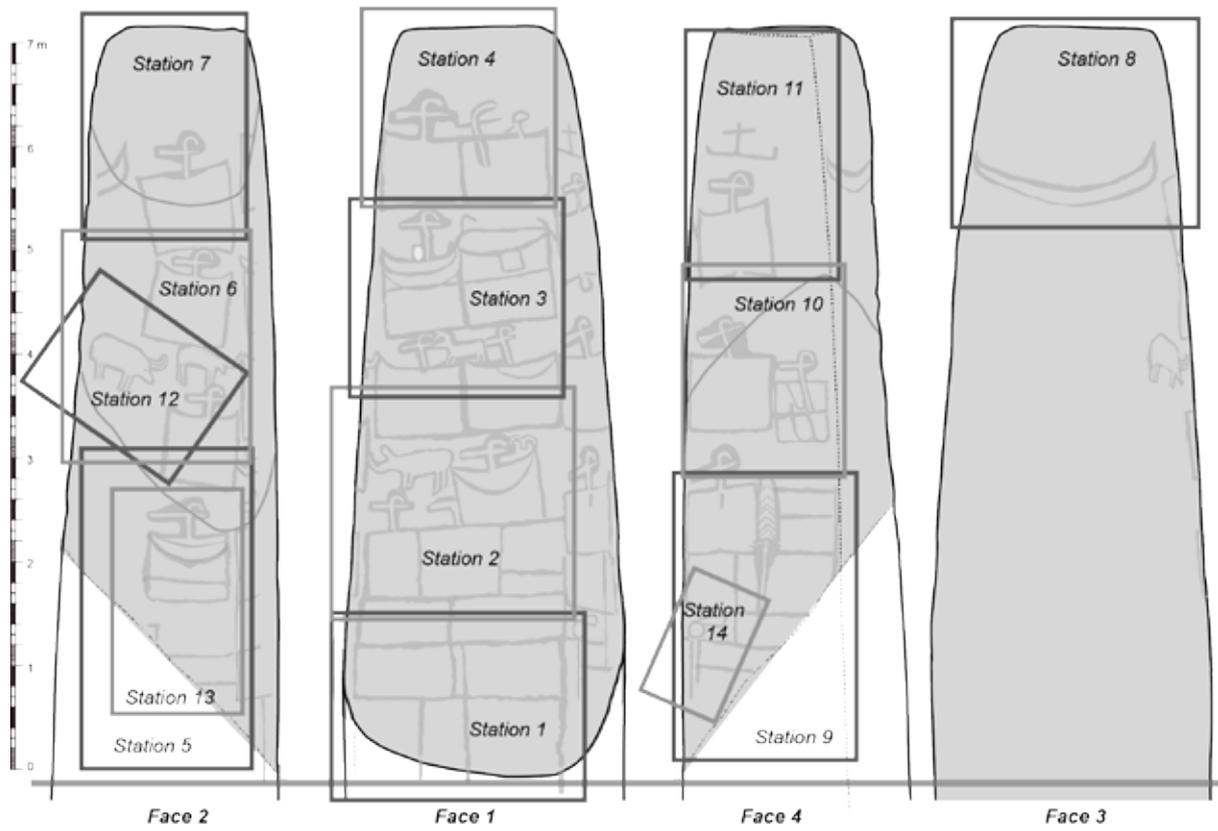
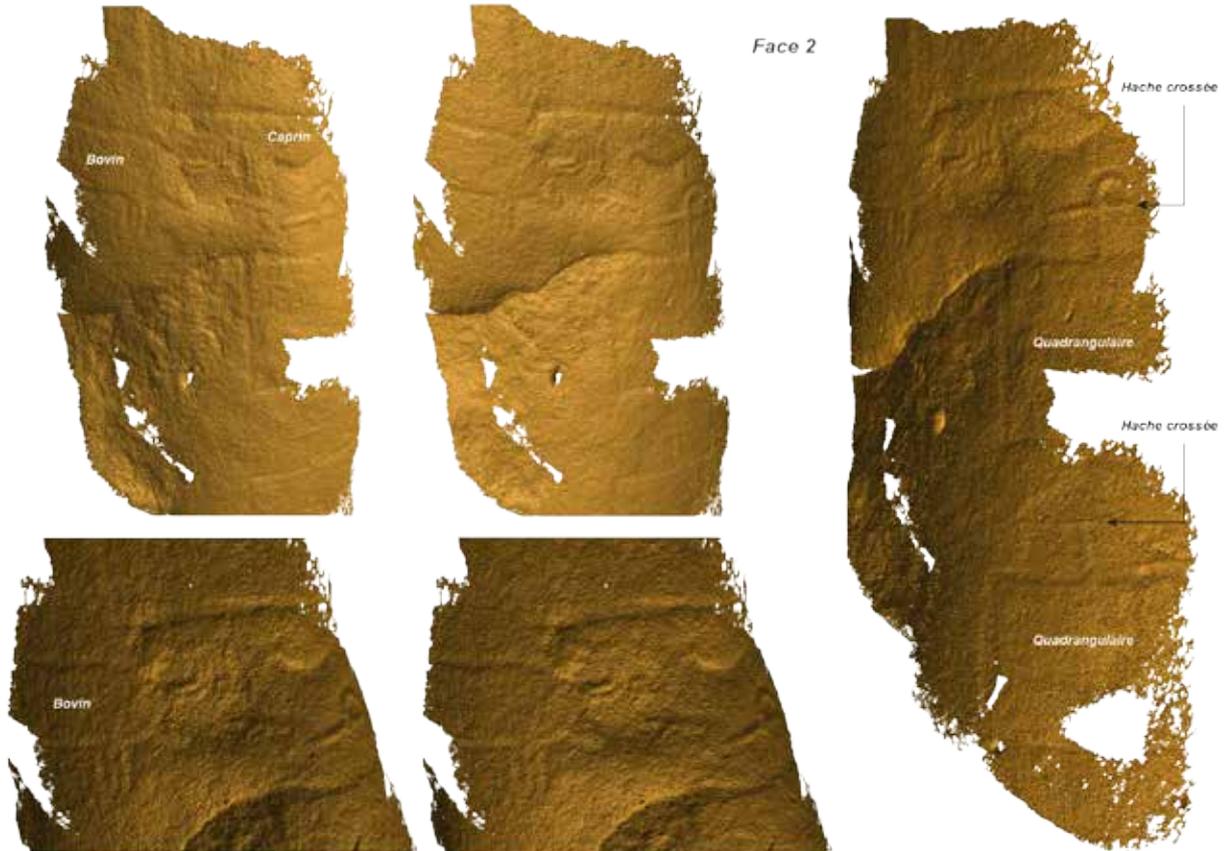


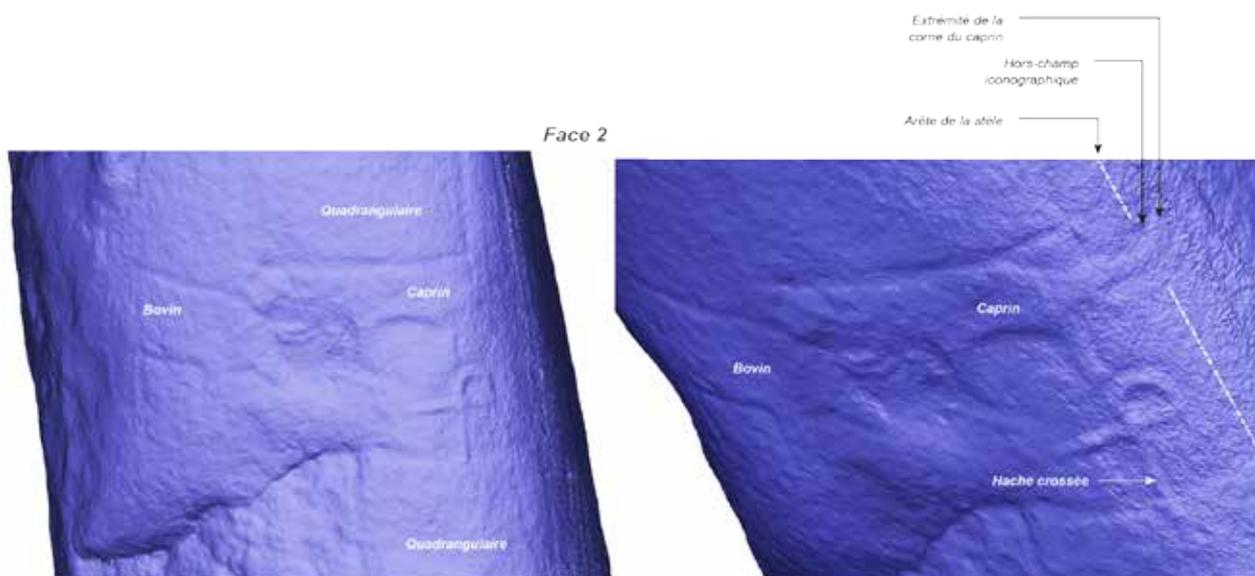
Figure 5

La Pierre Longue - La Tremblaie
Saint-Samson-sur-Rance (Côtes d'Armor)

Tests instrumentaux



Eclairages virtuels (Meshlab, filtre Ladder) appliqué aux nuages de points de la lasergrammétrie
(acquisition A. Olivier - 3D Avenir - sur scanner à main Artec Eva)



Eclairages virtuels (Meshlab, filtre Minnaert) appliqué aux nuages de points de la photogrammétrie
(acquisition H. Parlier)

Figure 6

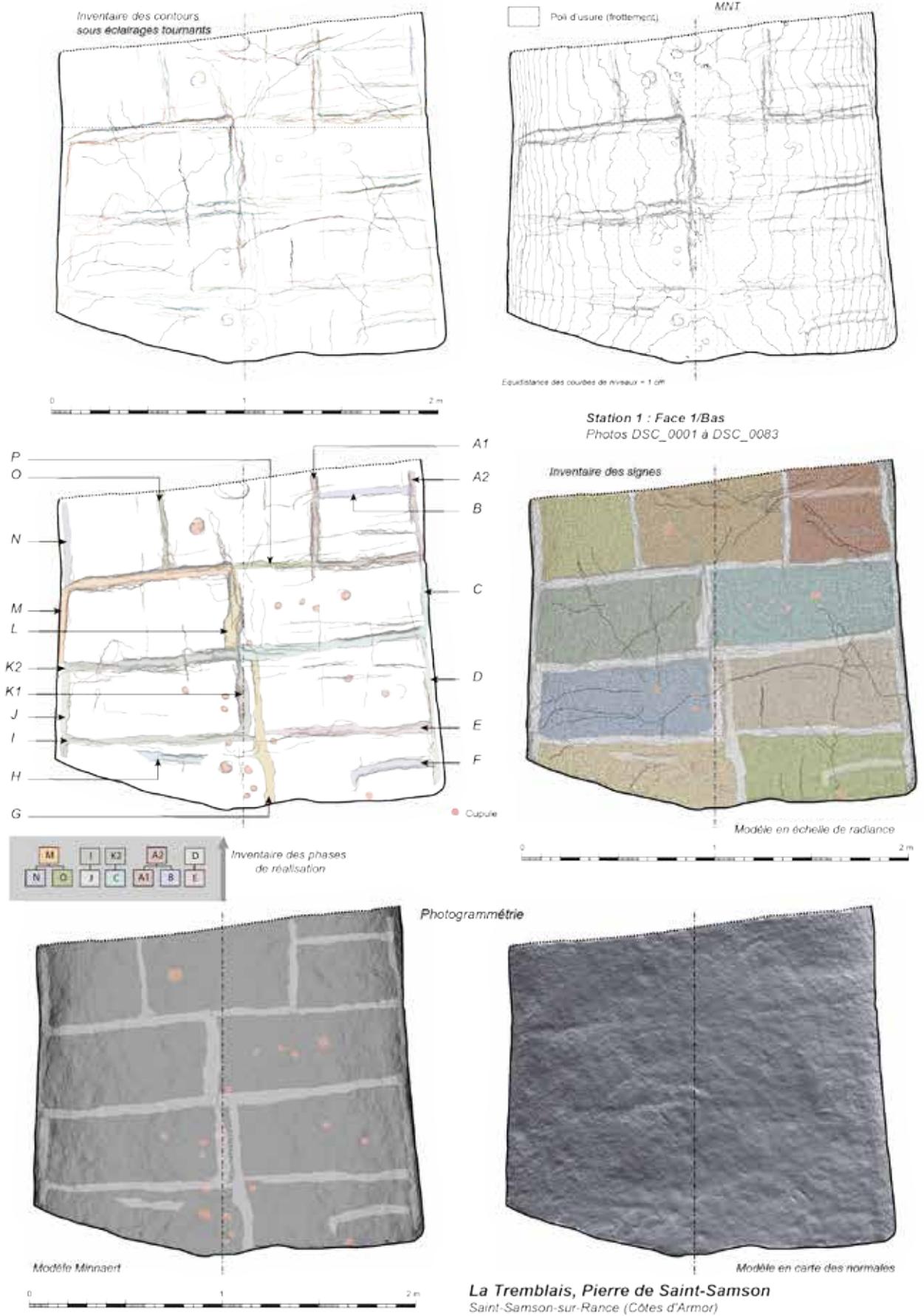


Figure 7

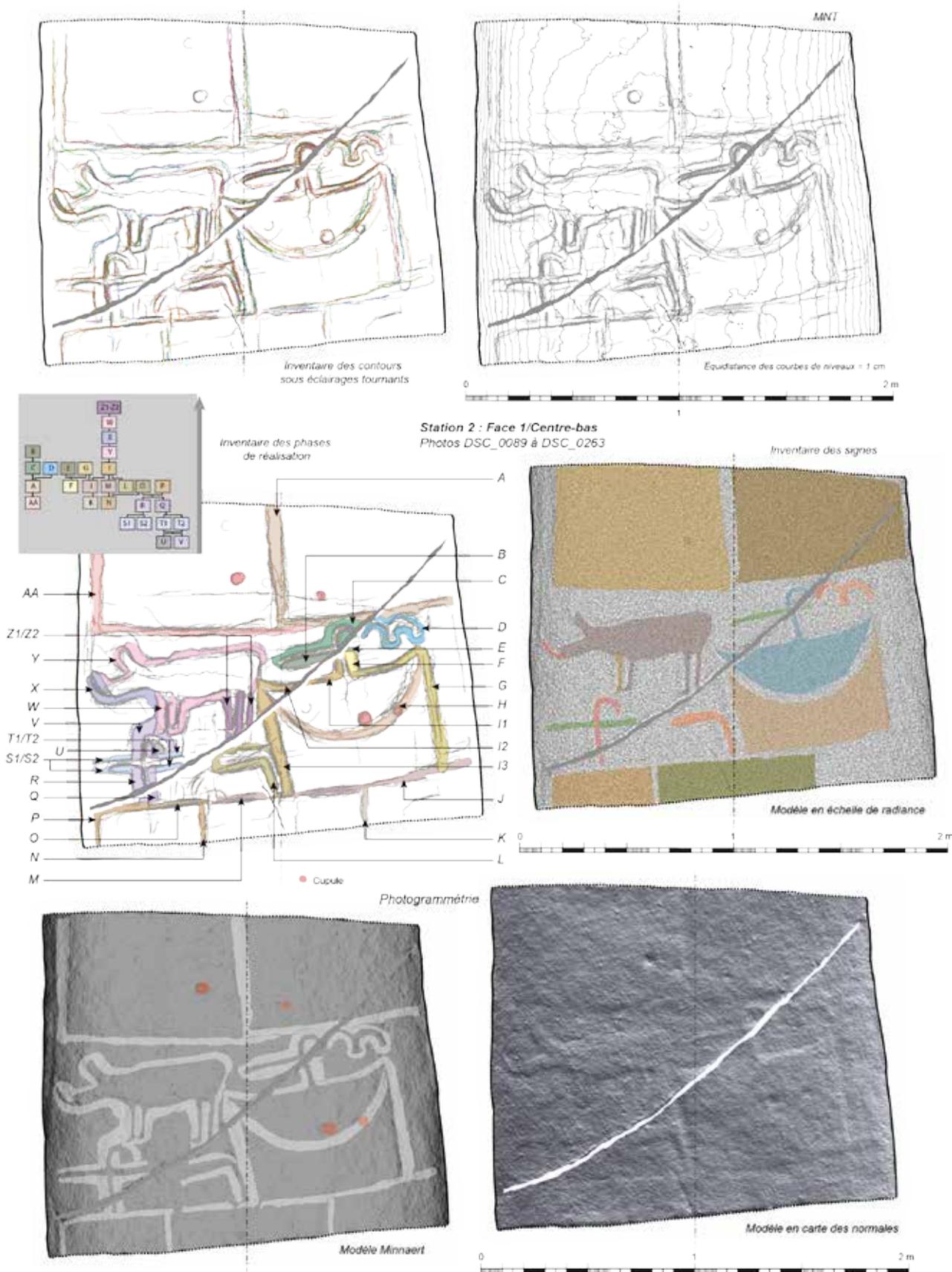


Figure 8

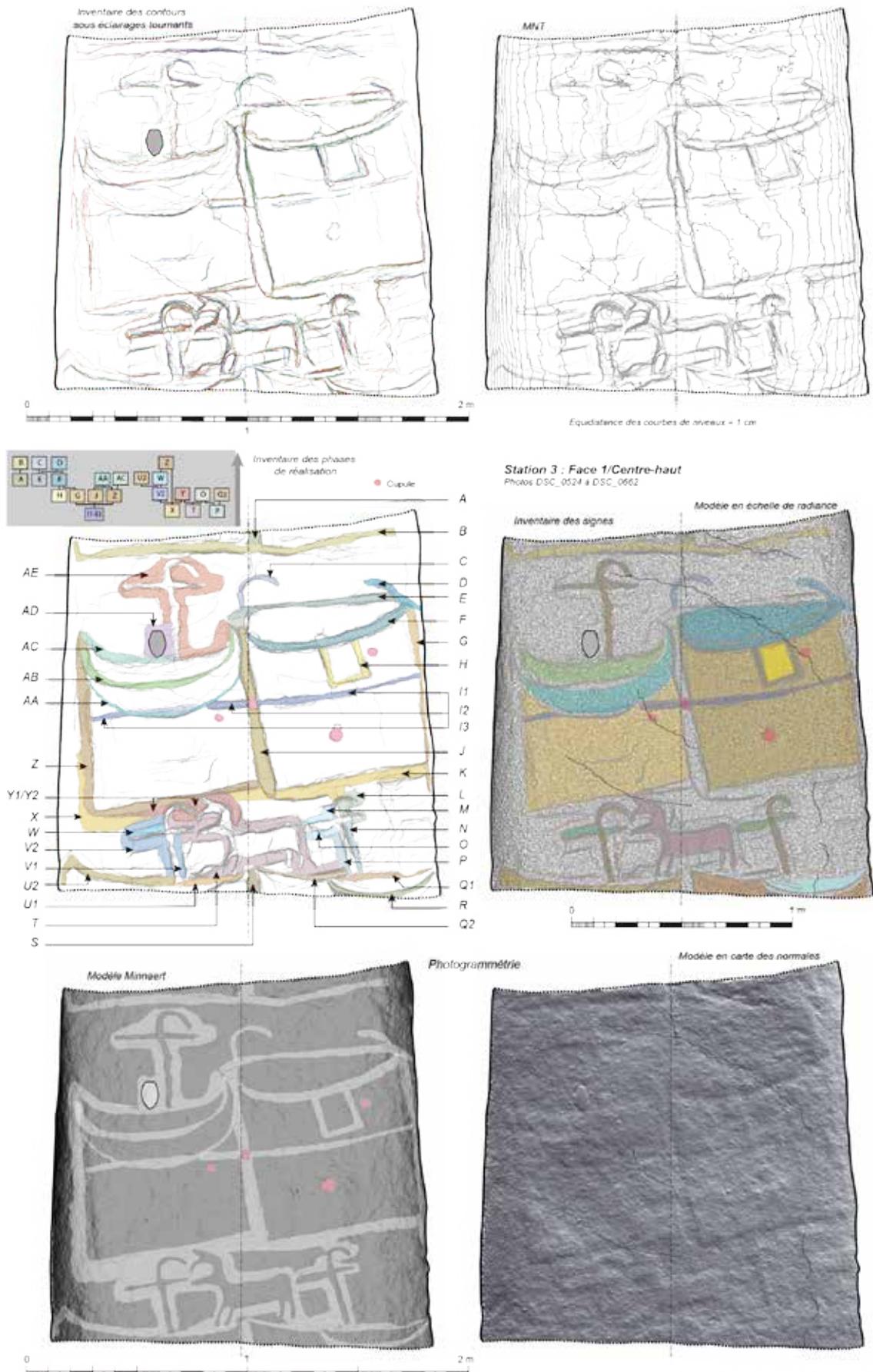


Figure 9

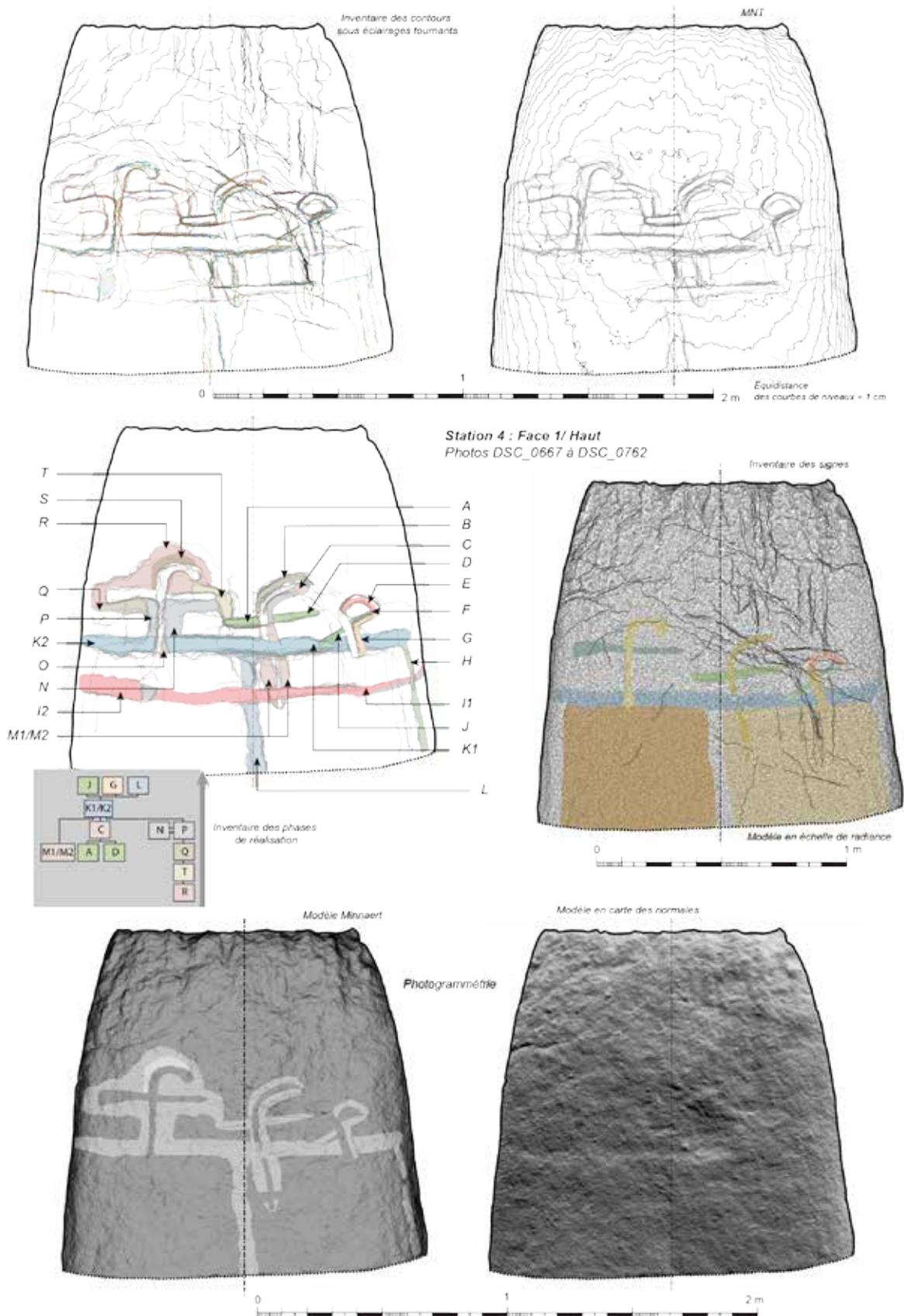
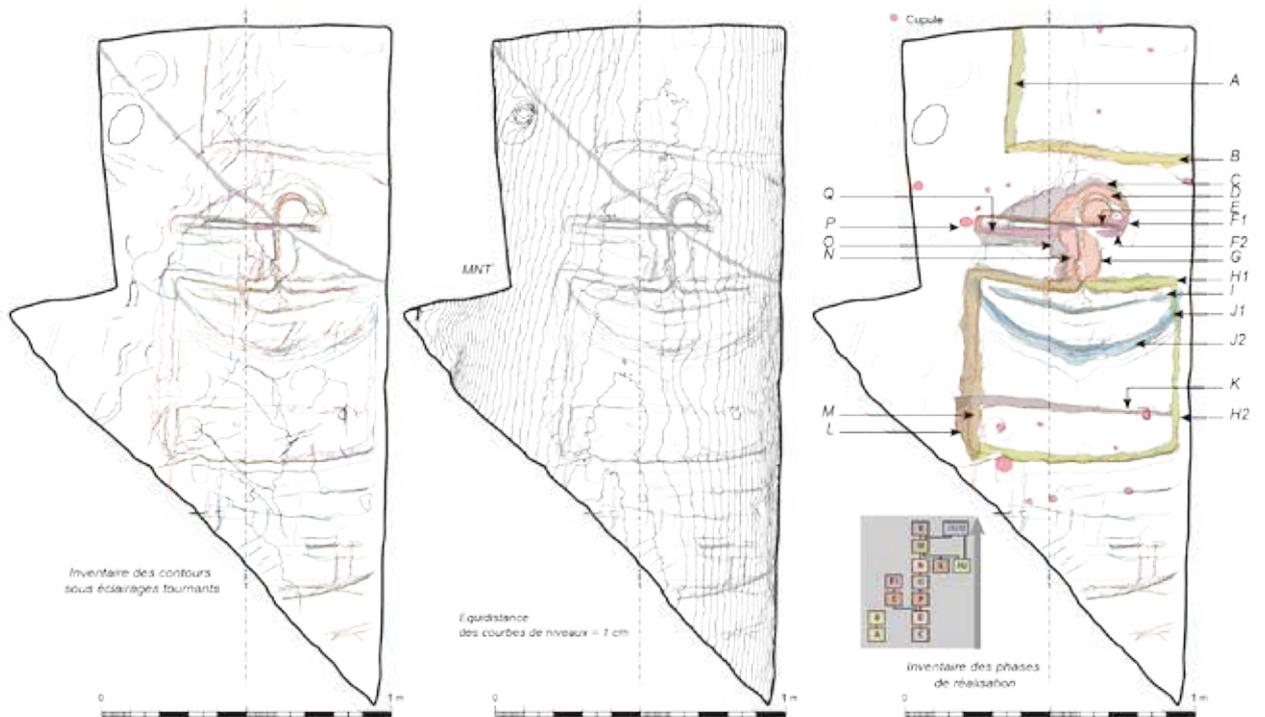


Figure 10



Station 5 : Gauche-Bas
IMG_2530 à IMG_2541

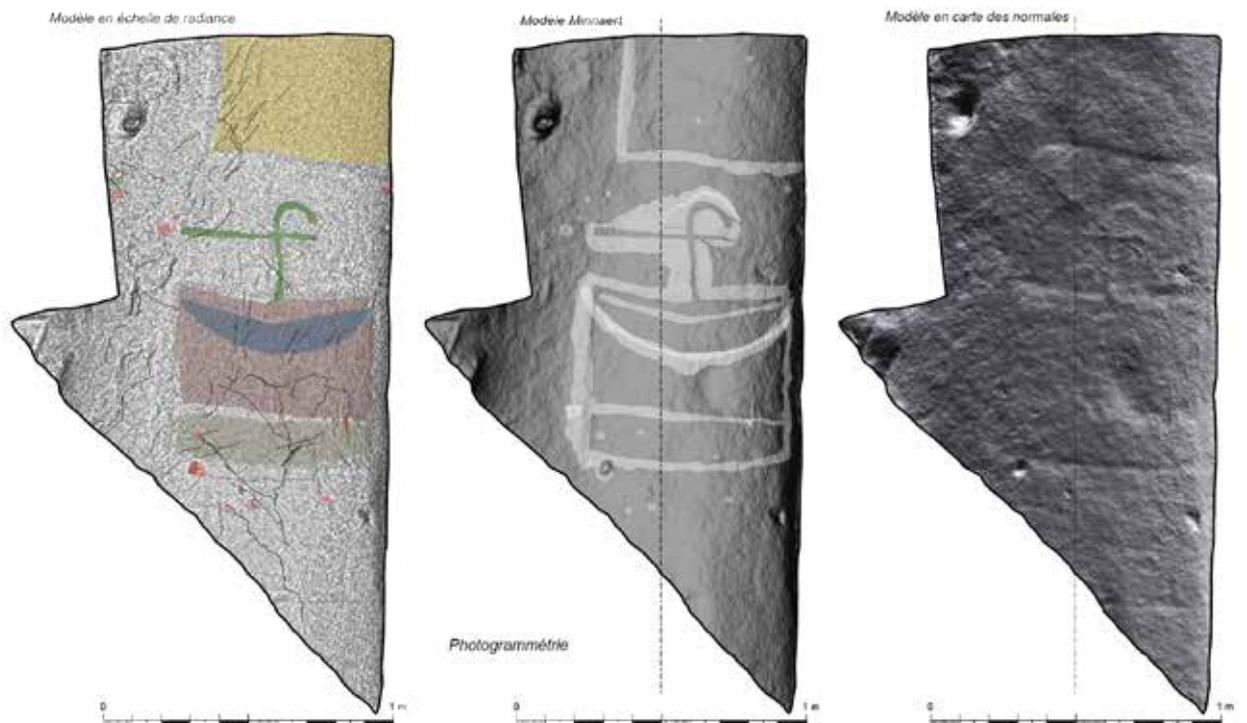
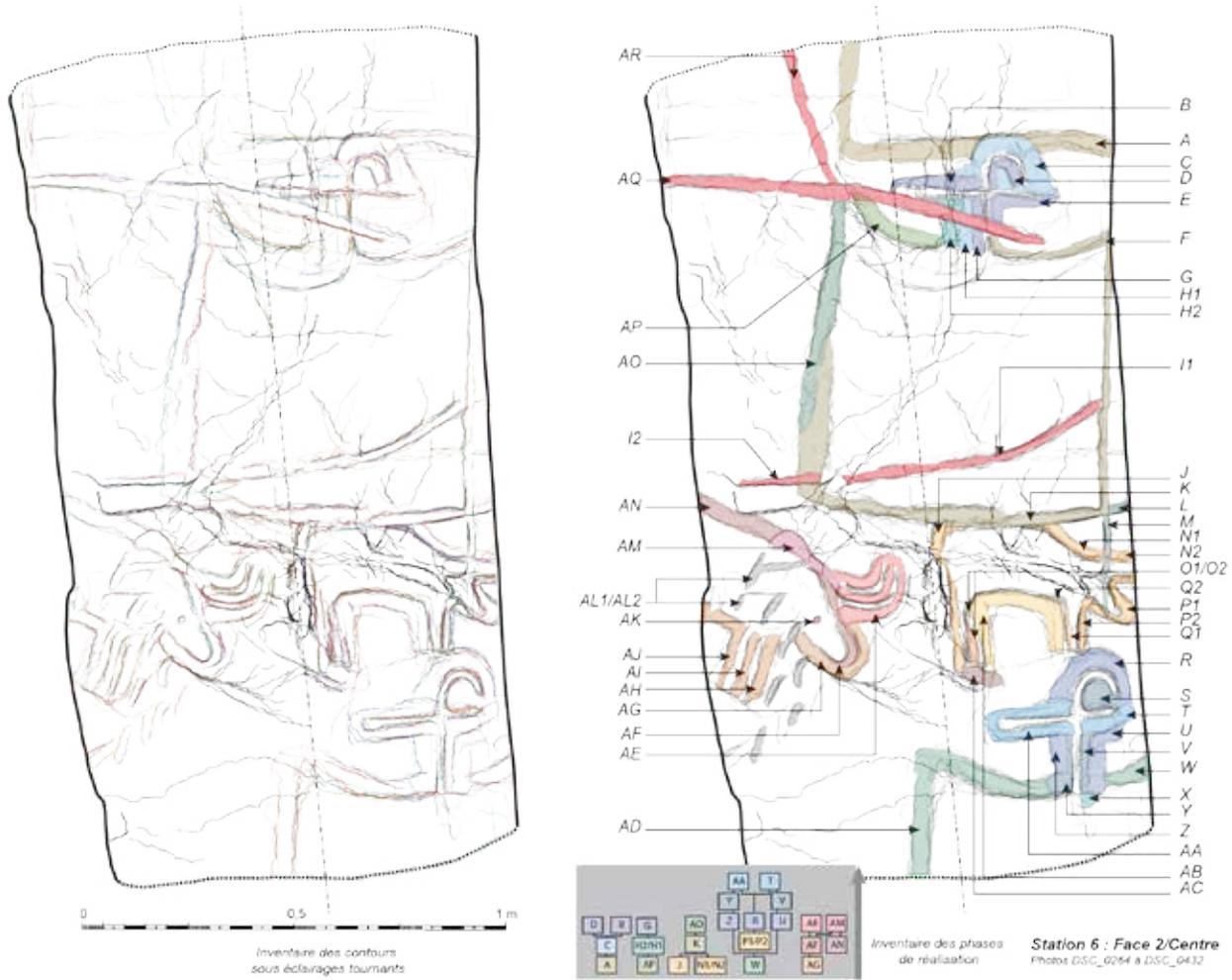


Figure 11



Station 6 : Face 2/Centre
Photos DSC_2651 à DSC_2653

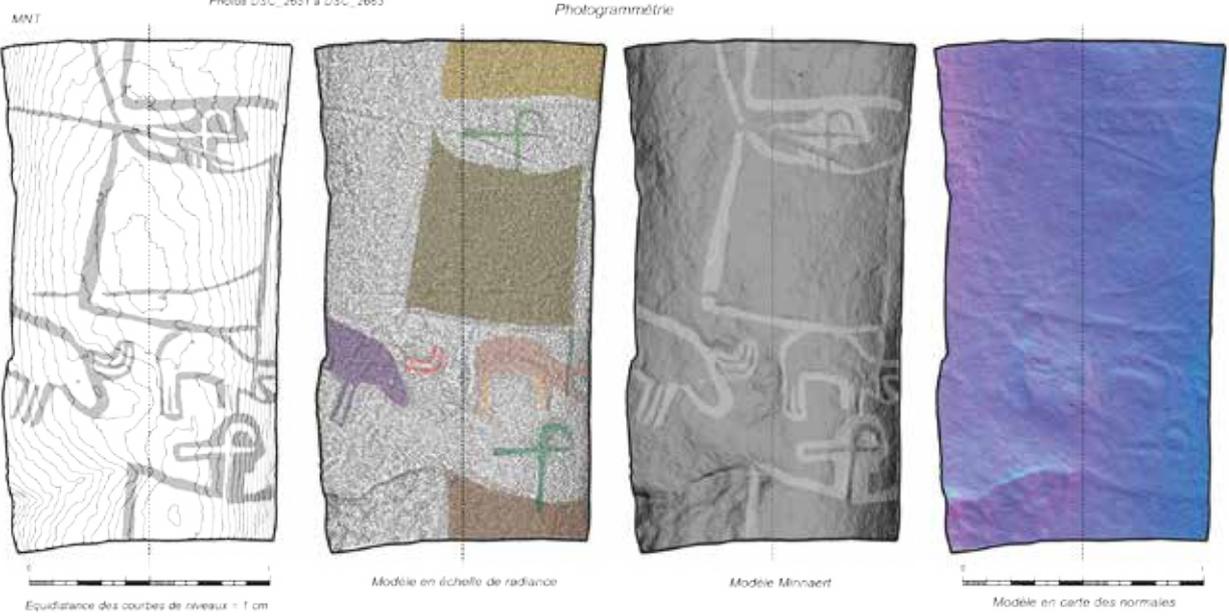


Figure 12

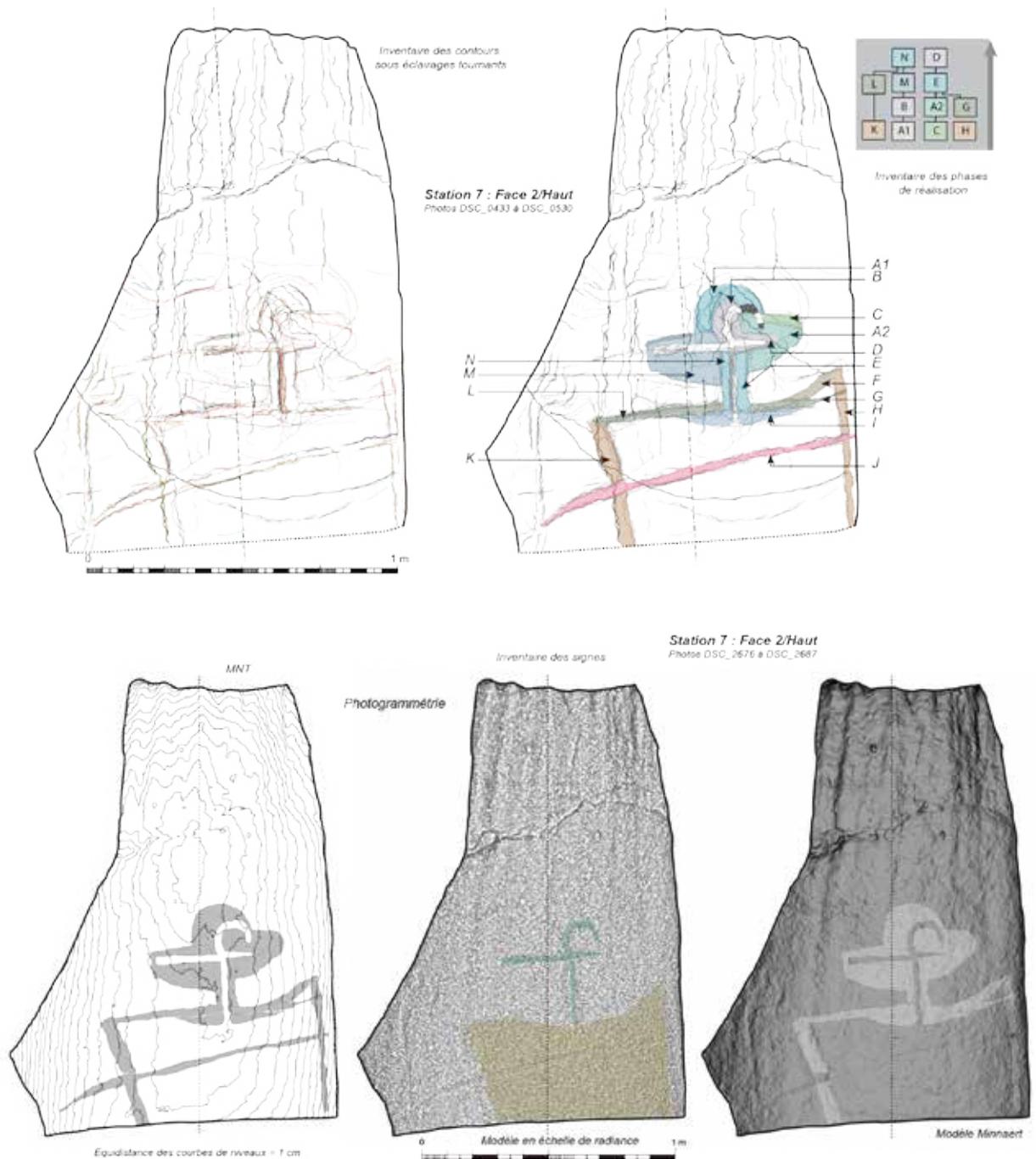


Figure 13

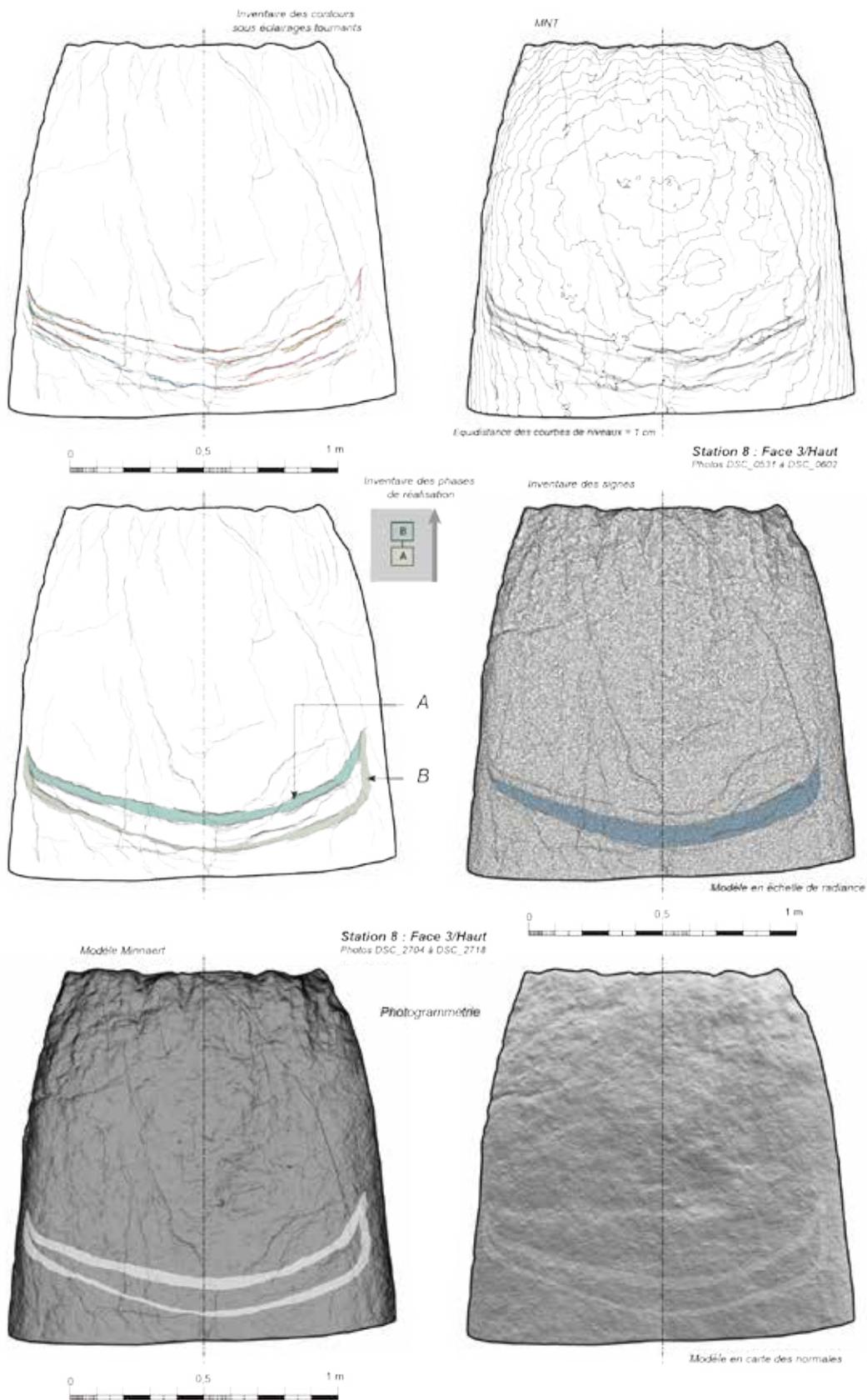


Figure 14

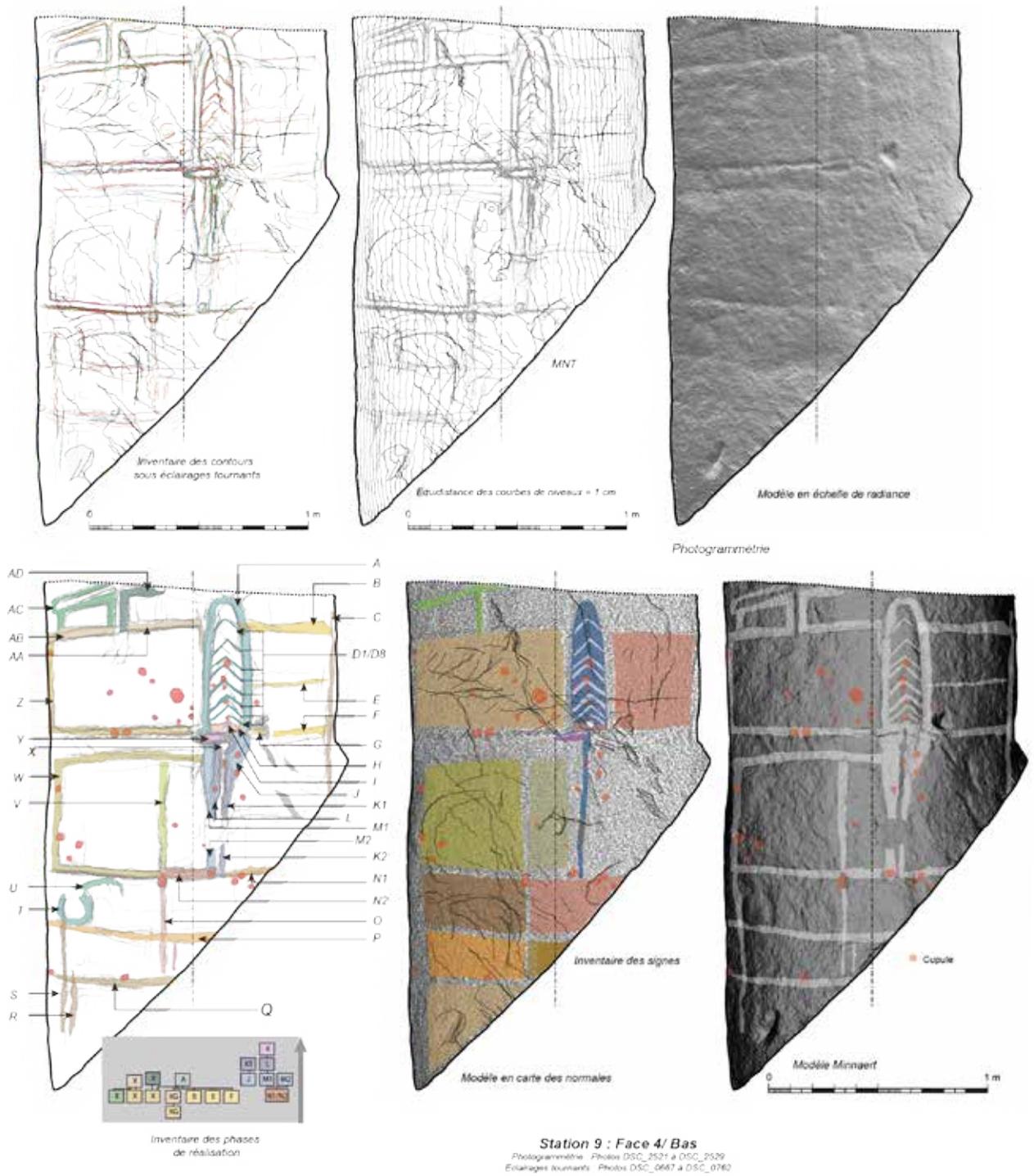


Figure 15

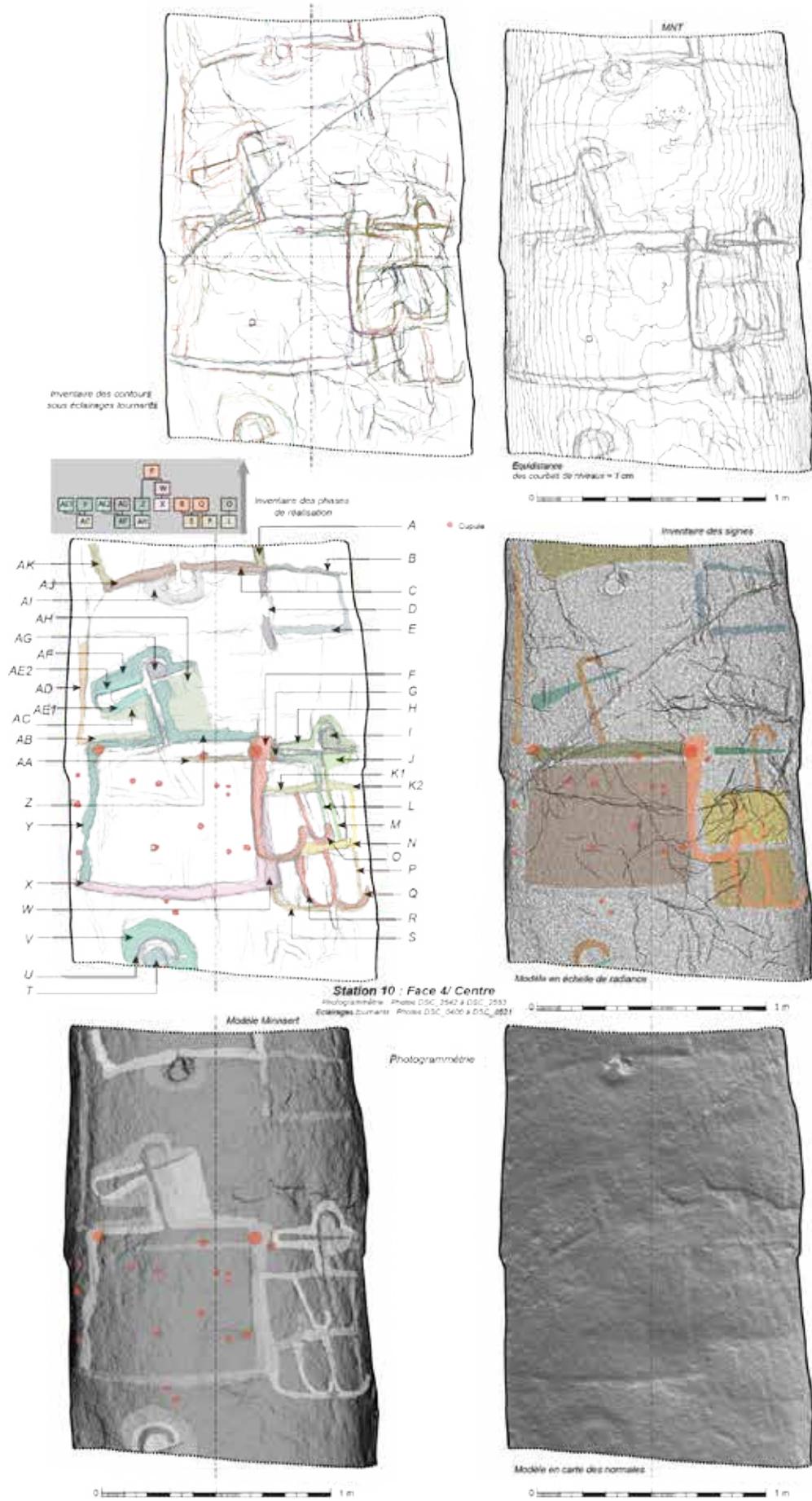


Figure 16

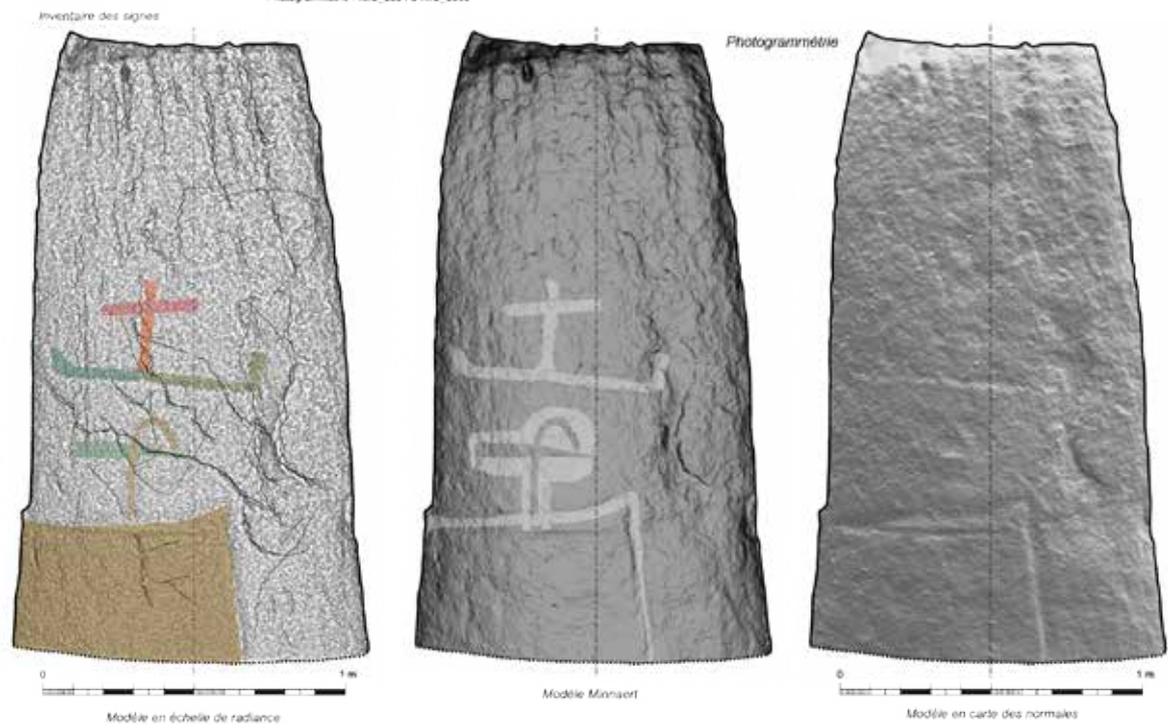
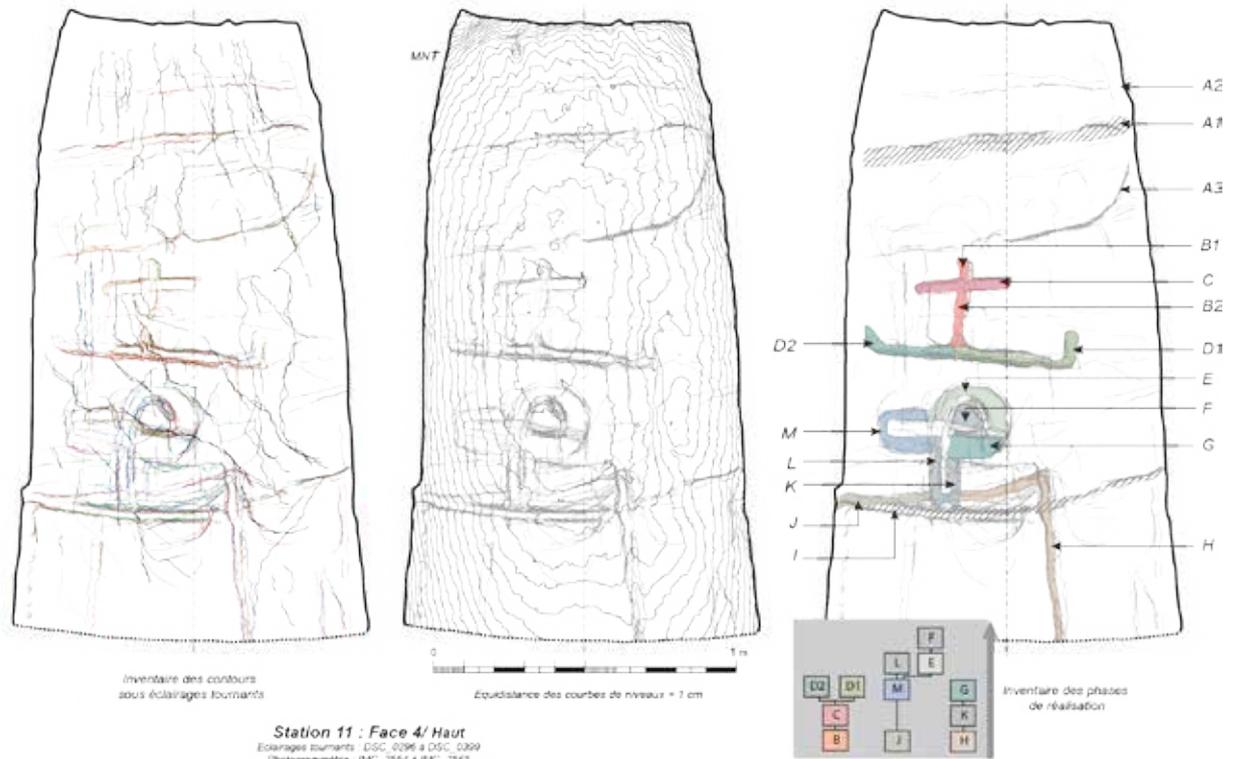


Figure 17

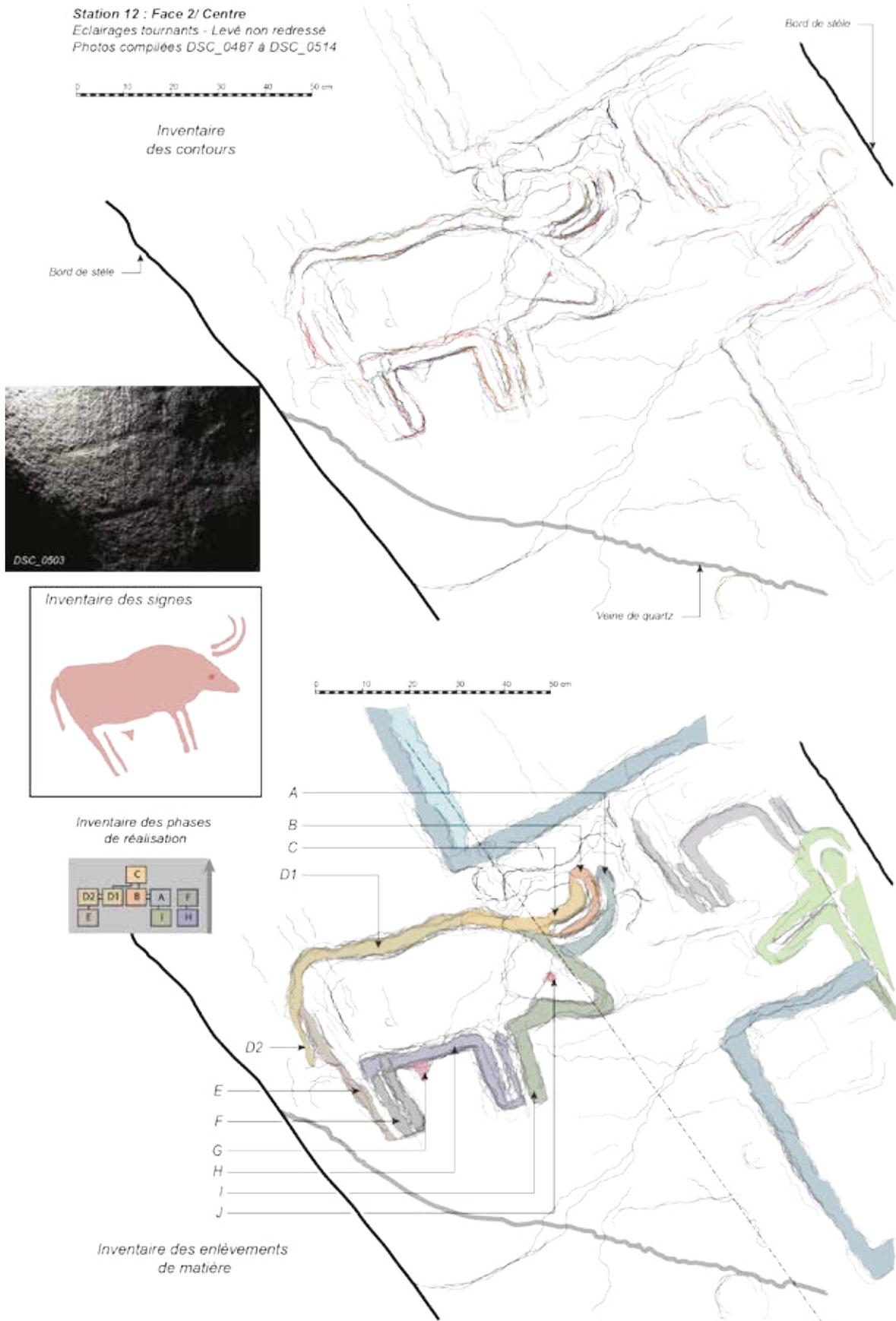


Figure 18

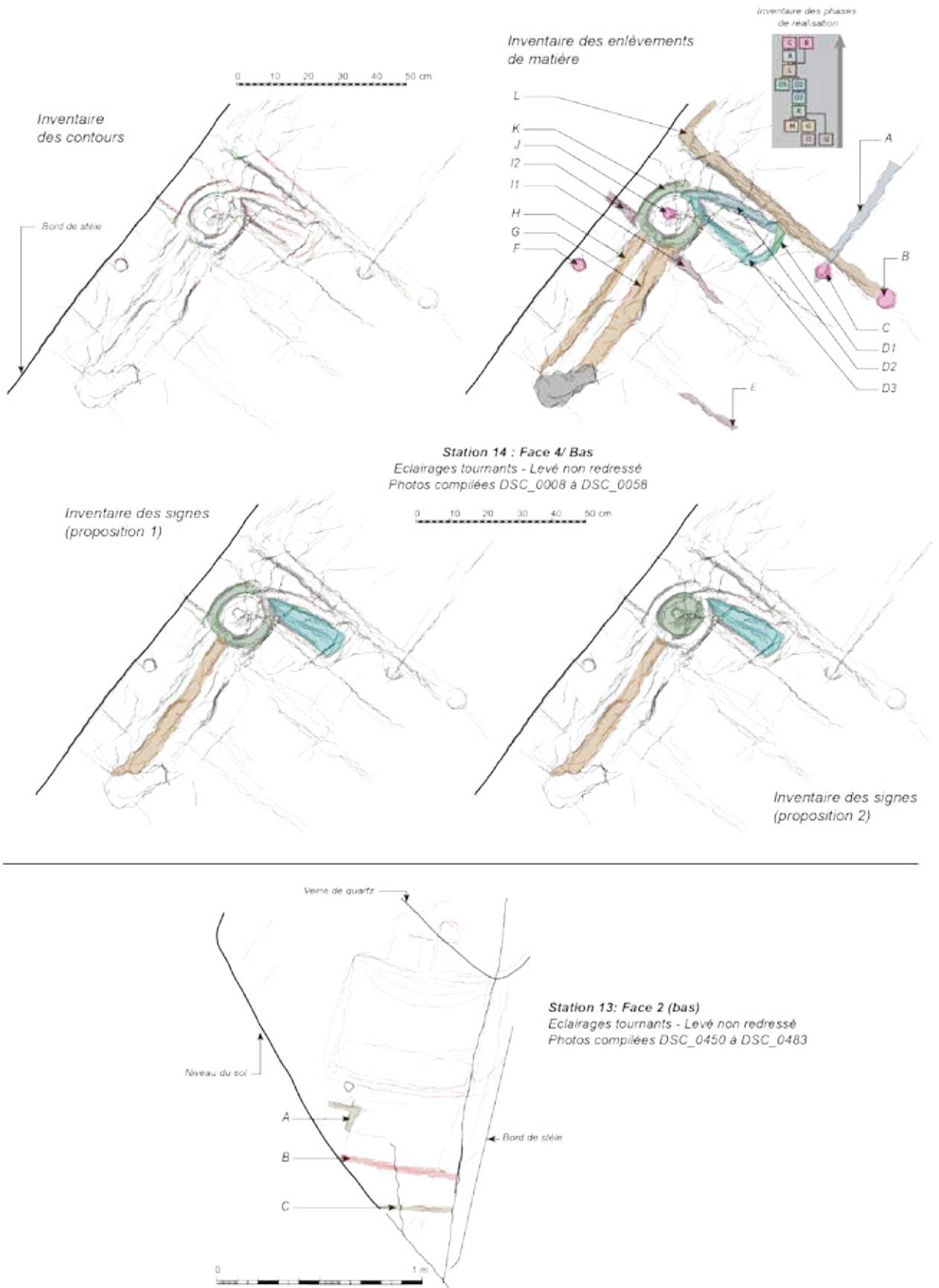
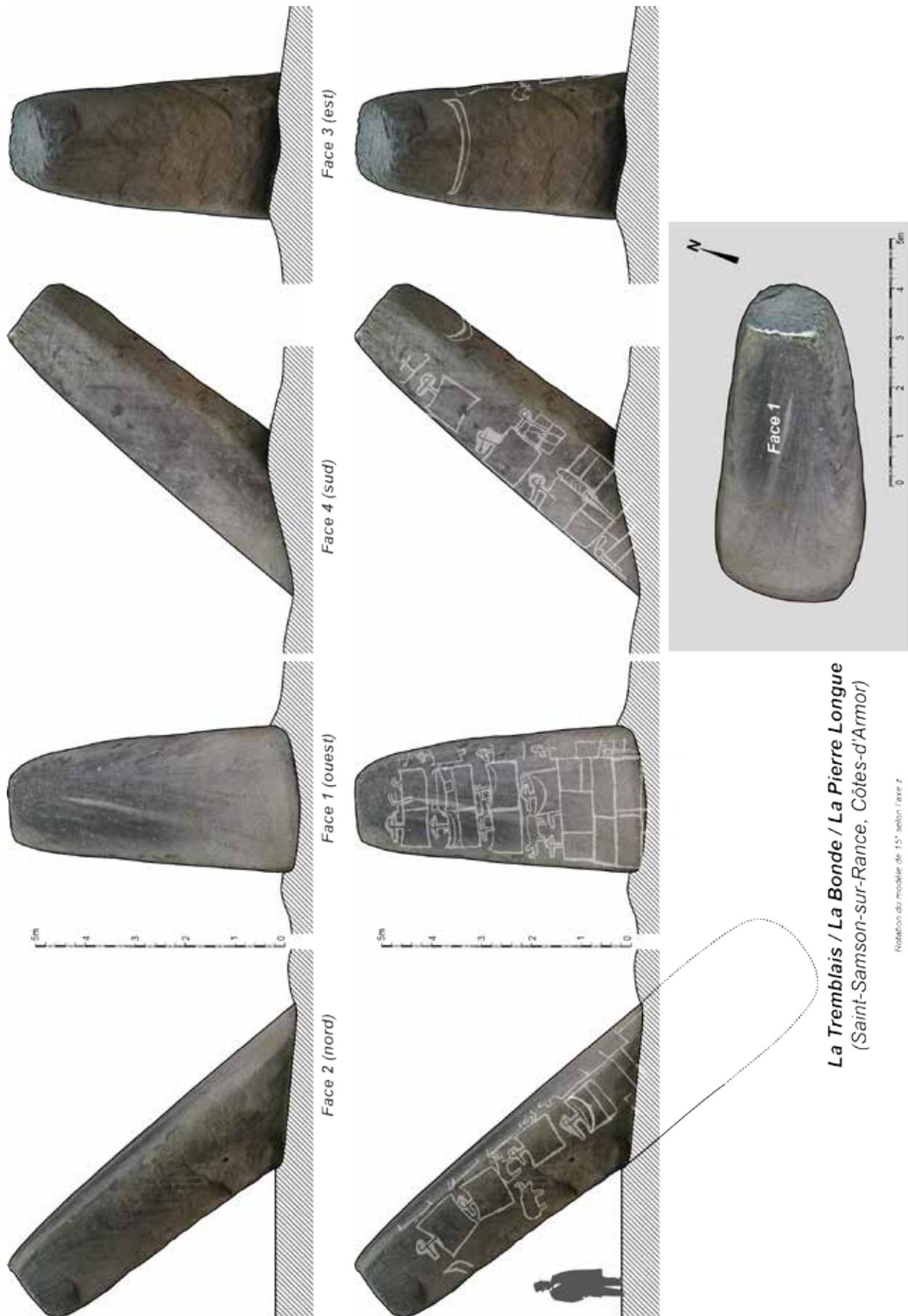


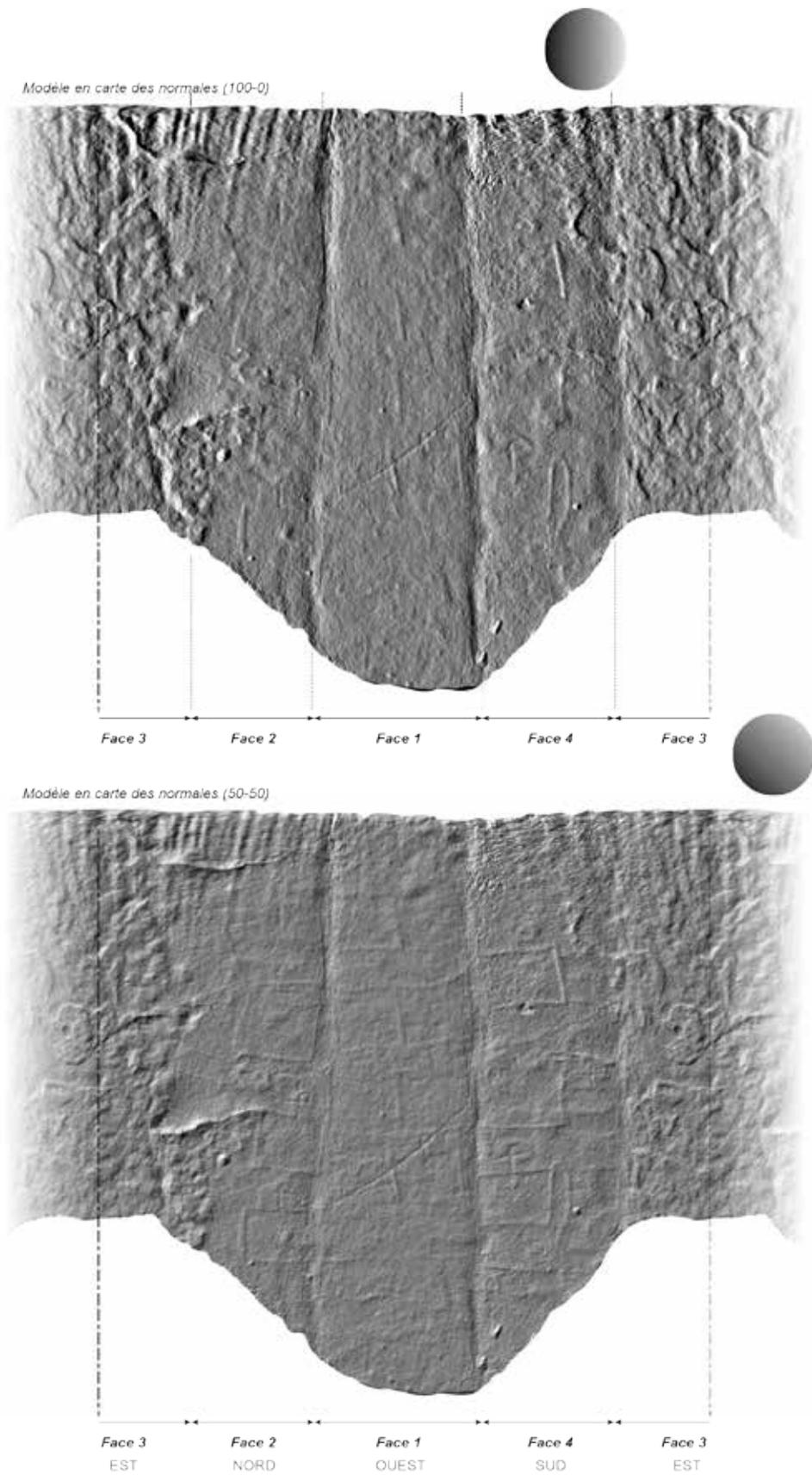
Figure 19



La Tremblais / La Bonde / La Pierre Longue
(Saint-Samson-sur-Rance, Côtes-d'Armor)

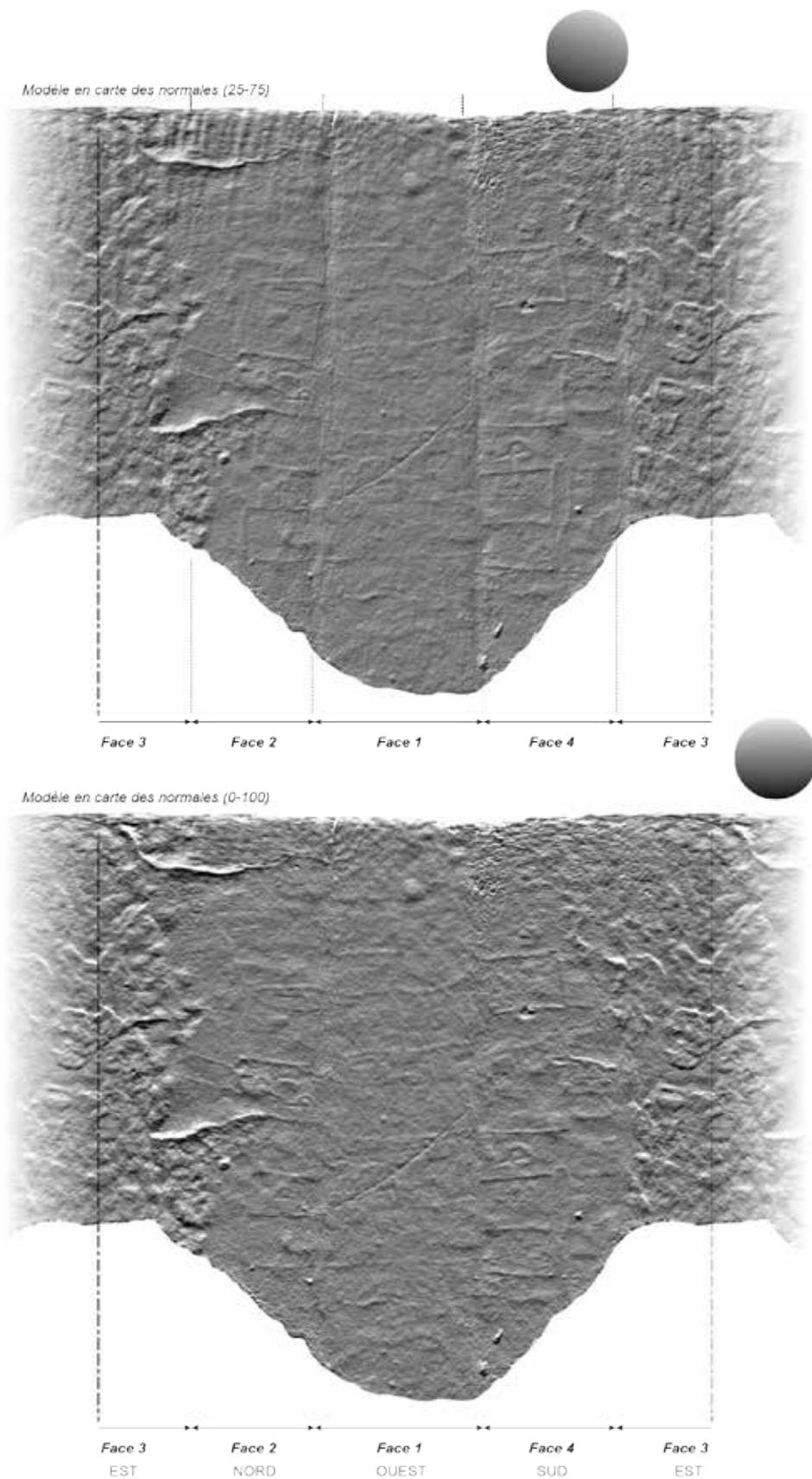
Notation du modèle de 15° selon l'axe z

Figure 19



Développé de la stèle, centré sur la face 1 (photogrammétrie).
Cartes des normales en faisant varier le rouge et le vert - le bleu demeure à 0.

Figure 20



Développé de la stèle, centré sur la face 1 (photogrammétrie).
Cartes des normales en faisant varier le rouge et le vert - le bleu demeure à 0.

Figure 21

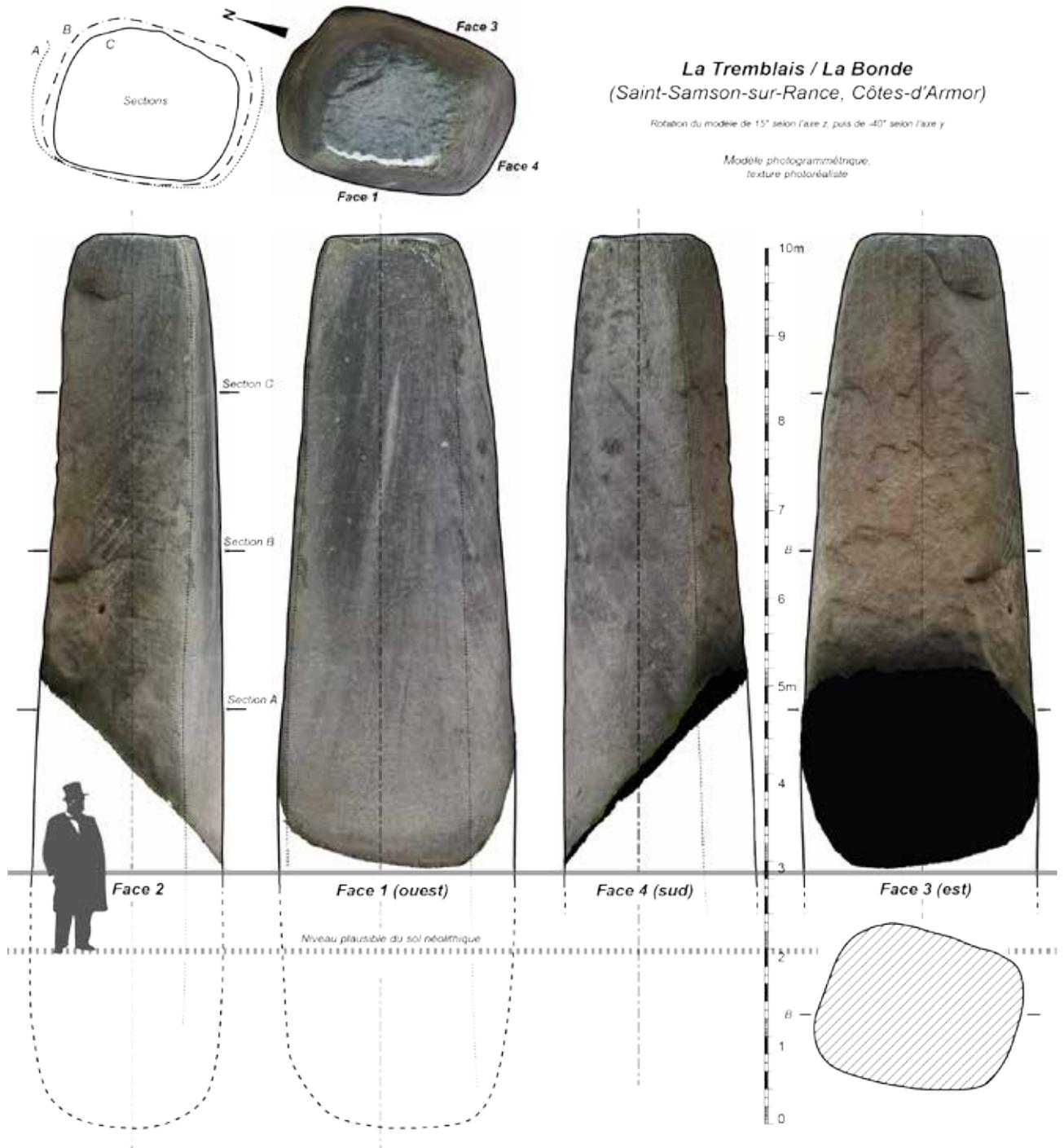


Figure 22

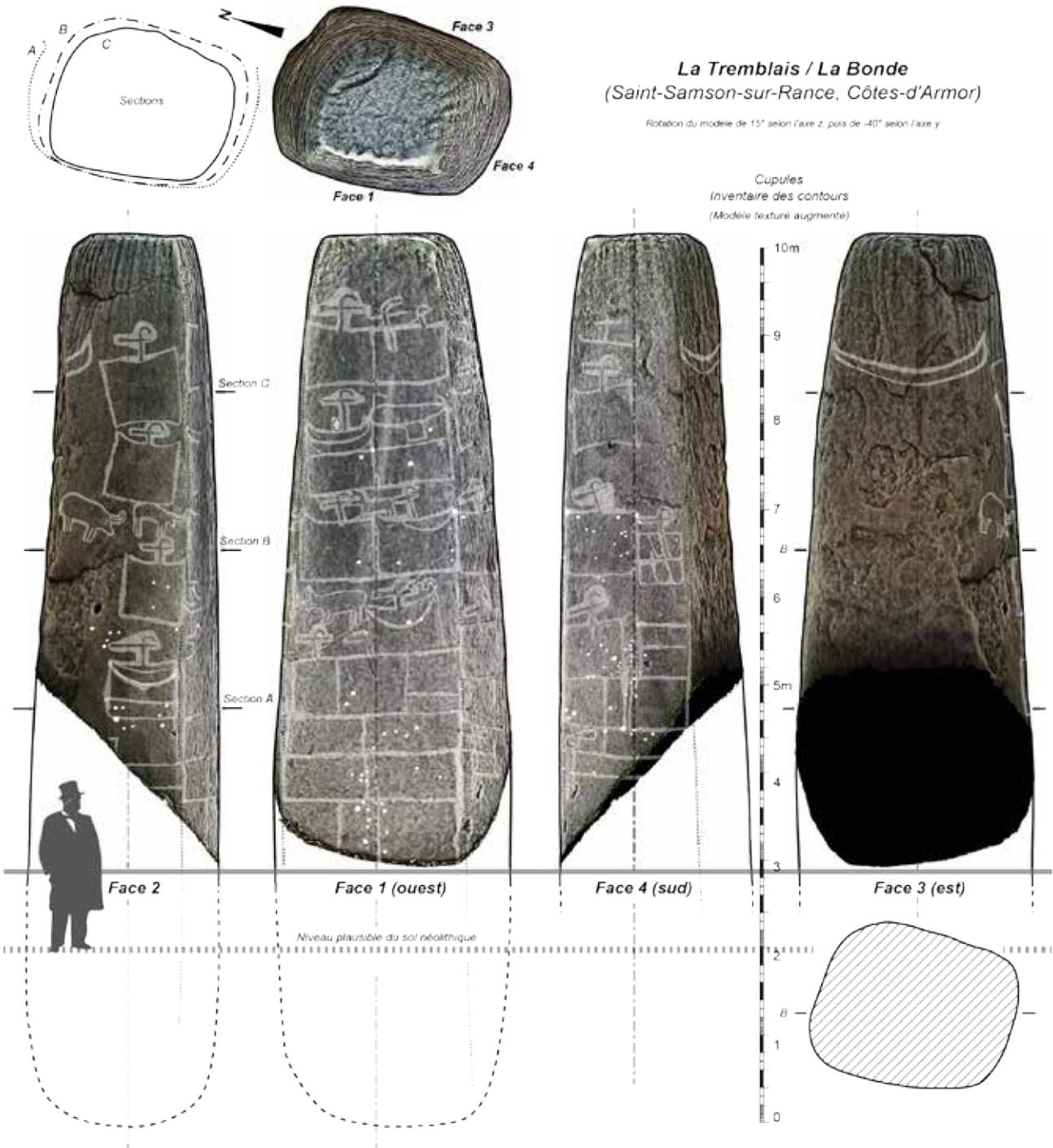


Figure 23

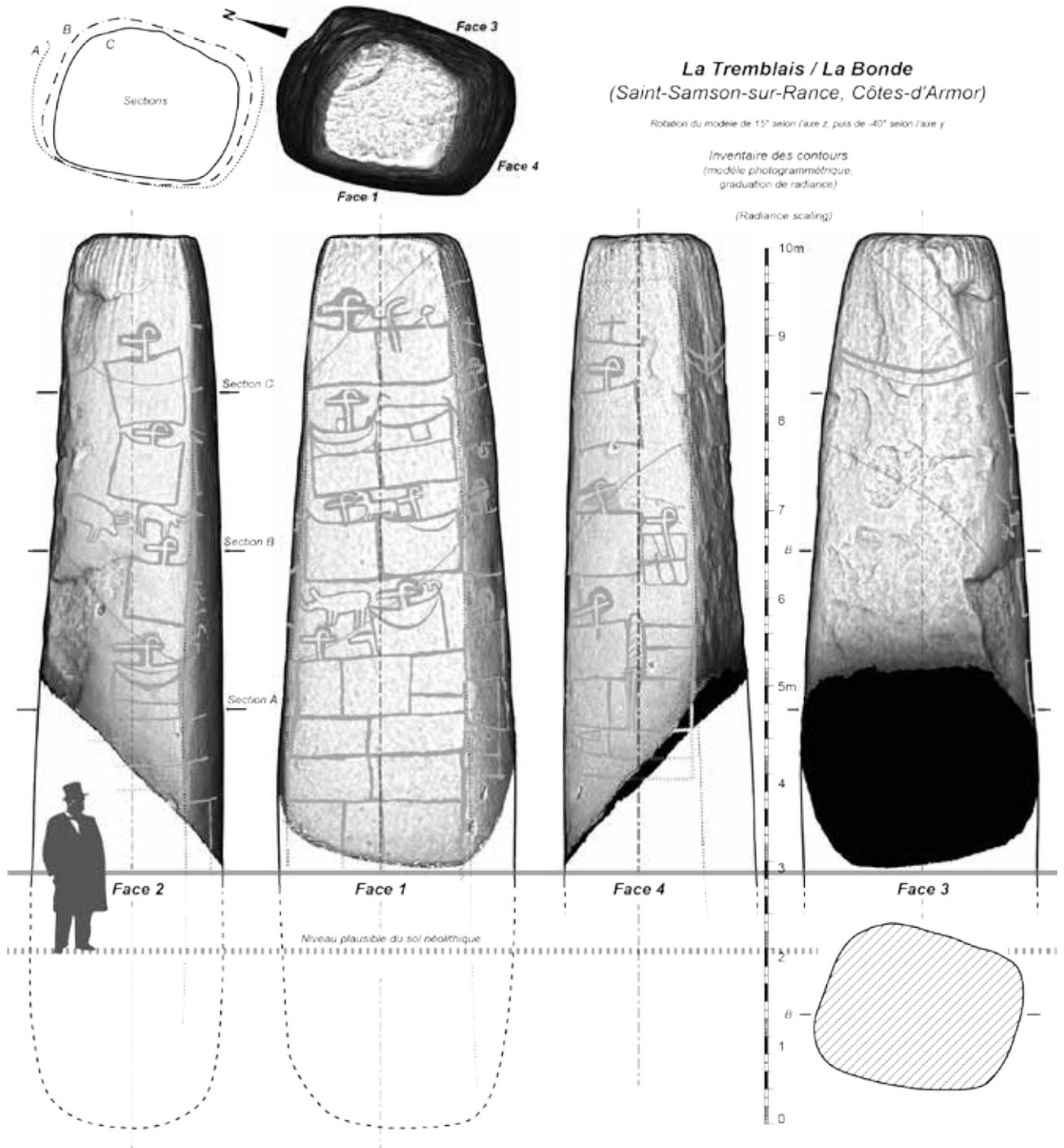


Figure 24

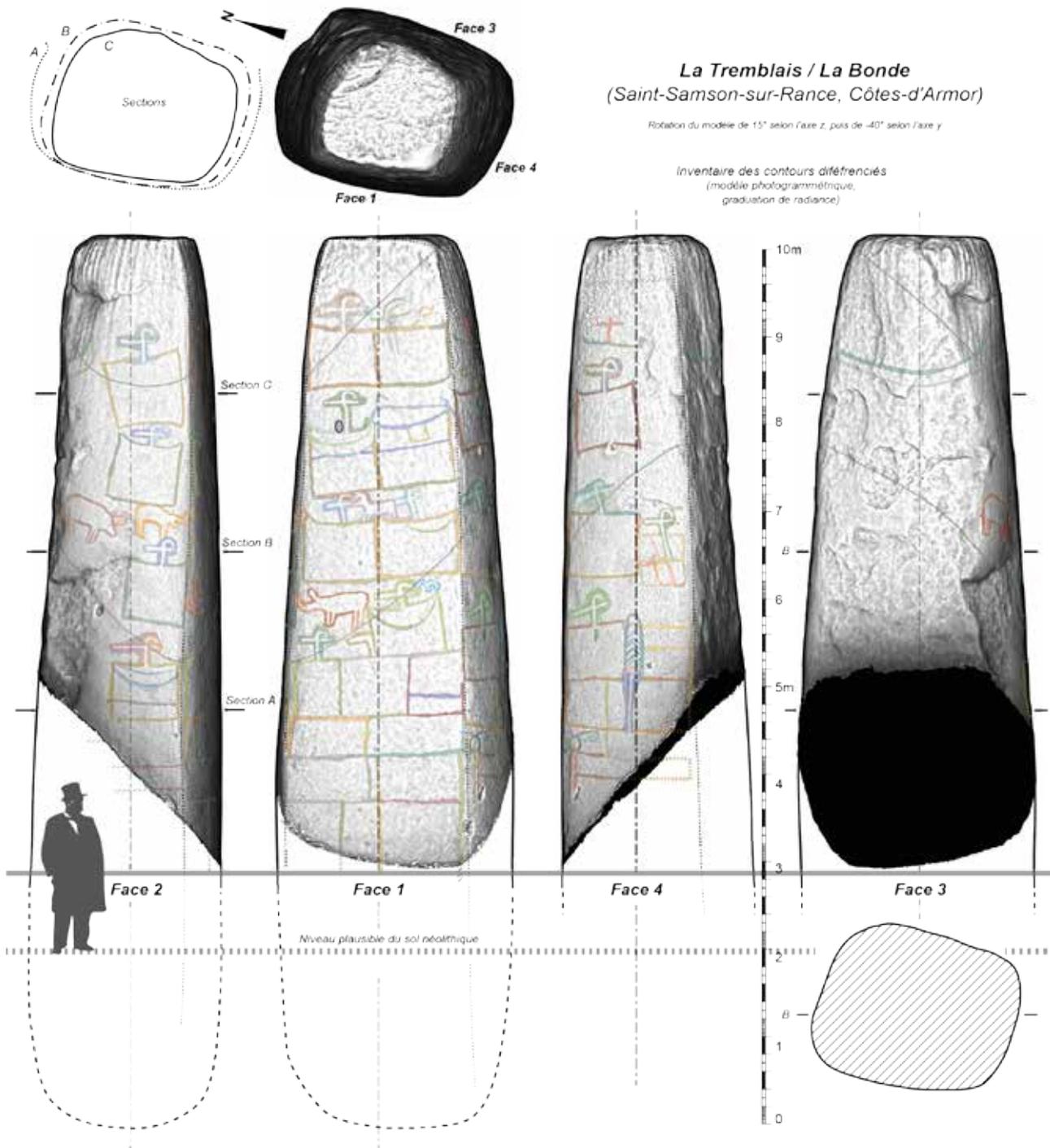


Figure 25

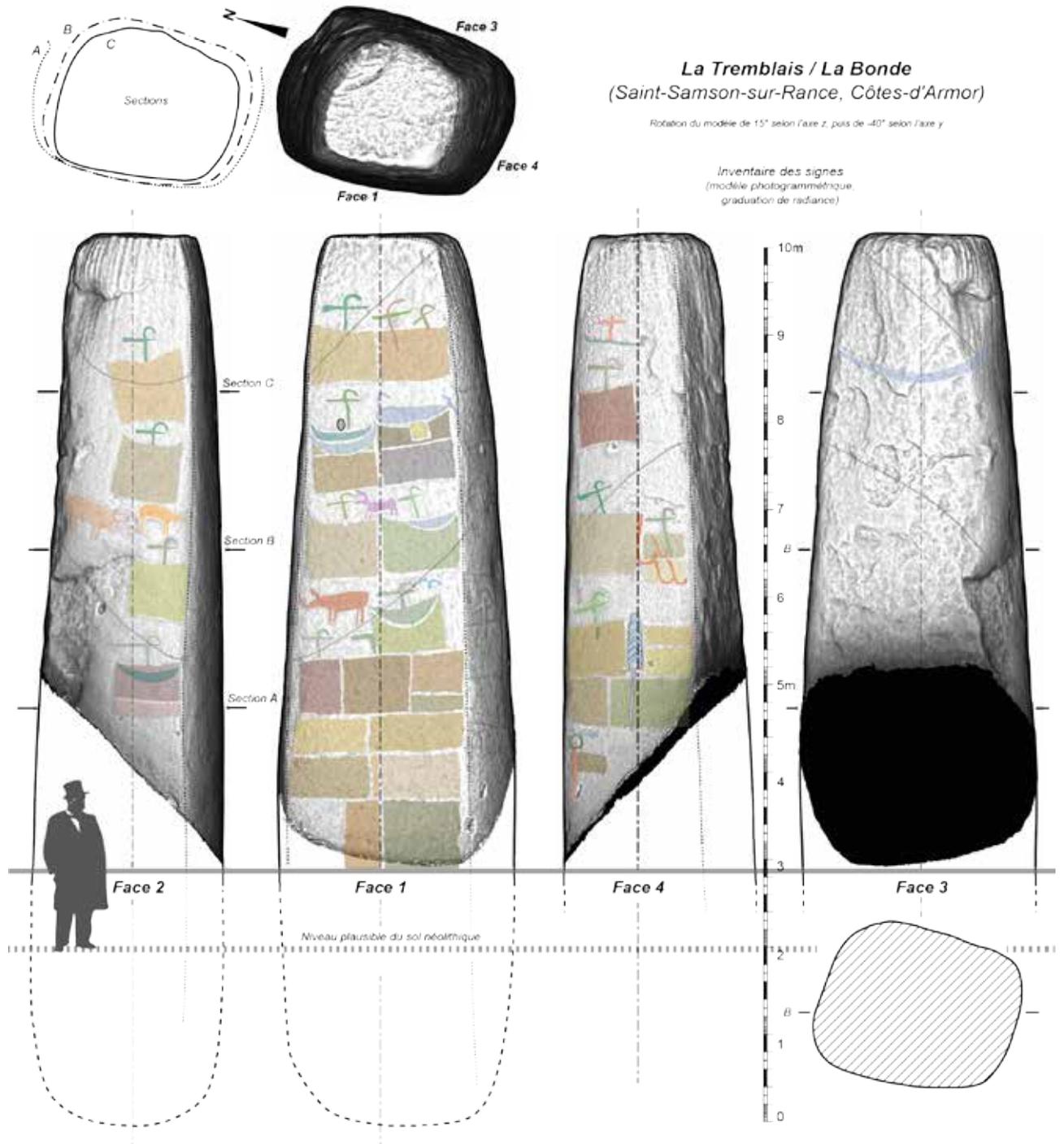
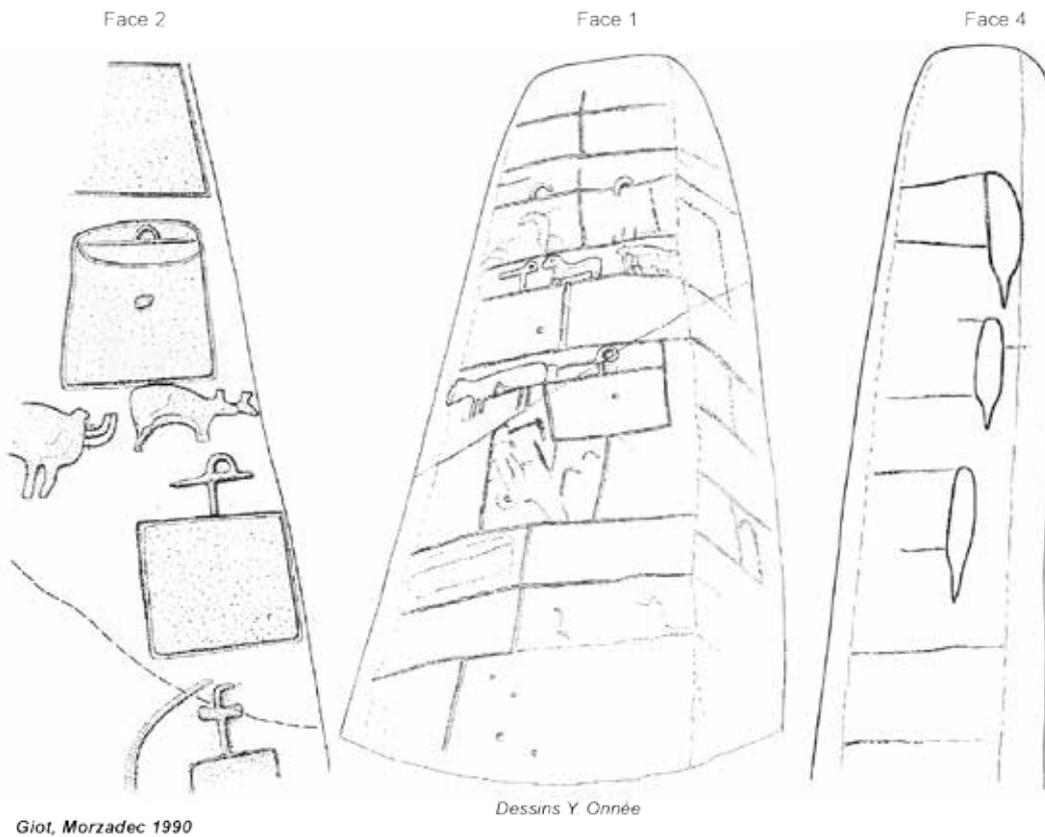


Figure 26



Le Corvellec 2001

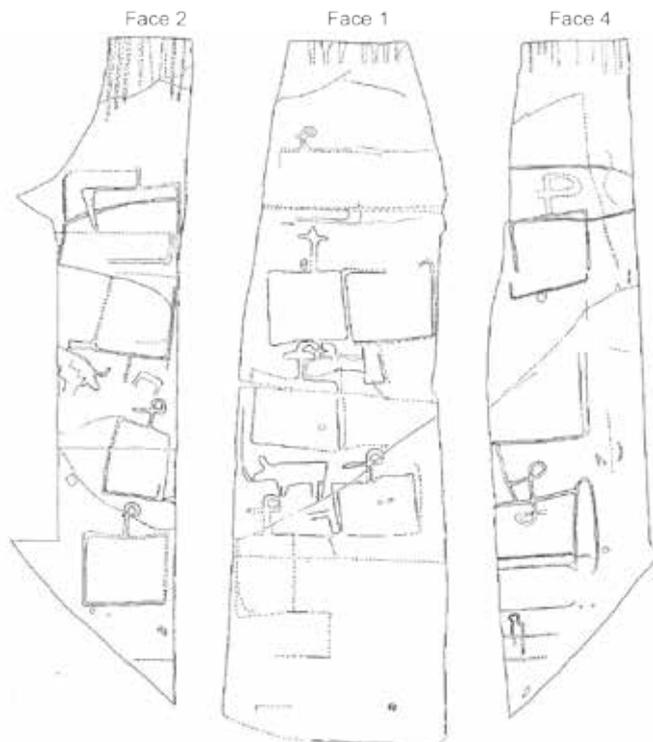
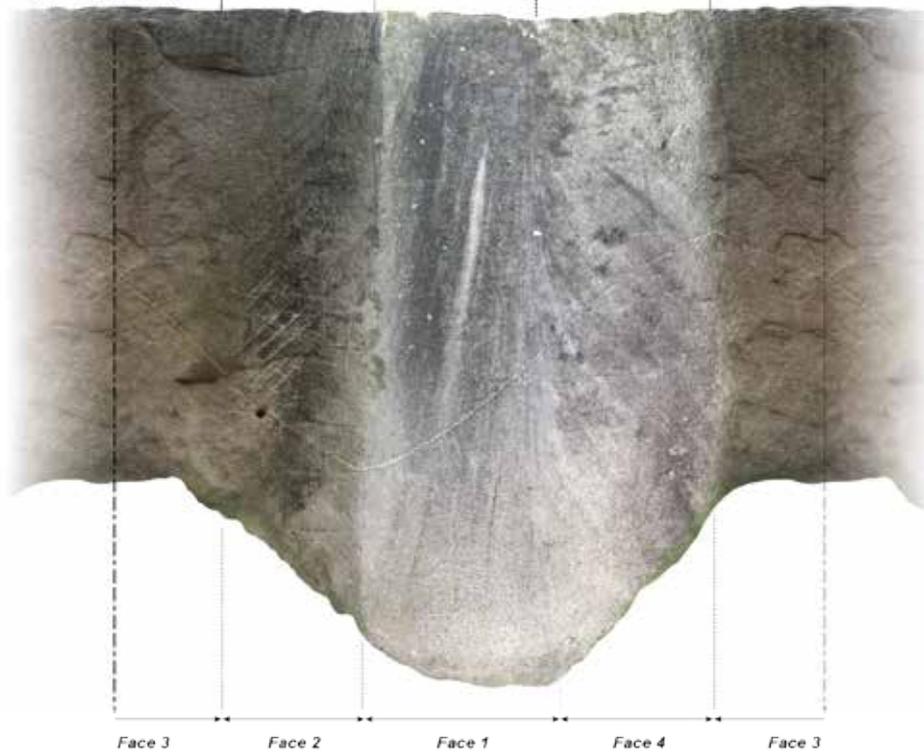


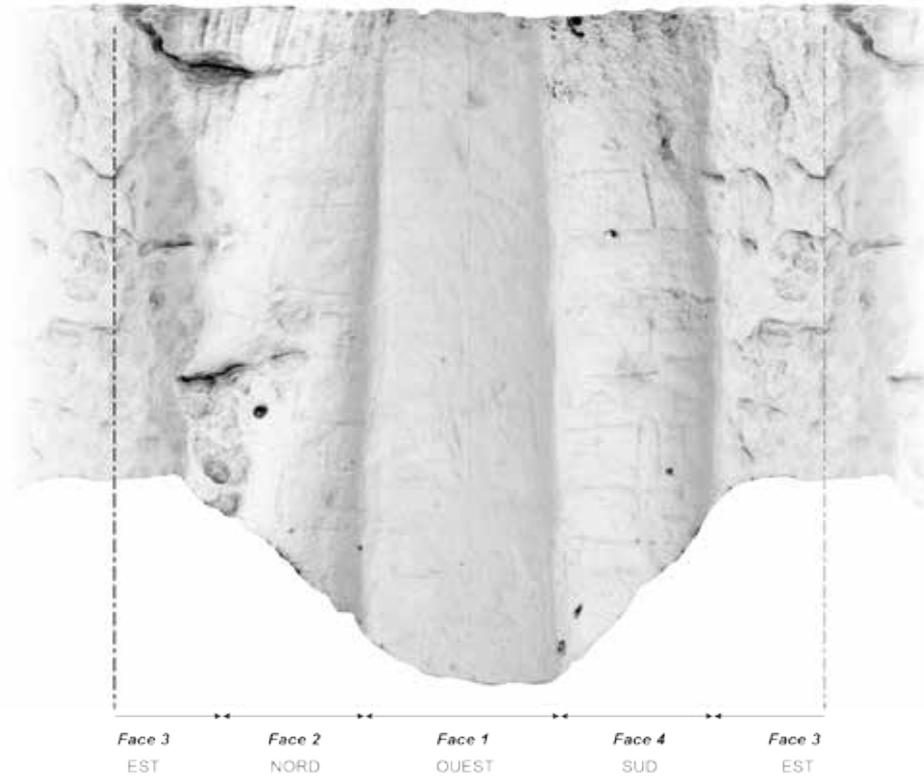
Figure 27

La Tremblais, Saint-Samson-sur-Rance

Texture photoréaliste



Modèle en occlusion ambiante



Développé de la stèle, centré sur la face 1 (ouest).
En haut modèle sous texture photoréaliste ; en bas modèle en occlusion ambiante (photogrammétrie).

Figure 28

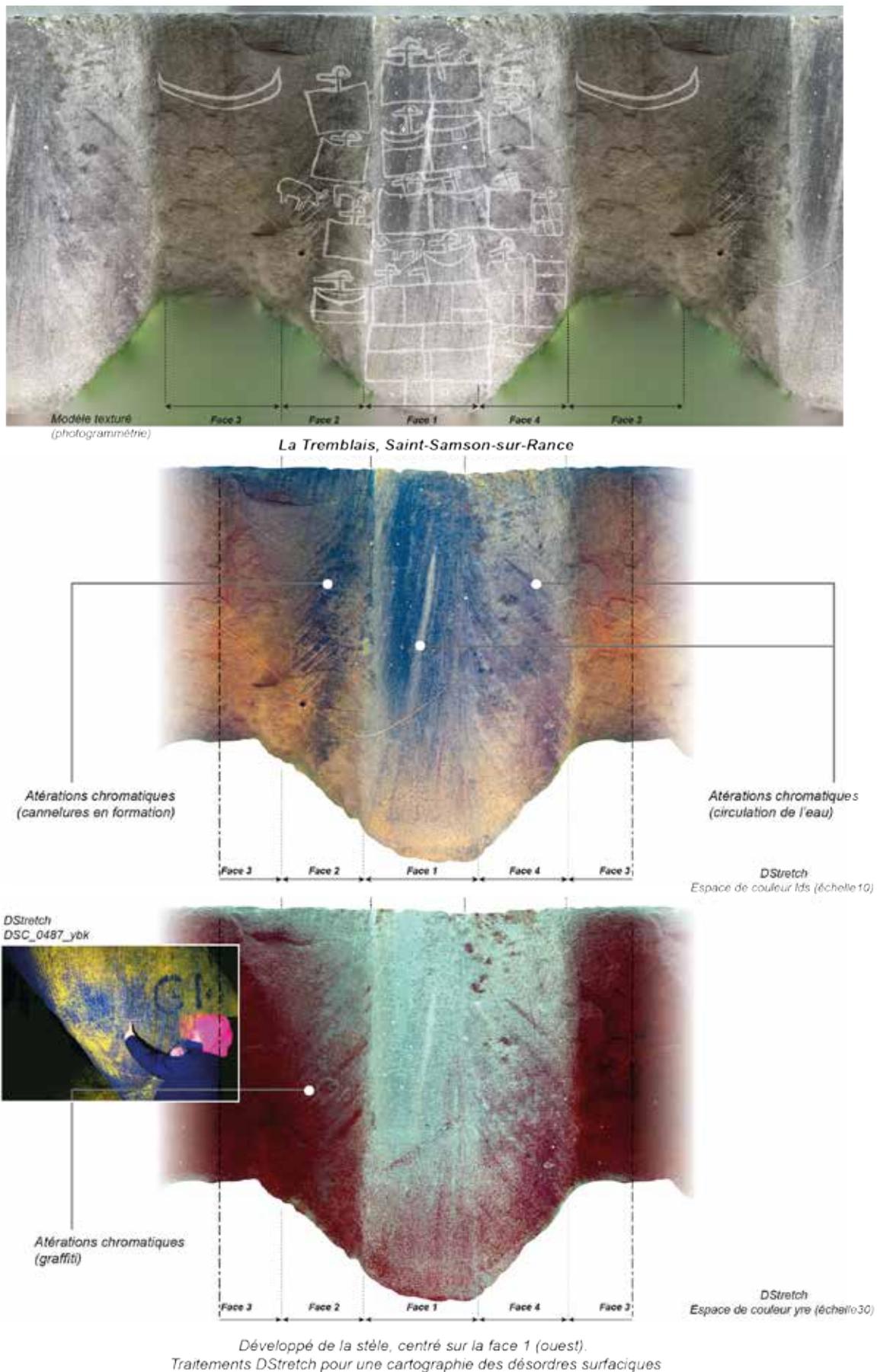
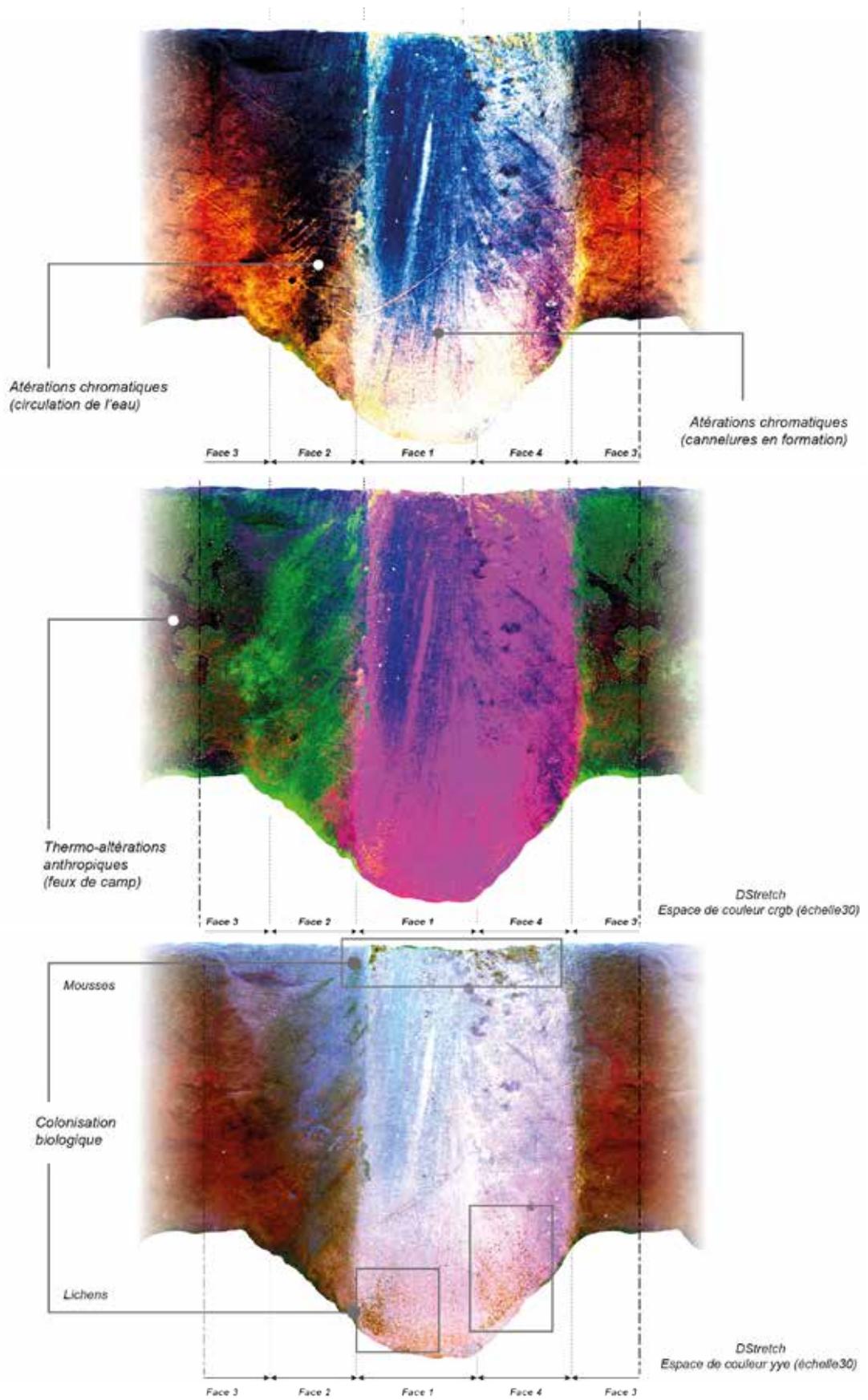
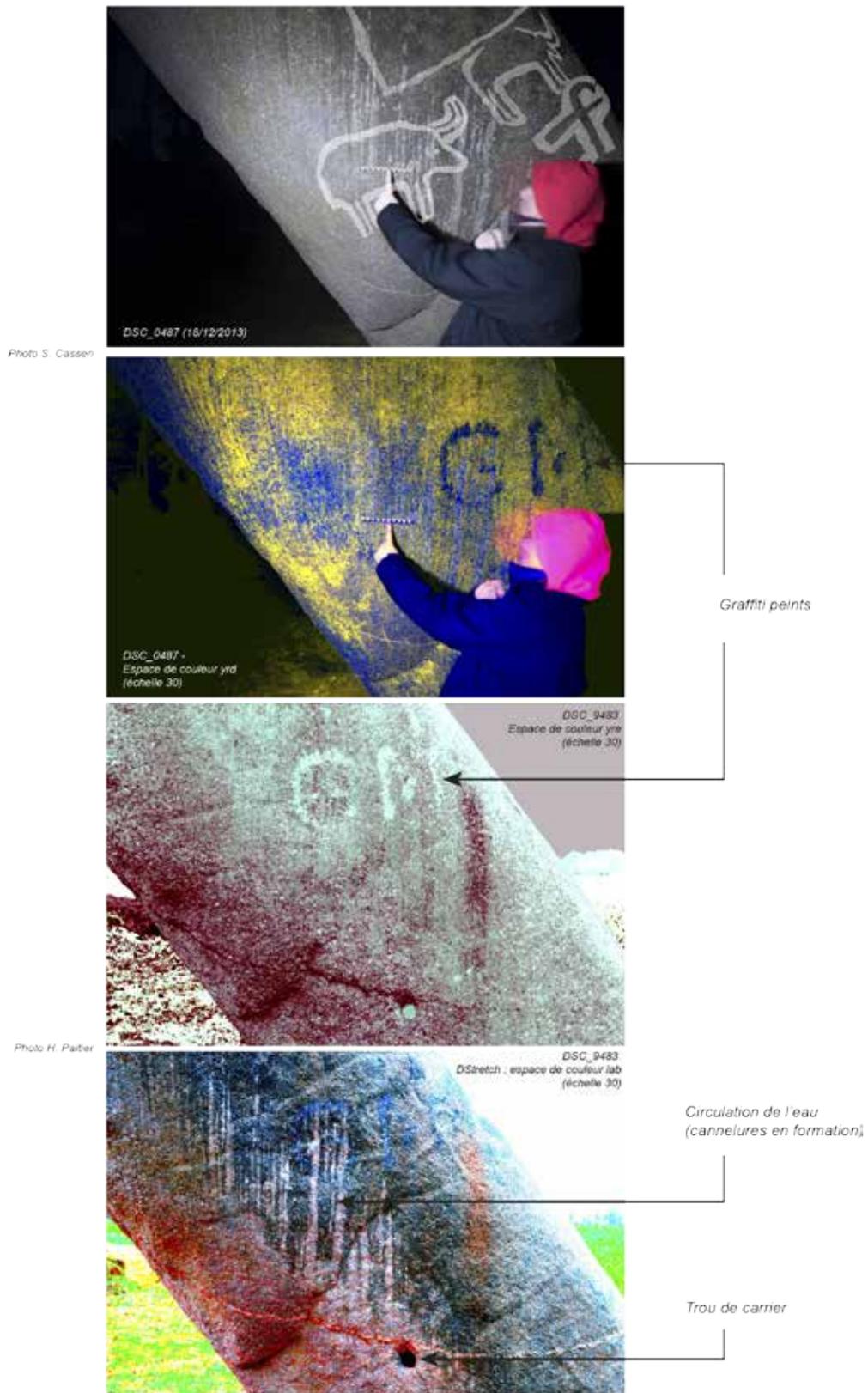


Figure 29



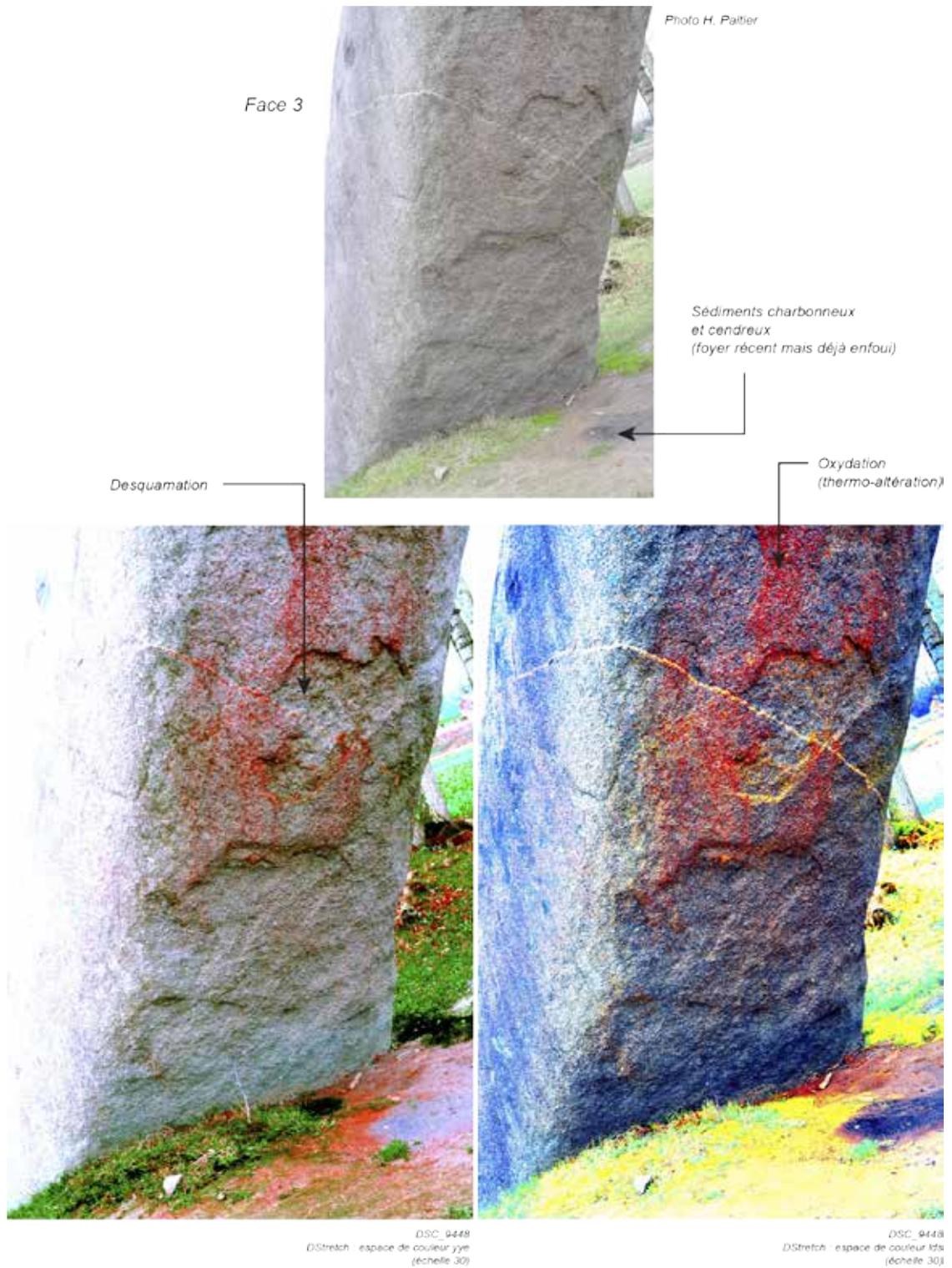
Développé de la stèle, centré sur la face 1 (ouest).
Traitements DStretch pour une cartographie des désordres superficiels

Figure 30



Face 3 (Nord) - prise d'échelle sur l'animal cornu et découverte accidentelle d'anciens graffiti peints
Traitements DStretch pour une cartographie des désordres superficiels

Figure 31



Face 3 (Nord) - Traitements DStretch pour une cartographie des désordres superficiels
Thermo-altérations anthropiques (feux de camp)

Figure 32

Inventaire des contours

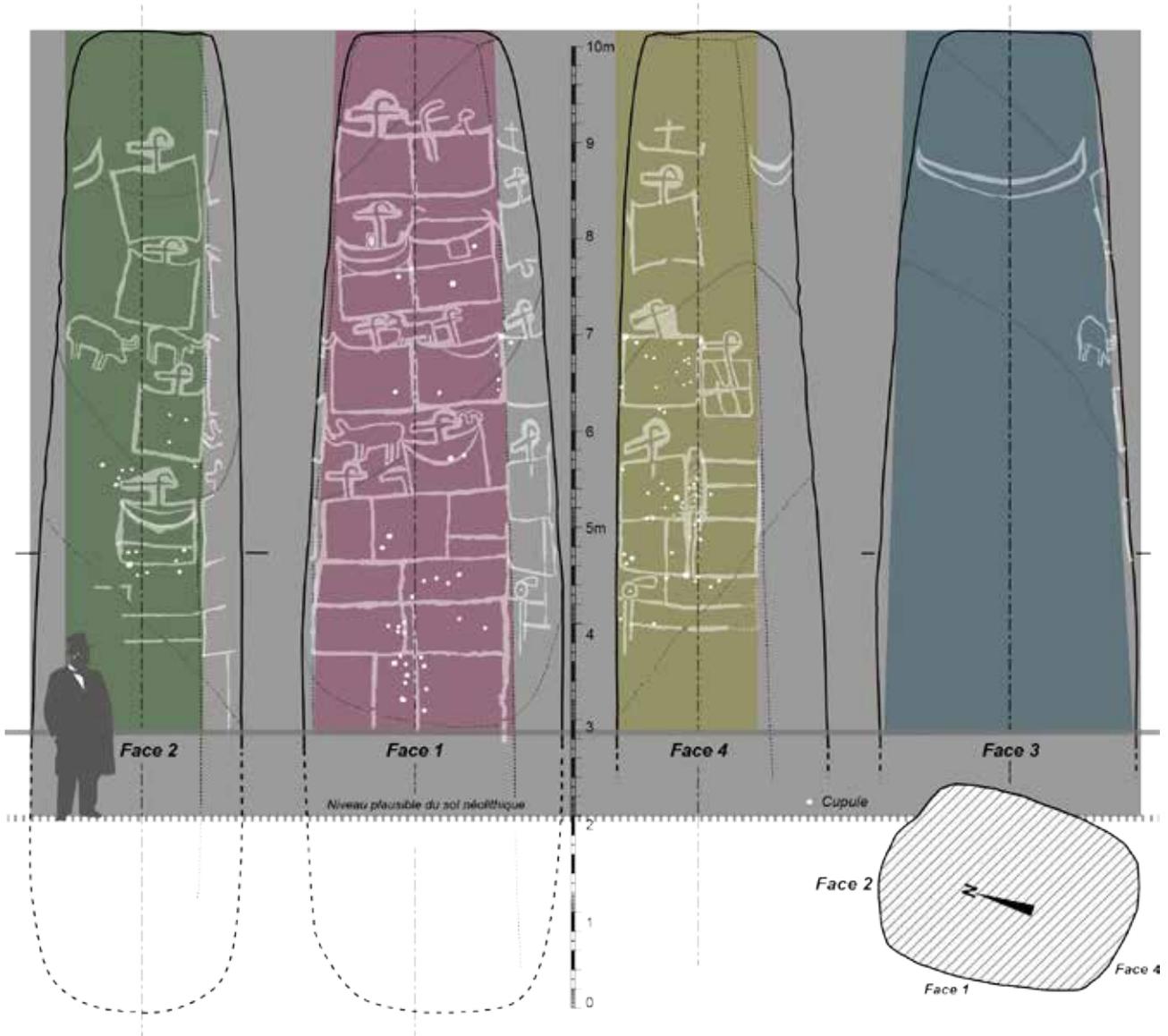


Figure 33

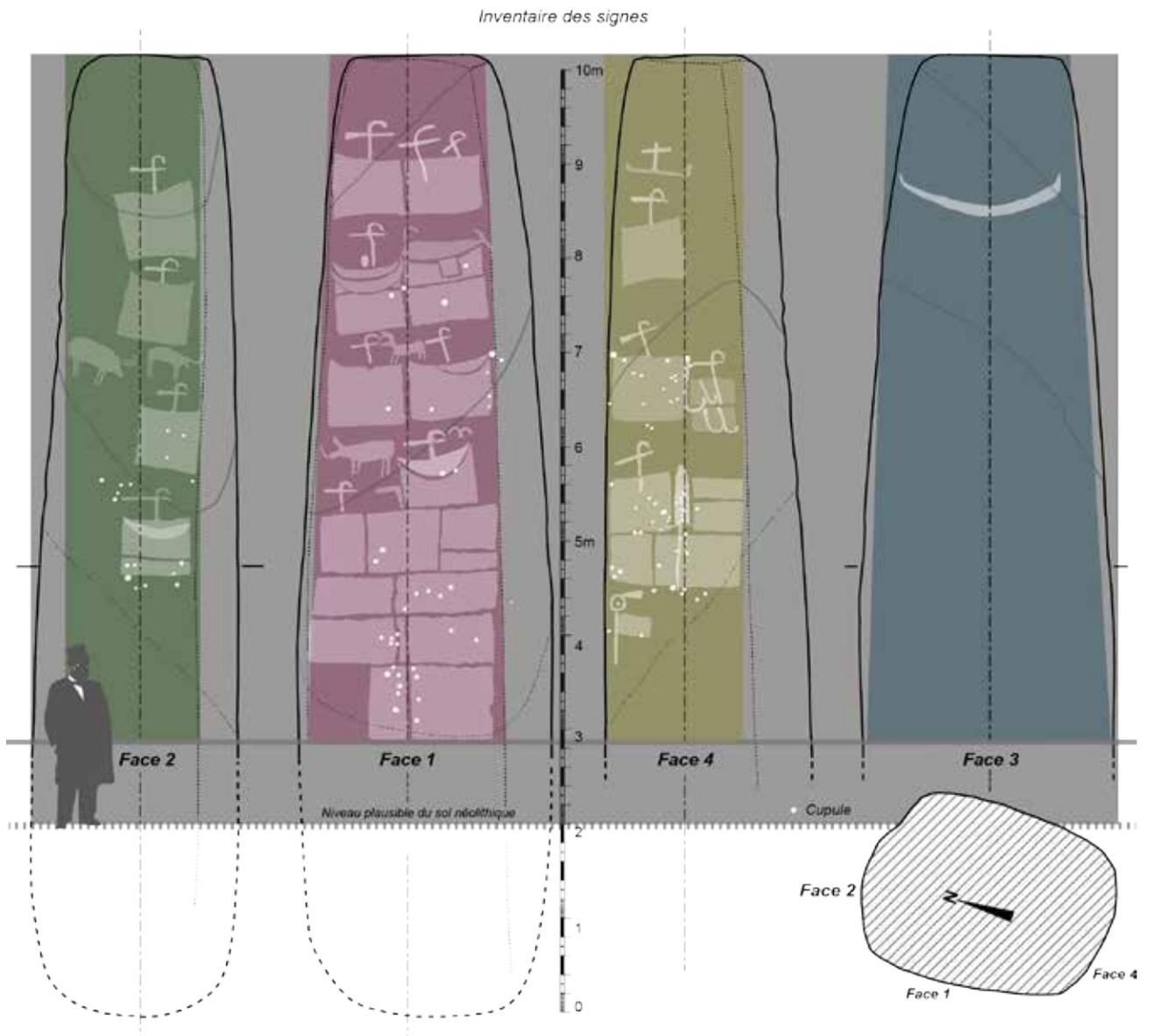


Figure 34

4.12. Maison des Fées (Tressé, Ille-et-Vilaine)

L'architecture de cette allée-couverte remarquable a été numérisée le 3 juin 2016 mais n'a pas encore bénéficié des traitements *ad hoc*. Un enregistrement 3D a été conduit au moyen du scanner Faro, par photogrammétrie et par éclairages tournants sous tente opaque sur la cellule arrière. Ici, deux dalles plantées sont en effet bien connues pour conserver des paires de « seins » et « colliers » ; il nous semble que le troisième orthostate est lui aussi marqué d'une gravure.

5. Bilan de l'année-test et préconisations

5.1. Bilan sur les objets

Dans ce chapitre nous tenterons de rendre compte de l'intervalle constaté entre nos souhaits de départ relativement aux objets à enregistrer, et la réalité vécue au terme des premiers mois du programme : que doit-on finalement retenir pour constituer ce Corpus ?

Les temps de réalisation doivent être également révisés par rapport à nos estimations : l'augmentation des tâches (cartographie des désordres, par exemple) nécessitera de passer plus de temps sur chaque site.

Les méthodes seront aussi passées au crible pour convenir des meilleurs choix à effectuer pour les trois années à venir.

Enfin la question du stockage et de la conservation des données mobilisant des volumes de plus en plus importants sur nos disques durs méritera d'être synthétisée.

Corollaire de ce questionnement, la diffusion des connaissances et des informations nouvelles conclura ce bilan.

5.1.1. Nature des objets

- Une question de pertinence se pose au sujet des surfaces à cupules, objet transculturel et qui n'appartient pas en règle générale à une système de représentation mais participe avant tout d'un processus de prélèvement de matière en vue d'une récolte ; on poursuivra néanmoins leur enregistrement quand le monument gravé en contiendra, mais les contextes funéraires et les affleurements naturels marqués de ces signes circulaires ne seront plus une raison d'acquisitions spécifiques, sauf si une demande particulière nous était demandée sur le secteur UNESCO ; le site de Pen Lannic réalisé en 2016 restera donc une exception en accord avec l'offre de visite sur le site de Gavrinis.
- À la question de savoir si les moulages devaient être inscrits dans la liste des objets à enregistrer, la réponse est certainement oui. Les anciennes empreintes faites sur les sites de La Tremblais et du Mané er Hroëck ont amplement démontré leur utilité déterminante. Au point que nous réitérons notre souhait qu'une politique de *fac-simile* puisse être développée à partir de nos modèles numériques, en lien étroit avec le musée de Carnac. A cet égard, une simulation sur le sujet peut être envisagée en 2017 (état de l'art, techniques, devis) en reprenant pour modèle l'orthostate L6 de Gavrinis.
- Corollaire de la problématique précédente, un espace lapidaire doit être pensé afin de déplacer un certain nombre d'originaux en danger ou hors contexte, qui exigent d'être préservés dans des conditions de conservation et de présentation dignes de ces objets exceptionnels. Une réflexion peut être entamée avec les services de l'État et des départements concernés, dans le cadre du PCR.

5.1.2. Temps de travail

L'évaluation du volume de temps dévolu aux phases d'acquisition, de traitement et de restitution, doit tenir compte, à l'expérience de ces premiers mois d'exécution, d'un temps de préparation du terrain que nous n'avions pas suffisamment pris en compte en 2015. Débutant en avril, nous avons été confronté à la pousse de la végétation qui a conduit à de longues préparations du site pour la fauche et le déplacement des déchets (Cruguellic, Mané er Hroëck, Mané Kerioned , Kercado). Sur le territoire morbihannais qui autorise cette possibilité, C. Boujot a pu fort heureusement faire intervenir le *Chantier des Mégalithes*, mais l'entretien du site est parfois éloigné d'une fauche plus radicale mais nécessaire pour l'enregistrement photogrammétrique. Une meilleure intervention en amont dans les années à venir pourra donc nous éviter ce surcoût de temps de travail.

La stèle gravée n'exige pas un temps comparable à l'orthostate gravé, même s'il est seul à être ornémenté dans une tombe mégalithique. Si nous poursuivons selon la volonté de représentation exposée dans les paragraphes précédents, l'architecture intégrant l'objet en question multiplie bien entendu les temps d'acquisition sur le terrain et de traitement en laboratoire. Ce parti-pris, nous le pensons fermement, doit être prolongé. Mais il tempère certainement les durées des travaux que nous avons envisagées en 2015...

Sur le secteur UNESCO s'est de surcroît ajoutée une proposition de cartographie des désordres dans l'environnement immédiat de l'objet architectural (stèle ou tombe). Cette dimension documentaire, qui n'avait pas été prévue dans notre programmation car éloignée du Corpus proprement dit, s'avère d'un usage intéressant et finalement demandé par nos collègues du Comité scientifique international. Nous prolongerons donc l'expérience, tout en prévenant du surcoût que ce travail exige en heures de traitement.

5.1.3. Nombre d'objets acquis et traités, et prévision 2017

Durant cette **année-test** 2016, le choix des premiers objets à enregistrer s'est fait en croisant plusieurs exigences, devant tenir compte :

- du dossier en cours en vue du classement UNESCO de la région de Carnac ;
- de la représentation équilibrée des autres départements bretons ;
- de la variété des différents éléments d'architectures touchées par le phénomène (affleurement, stèle, ciste, tombe à couloir, allée sépulcrale) ;
- de la complémentarité entre supports originaux et empreintes (moulages négatifs, positifs, *fac-simile*).

En conséquence, et en bénéficiant de quelques travaux débutés dans le cadre du programme Jade 2 en

2014 et 2015 mais non achevés et qui ont pu être finalisés à cette occasion (La Tremblais, le Manio2), nous sommes intervenus, en 2016, selon cette suite et distribution correspondant à 47 supports gravés :

Morbihan :

- CARNAC (Le Manio 2 ; Kercado ; Mané Kerioned A, B et C) ;
- LOCMARIAQUER (Mané er Hroëck, original et empreintes pour les parties perdues) ;
- LARMOR-BADEN (Gavrinis L9, C3, C4, sachant que L6, L11, P2, P12, R4 et R11 ont été réalisées ; + quai de Penn Lannic, affleurement à cupules) ;
- SARZEAU (Kermaillard) ;
- ERDEVEN (Mané Groh) ;
- ARZON (Petit Mont II et III).

Finistère :

- LE CONQUET (Tevenn/Kermorvan) ;

Côtes-d'Armor :

- SAINT-SAMSON-SUR-RANCE (La Tremblais, original et empreintes) ;
- CAUREL (Corn er Houët).

Ille-et-Vilaine :

- TRESSÉ (Maison des Fées).

Autrement dit :

- 1 affleurement à cupules ;
- 2 cistes ;
- 5 stèles + 1 enceinte de stèles ;
- 9 tombes à couloir ;
- 1 sépulture à entrée latérale ;
- 1 allée sépulcrale.

Ce nombre correspond à autant d'acquisitions sur chaque site mais ne signifie pas que l'ensemble des supports gravés a pu être restitué et décrypté. Cela s'explique tout d'abord par la prise en compte d'une exception, la stèle de St-Samson, dont le défi ne réside pas tant dans la taille énorme que dans l'envergure de la surface effective couverte par des signes (sur plus de 20 m²). Un tel objet dans l'inventaire résume à lui seul l'équivalent d'une vingtaine de scènes gravées sur stèles d'une taille moyenne (à hauteur d'homme). Par ailleurs, notons que par rapport à la liste des souhaits établie en 2015, les monuments de Petit Mont à Arzon se sont substitués à celui de Goërem à Gâvres pour répondre à une priorité du CD56 en vue d'une nouvelle offre de visite sur le site ; Goërem sera reporté à 2017.

Par conséquent, nous constatons qu'il faut établir une partition dans le déroulement des tâches, en distinguant l'enregistrement des données d'une part, et le traitement de ces données d'autre part. Ces deux étapes n'ont pas exigence de solidarité immédiate, même s'il est évident qu'une suite logique est préférable pour ne pas perdre le fil de l'enquête et la concentration nécessaire. Nous allons donc privilégier l'acquisition à un rythme soutenu, sachant qu'une sauvegarde réussie des fichiers est une garantie de leur bonne exploitation différée. La restitution des signes et leur décryptage suivra une autre temporalité quand la quantité des objets par site l'exigera (Gavrinis est, à cet égard, l'exemple paroxysmique à raison de plus de 200h de travail par dalle...).

Sur ce constat, les sites prévus à l'enregistrement photogrammétrique en 2017 pourraient être :

- Morbihan : Er Hourel (2 dalles), Bronzo (Locmariaquer), Goërem (Gâvres, plusieurs dalles), Er Lannic 2 (Arzon, plusieurs dalles très altérées) ;
- Côtes d'Armor : St-Brandan/St-Mayeux ou Prajou-Menhir (Trebeurden, plusieurs dalles).
- Les sites prévus au traitement (géométral, gravures) seront prioritairement :
- Morbihan : Gavrinis (C5, C6,...), Mané Kerioned (A, B, C) et Kercado C1, C2, C3 (Carnac).

Cette liste n'est pas limitative, bien entendu. Étant donné que la réflexion sur les questions de stockage/archivage n'aura pas à être abordée l'an prochain, du temps va être théoriquement libéré pour achever les géométraux au sein des différents sites les plus complexes (cairn à tombes multiples).

5.2. Bilan sur les méthodes

- L'usage de la lasergrammétrie ne semble pas devoir être systématisé. S'il est indéniable que le levé des objets aussi complexes que le tumulus boisé du Mané er Hroëck a pu être mené à bien grâce à cet outil, plusieurs monuments de moindre ampleur (Corn er Hoët) se satisfont amplement de la photogrammétrique qui restitue par ailleurs une meilleure couverture couleur que celle obtenue du scanner Faro du laboratoire Archéovision (libre d'emprunt pour le LARA en 2017).
- Le drone permet, dans certaines circonstances (Manio 2, Mané er Hroëck) d'aller chercher de l'information bien au-delà de la première fenêtre d'acquisition relative au monument proprement dit. Il peut donc être reconduit comme outil à part entière, notamment en dehors du secteur UNESCO où la couverture LIDAR autorise des extractions très précises de l'environnement immédiat.
- Notons l'avancement majeur opéré par le redressement du levé graphique (synthèse des contours sous éclairages tournants) dans la chaîne opératoire du calcul photogrammétrique. Ce pas méthodologique devra être valorisé car il est moins un gain de temps dans la chaîne opératoire qu'une pratique rigoureuse de redressement géométrique qui ne soit pas tributaire du regard humain, parfois trompé par les formes du relief.
- On ne saurait trop souligner combien les acquisitions photogrammétriques nécessitent que l'environnement du site soit éclairci de sa végétation (autorisation propriétaire, coupe/fauche, transport des déchets), sous peine d'aggraver le temps de travail. Le dialogue avec le *Chantier des Mégalithes* le SRA Bretagne et l'association Paysages de Mégalithes est par conséquent nécessaire sur le secteur sud-morbihannais pour une bonne programmation des entretiens.
- Intimement liée à l'enregistrement et à l'analyse des tracés gravés sur support préparé, l'expérimentation nous apparaît comme une démarche scientifique devant être prolongée, même s'il nous faut rechercher son financement par ailleurs. A cet égard, la sculpture énigmatique sur la dalle C1 de Gavrinis interroge le chercheur autant que le visiteur, et nous aimerions comprendre comment un tel objet a pu être réalisé, et avec quels outils.

5.3. Bilan sur les questions de stockage et d'archivage

- Cette année a permis de produire un schéma permettant de distinguer ce qui doit être impérativement archivé de ce qui ne doit pas l'être. Il a servi de base pour la rédaction d'une fiche de renseignement des modèles 3D concernant les architectures mégalithiques (placée en annexe) en cohérence avec les préconisations portées au sein du *Consortium 3D SHS*. Cela permettra de faciliter les futures opérations d'archivage.
- De plus, dans la perspective d'un archivage des données, une arborescence de dossiers a été établie afin de faciliter la gestion des données pendant les phases de travail et d'archivage (le choix est opéré dossier par dossier, et non par fichier).
- Pour l'année à venir, il s'agit désormais de trouver une solution pour externaliser la question du stockage. Plusieurs pistes se dessinent actuellement : des discussions vont prochainement être engagées avec le CNP, un réseau pourrait être sollicité avec Archéovision et la TGIR HumaNum pour un accès au CINES, ou encore une solution locale pourrait également être développée avec l'OSUNA (à condition d'établir une ligne budgétaire sur plusieurs années pour maintenir ce service).

5.4. Perspectives de diffusion

Publications :

La diffusion des résultats à travers le média de la publication est un terme indissociable de la production de ce *Corpus*. Trois champs distincts peuvent être recensés : la publication scientifique des méthodes, la publication scientifique des objets nouveaux, enfin la diffusion au plus grand nombre des images obtenues. Ces champs éditoriaux ont classiquement pour supports la revue et le livre papier mais s'accompagnent désormais des supports numériques. Il est quoi qu'il en soit nécessaire que le processus de validation scientifique par les pairs accompagne la méthodologie mise en œuvre. A l'heure où nous écrivons, plusieurs projets sont aboutis ou en cours d'élaboration :

- un article méthodologique devrait faire un point sur les éclairages virtuels en détection de gravures (*Journal of Archaeological Method and Theory*) ;
- un article de synthèse méthodologique relatif à la stèle de La Tremblais a été accepté par les *Nouvelles de l'Archéologie* et devrait paraître avant la fin 2016 ;
- un article relatif à la dalle S12 de Gavrinis a été soumis et accepté par la *Revue Archéologique de l'Ouest* pour une parution en 2017 ;
- des livrets grand public (La Tremblais, Mané et Hroëck, Gavrinis en série) sont en cours de négociation avec R. Pigeaud qui souhaite développer une nouvelle activité éditoriale.

Le *Corpus* étant une œuvre de longue haleine, prévue se dérouler sans interruption sur les 3 années qui viennent, le processus de publication devra donc prendre sur ce temps de l'opération et notamment dans le cadre du contrat d'ingénieur d'étude, afin de jalonner et scander nos découvertes et nos avancées documentaires. Cette dimension doit par conséquent être comprise des collaborateurs, des évaluateurs et des financeurs. Si nous sommes tous d'accord sur le principe, nous estimons alors qu'une vingtaine de jours doit être consacrée à l'écriture d'articles et à la réalisation des figures. Janvier pourrait ainsi inaugurer la série avec la préparation de 2 études exposant les résultats sur les stèles de St-Samson et du Mané et Hroëck.

Séminaires :

Le 2 novembre 2016, le séminaire 2016-2017 « Méthodes et approches nouvelles en Archéologie » des Master 2 Recherche et Professionnel (Rennes-Nantes) s'est déroulé à l'université de Nantes, avec pour intitulé : « Surfaces et volumes archéologiques. Enregistrements et représentations ». Les exposés se sont fondés sur les interventions de terrain et les traitements en laboratoire menés dans le cadre du PCR :

- Serge Cassen (LARA, Nantes) : Méthodes photographiques pour détecter, inventorier et ordonner des surfaces gravées.
- Marie Vourc'h (LARA, Nantes) et Cyrille Chaigneau (Musée de Carnac) : Expérimentations lithiques pour reproduire dans la pierre une surface plane et un tracé en creux.
- Valentin Grimaud (LARA, Nantes) : Du grain de roche au tumulus, de l'acquisition aux rendus graphiques : mise en place de protocoles de traitement des données.
- Hervé Paitier (INRAP, Rennes) : Surfaces de terrain et de construction enregistrées par drone.

Les dossiers préparés par les étudiants, sur l'exposé de leur choix, seront évalués et notés par S. Cassen.

Sites Internet (LARA) :

Une page spécifique à l'opération *Corpus* sera ouverte en 2017 sur le site de l'UFR Histoire, Art et Archéologie hébergé à l'université de Nantes

http://www.histoire.univ-nantes.fr/90701/0/fiche_laboratoire/&RH=1182942610460

qui présentera les travaux en cours. Nous remercions par avance Evelyne Leveziel (LARA) qui se chargera de cette mise en forme et de cette diffusion.

L'ÉQUIPE RÉDACTIONNELLE

Serge Cassen, Valentin Grimaud

avec Marie Vourc'h et Cyrille Chaigneau

Laboratoire de recherches archéologiques

(LARA, CNRS UMR6566)

Université de Nantes, BP 81227

44312 NANTES cedex 3

serge.cassen@univ-nantes.fr

valentin.grimaud@univ-nantes.fr

Bibliographie, webographie, liens URL

(Bibliographie restreinte limitée aux appels dans le texte ; inventaires, découvertes récentes, interprétations récentes, processus récents d'acquisition et de traitement)

Bachelot de La Pylaie J.M., 1850. Menhirs, stèles ou pierres levées. In: Etudes archéologiques et géographiques mêlées d'observations et de notices diverses. Bruxelles, 1850. - Quimper, 1870, *Société archéologique du Finistère*, XXX-570 p., cf. p. 508-519.

Berthaud 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). *INORA* 71, p. 7-15.

Bigas J.P., Bromblet P., Martinet G., Gaudon P. 2009. *Pierre et patrimoine, connaissance et conservation*. Actes Sud/ Céfracor, Arles, 214 p.

Bizien-Jaglin C., 2012. *Patrimoine historique et architectural du pays de Dinan*. Livre 1 - la Préhistoire : Le Paléolithique - Le Mésolithique - Le Néolithique. Syndicat Mixte du Pays de Dinan.

Bouillon C., Cassen S. 2008. De l'Airbus A380 au site néolithique de la Table des Marchands (Morbihan) : limites et perspectives d'un transfert de technologie. In : Vergniew (ed.), Colloque international *Virtual Retrospect*, 14-16 nov. 2007. Bordeaux : centre Ausonius, coll. Ausonius, vol. 3, p. 157-164.

Boujot C., Cassen S., 1997. Néolithisation et monumentalité funéraire : explorations du tertre de Lannec er Gadouer à Erdeven (Morbihan, France). In : Rodriguez Casal (Ed.), *O Neolítico atlântico e as orixes do Megalitismo*. Actas do coloquio internacional. Santiago de Compostela 1996. Santiago de Compostela : UISPP, Université de Santiago, 1997, p. 211-232.

Boujot C., Cassen S., Defaix J., 2000. La Pierre décorée du caveau et les gravures régionales nouvellement découvertes. In : Cassen (Dir.). *Éléments 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)*. Chauvigny : Editions chauvinoises, Mémoire 19, 815 p., p. 277-297.

Boujot C., Cassen S., 2000. Tertres et pierres dressées. In : *Éléments 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)*. Chauvigny : Editions chauvinoises, Mémoire 19, 815 p., p. 181-206.

Boujot C., Mens E., 2000. *Base documentaire « Alignements de Carnac », rapport sur l'opération de terrain (mai-juin 1998, juin-août 1999, janvier-avril 2000)*. Service Régional de l'Archéologue, Caisse Nationale des Monuments Historiques (mission Carnac), Association pour les Fouilles Archéologiques Nationales, Rennes, 2000.

Breuil H., Boyle M.E., 1959. Quelques dolmens ornés du Morbihan : essai de déchiffrement de leurs décorations, Paris, Presses universitaires de France, 1959, 145 p. (Préhistoire ; 13).

Briard J., 1990. Dolmens et menhirs de Bretagne. Luçon : Editions Jean-Paul Gisserot

Briard J., 1995. *Les Mégalithes de l'Europe atlantique. Architecture et art funéraire (5000-2000 av. J.-C.)*. Paris : Éd. Errance, 206 p.

Bromblet P., 2010. Altérations de la pierre. Orléans, Association Medistone, 32 p.

Bromblet P., Leroux L., Oriol G., 2002. L'impact de l'environnement sur l'altération des pierres en œuvre. *Pierre Actual*, 790, p 58-69.

Bueno Ramirez P., Balbin Behrmann (de) R., Laporte L., Gouezin P., Barroso Bermejo R., Gismero A., Gavira-Vallejo J., Iriarte Cela M., 2012. Paintings in Atlantic Megalithic Art: Barnenez. *Trabajos de prehistoria*, vol. 69, n°1, p. 123-132.

Bryan, P.G., Abbott, M., Dodson, A. J., 2013. Revealing the secrets of Stonehenge through the application of laser scanning, photogrammetry and visualisation techniques. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40 (5), pp.125-129.

Caldwell D., 2012. Réexamen de deux sites à gravures piquetées. Milly-la-Forêt (Essonne). *Art rupestre, Bulletin du Gersar*, 62, p. 33-38.

Carrerra Ramirez, F., 2011. El arte prehistórico y su conservación. Pinturas y grabados en Dombate. In : Rodríguez, J.Y. (dir.), *El dolmen de Dombate : arqueología, arquitectura y conservación*. Deputacion da Coruña, Coruña, pp. 230-266.

Cartier A., Moysan M., Reymonet N., 2015. Réaliser un plan de gestion de données de la recherche - Data management Plan (DMP), guide de rédaction (V1, 09/01/2015). Cf. http://www.univ-paris-diderot.fr/sc/site.php?bc=recherche&np=Data_DMP (site consulté le 25/07/2016).

Cassen, S., 2000. La Forme d'une déesse. In S. Cassen, C. Boujot & J. Vaquero (eds) *Éléments 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)*. Chauvigny: Asso. Publications chauvinoises, Mémoire 19, 657-681.

Cassen S., 2005 Pigeon-vole ! Re-connaissance d'une gravure armoricaine du Ve millénaire. *Bull. Soc. Préhist. Franç.*, 102, n° 2, p. 299-334.

Cassen S., 2007. Un pour tous, tous contre un... Symboles, mythe et histoire à travers une stèle morbihannaise du Ve millénaire. In : Testart, Barray, Brun (dir.), *Pratiques funéraires et sociétés. 12-14 juin 2003 (UMR 5594, UMR 7041, Labo d'Anthropologie sociale, Collège de France ; Centre de Recherche et d'Étude du Patrimoine, Sens)*. p. 37-67.

Cassen S., 2007. Le Mané Lud en images. Interprétation de signes gravés sur les parois d'une tombe à couloir néolithique (Locmariaquer, Morbihan). *Gallia-Préhistoire t. 49.*, p. 197-258

Cassen S., 2009. D'un chercheur l'autre. In : Cassen S. (ed.), *Autour de la Table. Explorations archéologiques et discours savants sur des architectures néolithiques à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir)*. ACR 2003-2006, Actes du colloque international, Vannes (Morbihan), 5-7 octobre 2007 (Université de Bretagne-Sud, campus Le Tohannic). Nantes : LARA, Université de Nantes, p. 27-34.

- Cassen S., 2011. Le Mané Lud en mouvement. Déroulé de signes dans un ouvrage néolithique de pierres dressées à Locmariaquer (Morbihan) », *Préhistoires Méditerranéennes*, 2, p. 11-69.
- Cassen S., 2012. L'objet possédé, sa représentation : mise en contexte général avec stèles et gravures. In : P. Pétrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen, A. Sheridan et A.M. Pétrequin (éd.), *Jade. Grandes haches alpines du Néolithique européen. V^e et IV^e millénaires av. J.-C.*, Cahiers de la MSHE C.N. Ledoux, Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté et Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Ain, t. 2, p. 1310-1353.
- Cassen, S. 2012. La crosse, point d'interrogation ? Poursuite de l'analyse d'un signe néolithique, notamment à Locmariaquer (Morbihan). *L'Anthropologie* 116, p. 171-216.
- Cassen S., 2014. Sites de passage (1). Le modèle carnacois des pierres dressées à l'épreuve des rivières, des lacs et des montagnes (France, Suisse, Italie). Arbogast (R.-M.) et Greffier-Richard (A.) dir. *Entre archéologie et écologie, une Préhistoire de tous les milieux*. Mélanges offerts à Pierre Pétrequin. Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté, (Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté, 928 ; série « Environnement, sociétés et archéologie », 18), p. 281-302.
- Cassen, S., Vaquero Lastres J. 2000. La Forme d'une chose. In S. Cassen, C. Boujot & J. Vaquero (eds) *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)*. Chauvigny: Asso. Publications chauvinoises, Mémoire 19, 611-656.
- Cassen S., Vaquero Lastres J., 2003a. Le Désir médusé. In : Guilaine (dir.), *Expressions symboliques, manifestations artistiques du Néolithique et de la protohistoire. Séminaires du Collège de France*, Éd. Errance, p. 91-118.
- Cassen S., Vaquero Lastres J., 2003b. Construction et déconstruction des surfaces sur les temps. Enregistrement et représentation de stèles gravées. Le Bronzo, Locmariaquer et Vieux Moulin, Plouharnel (Morbihan). *Revue archéologique de l'ouest*, 20, p. 109-125.
- Cassen S., Vaquero Lastres J., 2003c. Locmariaquer (Morbihan - 2002/2003). *Relevés de gravures pariétales. Le Mané Lud. Propositions pour un nouveau corpus des signes gravés*. Rennes : Rapport d'opération programmée sous convention de recherche, SRA/DRAC Bretagne et Laboratoire de Préhistoire, Université de Nantes ; 32 p., 41 fig.
- Cassen S., Merheb M., 2004. Archiving Neolithic heritage. In : Paris, *International Conference 3rdDiMENSION 2004, The standing appointment for professionals in 3D scanning solutions*, p. 13-26. (Publication sur CR-Rom).
- Cassen S., Lefèbvre B., Vaquero Lastres J., Collin C., 2005. Le Mané Lud en sauvetage (Locmariaquer, Morbihan). Enregistrement et restitution de signes gravés dans une tombe à couloir néolithique. *L'Anthropologie* 109, p. 325-384.
- Cassen S., Merheb M., 2005. Stone surfaces, earth surfaces : notes about the recording and the 3D representation of engraved steles within neolithic funeral structures in western France (Locmariaquer, Carnac – 4700-3800 cal. BC.). In : M. Dobrovolskaya (Ed.), *Mejedistsplinarie Issledovania v Arkheologii, Interdisciplinary Investigation in Archaeology*. Moscou : OPUS, 4, p.182-191
- Cassen S., Lefèbvre B., Merheb M., 2005. Mané Rutual en Locmariaquer (Morbihan). Enregistrement de gravures et simulations architecturales dans une tombe à couloir néolithique. *Revue Archéologique de l'ouest*, 22, p. 93-124
- Cassen S., Robin G., Lefèbvre B., Merheb M., 2006. Moving the immovable. A short study of methods of recording and illustrating Neolithic engraved steles in Brittany. In : *Virtual Retrospect, Archéologie et réalité virtuelle*, colloque international ÉSTIA/CNRS, nov. 2005, Biarritz, p. 187-193.
- Cassen S., Geffray O., 2009. L'enregistrement 3D des faits accomplis : acquisition de données numériques des volumes sur monument restauré. In : S. Cassen (ed.) *Autour de la Table. Explorations archéologiques et discours savants sur des architectures néolithiques à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir)*. ACR 2003-2006, Actes du colloque international, Vannes (Morbihan), 5-7 octobre 2007 (Université de Bretagne-Sud, campus Le Tohannic). Nantes : LARA, Université de Nantes, p. 817-825.
- Cassen S., Robin G., 2009. Le corpus des signes à la Table des Marchands. Enregistrement et analyses descriptives. In : Cassen S. (ed.), *Autour de la Table. Explorations archéologiques et discours savants sur des architectures néolithiques à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir)*. ACR 2003-2006, Actes du colloque international, Vannes (Morbihan), 5-7 octobre 2007 (Université de Bretagne-Sud, campus Le Tohannic). Nantes : LARA, Université de Nantes, p. 826-853.
- Cassen S., Robin G., 2010. Recording art on Neolithic stelae and passage tombs from digital photographs. *Journal of Archaeological Method and Theory*, vol. 17 (1), p. 1-14.

Cassen, S., Lescop, L., Grimaud, V., 2013. Pour une critique de la représentation tridimensionnelle des architectures mégalithiques en Europe occidentale. Méthodes et usages actuels. *Annales de Bretagne et des Pays de l'ouest*, t 120, 1, 7-31.

Cassen S., Lescop L., Grimaud V., Querré G., Suner B., 2013. In search of a representation of the Gavrinis megalithic tomb (Morbihan, France). *Virtual archaeology review*, vol. 4, p. 61-63.

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 Sciences* 45, p.126-140.

Cassen, Grimaud V., Lescop L., Caldwell D., 2014. Le Rocher gravé de la Vallée aux Noirs, Buthiers (Seine-et-Marne). Campagne 2013. *Art rupestre*, bulletin du GERSAR, 65 : 25-37.

Cassen S., Grimaud V., Lescop L., 2014a. De l'École à l'Essonne, enregistrements et représentations de gravures néolithiques dans le Gâtinais. In : C. Billard, A. Denaire (dir.), *InterNéo 10 2014*, Paris, Société Préhistorique Française, p. 89-101.

Cassen S., Grimaud, V., Lescop, L., Morel, D., Querré, Q., 2014b. Bienfaits et limites d'un enregistrement lasergrammétrique dans la tombe à couloir de Gavrinis (Morbihan, France), In: Costa L., Djindjian É., Giligny F. (eds), 3^e Journées d'Informatique et Archéologie de Paris, 1/2 juin 2012. *Archeologia e calcolatori* sup. 5, 47-59.

Cassen S., Lescop L., Grimaud V., Caldwell D., 2014c. Discovery of exceptional Neolithic engravings in Buthiers, Seine-et-Marne, France. *Antiquity*, Project Gallery, Vol 88, issue 340.

Cassen S., Grimaud V., Lescop L., 2015. Intuition and analysis in the recording, interpretation and public translation of Neolithic engraved signs in western France. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, vol. 2, issues 2-3, p. 213-221.

Cassen S., Grimaud V., Jersey (de) P. Lescop L., 2015. The Recording and Representation of Neolithic Engravings in the Déhus Passage Grave (Vale, Guernsey). *Proceedings of the Prehistoric Society* 81, p 1 – 17

Cassen S., Lescop L., Grimaud V., Alvim P., de Jersey P., 2015. Sites de passage (3). La représentation de l'arc au cours du Ve millénaire d'après les stèles de Bretagne, des îles Anglo-Normandes et de l'Alentejo. In : L. Rocha (ed.), *11th International Meeting on Archaeology of Transition. The Funerary World*, Évora University (Portugal), April 29th to May 1, 2013. Oxford : BAR-S2708, p. 95-125.

Cassen S., Grimaud V., Lescop L., Valois L., à paraître 2017. Les compositions gravées en Beauce et Gâtinais. In : E. Gauthier et P. Pétrequin (dir.), *Objets-signes et interprétations sociales des jades alpins dans l'Europe néolithique*. Cahiers de la MSHE C.N. Ledoux, Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté.

Cassen S., Grimaud V., Lescop L., Lagrost L., à paraître 2017. Les compositions gravées en Bourgogne. In : E. Gauthier et P. Pétrequin (dir.), *Objets-signes et interprétations sociales des jades alpins dans l'Europe néolithique*. Cahiers de la MSHE C.N. Ledoux, Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté

Cebriádel Moral, F., Yáñez Rodríguez, J., Lestón Gómez, M., Vidal Pérez, F., Carrera Ramírez, F., 2011. El dolmen de Dombate, arqueología, restauración, arquitectura. Deputación da Coruña, Coruña, 311 p.

Chaigneau-Normand M., 2002. *La Rance industrielle : Espace et archéologie d'un fleuve côtier*, Rennes, [Presses universitaires de Rennes](#), coll. « Art & société », 2002, 270 p.

CINES 2014a. Le concept d'archivage numérique pérenne. <https://www.cines.fr/archivage/un-concept-des-problematiques/le-concept-darchivage-numerique-perenne/> (site consulté le 22/07/2016), dernière mise à jour le 22/04/2014.

CINES 2014b. Une plateforme en production. <https://www.cines.fr/archivage/une-plateforme-en-production/> (site consulté le 22/07/2016), dernière mise à jour le 23/06/2014.

Closmadeuc, G. (de), 1863. Note sur la sépulture du dolmen tumulaire de Kercado. Bulletin Société Polymatique du Morbihan : 0-15.

Closmadeuc G. (de), 1873. *Sculptures lapidaires et signes gravés des dolmens dans le Morbihan*. Vannes : Imp. De Lamarzelle, 1873.

- Collet abbé 1871. Compte-rendu des explorations dans la région de Saint-Aignan. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan*, 206^e séance, p. 8-10.
- Davy de Cussé L., 1865-1866. *Recueil des signes sculptés sur les monuments mégalithiques du Morbihan relevés et réduits au pantographe*. Vannes : Imp. Galles, 1865 et 1866 (2e livraison).
- Denard, Hugh "A New Introduction to the London Charter" in A. Bentkowska-Kafel, D. Baker & H. Denard (eds.) *Paradata and Transparency in Virtual Heritage Digital Research in the Arts and Humanities Series* (Ashgate, 2012) 57-71. <http://www.londoncharter.org/> (site consulté le 21/10/2016)
- De Roo B., Bourgeois J., De Mayer P., 2016. Usability Assessment of a Virtual Globe-Based 4D Archaeological GIS. In: Abdul-Rahman A, éditeur. *Advances in 3D geoinformation*. Cham, Switzerland: Springer; 2017. p. 323–35.
- Devoir A. 1917. Note sur la stèle gravée du Têven de Kermorvan (commune de Ploumoguier, Finistère). *Bulletin Société Archéologique du Finistère*, 44, 1917, p. 1-7.
- Domingo, I., Villaverde, V., López-Montalvo, E., Luis-Lerma, J., Cabrelles, M., 2013. Latest developments in rock art recording: towards an integral documentation of Levantine rock art sites combining 2D and 3D recording techniques. *Journal of Archaeological Science*, 40 (4), pp.1879–1889.
- Du Chatellier P., 1903. La pointe de Kermorvan, en Ploumoguier, ses monuments, pierres à cupules. *Bulletin Société Archéologique du Finistère*, tome 30, p. 90 à 128.
- El-Gohary M. A., 2011. Analytical Investigations of Disintegrated Granite Surface from the Un-finished Obelisk in Aswan. *ArcheoSciences*, 35 | 2011, 29-39.
- Feruglio, V., Bourdier, C., Dutailly, B., Ferrier, C., Konic, S., Lacanette, D., Jaubert, J., 2013. Un outil de relevés 3D partagés en ligne : premières applications pour l'art et la taphonomie des parois ornées de la grotte de Cussac (ArTaPoC / programme LaScArBx). Colloque *Virtual Retrospect*, sous la direction de Vergneux, R., Archéovision, Bordeaux. URL : <http://calenda.org/256789>, consulté le 26/06/2015]
- Fréminville (Chevalier de) 1832, *Antiquités de la Bretagne*, Monuments du Finistère. Brest : Lefournier et Deperiers (7 parties en 4 vol.).
- Gaillard F., 1892. Inventaire avec cartes des monuments mégalithiques du Morbihan dans le périmètre des acquisitions de l'État dans les cantons de Quiberon, Belz et Locmariaquer. *Revue des Sciences Naturelles de l'Ouest*, II, n°4, p. 404-420.
- Galles R., Galles L., 1864. *Tumulus et dolmen de Kercado (Carnac). Tumulus et dolmen du Rocher (Plougoumelen, Vannes*
- Gaultier du Moita Y J., 1885. *Répertoire archéologique du département des Côtes-du-Nord.*, cf. p. 389.
- Gawalkiewicz R., Szafarczyk A., 2016. Surveying in the studies of the stability of earthy constructions, focus on selected historical mounds in Krakow (Poland). *Boletim de Ciências Geodésicas*. sec. Artigos, Curitiba, v. 22, no2, p.324- 341.
- Giot, P R., 1969. Chronique des datations radiocarbone armoricaines. *Annales de Bretagne*. Tome 76, numéro 1 : 153-162.
- Giot P.-R., 1973- Informations: St-Samson-sur-Rance. *Gallia-Préhistoire*, 16, p. 402-403.
- Giot P.-R., L'Helgouac'h J., Monnier J., 1979. *Préhistoire de la Bretagne*. Rennes : Ouest France Université, 1979, 444 p.
- Giot P.-R., Morzadec H., 1990. Contribution à l'étude de l'ère monumentale préhistorique : les lapides stantes de Saint-Samson. *Les Dossiers du centre régional d'archéologie d'Alet*, 1990, 18, p. 43-52.
- Gouezin P., Laporte L., Balbin Behrmann R. (de), Bueno Ramirez P., 2013. La Couleur dans les monuments mégalithiques de l'ouest de la France. Découverte de peintures préhistoriques à Barnenez (Finistère) et quelques autres monuments du Morbihan. *Bulletin Société Préhistorique Française* 110, 3, p. 541-545.
- Grimaud V., 2015. *Réexplorer et valoriser les architectures funéraires monumentales du Néolithique de l'Ouest de la France, étude du cairn de Gavrinis*. Doctorat de l'Université de Nantes, Ecole doctorale : Sociétés, Cultures, Echanges, 2 volumes.

Guenin G., 1909 (1936). *Le légendaire préhistorique de Bretagne, les mégalithes, traditions et légendes*. La Rochelle : La Découvrance (coll. L'Amateur averti) 1995.

Habasque F.-M. G., 1836. *Notions historiques, géographiques, statistiques et agronomiques sur le littoral du département des Côtes-du-Nord*. Éd. Vve Guyon.

Harmois A.L., 1909. Inventaire des découvertes archéologiques du dpt. des C.-du-N., arrdt. de Dinan. *Société d'émulation des Côtes-du-Nord.*, 47, p. 1-86, cf. p. 28.

Laporte L., Le Roux C.T., 2004. *Bâtisseurs du Néolithique. Mégalithismes de la France de l'Ouest*. Paris : Ed. Maison des roches.

Lecornec J., 1988. Sarzeau, Kermaillard. Menhir. *Bulletin d'informations archéologiques*, DRAC Bretagne, p. 72-73.

Lecornec J., 1990. - L'ornementation du Petit Mont dans le contexte mégalithique Morbihannais in La Bretagne et l'Europe préhistoriques. Mémoire en hommage à Pierre-Roland Giot. *Revue Archéologique de l'Ouest*. Supplément no2 : 141-152.

Lecornec J., 1994. *Le Petit-Mont. Arzon, Morbihan*. Documents Archéologiques de l'Ouest. Rennes : PEAO, 1994, 109 p.

Lecornec J., 2015. De Nouvelles gravures mégalithiques armoricaines. In : G. Rodriguez et H. Marchesi (dir.), *Pierres levées du Néolithique à l'Age du fer : 3ème colloque international sur la statuaire mégalithique*, du 13 au 16 septembre 2012 Saint Pons-de-Thomières. DRAC Languedoc-Roussillon, groupe archéologique du Saint-Ponais, p. 231-234.

Lefèbvre, M., Galle R., 1863. Note sur un dolmen découvert sous la tombelle de Kercado en Carnac. *Bulletin Société Polymatique du Morbihan* : 5-10

Le Goffic M., 1994. *Études des sites archéologiques, dans Documents de la Zone de Protection du Paysage Architecturale Urbain et Paysage du Conquet*, p. 11-13.

Le Goffic M., 1997. Les Cupules en relation avec les monuments mégalithiques du Finistère (Bretagne, France). In : IIE Colloquio Intern. de Arte megalitico. A Coruña 1997. *Brigantium*, 10, 1997, p. 355-375.

Le Goffic M., 2009. L'art gravé a l'air libre durant la préhistoire et la protohistoire en Bretagne (France) . In : *Grabados rupestres de la fachada atlántica europea y africana*. Rock Carvings of the European and African Atlantic Façade. Edited by Rodrigo de Balbín Behrmann, Primitiva Bueno Ramirez, Rafael González Antón and Carmen del Arco Aguilar. Oxford : BAR International Series 2043, p. 27-44.

Le Pennec C., 2011. La Société Polymathique et la naissance de collections archéologiques en Morbihan, *Annales de Bretagne et des Pays de l'Ouest*, p. 79-96

Le Roux Ch.-T., 1975. Bretagne. *Gallia préhistoire*, tome 18, fascicule 2, p. 511-539

Le Roux Ch.-T., 1977. Bretagne. *Gallia préhistoire*, tome 20, fascicule 2, p. 407-432

Le Roux Ch.-T., 1978. Le mobilier du dolmen de Cruguellic en Ploemeur (Morbihan). *Bulletin de la Société préhistorique française*, tome 75, n°9, p. 281-285

Le Roux C.-T., 1985. *Gavrinis et les îles du Morbihan*. Guides archéologiques de la France. Paris : Ministère de la Culture.

Le Roux C.T., 1992. The Art of Gavrinis presented in its armorican context and in comparison with Ireland. *Journal of the Royal Soc. Of Antiquaries*, 122, 79-108

Le Roux C.-T., 1997. L'Art mégalithique armoricain : pour les vivants, pour les morts, pour les esprits ? (autour du cas particulier de Gavrinis). In : Rodriguez Casal (Ed.), *O Neolitico atlantico e as orixes do Megalitismo*. Actas do coloquio internacional. Santiago de Compostela 1996. Santiago de Compostela : UISPP, Université de Santiago, 1997, p. 763-778.

Le Roux C.T. 1998. *Dossiers d'Archéologie (Mégalithes)* 230, p. 28-35.

Le Roux C.T., 2003. L' Art mégalithique armoricain face aux préhistoriens... et aux autres ! In : *Arte prehistorico desde losinicios del siglo XXI*. Primer symposium internacional de arte prehistorico de Ribadesella, p. 441-455.

- Le Roux C.-T., (2003). Constantes et (r)évolutions dans l'art mégalithique Armoricaïn. In/ J. Guilaine (dir.), *Arts et symboles du Néolithique à la Protohistoire*. Errance, Paris. pp. 121-134.
- Le Roux C.T., 2010. *Gavrinis*. Luçon : Ed. J.P. Gisserot.
- Le Roux Ch.-T., Lecerf Y., 1977. Le dolmen de Cruguellic en Ploemeur (Morbihan) et les sépultures mégalithiques transeptées armoricaines. In : *l'Architecture mégalithique*, Vannes, Colloque du 150e anniversaire de la Société Polymathique du Morbihan, p. 143-160.
- Le Roux C.-T., Le Goffic M., 1997. L'Art des mégalithes en schiste de Bretagne centrale. In : *Art et symbole du mégalithisme européen*. 2ème Colloque international sur l'art mégalithique (Nantes, 1995). *Revue archéologique de l'Ouest*. Supplément 8, p. 113-147
- Le Roux C.T., Thollard P., 1990. Bretagne. *Gallia Informations, Préhistoire et Histoire*, 1-2, p. 7.
- Le Rouzic, Z., 1927. Carnac. Restaurations faites dans la région. Dolmen à galerie, sous tumulus, de Kercado, commune de Carnac. *Bulletin Société Polymathique du Morbihan* (année 1927) : 79-89.
- Le Rouzic Z., 1965. *Inventaire des monuments mégalithiques de la région de Carnac*. Vannes : Société Polymathique du Morbihan.
- Lescop L., Cassen S., Grimaud V., 2013. Gavrinis. The raising of digital stones. In : Alonzo C. Addison, Livio De Luca, Gabriele Guidi, Sofia Pescarin (eds.), 2013 Digital Heritage International Congress (28 Oct – 1 Nov 2013, Marseille, France), *CAA Fall 2013 Symposium, Communicating Archaeology: Theory & Practice*, vol. 2, p. 561-568.
- Lescop L., Cassen S., Grimaud V., 2015. Naexus : dispositif immersif mobile pour la valorisation du patrimoine. In : R. Vergnieux (ed.), *Virtual Retrospect Bordeaux 2013 - Session 1*, p. 11-17.
- L'Helgouac'h J., 1965. *Les Sépultures mégalithiques en Armorique*. Rennes : Université de Rennes.
- L'Helgouach J., 1966. Fouilles de l'allée couverte de Prajou-Menhir en Trébeurden (Côtes-du-Nord). *Bulletin de la Société préhistorique française*. Études et travaux. tome 63, N. 2. pp. 311-342.
- L'Helgouac'h, J. 1991. Déesses et figurations cornues du Néolithique. In H. de Lumley & A. Lautman (eds), *Le Mont Bego, Une montagne sacrée de l'Age du Bronze*. Paris: institut de paléontologie humaine, 537-557.
- L'Helgouac'h J., 1993. Du Schématisme au réalisme dans la figuration anthropomorphe du Néolithique armoricaïn. In : *115e Congrès National des Sociétés Savantes*. Avignon 1990. Paris : Éd. CTHS, 1993, p. 9-19.
- L'Helgouach 1998, L'HELGOUACH J., Navigation et navires durant la période néolithique en Bretagne. Sur l'interprétation des gravures mégalithiques, in: *L'homme préhistorique et la mer*, Camps G. (Dir.), Paris, Comité des Travaux historiques et scientifiques, 1998, p. 151-161 (Actes du 120ème congrès national des sociétés savantes, Aix-en-Provence 1995).
- L'Helgouac'h J., 1995. L'Art mégalithique d'Armorique. In : Masset, Soulier (dir.), *Allées couvertes et autres monuments funéraires du Néolithique dans la France du nord-ouest*. Catalogue d'exposition, Musée de Guiry-en-Vexin. Paris : Éd. Errance, 1995, p. 88-95.
- L'Helgouac'h J., 1997. De la Lumière aux ténèbres. In : *Art et symboles du Mégalithisme européen*. Nantes 1995. *Revue Archéo. de l'Ouest*, Supp. n° 8, 1997, p. 107-124.
- L'Helgouac'h J., 1997. Le Dédoublé des motifs élémentaires dans l'art des tombes à couloir en Armorique; symétrie ou concept symbolique?, *Brigantium*, Vol. 10, La Coruna : 37-46.
- L'Helgouac'h J., 1998. Navigation et navires durant la période néolithique en Bretagne. Sur l'interprétation des gravures mégalithiques. In : *120e Congrès National des Sociétés Savantes*. Aix-en-Provence, 1995. Paris : Éd. CTHS, 1995, p. 151-161.
- L'Helgouach J., Bellancourt G., Gallais C., Lecornec J., 1970. Sculptures et gravures nouvellement découvertes sur des mégalithes de l'Armorique. *Bulletin Société Préhistorique Française*. Études et travaux. 1970, tome 67, n° 2. p. 513-521.
- Linares-Catela, D., Linares-Catela, J.A., Lozano-Martínez, F.R., Barrera-Vera, J.A., Pallarés-Silva, V., 2013. Topografía de vanguardia en los levantamientos de yacimientos megalíticos estrategias para el conocimiento. Métodos. In : *4th International Meeting on Graphic Archaeology and Informatics, Cultural Heritage and Innovation*, ARQUEOLÓGICA 2.0, 20th-22th June 2012, Séville, p.125-129.

- Lucie de V.-H., 1902a. La Marque du diable. *Revue des Traditions Populaires* t. 17, n° 5, 257-258.
- Lucie de V.-H., 1902b. Le Menhir de Saint-Samson près Dinan. *Revue des Traditions Populaires* t. 17, n° 6, 353.
- Mahé C., 1825. *Essai sur les Antiquités du département du Morbihan*. Vannes : Imprimerie Galles.
- Menez Y., et al. 1999. *Mémoire d'âme(s) : 20 ans de recherches archéologiques en Côtes d'Armor*. Ministère de la culture, Conseil général des Côtes d'Armor, 1999. (catalogue de l'exposition "mémoire d'âme(s)", 20 ans de recherches archéologiques en Côtes d'Armor, Château de la Roche Jagu, mai 1999-avril 2000).
- Mens E., 2004. Etude technologique des gravures de Mané er Hroëk (Locmariaquer, Morbihan) : un nouveau cas de crosse transformée en hache. *Bulletin Société Préhistorique Française* 101 (1), p. 105-116.
- Mens E., 2004. Des crosses transformées en haches dans l'art néolithique armoricain : l'exemple du signe D de Dissignac (Saint-Nazaire, Loire-Atlantique, France). *L'Anthropologie*, Volume 108, Issue 1, p. 121-136
- Mills, J., Andrews, D., 2011. *3D Laser scanning for heritage (second edition), advice and guidance to users on laser scanning in archeology and architecture*. Éd. English Heritage, 40 p.
- Minot R.S., 1964. Sur les Gravures mégalithiques du Morbihan. *Bulletin Société Polymatique du Morbihan*, 1964, p. 89-98.
- Minot R.S., 1964. *Les monuments mégalithiques de l'Île-aux-Moines*. Vannes : Société Polymatique du Morbihan.
- Mortillet A. (de), 1894. Les figures sculptées sur les monuments mégalithiques de France. Rev. *École d'Anthropologie de Paris*, 1894, p. 273-307.
- Nicaise D., Steenhoudt P., 2009. *Le tachage par oxydation des granites en façade*. Centre scientifique et technique de la construction-Contact n° 24 : 12.
- Pailler Y., 2007. *Des Dernières industries à trapèzes à l'affirmation du Néolithique en Bretagne occidentale (5500 - 3500 av. J.-C.)*. Oxford : British Archaeological Reports, International Series 1648, 340 p.
- Péquart M., Péquart St-J., Le Rouzic Z., 1927. *Corpus des signes gravés des monuments mégalithiques du Morbihan*. Paris : Éd. A. Picard, 1927.
- Perschke R., 2013. Anthropomorph interpretierte Megalithgravuren (poster). In : *Tagung des Nordwestdeutschen Verbandes für Altertumsforschung e.V., Institut Für Vor- Und Frühgeschichtliche Archäologie Und Provinzialrömische Archäologie, AG Neolithikum „Das 4. Jahrtausend“*, session Posters.
- Pétrequin, P. Cassen, S. Gauthier, E., Klassen, L., Pailler Y. & Sheridan A. 2012. Typologie, chronologie et répartition des grandes haches alpines en Europe occidentale. In P. Pétrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen & A. Sheridan (eds.) Jade. Grandes haches alpines du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C. Besançon: Presses Universitaires de Franche-Comté (Collection Les cahiers de la MSHE Ledoux), Tome 2, 574-727.
- Philippon J., Jeannette D., Lefevre R.A., 1992. La conservation de la pierre monumentale en France. Paris, Presse du CNRS, Paris, 268 p.
- Plessix G. (du), 1918. Découverte d'une pierre gravée dans les landes de Kermorvan. *Bulletin de la Société Archéologique de Nantes*, tome 58 (année 1916), p. 3 à 11.
- 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*, vol. 97, 3, p. 484-486
- Rocheleau M., 2010. La modélisation 3D comme méthode de recherche en sciences historiques. Actes du 10ème colloque International étudiant du département d'histoire, Université de Laval, Québec, pp. 246-265. www.academia.edu (site consulté le 22/07/2016).
- Sebillot P., 1885. Coutumes populaires de la Haute- Bretagne. In : *Les littératures populaires de toutes les nations* (XXII). Paris : Ed. G. Maisonneuve et Larose.
- Sellier D., 1991. Analyse morphologique des marques de la météorisation des granites à partir de mégalithes morbihannais. L'exemple de l'alignement de Kerlescan à Carnac. *Revue Archéologique de l'Ouest*, tome 8. pp. 83-97.

Sellier D., 1997. Utilisation des mégalithes comme marqueurs de la vitesse d'érosion des granites en milieu tempéré : enseignements apportés par les alignements de Carnac (Morbihan). *Zeitschrift für Geomorphologie*, 41/3, p. 319-356.

Shee Twohig E., 1981. *The Megalithic Art of western Europe*. Oxford : Clarendon Press, 1981, 560 p.

Solan (de) O., 2008. *Ecrire un cahier des charges de numérisation du patrimoine. Guide technique*. Paris : Ministère de la Culture et de la communication Comité de pilotage numérisation – Mission de la recherche et de la technologie (DDAI).

Tanguy, B., 1999. *Toponymie, La Rance qui arrose*. Bretagne Magazine n°3, p. 98

Vergès-Belmin V., 2001. Altération des pierres mises en œuvre. In : B. Schrefler, P. Delage (dir.) *Géomécanique environnementale, risques naturels et patrimoine*. Paris : Hermès Science Publications, p. 191-235.

Vergès-Belmin V., Bousta F., Touron S., Cassen S., à paraître. Degradations related to salt and microbiological colonization in the Neolithic cairn of Gavrinis island, France. In: *13th International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone*, Glasgow 6th-10th September 2016.

Vergne, R., Pacanowski, R., Barla, P., Granier, X., Schlick, C., 2010. Radiance Scaling for Versatile Surface Enhancement. *Proceedings of the symposium on Interactive 3D graphics and games*, Feb 2010, ACM SIGGRAPH, Boston.

Voruz J.-L., 1992. Hommes et Dieux du Néolithique. Les statues-menhirs d'Yverdon. *Annuaire de la Soc. suisse de Préhist. et d'Archéo.*, 75, 1992, p. 37-64.

Vourc'h M., Chaigneau C., Cassen S., 2014. Archéologie expérimentale à Gavrinis : vers une compréhension du geste gravé (campagne 2012-2013). In : *Journée du « CReAAH » Archéologie, Archéosciences, Histoire*. Rennes : Univ. Rennes 1, p. 33-38.

The Spanish Society of Virtual Archaeology (SEAV) 2011. *Principles of Seville*, International Forum of Virtual Archaeology, <http://www.arqueologiavirtual.com/> (site consulté le 21/10/2016).

Sources Web qui évaluent la masse de la stèle de la Tremblais à 160t (au lieu de 70t) :

https://fr.wikipedia.org/wiki/Menhir_de_la_Tremblais

<http://valderance.free.fr/samson1.htm>

<http://www.letelegramme.fr/cotes-darmor/saint-brieuc/le-coup-de-coeur-le-menhir-de-la-tremblais-11-08-2014-10294003.php>

<http://www.keris-studio.fr/blog/?p=6707>

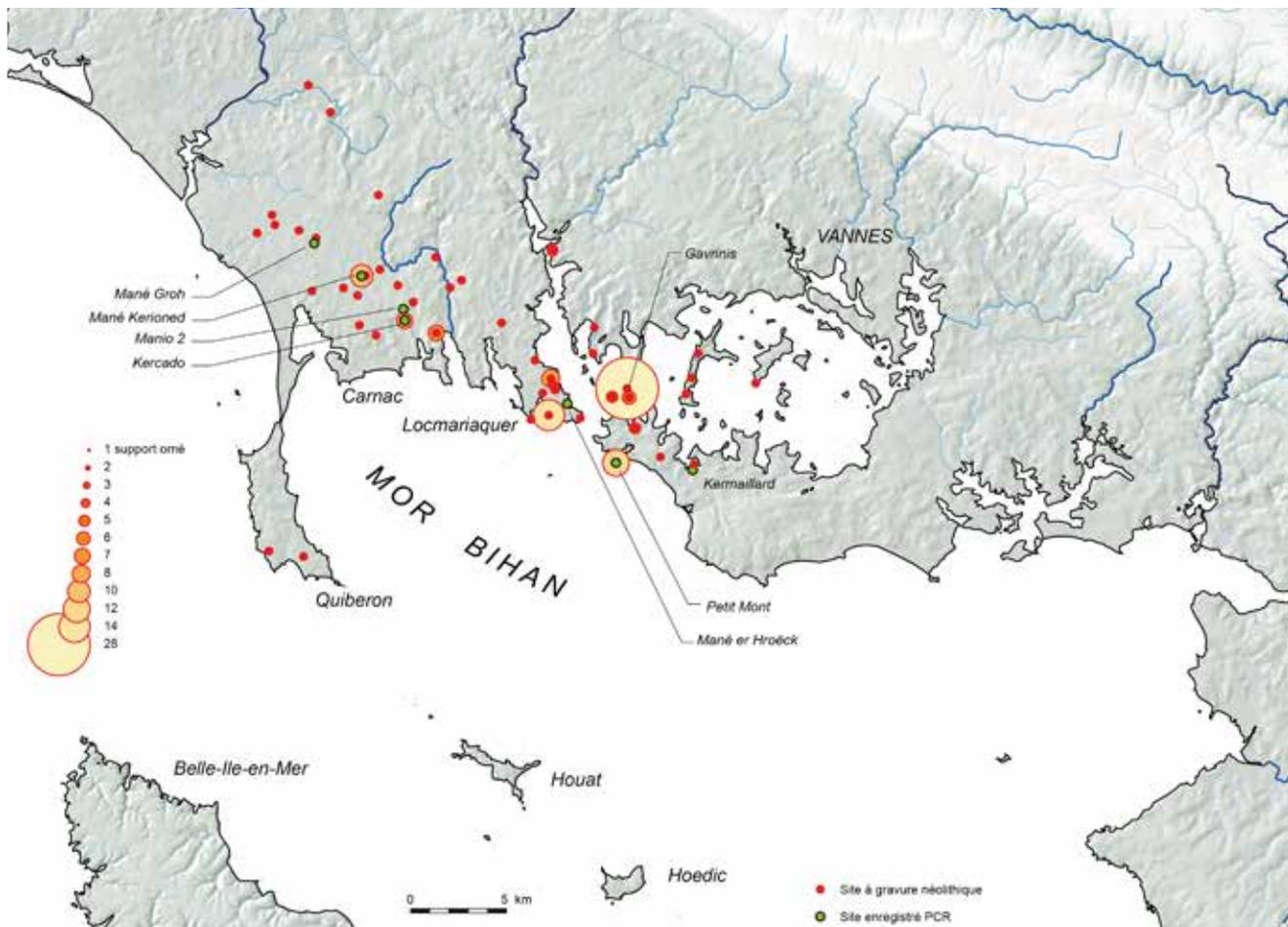
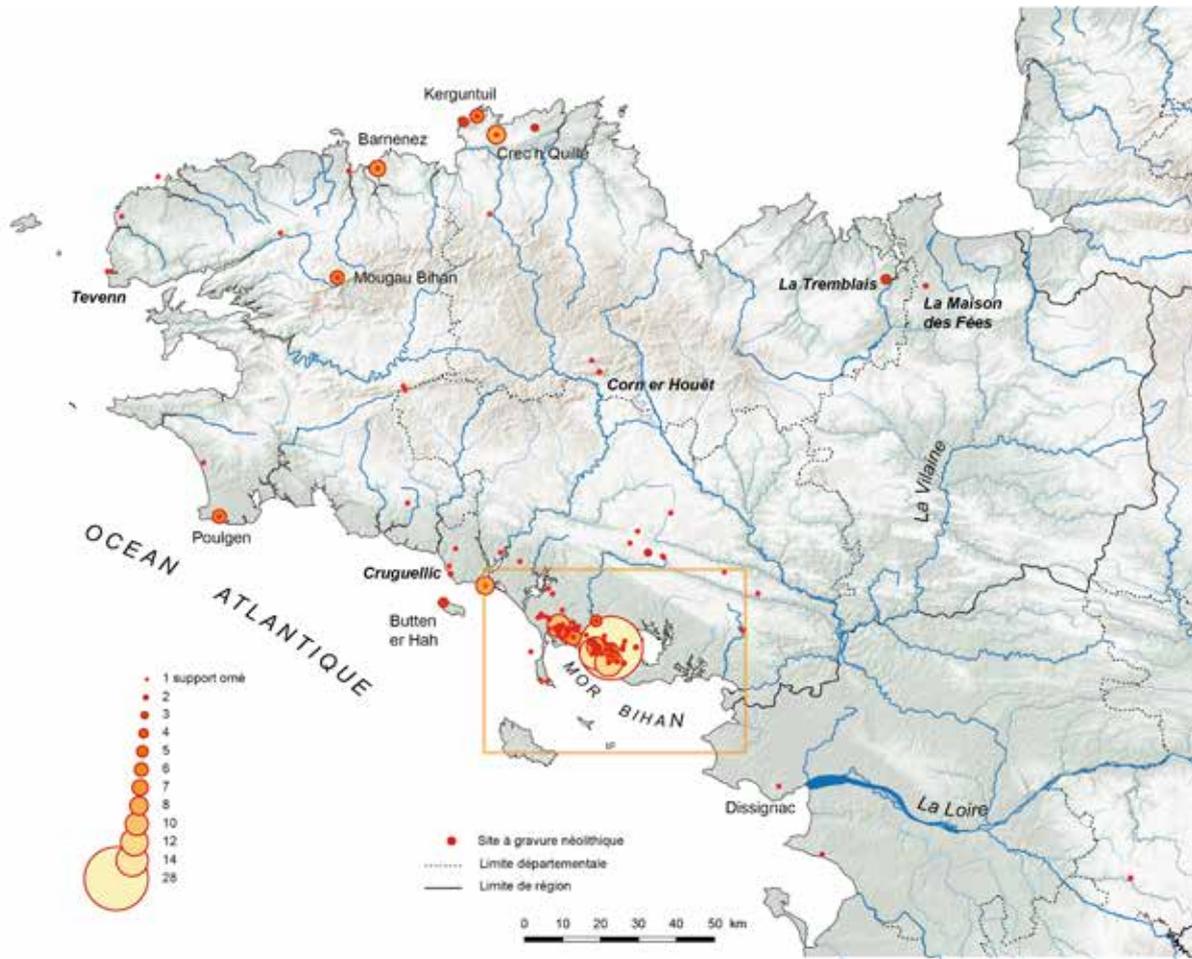
Annexe 1 – Inventaire des sites ornés

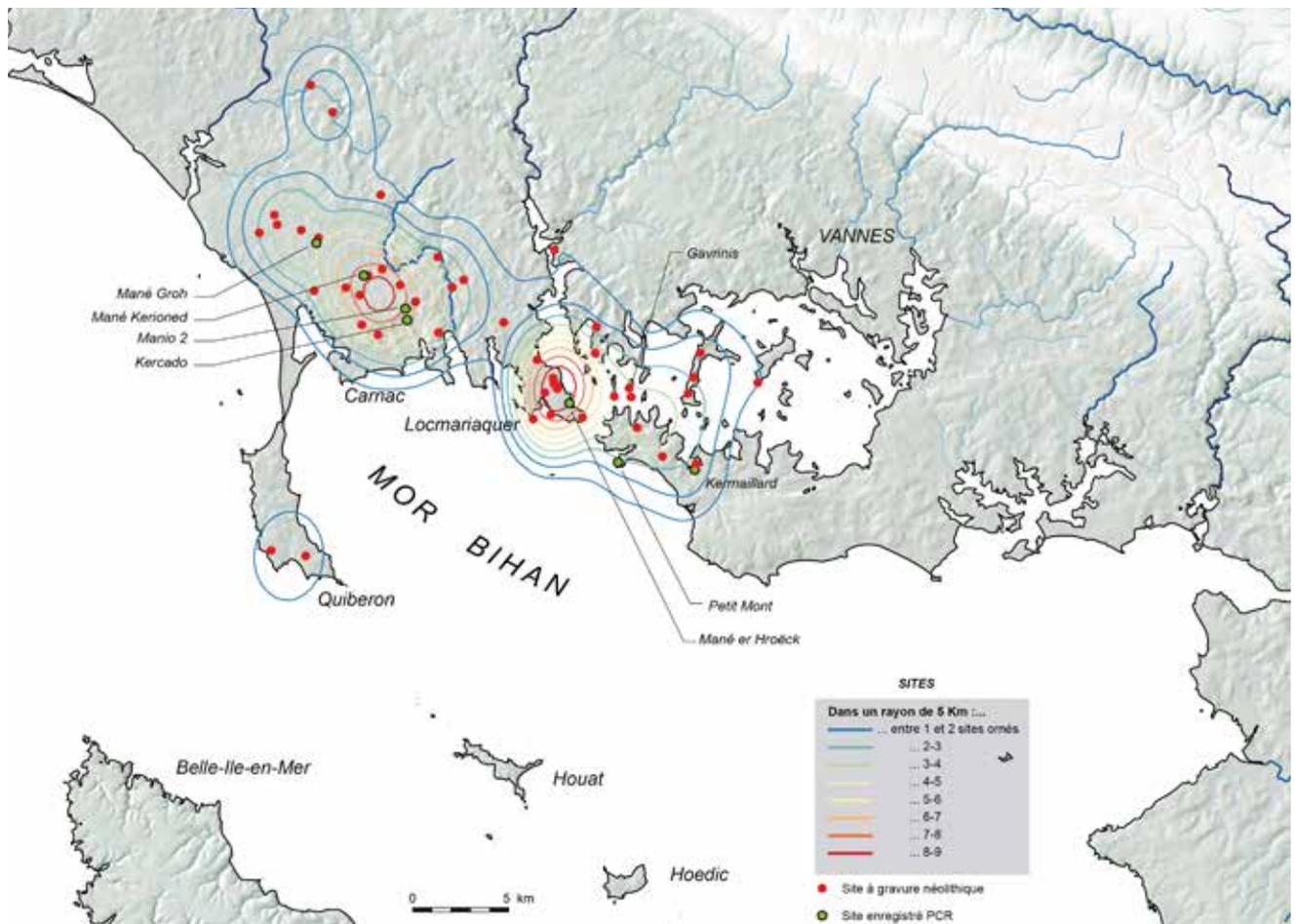
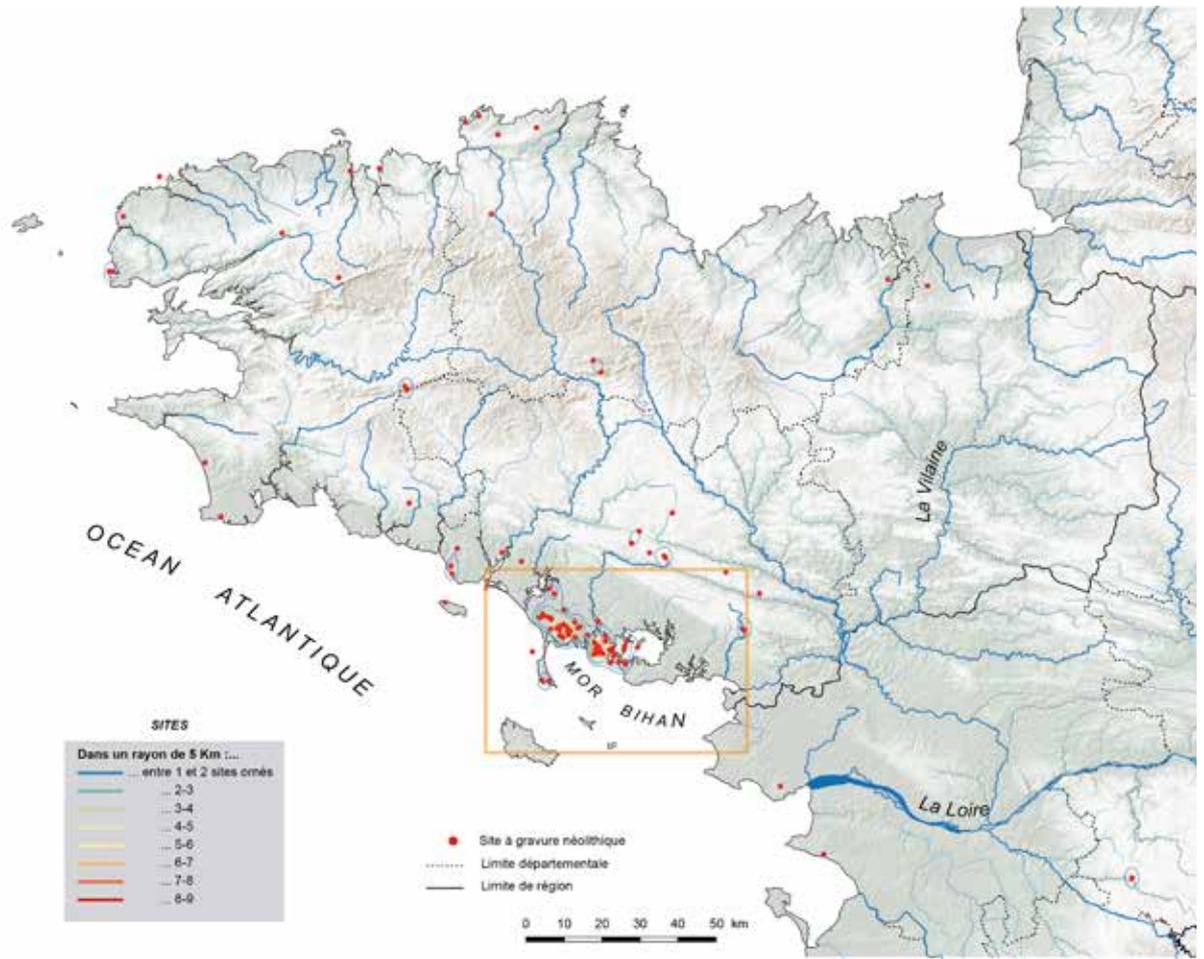
| ID Patriarche | ID moulage Musée Camac | Long. | Lat. | Dép. | Commune | Nom | Type gisement | Nbr. sup. Grav. | Préc. Nbr. | Bibliographie |
|---------------|---|---------|---------|------|------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------|------------|--|
| 22 033 0002 | | -3,0120 | 48,2266 | 22 | Caurel | Corn er Houët | Tombe à couloir | 2 | 0,5 | |
| 22 166 0002 | | -3,3095 | 48,7953 | 22 | Penvenan | Tossen Keler | Bloc isolé | 3 | 0,5 | (Briard, Giot 1968) (Delibrias et al. 1966) (Gautier du Mottay 1885) (Giot 1965) (Giot 1966) (Giot 1967a) (Giot 1967b) (Harmois 1912) (La Chénélière 1880) (Shee-Twohig 1981, p.191) |
| 22 316 0012 | | -3,0425 | 48,2529 | 22 | Saint-Mayeux | Crampoizic | Tombe à couloir | 1 | 0,5 | (Baudouin 1907) (Lecornec, 2000) |
| 22 324 0001 | | -3,4444 | 48,7711 | 22 | Saint-Quay-Perros | Crec'h Quillé | Autre tombe | 8 | 0,5 | (Le Roux 2004) (L'Helgouac'h 1967) (Shee-Twohig 1981, p.186) |
| 22 327 0001 | | -2,0183 | 48,4943 | 22 | Saint-Samson-sur-Rance | La Tremblais | Stèle | 1 | 1 | (Shee-Twohig 1981, p.189) (Giot, Morzadec 1990) |
| 22 343 0016 | | -3,5646 | 48,7949 | 22 | Trebeurden | Prajou Menhir | Tombe à couloir | 7 | 0,5 | (Le Roux 2004) (L'Helgouac'h 1966) (Shee-Twohig 1981, p.184) (Laporte et Le Roux 2004) |
| 22 353 0005 | | -3,5191 | 48,8120 | 22 | Trégastel | Kergüntuil | Tombe à couloir | 6 | 0,5 | (Gaudron 1946) (Shee-Twohig 1981, p.184) (Briard 1987) |
| 22 387 0002 | | -3,4453 | 48,5817 | 22 | Le Vieux Marché | Prat ar Folgoat | Stèle | 1 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.189) |
| 29 038 0004 | | -3,9668 | 48,3998 | 29 | Commana | Mougau Bihan | Tombe à couloir | 6 | 0,5 | (Abgrall 1884) (Shee-Twohig 1981, p.185) (Sparfel et Pailler 2009) |
| 29 040 0025 | | -4,7688 | 48,3646 | 29 | Le Conquet | Kermorvan | Bloc isolé | 1 | 0,5 | (du Plessix 1918) (Shee-Twohig 1981, p.191) |
| 29 040 0025 | | -4,7755 | 48,3643 | 29 | Le Conquet | Kermorvan | Allée couverte | 2 | 0,5 | (Du Chatellier 1903), (Devoir 1912), (Pailler et Nicolas 2016) |
| 29 040 xxxx | | -4,7821 | 48,3640 | 29 | Le Conquet | Kermorvan | Stèle | 1 | 0,5 | (Devoir 1917) (Shee-Twohig 1981, p.189) (Sparfel et Pailler 2009) |
| 29 101 0004 | | -4,6361 | 48,6006 | 29 | Landéda | Ile Gaignog | Tombe à couloir | 1 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.163) (Le Roux 2004) (Sparfel et Pailler 2009) |
| 29 158 0003 | | -4,3058 | 47,8073 | 29 | Penmarc'h | Poulguen | Autre tombe | 6 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.187) |
| 29 186 0001 | | -3,8584 | 48,6676 | 29 | Plouézoc'h | Barnenez A | Tombe à couloir | 1 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.162) (Giot 1987) (Laporte et Le Roux 2004) |
| 29 186 0001 | | -3,8584 | 48,6676 | 29 | Plouézoc'h | Barnenez H | Tombe à couloir | 5 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.162) (Giot 1987) (Laporte et Le Roux 2004) |
| 29 186 0001 | | -3,8584 | 48,6676 | 29 | Plouézoc'h | Barnenez J | Tombe à couloir | 1 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.162) (Giot 1987) (Laporte et Le Roux 2004) (L'Helgouac'h 1996) |
| 29 189 xxxx | | | | 29 | Plougastel-Daoulas | Inconnu | ? | 1 | 0 | (Sparfel et Pailler 2009) |
| 29 204 0011 | | -4,1831 | 48,4939 | 29 | Plouneventer | Kerdonnars | Tombe à couloir | 1 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.185) (Giot 1991) (Sparfel et Pailler 2009) |
| 29 221 0004 | | -4,7506 | 48,4975 | 29 | Porspoder | Saint Denec | Stèle | 1 | 0,5 | (L'Hostis 1933) (Shee-Twohig 1981, p.189) (Sparfel et Pailler 2009) |
| 29 259 0001 | | -3,9597 | 48,6566 | 29 | Saint-Pol-de-Léon | Kerivin | Autre tombe | 1 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.187) |
| 29 278 0001 | | -3,7006 | 48,1556 | 29 | Spézet | Bois du Duc | Alignement | 1 | 0,5 | (Le Roux et Thollard 1990) (Le Roux, Le Goffic 1997) |
| 29 294 0003 | | -4,1181 | 48,4181 | 29 | Le Tréhou | Mezcouez | Tumulus (âge du Bronze) | 1 | 1 | (Le Goffic 1988) (Le Roux et Thollard 1990) (Le Roux et Le Goffic 1997), (Pailler et Nicolas 2016) |
| 29 300 0004 | | -3,6498 | 47,8789 | 29 | Laniscar | Le Trévoux | Bloc isolé | 1 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.191) (Kinnes 1995) (Laporte et Le Roux 2004) (Sparfel et Pailler 2009) |
| 29 xxx xxxx | | -3,7767 | 48,0869 | 29 | Leuhan | Saint-Belec 1 | Tumulus (âge du Bronze) | 1 | 1 | (Du Chatellier 1901a et b) (Pailler et Nicolas 2016) |
| 29 xxx xxxx | | -4,3779 | 47,9316 | 29 | Plovan | Renongar | Tumulus | 1 | 1 | (Polles 1993) |
| 35 344 0001 | 2009.0.1612 ; 2009.0.1613 | -1,8770 | 48,4846 | 35 | Tressé | La Maison des Fées | Tombe à couloir | 2 | 0,5 | (Collum 1938) (Cariou 1955) (L'Helgouac'h et al., 1970) (Shee-Twohig 1981, p.183) (Sparfel et Pailler 2009) |
| 56 005 0003 | | -2,8909 | 47,5536 | 56 | Arzon | Grah Niol | Tombe à couloir | 5 | 0,5 | (Gaillard 1895) (Minot 1972) (Shee-Twohig 1981, p.175) (L'Helgouac'h 1996) |
| 56 005 0004 | 2009.0.1533 ; 2009.0.1534 ; 2009.0.1535 ; 2009.0.1537.1 ; 2009.0.1537.2 | -2,8965 | 47,5677 | 56 | Arzon | Er Lannic 2 | Arc d'enceinte | 6 | 0,5 | (Péquart et al. 1927) (Shee-Twohig 1981, p.193) |

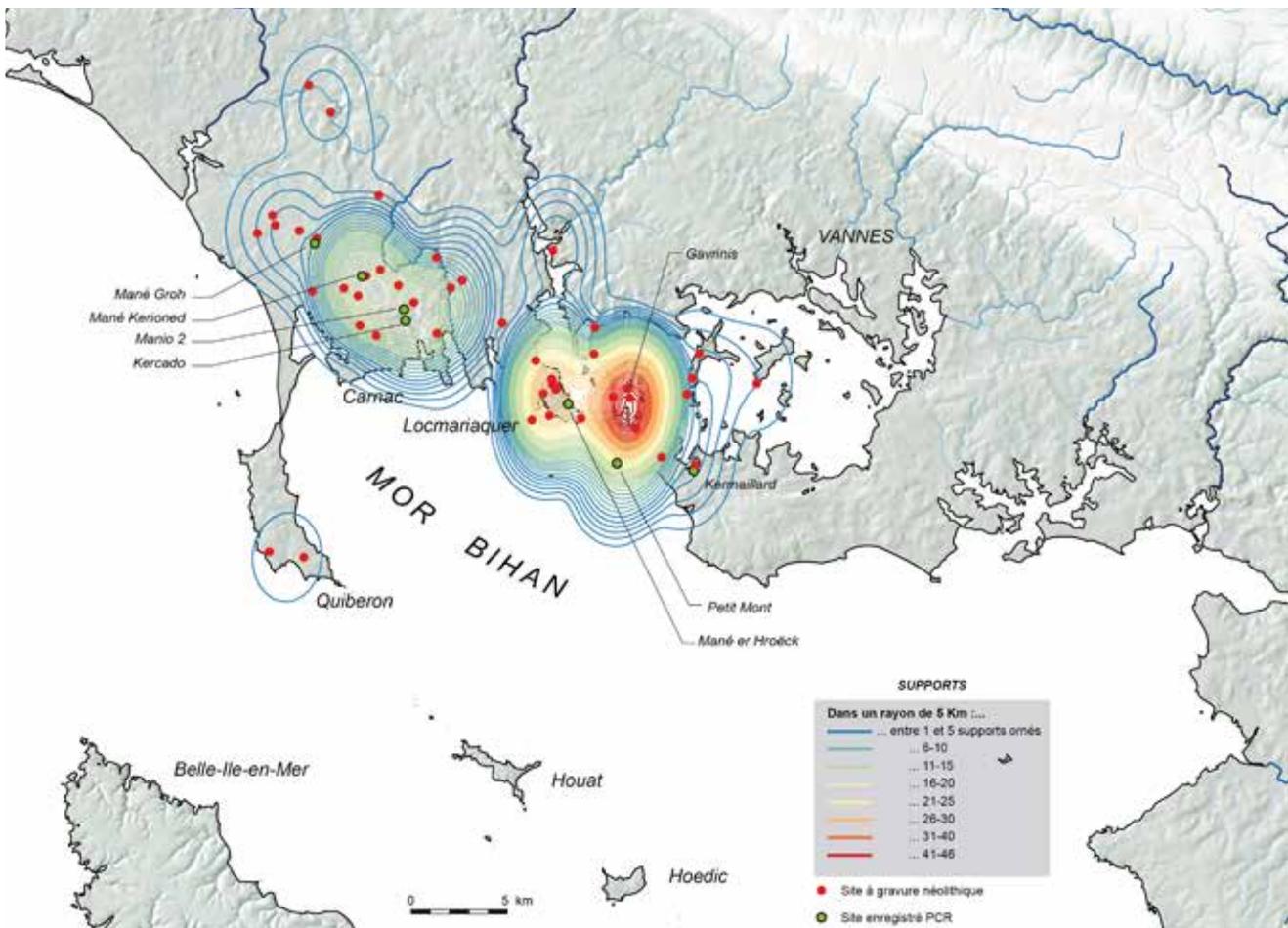
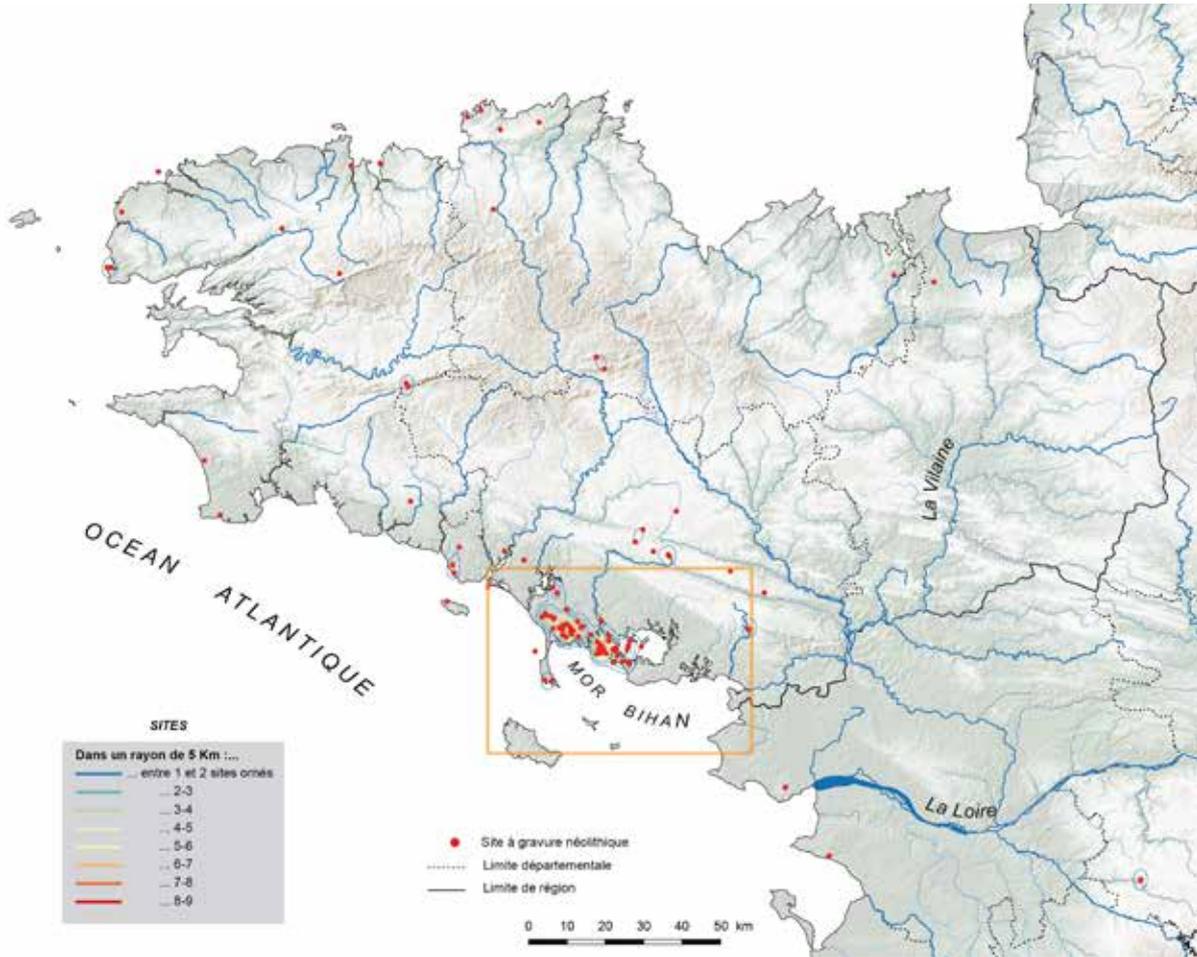
| ID Patriarche | ID moulage Musée Carnac | Long. | Lat. | Dép. | Commune | Nom | Type gisement | Nbr. sup. Grav. | Préc. Nbr. | Bibliographie |
|---------------|--|---------|---------|------|---------|---------------------|----------------------------|-----------------|------------|---|
| 56 005 0005 | | -2,8721 | 47,5410 | 56 | Arzon | Tumiac | Autre tombe | 2 | 0,5 | (de Closmadeuc 1873) (Shee-Twohig 1981, p.188) |
| 56 005 0007 | 2009.0.1536 ; 2009.0.1538 ; 2009.0.1539 ; 2009.0.1540 ; 2009.0.1541 ; 2009.0.1542 ; 2009.0.1543 ; 2009.1544 ; 2009.0.1545 ; 2009.0.1546 ; 2009.0.1547 ; 2009.0.1548 | -2,9021 | 47,5367 | 56 | Arzon | Petit Mont | Tombe à couloir | 12 | 0 | (Davy de Cussé 1865) (de Closmadeuc 1873) (Péquart et al. 1927) (Shee-Twohig 1981, p.176) (Lecornec 1985, 1990b, 1994) (L'Helgouac'h 1996) |
| 56 008 0001 | | -2,9240 | 47,5993 | 56 | Baden | Toulevern | Tombe à couloir | 1 | 0,5 | (Le Rouzic 1902, p.298) (Lecornec 2011) |
| 56 008 0005 | | -2,9235 | 47,5870 | 56 | Baden | Le Couédic | Tombe à couloir | 1 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.171) |
| 56 034 0002 | | -3,0851 | 47,5920 | 56 | Carnac | Le Ménéac Ouest | Alignement | 1 | 0 | Inédit |
| 56 034 0004 | | -3,0495 | 47,6047 | 56 | Carnac | Kerlescan | Alignement | 1 | 0 | Inédit |
| 56 034 0028 | 2009.0.1563 | -3,0610 | 47,6121 | 56 | Carnac | Moustoir | Bloc isolé | 1 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p. 192) |
| 56 034 0029 | | -3,0734 | 47,5880 | 56 | Carnac | Saint Michel | Caveau sous tumulus | 1 | 1 | (Galles 1963a) |
| 56 034 0036 | 2009.0.1525 ; 2009.0.1550 ; 2009.0.1551 ; 2009.0.1552 | -3,0543 | 47,5957 | 56 | Carnac | Kercado | Tombe à couloir | 7 | 0,5 | (Davy de Cussé 1866) (Shee-Twohig 1981, p.166) (L'Helgouac'h 1996) (Le Roux 2004) |
| 56 034 0036 | | -3,0543 | 47,5959 | 56 | Carnac | Kercado | Objets erratiques | 1 | 1 | (Breuil 1939) |
| 56 034 0044 | | -3,0742 | 47,6171 | 56 | Carnac | Crucuny | Enceinte | 1 | 0 | Info C. Oblatz |
| 56 034 0045 | 2009.0.1549.1 ; 2009.1549.2 | -3,0741 | 47,6188 | 56 | Carnac | Crucuny 1 | Stèle sur terre | 1 | 0,5 | (Péquart et al. 1927) (Shee-Twohig 1981, p.189) |
| 56 034 0052 | | -3,0834 | 47,6154 | 56 | Carnac | Keriaval | Tombe à couloir | 1 | 0,5 | (Luquet 1910) |
| 56 034 0053 | | -3,0862 | 47,6152 | 56 | Carnac | Mané Kerioned A | Tombe à couloir | 1 | 1 | Inédit ? |
| 56 034 0053 | 2009.0.1530 ; 2009.0.1554 ; 2009.0.1555 ; 2009.0.1556 ; 2009.0.1557 ; 2009.0.1558 ; 2009.0.1559 | -3,0861 | 47,6152 | 56 | Carnac | Mané Kerioned B | Tombe à couloir | 10 | 1 | (de Closmadeuc 1873) |
| 56 034 0053 | | -3,0863 | 47,6151 | 56 | Carnac | Mané Kerioned C | Tombe à couloir | 1 | 1 | (Shee-Twohig 1981, p.165) |
| 56 034 0063 | | -3,0844 | 47,6336 | 56 | Carnac | Quéric la Lande | Dolmen | 1 | 0,5 | Info C. Oblatz |
| 56 034 0070 | R82.21.34 ; 2009.0.1560 ; 2009.0.1561 | -3,0560 | 47,6011 | 56 | Carnac | Manio 2 | Stèle et coffre sous terre | 2 | 1 | (Péquart et al. 1927) (Shee-Twohig 1981, p.189) (Sparfel et Pailler 2009) |
| 56 034 0168 | | -3,0880 | 47,6059 | 56 | Carnac | Kerozillé / Kerogel | Tombe à couloir | 3 | 0,5 | (Davy de Cussé 1865) (Shee-Twohig 1981, p.165) |
| 56 034 0188 | 2009.0.1553 | -3,0365 | 47,6265 | 56 | Carnac | Le Lizio | Tombe à couloir | 1 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.180) |
| 56 042 0001 | | -2,7930 | 47,8052 | 56 | Colpo | Larcuste | Tombe à couloir | 3 | 0,5 | (Cussé et Lallement 1885) (Giot 1962) (Giot et L'Helgouac'h 1957) (L'Helgouac'h et al., 1970) (Péquart et Le Rouzic 1927) (Shee-Twohig 1981, p.177) (Sparfel et Pailler 2009) |
| 56 046 0007 | 2009.0.1532.1 ; 2009.0.1532.2 ; 2009.0.1564 | -3,0250 | 47,6128 | 56 | Crac'h | Luffang | Tombe à couloir | 3 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.181) |
| 56 046 0008 | | -3,0176 | 47,6167 | 56 | Crac'h | Parc Er Gueren | Tombe à couloir | 2 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.167) |
| 56 054 0010 | | -3,1510 | 47,6404 | 56 | Erdeven | Ty er Mané | Tombe à couloir | 1 | 1 | (Boujot et al. 2000, p.292) |
| 56 054 0012 | | -3,1486 | 47,6358 | 56 | Erdeven | Géants de Kerzerho | Alignement | 1 | 0 | (Le Roux et Thollard 1990) |
| 56 054 0014 | | -3,1206 | 47,6287 | 56 | Erdeven | Mané Groh | Tombe à couloir transeptée | 1 | 0 | (Boujot et al. 2000) |
| 56 054 0020 | | -3,1317 | 47,6342 | 56 | Erdeven | Mané Bras | Tombe à couloir | 1 | 0 | (Shee-Twohig 1981, p.165) |
| 56 054 0028 | | -3,1196 | 47,6312 | 56 | Erdeven | Lannec er Gadouer | Bloc isolé | 1 | 1 | (Boujot et al. 2000, p.278) |
| 56 054 0038 | | -3,1602 | 47,6314 | 56 | Erdeven | Kervazic | Bloc isolé | 1 | 0,5 | (Tanguy 1994) |
| 56 062 0001 | | -3,3542 | 47,6975 | 56 | Gâvres | Goërem | Tombe à couloir | 8 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.179) |
| 56 069 0066 | | -3,4952 | 47,6496 | 56 | Groix | Buten-er-Hah B | Tombe à couloir | 4 | 0,5 | (Le Pontois 1928) (Shee-Twohig 1981, p.163) |

| ID Patriarche | ID moulage Musée Carnac | Long. | Lat. | Dép. | Commune | Nom | Type gisement | Nbr. sup. Grav. | Préc. Nbr. | Bibliographie |
|---------------|---|---------|---------|------|----------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------|---|
| 56 078 0002 | | -3,4677 | 47,7799 | 56 | Guidel | Kermené | Bloc isolé | 1 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.192) (Kinnes 1995) |
| 56 087 0001 | 2009.0.1565 | -2,8578 | 47,5713 | 56 | Ile-aux-Moines | Pen Hap | Tombe à couloir | 2 | 0,5 | (Davy de Cussé 1866) (Minot 1964) (Minot 1972) (Shee-Twohig 1981, p.175) (L'Helgouac'h 1996) (Sparfel et Pailler 2009) |
| 56 087 0002 | | -2,8515 | 47,5908 | 56 | Ile-aux-Moines | Kergonan (Er Anké) | Enceinte | 1 | 0,5 | (Minot 1964, p.27) |
| 56 088 0001 | | -2,8104 | 47,5787 | 56 | Ile d'Arz | Penn Liouse, B | Tombe | 2 | 1 | (Minot 1972) |
| 56 098 xxxx | | -3,3096 | 47,7791 | 56 | Lanester | Malachappe | Bloc isolé | 1 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.192) |
| 56 106 0001 | 2009.0.1566 ; 2009.0.1567 ; 2009.0.1568 ; 2009.0.1569.1 ; 2009.0.1569.2 | -2,8983 | 47,5719 | 56 | Larmor-Baden | Gavrinis | Tombe à couloir | 28 | 1 | (de Closmadec 1873) (Maître 1885) (Le Roux 2004) (Luquet 1913) (Péquart et al. 1927) (Shee-Twohig 1981, p.172) (Le Roux 1985) (L'Helgouac'h 1996) (Jousseume 2003) (Laporte et Le Roux 2004) (Sparfel et Pailler 2009) |
| 56 106 0004 | 2009.0.1570 ; 2009.0.1571 ; 2009.0.1572 ; 2009.0.1573 ; 2009.0.1574.1 ; 2009.0.1574.2 | -2,9081 | 47,5674 | 56 | Larmor-Baden | Ile Longue | Tombe à couloir | 5 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.171) (L'Helgouac'h 1996) (Jousseume 2003) |
| 56 116 0004 | | -2,9627 | 47,5540 | 56 | Locmariaquer | Er Hourel | Tombe à couloir | 1 | 1 | INEDIT |
| 56 116 0006 | 2009.0.1523.1 ; 2009.0.1523.2 ; 2009.0.1523.3 ; 2009.0.1529 ; 2009.0.1576 ; 2009.0.1577 | -2,9630 | 47,5819 | 56 | Locmariaquer | Kerverresse | Tombe à couloir | 3 | 0,5 | (Davy De Cussé 1865) (Péquart et al. 1927) (Minot 1972) (Shee-Twohig 1981, p.168) |
| 56 116 0007 | 2009.0.1522 ; 2009.0.1531 ; 2009.0.1579 ; 2009.0.1580 ; 2009.0.1581 ; 2009.0.1582 ; 2009.0.1583 ; 2009.0.1584 ; 2009.0.1585 | -2,9511 | 47,5739 | 56 | Locmariaquer | Mané Lud | Tombe à couloir | 8 | 0 | (De Cussé 1865) (de Closmadec 1873) (D'Elboux 1924) (Cassen et al. 2005) (Shee-Twohig 1981, p.168) (Laporte et Le Roux 2004) (Sparfel et Pailler 2009) |
| 56 116 0009 | 2009.0.1586 ; 2009.0.1587 ; 2009.0.1588 ; 2009.0.1589 ; 2009.0.1590 ; 2009.1591 | -2,9477 | 47,5690 | 56 | Locmariaquer | Mané Rutual | Tombe à couloir | 4 | 0,5 | (Davy de Cussé 1866) (de Closmadec 1873) (L'Helgouac'h 1996) (Cassen et al. 2005) (Shee-Twohig 1981, p.171) |
| 56 116 0010 | 2009.0.1578 | -2,9385 | 47,5627 | 56 | Locmariaquer | Mané er Hroëck | Caveau sous tumulus | 1 | 1 | (Galles 1863b) (de Closmadec 1873) (Davy De Cussé 1865) (Péquart et al. 1927) (Le Rouzic et Keller 1910) (D'Elboux 1924) (Caréno 1935) (Shee-Twohig 1981, p.188) (L'Helgouac'h 1996) (Jousseume 2003) (Laporte et Le Roux 2004) (Mens 2004) (Sparfel et Pailler 2009) |
| 56 116 0012 | 2009.0.1528 ; 2009.0.1592 ; 2009.0.1593 ; 2009.0.1594 ; 2009.0.1595 ; 2009.0.1596 | -2,9507 | 47,5567 | 56 | Locmariaquer | Les Pierres Plates | Tombe à couloir | 14 | 0,5 | (Davy de Cussé 1866) (Shee-Twohig 1981, p.182) (Jousseume 2003) (Laporte et Le Roux 2004) |
| 56 116 0013 | | -2,9561 | 47,5668 | 56 | Locmariaquer | Kerlud | Caveau sous tumulus | 1 | 0,5 | (Kergal 1981) (L'Helgouac'h 1990) (Lecomec 1990) (L'Helgouac'h 1996) |
| 56 116 0038 | | -2,9474 | 47,5699 | 56 | Locmariaquer | Men Bronzo | Stèle | 1 | 0,5 | (Cassen 2000, p.295) |
| 56 116 0044 | | -2,9290 | 47,5565 | 56 | Locmariaquer | Kerpenhir | Bloc isolé | 1 | 0,5 | (Closmadec 1885) (Shee-Twohig 1981, p.192) |
| 56 116 0062 | 2009.0.1524 ; 2009.0.1597 ; 2009.0.1598 ; 2009.0.1599.1 ; 2009.0.1599.2 ; 2009.0.99.3 ; 2009.0.1600.1 ; 2009.0.1600.2 ; 2009.0.1600.3 ; 2009.0.1600.4 ; 2009.0.1600.5 | -2,9497 | 47,5716 | 56 | Locmariaquer | Table des Marchands | Tombe à couloir | 3 | 0 | (Davy De Cussé 1866) (de Closmadec 1873) (de Closmadec 1892) (Le Rouzic et Keller 1910) (Péquart et al. 1927) (L'Helgouac'h 1996) (Shee-Twohig 1981, p.170) |

| ID Patriarche | ID moulage Musée Carnac | Long. | Lat. | Dép. | Commune | Nom | Type gisement | Nbr. sup. Grav. | Préc. Nbr. | Bibliographie |
|---------------|---|---------|---------|------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------|------------|--|
| 56 116 0063 | | -2,9502 | 47,5713 | 56 | Locmariaquer | Le Grand Menhir | Stèle | 1 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.190) |
| 56 119 0002 | | -3,1165 | 47,6905 | 56 | Locoal-Mendon | Mané-er-Loh | dolmen | 1 | 0,5 | (Minot 1972) |
| 56 119 0015 | | -3,1165 | 47,6905 | 56 | Locoal-Mendon | Mané Bras | Tombe à couloir | 1 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.164) |
| 56 119 xxxx | | -3,1331 | 47,7024 | 56 | Locoal-Mendon | Chapelle St-Jean | Indéterminé | 1 | 0,5 | (Péquart et al. 1927) |
| 56 141 0001 | | -2,8589 | 47,8251 | 56 | Moustoirac | Kermarquer | Stèle | 1 | 0,5 | (Lecornec et L'Helgouac'h 1969) (L'Helgouac'h et al., 1970) (Shee-Twohig 1981, p.190) |
| 56 157 0001 | | -2,7365 | 47,7967 | 56 | Plaudren | Mein Gouarec'h | Tombe à couloir | 1 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.186) |
| 56 157 0012 | | -2,6924 | 47,8047 | 56 | Plaudren | Men Guen Larvaux | Tombe à couloir | 1 | 0,5 | (Cussé 1886) (Baudouin 1907) (L'Helgouac'h et al., 1970) |
| 56 161 0021 | | -3,0790 | 47,6535 | 56 | Ploemel | Guib | Stèle | 1 | 0 | (Boujot et al. 2000) |
| 56 162 0002 | | -3,4854 | 47,7367 | 56 | Ploemeur | Cruguellic | Tombe à couloir | 2 | 0,5 | (Le Roux et Lecerf 1977) (Shee-Twohig 1981, p.164) |
| 56 162 0017 | | -3,4783 | 47,7185 | 56 | Ploemeur | Tachen Pol | Tombe à couloir | 2 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.164) |
| 56 168 0004 | | -3,0981 | 47,6089 | 56 | Plouharnel | Runesto | Tombe à couloir | 2 | 0 | (Minot 1972) (Boujot et al. 2000) |
| 56 168 0008 | | -3,1196 | 47,6063 | 56 | Plouharnel | Le Vieux Moulin | Alignement | 1 | 0,5 | (Minot 1972) (Boujot et al. 2000, p.292) |
| 56 171 0006 | | -2,3982 | 47,7267 | 56 | Pluverlin | Trebrun | Stèle | 1 | 0,5 | (Lecornec 1985) |
| 56 184 0002 | | -2,4453 | 47,6385 | 56 | Questembert | Kerdin | Enceinte | 1 | 1 | (Lecornec 1963) |
| 56 186 0002 | | -3,1351 | 47,4832 | 56 | Quiberon | Mané Meur | Menhir | 1 | 1 | (Minot 1972) |
| 56 199 0001 | | -3,6927 | 48,1467 | 56 | Roudouallec | Guernangoué | Alignement | 1 | 0 | (Le Roux, Le Goffic 1997) |
| 56 204 0001 | 2009.0.1602 ; 2009.0.1603 | -2,7230 | 47,9038 | 56 | Saint-Allouestre | Coët er Rui | Dolmen | 1 | 0 | (Jacq 1942) |
| 56 219 0001 | | -2,5209 | 47,7719 | 56 | Saint-Guyomard | Sournan | Tombe à couloir | 1 | 0 | (Marsille 1913) (Shee-Twohig 1981, p.178) |
| 56 222 0006 | | -2,7412 | 47,8002 | 56 | Saint-Jean-de-Brévelay | Kerallant II | Tombe à couloir | 1 | 0,5 | (L'Helgouac'h et al. 1970) (Shee-Twohig 1981, p.186) (Nicolas et al. 2013) (Sparfel et Paillet 2009) |
| 56 233 0005 | | -2,9879 | 47,5982 | 56 | Saint-Philibert | Kerran | Tombe à couloir | 2 | 0,5 | (Péquart et al. 1927) (Cheynierx 1947) (Minot 1972) (Shee-Twohig 1981, p.168) |
| 56 240 0001 | | -2,8493 | 47,5360 | 56 | Sarzeau | Kermaillard | Stèle | 1 | 1 | (Shee-Twohig 1981, p.190) (Lecornec 1990a) |
| 56 240 0015 | | -2,8486 | 47,5389 | 56 | Sarzeau | Kermaillard | Tombe à couloir | 2 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.177) |
| 56 258 0005 | 2009.0.1605 ; 2009.0.1606 ; 2009.0.1607 | -3,0321 | 47,5912 | 56 | La Trinité-sur-Mer | Mané Roullarde | Tombe à couloir | 7 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.180) |
| 56 262 0001 | 2009.0.1575 | -2,9568 | 47,6339 | 56 | Le Bono | Le Rocher | Tombe à couloir | 5 | 0,5 | (Shee-Twohig 1981, p.181) |
| 56 xxx xxxx | 2009.0.1518 | 0,0000 | 0,0000 | 56 | ? | ? | ? | 1 | 1 | Inventaire Musée de Carnac 2009.0.1518 |
| 56 xxx xxxx | 2009.0.1519 | 0,0000 | 0,0000 | 56 | ? | ? | ? | 1 | 1 | Inventaire Musée de Carnac 2009.0.1519 |
| 56 xxx xxxx | 2009.0.1520 | 0,0000 | 0,0000 | 56 | ? | ? | ? | 1 | 1 | Inventaire Musée de Carnac 2009.0.1520 |
| 56 xxx xxxx | 2009.0.1521 | 0,0000 | 0,0000 | 56 | ? | ? | ? | 1 | 1 | Inventaire Musée de Carnac 2009.0.1521 |
| 56 xxx xxxx | | 0,0000 | 0,0000 | 56 | Carnac / La Trinité-sur-Mer ? | Au Sud de Kercado | Alignement | 1 | 0 | Info C. Oblatz |
| 56 xxx xxxx | | -3,1457 | 47,6407 | 56 | Erdeven | Runel | Tumulus (époque indéterminée) | 1 | 0,5 | (Le Mené 1897) (Marsille 1927) |
| 56 xxx xxxx | | -2,8550 | 47,5791 | 56 | Ile-aux-Moines | Parc er Velin Goh | Tombe | 1 | 1 | (Minot 1965a) |
| 56 xxx xxxx | | -3,2390 | 47,7616 | 56 | Kervignac | En-Tri-Men | dolmen | 1 | 1 | (Minot 1972) |
| 56 xxx xxxx | | -3,0457 | 47,5897 | 56 | La Trinité-sur-Mer | Kervinio | ? | 1 | 0 | Info C. Oblatz |
| 56 xxx xxxx | | -2,8351 | 47,8545 | 56 | Moustoir-Ac | La Boulaie | Menhir | 1 | 1 | (De Cussé 1866) |
| 56 xxx xxxx | | -2,4024 | 47,7701 | 56 | Pleucadeuc | Grée Ny | Menhir ou affleurement ? | 1 | 1 | (Mahé 1825), (Cayot-Delandre 1847), (Fouquet 1865), (Marsille 1927), (Gouézin 1994) |
| 56 xxx xxxx | | -2,3753 | 47,7592 | 56 | Pleucadeuc | Indéterminé | Stèle | 1 | 1 | (Marsille 1927) |
| 56 xxx xxxx | | -2,4369 | 47,6383 | 56 | Questembert | Le Bodan | Menhir | 1 | 1 | (Lecornec 1967) |
| 56 xxx xxxx | | -3,1194 | 47,4863 | 56 | Quiberon | Inconnu | Objets erratiques | 1 | 0,5 | (Quinet 1981) |
| | | | | 56 | | Kergus | | 1 | 0,5 | (Du Chatellier 1901) |







Annexe 2 – Lexique

(relatif au travail de la gravure sur la pierre)

A

À la main (être), loc. v. ■ Être disposé de façon commode (« Aide moi à riper mon caillou vers la gauche, il sera plus à ma main »).

Abattage, n. m. (ang. : *abattage*) ■ En carrière, action de détacher de son gisement un bloc de pierre / action de dégrossir*, d'enlever sur un parement* ou sur un épannelage*, un excédent important de pierre pour une ébauche*, sans grand soin et ce à l'aide du tétu* ou de la pioche*.

Abrasif, adj. (ang. : *abrasive, abradent*) ■ (en parlant d'une substance dure), Capable d'arracher par frottement de petites quantités de matière et servant à user, à nettoyer, à polir.

Abrasion, n. f. (ang. : *abrasion*) ■ Usure par frottement contre un corps dur ; action d'user par frottement à l'aide d'abrasifs ; son résultat.

Abraseur, n. m. (ang. : *abrasive stone*) ■ –

Acanter, v. ■ En carrière, incliner fortement un bloc de pierre, d'environ 45°, pour permettre au trancheur de faire un lit ou au tailleur de pierre d'ébaucher plus aisément une face.

Altération, s. f. (ang. : *deterioration*) ■ Modification de l'état ou de la qualité d'une chose. Dégradation par rapport à l'état initial ou normal d'une chose.

Angle d'attaque (de l'outil), loc. m. (ang. : *leading angle*) ■ Orientation du corps de l'outil par rapport à la surface de la pierre sur lequel il agit (dénomination utilisée par les spécialistes de la construction).

Arc, n. m. (ang. : *bow*) ■ Arme servant à lancer des flèches et composée d'une tige de bois fortement recourbée par une corde fixée à ses deux extrémités.

Archéologie comparée, loc. f. (ang. : *comparative archaeology*) ■ –

Archéologie expérimentale, loc. f. (ang. : *experimental archaeology*) ■ L'archéologie

expérimentale est une discipline au sein de l'archéologie qui vise à reconstituer l'usage et le mode de fabrication des vestiges archéologiques à travers l'expérimentation. Les archéologues expérimentateurs reconstituent au mieux des objets techniques et les comparent avec les objets originaux. Cette approche actualiste permet d'étudier les méthodes de fabrication et d'utilisation des outils et les fonctions des objets (tracéologie). On peut lui préférer la notion d'expérimentation en archéologie.

Arène granitique, loc. f. (ang. : *granitic sand*) ■ L'arène (ou gore) est un sable grossier formant une roche sédimentaire meuble ; elle est issue de l'altération in situ de roches magmatiques ou métamorphiques (en particulier les granites) riches en quartz et feldspaths ; ce sable ni transporté, ni érodé car resté très proche de sa source, a des grains anguleux ; les arènes granitiques sont des formations résiduelles (ou altérites) constituées d'une « pâte » argileuse et de grains de quartz ; Sables grossiers résultant de l'altération sur place des granites.

Arénisation, n. f. ■ Décomposition des roches cristallines en arènes. Pour les granites, l'infiltration plus ou moins profonde des eaux de surface provoque l'altération des feldspaths par hydrolyse en argiles comme le kaolin, entraînant en surface la désagrégation du granit en arène granitique.

Art pariétal, loc. f. (ang. : *cave art*) ■ L'expression « art pariétal » (du latin *parietalis*, « relatif aux murs », paroi), désigne l'ensemble des œuvres d'art au sens large (sans appréciation esthétique) réalisées par l'Homme sur des parois de grottes. La plupart des auteurs le différencient aujourd'hui de l'art rupestre (du latin *rupes*, « roche »), art sur rocher à l'air libre, de l'art mobilier (que l'on peut déplacer) et de l'art sur bloc.

Art rupestre, loc. f. (ang. : *rock art*) ■ L'expression « art rupestre » (du latin *rupes*, « roche ») désigne l'ensemble des œuvres d'art au sens large (sans appréciation esthétique) réalisées par l'Homme sur des rochers, le plus souvent en plein air. La plupart des auteurs le différencie aujourd'hui de l'art pariétal (du latin *parietalis*, « relatif aux murs », art sur parois de grottes en intérieur), de l'art mobilier (que l'on peut déplacer) et de l'art sur bloc. Cette forme d'art

occupe une part majeure de la Préhistoire. Sa pratique est restée continue jusqu'à nos jours ; elle n'est pas le fruit d'une ethnie ou d'une culture particulière, mais est relativement universelle.

Attaque, n. f. (ang. : *attack*) ■ Action d'entamer quelque chose.

Axe, n.m. (ang. : *axis, pin guide*) ■ Ligne réelle ou fictive autour de laquelle s'effectue un mouvement de rotation / Ligne réelle ou fictive passant par le centre de quelque chose.

B

Balayette, n. f. (ang. : *hand brush*) ■ Petit balai à manche court qui sert à rejeter les balayures dans la pelle.

Bardage, n. m. ■ Manutention des blocs de pierre.

Bas-relief, n. m. ■ Ouvrage de sculpture où les objets représentés ont peu de saillie et sont en partie engagés dans le bloc.

Bi-angulaire, adj. (ang. : *two angles*) ■ –

Biconcave, adj. (ang. : *biconcave*) ■ Qui a deux faces concaves opposées.

Biconique, adj. (ang. : *biconical*) ■ –

Biconvexe, adj. (ang. : *biconvex*) ■ Qui a deux faces convexes opposées.

Bille, n. f. (ang. :) ■ Tronc ou rondin permettant de déplacer une pierre.

Biller, v. ■ Déplacer une pierre ou la faire pivoter.

Biseau, n. m. (ang. : *bevel*) ■ Bord d'un objet taillé obliquement / En biseau : en angle aigu, en oblique.

Bitronconique, adj. (ang. : *bitronconical*) ■ Qui à la forme de deux troncs de cône opposés et reliés par leur base.

Blessée, adj. ■ Gâtée par le travail du tailleur, pour une pierre.

Bloc, n. m. (ang. : *block*) ■ Masse de pierre telle qu'elle a été tirée de la carrière.

Bloc brut, loc. m. ■ Morceau de granit, d'une forme quelconque, extrait du banc ou de la masse.

Bois (cervidés), n. m. (ang. : *stag antler*) ■ Organe osseux vascularisé et caduc, ramifié et de grande taille présent sur la tête de la plupart des représentants de la famille des cervidés (dont le cerf).

Bouchardage, n. m. (ang. : *pecking*) ■ Utilisation d'une boucharde* pour apprêter* un bloc de pierre.

Boucharde, n. f. (ang. : *bush hammer, pecking stone*) ■ Marteau à tête large, à une ou deux têtes carrées en acier, composées chacune d'un damier de pointes pyramidales dites en « pointe-de-diamant », pour égaliser la face apparente d'une pierre ; on frappe du plat de ses têtes la surface dégrossie de manière à en détacher les aspérités.

Boucharder, v. (ang. : *roughen*) ■ Travailler la pierre à l'aide d'une boucharde*.

Bousin, n. m. ■ Croûte que l'on trouve attachée à chacun des deux lits de la pierre, et qui, n'étant qu'une couche de matière qui n'est point encore pétrifiée est abattue en taillant la pierre.

Boyau, n. m. (ang. : *gut*) ■ Membrane de l'intestin qui, après traitement, sert à diverses chaînes opératoires, dont la pose de ligatures.

Bris, n. m. / **brisure**, n. f. (ang. : *breakage / snap*) ■ Endroit où une chose est brisée, cassée; cassure, faille, fente.

Brosse, n. f. (ang. : *brush*) ■ Ustensile de nettoyage, dont la forme varie suivant l'usage, fait d'un assemblage régulier de poils, de crins, de brins de diverses matières monté sur un même support.

Broyage, n. m. (ang. : *grinding*) ■ Action de broyer (cf. broiement). Ne diffère de la mouture que par la finesse des éléments obtenus.

Broyer, v. (ang. : *grind, mill*) ■ Réduire en poudre ou en pâte par choc ou par pression.

Brut, adj. (ang. : *untreated*) ■ Qui n'a pas subi de manipulation, de transformation.

Burin, n. m. (ang. : *burin, chisel, shipping chisel*) ■ Outil d'acier dont l'une des extrémités, taillée en biseau, permet de couper ou de graver les métaux ou le bois.

C

Caillou, n. m. (ang. : *pebble*) ■ Morceau de pierre de petite ou moyenne dimension, dure, de couleurs variées.

Carroyage, n. m. (ang. : *grid*) ■ Ensemble des lignes qui divisent une surface en carrés.

Chaîne opératoire, loc. f. (ang. : *chaîne opératoire*) ■ concept employé en archéologie et en anthropologie sociale et culturelle qui permet d'analyser étape par étape le processus de réalisation et d'utilisation d'un objet.

Chant, n. m. ■ Surface constituée par le côté d'une dalle dans le sens de l'épaisseur.

Chasse (ou pitche), n. f. ■ Outil servant à chasser ou à casser le granit suivant une ligne déterminée.

Cimetière, n. m. (ang. : *cemetery*) ■ Lieu où l'on enterepose les pierres inutilisables.

Ciseau, n. m. (ang. : *chisel*) ■ Outil formé d'une lame de métal résistant dont une extrémité est biseautée et tranchante, que l'on pousse généralement au marteau pour entailler, sectionner ou travailler des matières dures telles que le bois, le fer ou la pierre.

Ciseler, v. (ang. : *chase*) ■ Travailler, tailler avec précision un objet de métal, ou plus rarement de toute autre matière dure, à l'aide du ciseau ou du ciselet.

Ciselure, n. f. (ang. : *engraving / craving*) ■ Art de ciseler, de sculpter délicatement le métal ou toute autre matière dure au ciselet ou au ciseau.

Coefficient de taille (ou coefficient des difficultés de taille), loc. m. ■ Indice dans l'échelle de difficulté de taille de l'Association française pour la normalisation (AFNOR). Il est gradué de 1 à 14 en progression continue, des pierres les plus faciles à tailler jusqu'aux plus difficiles, dans le cadre des techniques traditionnelles.

Concave, adj. (ang. : *concave*) ■ Dont la partie courbe est en creux.

Conique, adj. (ang. : *conical*) ■ Qui a la forme d'un cône.

Continu, adj. (ang. : *continuous*) ■ Qui n'est pas interrompu.

Contour, adj. (ang. : *contour*) ■ Ensemble des lignes ou surfaces qui bordent et délimitent extérieurement (un objet, un corps, une figure, une construction).

Convexe, adj. (ang. : *convex*) ■ Dont la surface présente à l'extérieur une courbure sphérique.

Coucher, v. ■ Poser une pierre.

Courbe, n. f. (ang. : *bend, curve*) ■ Dont la forme ou la direction ne comportent aucun élément droit ou plan.

Crapaud, n. m. ■ Concentration de microcristaux de couleur différente de la masse du granit qui ne constitue pas un défaut.

Creuser, v. t. (ang. : *dig*) ■ Faire une cavité en enlevant de la matière. Rendre concave. Rendre plus profond.

Cryoclastie, n. f. (ang. : *frost fracture*) ■ Processus géomorphologique de météorisation des roches, provoqué par les cycles de gel et de dégel de l'eau.

D

Dalle, n. f. (ang. : *tile*) ■ –

Débris, n. m. (ang. : *debris, waste*) ■ Action de briser, de détruire une chose; état qui en résulte / Morceau ou ensemble de morceaux qui restent d'une chose brisée, détruite par une action physique ou chimique, naturelle ou provoquée

Décor gravé, loc. m. (ang. : *engraved decoration*) ■ –

Défaut, n. m. (ang. : *defect, failure*) ■ Absence d'une chose ou d'une personne dont la présence serait nécessaire ou souhaitable (généralement pour former un ensemble cohérent) / Absence d'une chose dont la présence serait nécessaire ou souhaitable.

Défaut de surface, loc. m. (ang. : *surface defect*) ■ –

Dégradation physico-chimique du granit, loc. f. ■ Voir : Arénisation.

Dégrossir, v. ■ Débarrasser une matière brute de ce qu'elle a de plus gros, en vue de lui donner une forme plus affinée avant la forme définitive.

Diaclase, n. f. ■ En géologie, fracture d'une roche ou d'une formation, sans rejet entre les

deux compartiments. Fissure de retrait majoritairement orthogonales, conséquence de la diminution du volume de la roche finissant de se refroidir et de se cristalliser, débitant un massif granitique en blocs parallélépipédiques. Cassure de terrain sans déplacement relatif ; Le terme de « diaclases » peut s'appliquer à tout système à peu près régulier de fissures effectives de la roche.

Dreikanter, n. m. ■ Cailloux à facette (présentant une base et deux faces oblongues) produit par abrasion éolienne ou corrasion (façonnage de roches par des grains de sables (le quartz en particulier) transportés par le vent) ; le vent provoque l'usure des particules transportées, se frottant les unes aux autres, et crée des surfaces lisses et burinées bien caractéristiques.

Dure (pierre ou roche), loc. f. (ang. : *hard*) ■ Terme commun pour désigner les qualités de pierre dont la dureté et la résistance correspondent aux indices 8 à 10 de l'échelle des difficultés de taille (normes AFNOR). Voir : Coefficient de taille.

Dureté, n. f. (ang. : *hardness*) ■ Propriété de ce qui est dur, résistant au toucher, à la pression, au choc, à l'usure.

E

Ebauche, n. f. (ang. : *rough-out*) ■ Action d'ébaucher. Action de donner la première forme à un objet, à une chose.

Ébousiner, v. ■ Ôter le bousin d'une pierre, découvrir par cette taille la partie dure et propre à la construction.

Écaille, n. f. (ang. : *scale*) ■ Éclat qui se détache d'un bloc de pierre que l'on travaille.

Éclat, n. m. (ang. : *flake, chip*) ■ Fragment violemment détaché d'un corps qui explose ou que l'on brise.

Éclaté, adj. (ang. : *fragmented*) ■ Aspect de la taille brute de fente. Gros éclats, bosses et creux de formes diverses.

Écrase, n. f. ■ 1. Bloc tendre sur lequel la pierre est déposée. ■ 2. Tas de pierres non tassées pour amortir la chute d'un bloc.

Écraser, v. t. (ang. : *crush, smash, squeeze*) ■ Aplatis, broyer une chose en exerçant une forte pression, sous l'effet d'un choc violent.

Égrisage, n. m. ■ Opération de dressage d'un parement avant les opérations d'adoucissage et de polissage.

Égalisation, n. f. (ang. : *equalization*) ■ Action d'égaliser.

Égaliser, v. t. (ang. : *equalize*) ■ Rendre égal.

Élargir, v. t. (ang. : *enlarge, expand, widen*) ■ Rendre plus large, augmenter l'étendue dans le sens de la largeur.

Élargissement, n. m. (ang. : *expansion, extension, widening*) ■ Action d'élargir; état qui en résulte / Action de rendre plus large; état de ce qui est devenu plus large / Action ou fait de rendre ou de devenir plus vaste, plus étendu.

Emmanché, adj. (ang. : *fitted, handled*) ■ Qui est emmanché.

Emmanchement, n. m. (ang. : *fit*) ■ Action d'emmancher; état de ce qui est emmanché.

Emmancher, v. t. (ang. : *haft, helve*) ■ –

Émoussé, adj. (ang. : *blunted, blunt*) ■ Qui est devenu moins tranchant, moins pointu.

Empreinte, n. f. (ang. : *print, mark*) ■ Marquer par pression une forme (sur quelque chose). Marquer quelque chose de quelque chose.

Encoche, n. f. (ang. : *notch*) ■ Petite entaille.

Enlèvement, n. m. (ang. : *abduction, removal*) ■

Enlever, v. t. (ang. : *abduct*) ■ –

Entaille, n. f. (ang. : *cut, kerf, notch*) ■ Évidement pratiqué par coupure dans une pièce, un objet, etc.

Entame, n. f. (ang. : *first flake*) ■ –

Éolien, adj. (ang. : *colian*) ■ Relatif au vent.

Éoliser, v. ■ En géologie, se transformer sous l'action du vent

Éolisé, adj. ■ En géomorphologie, façonné par l'action du vent.

Épaisseur, n. f. (ang. : *thickness*) ■ Distance séparant deux surfaces, deux courbes.

Épannelage, n. m. (ang. : *preliminary flaking*) ■ Taille grossière attendant un finissage.

Épaufrure, n. f. ■ Éclat emporté sur une arête / Brèche occasionnée par l'éclat d'une pierre tendre ou demi-ferme (dans le cas d'une pierre dure ou parlera d'une écornure).

Érosion, n. f. (ang. : *erosion*) ■ En géomorphologie, l'érosion est le processus de dégradation et de transformation du relief, et donc des roches, qui est causé par tout agent externe (donc autre que la tectonique).

Esquille, n. f. (ang. : *chip*) ■ Fragment.

Expérimenter, v. t. (ang. : *experience*) ■ Soumettre quelque chose à une expérience afin d'en déterminer les différentes propriétés; vérifier par l'expérience.

Extraire, v. t. (ang. : *abstract*) ■ Tirer, sortir une chose quelconque d'un endroit où elle est contenue.

Extraire d'une carrière, loc. v. t. (ang. : *quarry*) ■ Dégager un minerai, une roche d'un milieu dans lequel ils sont enfouis.

Extrémité, n. f. (ang. : *edge side, endpoint, extremity*) ■ Partie extrême d'une chose. Ce qui limite cette chose, qui en marque le terme.

F

Face d'affleurement, loc. f. ■ Face d'une dalle ou bloc qui se trouvait à l'origine du côté où le rocher était enraciné.

Face d'arrachement, loc. f. ■ Face d'une dalle ou bloc qui se trouvait à l'origine du côté où le rocher était exposé à l'air libre.

Façonnage, n. m. (ang. : *forming, shaping*) ■ Action, art de façonner; résultat de cette action.

Façonner, v. t. (ang. : *shape, fashion*) ■ Travailler quelque chose afin de lui donner une forme particulière.

Fac-simile, n. m. (ang. : *facsimile*) ■ Reproduction exacte (conforme à l'original mais parfois à une autre échelle) d'un document écrit, d'un dessin, d'un tableau, etc.

Faire marcher, loc. v. ■ Déplacer la pierre en l'équilibrant sur ses arêtes.

Feldspath, n. m. (ang. : *feldspar*) ■ Minéral à base de silicate double d'aluminium et d'un métal alcalin ou alcalino-terreux, qui entre dans la composition d'un grand nombre de roches cristallines / Roche dans laquelle on trouve ce minéral.

Ferme (pierre ou roche), loc. f. (ang. : *firm*) ■ Terme commun pour désigner les qualités de pierre de dureté et de résistance moyenne qui correspondent aux indices 6 et 7 de l'échelle des difficultés de taille (normes AFNOR). Voir : Coefficient de taille.

Ferreux, adj. (ang. : *ferrous*) ■ Qui contient du fer.

Ferrique, adj. (ang. : *ferric*) ■ (chimie) [En parlant de sels dans lesquels le fer est trivalent] Chlorure, citrate, hydroxyde, phosphate, sels, sulfate ferrique(s).

Ferrugineux, adj. (ang. : *ferruginous*) ■ Qui contient une forte proportion de composés de fer.

Figure, n. f. (ang. : *figure*) ■ Élément ayant une forme spécifique souvent simplifiée et structurée selon certaines déterminations sensibles (surtout linéaires).

Fil, n. m. ■ Voir : poil ■ Fissure, défaut dans la pierre, souvent à peine perceptible qui coupe une masse et qui a une direction quelconque / Fissure.

Finition, n. f. (ang. : *finish, finishing*) ■ Opération ultime destinée à parfaire une exécution ou une fabrication.

Fixation, n. f. (ang. : *attachment, fixing system, mounting*) ■ Procédé ou dispositif par lequel on fixe quelque chose.

Flèche, n. f. (ang. : *arrow*) ■ Arme de jet composée d'un fût (de bois) muni d'une pointe aiguë à une extrémité, d'un empennage à l'autre, et que l'on lance principalement à l'aide d'un arc ou d'une arbalète.

Flèche (pointe de), loc. s. f. (ang. : *arrowhead*) ■ –

Flexible, n. f. (ang. : *flexible*) ■ Qui se plie aisément, qui ploie, se courbe sans casser.

Forer, v. t. (ang. : *bore, drill*) ■ Percer au moyen d'un foret une masse dure.

Foret, n. m. (ang. : *borer, drill*) ■ Outil agissant sur la pierre par rotation en forant des trous.

Fragment, n. m. (ang. : *fragment, scrap*) ■ (Petit) morceau d'une chose qui a été brisée.

Frappe, n. f. (ang. : *strike, striking*) ■ Action de frapper ; résultat de cette action.

Friction, n. f. (ang. : *friction*) ■ Frottements de deux corps l'un contre l'autre.

Fruit (avoir du -), loc. v. ■ Être bombé, pour un mur.

G

Gaine (étui), n. f. (ang. : *sheath*) ■ Sorte d'étui rigide dans lequel on place un instrument ; étui qui s'adapte à des objets divers pour les protéger.

Gaine d'outil, loc. s. f. (ang. : *tool sleeve*) ■ –

Gaine de bois de cerf, loc. s. f. (ang. : *antler haft socket*) ■ –

Galet, n. m. (ang. : *cobble, pebble, stone*) ■ Caillou poli et arrondi par frottement, qui se trouve le plus souvent sur le rivage de la mer ou dans le lit des torrents.

Gélifraction / gélivation, n. f. (ang. : *frost fracture*) ■ Voir : cryoclastie

Geste, n. m. (ang. : *move / motion (?)*) ■ Mouvement du corps, principalement de la main, des bras ; manière de mouvoir le corps, les membres et, en particulier, manière de mouvoir les mains dans un but de préhension, de manipulation.

Gneiss, n. m. (ang. : *gneiss*) ■ Roche cristallophyllienne de structure schisteuse, comprenant du quartz, du mica et du feldspath.

Grain, n. m. (ang. : *grain*) ■ Fragment de matériau ayant habituellement une dimension de quelques millimètres (jusqu'à 15 mm environ ou beaucoup plus dans le cas du charbon).

Grain de la pierre, loc. s. f. (ang. : *grain, grit of a stone*) ■ Irrégularité d'une surface qui n'est pas complètement lisse.

Grasse, n. f. ■ Pierre tendre dans laquelle l'outil s'enfonce facilement.

Granit / granite, n. m. (ang. : *granite*) ■ Roche magmatique plutonique, présentant un aspect grenu dû à la présence de minéraux de tailles variables mais toujours visibles à l'œil nu qui la constituent. Pour les granits les plus courants, ces minéraux sont au nombre de trois : les feldspaths (65 %) de couleur blanche ou rose et de forme rectangulaire ; le quartz (20 %) gris à éclat gras – aspect de gros sel – de forme quelconque ; les micas en paillettes brillantes le plus souvent de

teinte noire (biotite) et plus rarement blanche (muscovite).

Granitique, adj. (ang. : *granitic*) ■ Formé de granit.

Granuleux, adj. (ang. : *granular*) ■ Qui n'est pas lisse d'aspect ; dont la surface présente des irrégularités arrondies.

Granulométrie, n. f. (ang. : *granular distribution, granulometry*) ■ Mesure de la dimension des particules qui constituent un ensemble ; p. ext. résultat de cette mesure.

Gravé, adj. (ang. : *carved*) ■ Qui porte une gravure soit en creux, soit en relief, obtenue à l'aide d'un burin / Marque profonde d'un contour qui se détache d'un fond.

Graver, v. t. (ang. : *engrave*) ■ Tracer des traits ou des figures sur une surface dure avec un instrument tranchant ou contondant. Deux étymologies sont proposées du mot graver : la première le fait dériver du grec « graphein » et signifie écrire, la deuxième de l'allemand « graben » qui signifie creuser.

Graver en creux, loc. v. t. (ang. : *dye sink*) ■ –

Graver en relief, loc. v. t. (ang. : *emboss*) ■ –

Graveur, n. m. (ang. : *engraver*) ■ Personne qui pratique la gravure.

Gravure, n. f. (ang. : *carving, embossing, engraving, impression*) ■ Action de graver. Résultat de cette action / Art de graver pour décorer une surface ou un objet dur.

Gravure en creux, loc. s. f. (ang. : *intaglio printing*) ■ –

Gravure rupestre, loc. s. f. (ang. : *rock carving*) ■ –

Grenu, adj. (ang. : *grained / grainy*) ■ Se dit de surfaces qui offrent beaucoup de petites aspérités irrégulières.

Grès, n. m. (ang. : *grit, grit-stone, sandstone*) ■ Roche sédimentaire d'origine détritique, formée

de grains agglomérés par un ciment naturel siliceux, calcaire ou ferrugineux, donnant un

ensemble à la dureté et à la cohésion variable, mais généralement assez dur et compact.

H - I - J

Hématite, n. f. (ang. : *bloodstone, hematite*) ■ Oxyde ferrique naturel.

Image, n. f. (ang. : *image, picture*) ■ Représentation (ou réplique) perceptible d'un être ou d'une chose.

Impact, n. m. (ang. : *impact*) ■ Fait pour un corps, un projectile de venir en frapper un autre ; choc ; endroit où a frappé un projectile ; trace qu'un projectile laisse à l'endroit qu'il a heurté.

Incisé, adj. (ang. : *incised*) ■ –

Incision, n. f. (ang. : *incision*) ■ État de ce qui est incliné; obliquité d'une ligne, d'un plan par rapport à un autre plan, en particulier celui de l'horizon..

Inclinaison, n. f. (ang. : *angle (of action)*) ■ Entaille réalisée avec un instrument tranchant ou pointu.

Indirect, adj. (ang. : *indirect*) ■ Qui requiert un ou plusieurs intermédiaires.

Intaille, n. f. (ang. : *intaglio*) ■ Gravure en creux sur toute matière.

Irrégularité de surface, loc. s. f. (ang. : *surface irregularity*) ■ Partie irrégulière de quelque chose.

Irrégulier, adj. (ang. : *irregular*) ■ Qui n'est pas régulier.

Jonction, n. f. (ang. : *connection, crossing point, joint*) ■ Endroit où se joignent deux choses.

L

Large, adj. (ang. : *wide*) ■ Qui concerne la largeur d'une surface, d'une ouverture.

Largeur, n. f. (ang. : *width*) ■ Dimension perpendiculaire à la longueur (plan horizontal) ou à la hauteur (plan vertical) et plus petite qu'elle.

Ligature, n. f. (ang. : *binders*) ■ Action d'entourer et d'attacher avec un lien.

Linéaire, adj. (ang. : *linear*) ■ Qui a rapport aux lignes / Qui a la forme d'une ligne ou qui se trouve être représenté par une ligne / TECHNOL. (en emploi subst. masc.) longueur

totale occupée par des objets sur des rayonnages par exemple.

Lit, n. m. ■ Face de la pierre utilisée pour en superposer d'autres.

Long, adj. (ang. : *long*) ■ –

Longueur, n. f. (ang. : *length*) ■ –

Lunette d'emmanchement, loc. f. ■ Voir : Œil d'emmanchement.

Lustré, adj. (ang. : *gloss*) ■ Brillant, luisant, poli / Rendu brillant (par l'usure, le frottement) / Rendu brillant par une opération particulière (frottement, polissage, application d'un enduit).

M

Maillet, n. m. (ang. : *mallet, mallet*) ■ Gros marteau à deux têtes, en bois dur, utilisé par les

menuisiers, les sculpteurs sur pierre, les

tonneliers, etc. ; sorte de masse en bois, de forme tronconique, du sculpteur sur bois.

Mailloche, n. f. (ang. : *beetle*) ■ Gros maillet à une seule tête, cylindrique et située dans l'axe du manche, utilisé en tonnellerie, en maroquinerie, en cordonnerie, etc.

Manche, n. m. (ang. : *handle*) ■ Partie d'un instrument, d'un outil, par laquelle on le tient.

Marque, n. f. (ang. : *mark*) ■ –

Marteau, n. m. (ang. : *hammer*) ■ Outil de percussion formé d'une tête (généralement en acier) percée d'un trou dans lequel est fixé un manche

Martelage, n. m. (ang. : *beating, embossing, hammering*) ■ Action de frapper de manière répétée.

Marteler, v. t. (ang. : *forge, hammer*) ■ Battre, frapper avec un marteau / Frapper avec un marteau pour façonner.

Massette, n. m. (ang. : *sledgehammer*) ■ Petite masse de tailleur de pierre, qui se manie d'une seule main, contrairement à la masse de carrier, par exemple.

Méplat, n. m. (ang. : *flat, half flat*) ■ Petite surface plane (sur un objet, un volume de forme régulière) / Partie (relativement) plane d'un objet (par opposition aux parties en saillie).

Mica, n. m. (ang. : *mica*) ■ Silico-aluminate complexe contenant presque toujours du potassium et, en proportions variables, du fer, du magnésium et d'autres éléments, brillant, coloré ou non, très facilement clivable en lamelles fines, transparentes, flexibles, élastiques, résistantes à la chaleur et isolantes, présent dans les roches éruptives, métamorphiques et sédimentaires.

Miroir de faille, loc. m. ■ En se déplaçant, les compartiments frottent l'un contre l'autre. La zone polie par le frottement s'appelle le miroir de faille.

Mise en forme, loc. s. f. (ang. : *shapping out*) ■ –

Mise en œuvre, loc. f. (ang. : *implementation*) ■ Dans le contexte d'un chantier, la mise en œuvre des pierres correspond à leur pose dans l'édifice et non aux opérations qui précèdent cette étape de la construction.

Mort, n. m. ■ Travail raté.

Motif, n. m. (ang. : *pattern*) ■ Sujet qui domine une œuvre d'art, un ouvrage / Sujet ornemental ou figuratif formant en lui-même un tout.

Mouvement pendulaire, adj. (ang. : *pendulation, oscillating movement, pendular movement*) ■ Mouvement qui s'effectue suivant un va-et-vient, qui est comparable au mouvement du pendule par sa régularité, ses alternances, sa périodicité.

N – O

Négatif, adj. (ang. : *negative*) ■ –

Négatif d'un enlèvement, loc. s. m. (ang. : *negative (of removal), scar*) ■ –

Nez, n. m. ■ Partie saillante d'une pierre, arête vive.

Oblique, adj. (ang. : *oblique*) ■ Qui n'est ni perpendiculaire ni parallèle à l'horizon.

Oblongue, adj. (ang. : *oblong*) ■ Qui est plus long que large.

Oblongue (forme), loc. s. f. (ang. : *oblong shape*) ■ –

Œil d'emmanchement, loc. m. ■ Trou pratiqué dans la masse d'un outil à percussion lancée (pic, etc.) ou d'un percuteur (massette, masse), pour y fixer le manche (se dit aussi lunette d'emmanchement).

Orthostate, n. f. (ang. : *kerbstone, orthostat*) ■ –

Outil, n. m. (ang. : *tool*) ■ Objet fabriqué, utilisé manuellement ou sur une machine pour réaliser une opération déterminée.

Outil composite, loc. m. (ang. : *composite tool*) ■

–

P

Paf, adj. ■ De mauvaise qualité (d'après le son de la matière sous le choc de l'outil).

Pan du burin, loc. s. m. (ang. : *burin facet*) ■ –

Panne, n. m. (ang. : *hammer face*) ■ Partie amincie du marteau, opposée à la tête.

Parallèle, adj. (ang. : *parallel*) ■ (Ligne, surface) qui est à une distance égale (de cette autre ligne ou surface) dans toute son étendue.

Parement, n. m. (ang. : *facing*) ■ Surface apparente d'un ouvrage, d'un mur, constituée d'un revêtement, le plus souvent de pierres de taille.

Paroi, n. f. (ang. : *surface, wall*) ■ Versant rocheux lisse et proche de la verticale.

Passe, n. f. ■ Suite d'impacts alignés les uns à la suite des autres dans le cadre d'un geste cyclique.

Patine, n. f. (ang. : *patina*) ■ Couleur que prennent les objets sous l'effet du temps.

Pendulaire, adj. ■ Voir : mouvement pendulaire

Perçoir, n. m. (ang. : *piercer*) ■ Outil préhistorique.

Percussion, n. f. (ang. : *percussion*) ■ Action de percuter ; coup, choc d'un corps contre un autre corps ; produit de la somme des forces appliquées à un corps au cours d'un choc par la durée du choc.

Percussion (mode), loc. f. ■ Classement anthropologique du mode d'action des outils ; dans le travail de la pierre on distingue : la percussion lancée (outil généralement munie d'un manche, ex. le pic), la percussion posée avec percuteur (ex. la broche), la percussion posée sans percuteur (es. la scie).

Percussion directe, loc. s. f. (ang. : *direct percussion*) ■ La percussion directe consiste à

frapper directement le bloc avec une pierre ou du bois (animal ou végétal) pour détacher un éclat ou une lame.

Percussion indirecte, loc. s. f. (ang. : *indirect percussion*) ■ La percussion indirecte met en œuvre, entre le bloc et le percuteur, un élément intermédiaire : un chasse-lame ou punch. Celui-ci, en bois de cervidé de forme allongée, est appliqué sur le bloc de pierre tandis que le coup est porté sur l'autre extrémité.

Percussion lancée, loc. s. f. ■ Réalisée lorsque l'outil, tenu en main, est projeté vers et sur la matière à travailler, soit à bout de bras, soit à bout de bras et de manche (marteau). Synonyme de percussion directe.

Percussion posée, loc. s. f. ■ Consiste à appliquer l'outil sur la matière, en faisant agir sur lui, directement, une force musculaire (couteau, racloir, rabot, scie).

Percussion posée avec percuteur, loc. s. f. ■ Moyen d'application le plus intéressant de la force, c'est la percussion posée avec percuteur ; combinaison des deux premiers modes de percussion, elle cumule leurs avantages respectifs ; elle permet de faire agir la force au point précis où il convient (ce que la percussion lancée ne permet pas toujours avec exactitude) et de décupler cette force à l'aide d'un percuteur lancé sur l'outil posé en place. Synonyme de percussion indirecte.

Percuteur, n. m. (ang. : *billet, hammer, hammerstone, striker*) ■ Outil préhistorique (galet, bois dur, bois de cervidé) servant à obtenir des éclats ou des lames à partir d'un bloc de roche dure.

Percuteur dur, loc. s. m. (ang. : *hard-hammer, hammerstone*) ■ –

Percuteur tendre, loc. s. m. (ang. : *organic soft hammer*) ■ –

Perpendiculaire, adj. (ang. : *perpendicular*) ■ –

Péroglyphe, n. m. (ang. : *petroglyph*) ■ Un péroglyphe est un dessin symbolique gravé sur de la pierre (surface rocheuse à l'état naturel) et fait donc partie de l'art rupestre. Le terme provient des mots grecs petros (ou petra) pour pierre et glyphein pour gravure..

Pictographe, n. m. (ang. : *pictograph*) ■ –

Pierre, n. f. (ang. : *stone*) ■ Matière minérale solide plus ou moins dure qu'on rencontre en masses compactes à la surface et à l'intérieur du sol.

Pierre taillée, loc. s. f. (ang. : *cut stone*) ■ –

Pioche, n. f. (ang. : *pick, pick-axe*) ■ Outil à main pour creuser le sol ou défoncer, composé d'un fer recourbé possédant une extrémité pointue et l'autre tranchante, ou deux extrémités pointues, et dont le milieu est percé d'un oeil dans lequel est fixé un manche en bois.

Piquetage, n. m. (ang. : *picketing / staking / pricking*) ■ Action de piquer ; martelage ponctuel et linéaire d'une surface rocheuse pouvant donner une représentation figurée.

Piquer, v. (ang. : *stake out*) ■ Parsemer une surface de points.

Pitche (ou chasse), n. m. ■ Outil servant à chasser ou à casser le granit suivant une ligne déterminée.

Poil, n. m. ■ Voir : fil. Fine couche hétérogène qui altère une pierre.

Poinçon, n. m. (ang. : *awl, piercer, punch, sramp*) ■ Outil à main terminé en pointe plus ou moins aiguë, servant à percer ou à entamer différents matériaux.

Poinçon de graveur, loc. s. m. (ang. : *engraver's point*) ■ –

Point d'impact, loc. s. m. (ang. : *impact point*) ■ –

Point de percussion, loc. s. m. (ang. : *point of percussion*) ■ –

Pointe, n. f. (ang. : *head, peak, spike*) ■ Extrémité amincie et aiguë d'un objet de forme allongée, mince et rigide, pouvant piquer, percer.

Pointe à tracer, loc. s. f. (ang. : *graver*) ■ –

Pointerolle, n. f. (ang. :) ■ Petit pic à main sur lequel on frappe avec une massette pour entailler la roche.

Pointu, adj. (ang. : *acute, peaky, sharp*) ■ Qui se termine en pointe, par une pointe.

Poli, adj. (ang. : *bright, burnished, polished*) ■ Dont la surface est unie, lisse, brillante; sans aspérité.

Polissage, n. m. (ang. : *brightening, finishing, grinding, polish, polishing*) ■ Action de polir ; traitement des pierres dures pour leur donner un aspect poli.

Ponçage, n. m. (ang. : *buffing, grinding, sanding*) ■ Action de poncer.

Ponçer, v. t. (ang. : *abrade, stuff, sand, smooth*) ■ Action de poncer.

Pouf, adj. ■ Roche qui se délite (d'après le son de la matière sous le choc de l'outil).

Poussière, n. f. (ang. : *dust*) ■ Mélange de particules solides, de nature très diverse, extrêmement ténues et légères, qui se maintiennent en suspension dans l'air ou qui se déposent sous forme d'une pellicule poudreuse / Ensemble de particules très fines, de matières diverses, qui s'accumulent à la surface des objets dans les endroits clos.

Préfaçonnage, n. m. (ang. : *preforming*). ■ –

Préparation de la surface, loc. f. (ang. : *surface preparation*) ■ Assainissement, régularisation et/ou aplanissement de la surface d'un bloc avant d'y graver une composition.

Procédé de fabrication, loc. s. m. (ang. : *processing method*) ■ –

Profil, n. m. (ang. : *profile, shape*) ■ –

Profond, adj. (ang. : *deep*) ■ Dont la hauteur interne est grande par rapport aux autres dimensions; dont le fond est éloigné du bord, de l'orifice, de la surface.

Profondeur, n. f. (ang. : *depth*) ■ Caractère de ce qui est profond.

Punctiforme, adj. (ang. : *punctiform*) ■ Qui a la forme, la taille d'un point.

Purger, v. ■ Nettoyer une pierre en enlevant les parties molles.

Q

Quadrillage, n. m. (ang. : *grid, grid network*) ■ Ensemble de lignes, de bandes droites qui se coupent de façon à former des carreaux, des carrés égaux juxtaposés.

Quadrillé, adj. (ang. : *checkered, cross-lined, squared*) ■ Dont la surface est divisée en carreaux ou couverte de lignes croisées formant des carrés.

Quartz, n. m. (ang. : *quartz*) ■ Minéral qui cristallise dans le système rhomboédrique, formé d'oxyde de silicium, très répandu dans la nature.

Quartzite, n. f. (ang. : *quartzite*) ■ Roche siliceuse compacte à cassure conchoïdale assez lisse, très dure, d'origine sédimentaire ou métamorphique, en général claire et d'aspect gras. Un quartzite est constitué essentiellement de cristaux de quartz intimement soudés, souvent dentelés et engrenés, et contenant plus ou moins de feldspaths et de micas. Le quartzite peut être soit métamorphique (métaquartzite), issu de la recristallisation d'un grès, soit sédimentaire (orthoquartzite), issu de la cimentation par diagenèse d'un grès et composé alors exclusivement de grains de quartz et de chert.

R

Rainurage, n. m. (ang. : *slotting / grooving*) ■ Opération consistant à creuser une rainure dans une pièce, un outil, etc.

Rainure, n. f. (ang. : *groove*) ■ Entaille longue et étroite, de section généralement rectangulaire, pratiquée dans l'épaisseur d'une pièce de bois ou de métal et destinée à servir à des assemblages ou à recevoir des parties coulissantes. Synonyme ancien de « encoche », voir ce mot.

Rainuré, adj. (ang. : *grooved*) ■ Qui comporte des rainures.

Rainurer, v. t. (ang. : *groove*) ■ Faire une rainure dans quelque chose.

Rayonnant (décor), loc. s. m. (ang. : *radiating decoration*) ■ Entouré de traits divergents, de triangles allongés figurant la lumière.

Rebord, n. m. (ang. : *brim, edge, flange*) ■ Bord relevé ou pièce en saillie qui forme le bord. Bord d'une chose qui a de la profondeur, le long d'une dénivellation.

Régularisation, n. f. ■ Action de régulariser; résultat de cette action / Fait de rendre quelque chose constant, uniforme, régulier.

Représentation graphique, loc. s. f. (ang. : *graph output*) ■ –

Roche, n. f. (ang. : *rock*) ■ Matériau solide ou liquide constitutif de l'écorce terrestre et de celle des planètes, composé de minéraux, présentant les mêmes caractères d'ensemble à assez grande échelle.

Roche mère, loc. s. f. (ang. : *basement rock, parent rock, source rock, bedrock, natural*) ■ –

Ronde-bosse, n. f. (ang. : *sculpture in the round*)
■ Ouvrage exécuté en plein relief se détachant devant un fond (par opposition à demi-bosse ou à bas-relief).

Roules, n. m. plur. ■ Rouleaux glissés sous une pierre, pour permettre de la déplacer.

Rugosité, n. f. (ang. : *roughness*) ■ –

Rugosité de surface, loc. s. f. (ang. : *surface roughness*) ■ –

Rugueux, adj. (ang. : *harsh*) ■ –

S

Saignée, n. f.

Entaille, oblique ou perpendiculaire à la surface de la roche, de profondeur réduite et généralement creusée en « V ».

Saillie, n. f. (ang. : *bulge*)

Signature de percussion.

Signe, n. m. ■ Signature de percussion.

Silex, n. m. (ang. : *flintstone, silix*) ■ –

Silice, n. f. (ang. : *silica*) ■ –

Siliceux, adj. (ang. : *silicic*) ■ –

Sillon, n. m. (ang. : *furrow, groove*) ■ –

Stèle, n. f. (ang. : *stela, stele*) ■ Pierre dressée, parfois revêtue d'inscriptions ou de reliefs ; terme employé récemment dans l'archéologie des pierres dressées pour différencier le bloc brut du bloc préparé, mis en forme, voire gravé.

Superficiel, adj. (ang. : *superficial*) ■ –

Surface, n. f. (ang. : *surface*) ■ Partie, face extérieure d'un corps.

Symétrie, n. f. (ang. : *symmetry*) ■ –

Symétrique, adj. (ang. : *symmetric*) ■ –

T - V

Technique, n. f. (ang. : *technique*) ■ Ensemble de procédés et de moyens pratiques propres à une activité ; savoir-faire, habileté de quelqu'un dans la pratique d'une activité.

Technique, adj. (ang. : *technical*) ■ –

Tendinite ou tendinopathie, n. f. ■ Voir : T.M.S.

Tendre (pierre ou roche), loc. f. (ang. : *soft*) ■ Terme commun pour désigner les qualités de pierre de dureté et de résistance faible, qui correspondent aux indices 2 et 3 de l'échelle des difficultés de taille (normes AFNOR). Voir : Coefficient de taille.

Tétu, n. m. ■ Outil de carrier. Masse de fer dont les extrémités sont fendues; il sert à casser la pierre: On le nomme aussi masse.

Tissus spongieux, loc. m. p. ■ Partie interne de l'os.

Trace, n. f. (ang. : *track*) ■ Marque ou meurtrissure qui est laissée par l'outil sur la pierre.

Tracé préparatoire, n. m. ■ Dessin réalisé à même le support avant la gravure et servant de guide au graveur. La technique de gravure générant beaucoup de poussière ce dessin est rapidement recouvert et invisible.

Tracéologie, n. f. (ang. : *traceology, usewear analysis*)

–

TMS - Troubles musculo-squelettiques ■ Les troubles musculo-squelettiques (TMS) regroupent des affections touchant les structures situées à la périphérie des articulations : muscles, tendons, nerfs, ligaments, bourses séreuses, capsules articulaires, vaisseaux... Les parties du

corps les plus fréquemment atteintes sont : le dos, les membres supérieurs (épaule, coude, poignet), plus rarement les membres inférieurs. Les TMS ont des causes multiples, mais principalement causés par la pratique de gestes répétitifs.

Tuer un caillou, loc. v. ■ Rendre une pierre inutilisable.

Veine, n. f. ■ **1.** Sorte de trait long et étroit qui va en serpentant légèrement dans les pierres dures, et capricieusement par rapport à la stratification.

■ **2.** Partie de pierre, longue et étroite, d'une qualité ou d'une couleur différente de celle qui l'entoure. Les veines ne sont pas des défauts.

Vive, n. f. ■ Pierre qui part en éclats et rend le travail délicat.

Annexe 3 – Bibliothèque de densité de rocs

Constitution d'une bibliothèque de densité de rocs pour déterminer le poids des éléments d'architecture

1. Principe

Le poids des blocs utilisés pour constituer les dolmens et les ouvrages de stèle est un indicateur important sur l'effort fourni à la construction. Dans la littérature, il est possible de trouver de nombreuses tentatives d'estimation des poids de ces blocs. Or, il faut reconnaître qu'il n'est pas aisé de calculer le volume d'un bloc de pierre... Les outils d'acquisition tridimensionnelle permettent en partie de résoudre le problème car la représentation relativement fidèle de ces blocs permettent – sous réserve de quelques traitements – de mesurer plusieurs caractéristiques, dont le volume.

Une fois le volume obtenu, il faut encore déterminer le matériau de construction, et affecter la bonne densité (en Kg/m^3) pour obtenir une estimation la plus fiable possible des poids en jeu.

2. Déterminer le volume des blocs architecturaux

L'estimation correcte du volume des blocs architecturaux n'est possible qu'à travers sa représentation tridimensionnelle. La complexité des formes empêchent en effet un cubage précis par simple prise de mesure sur l'objet.

La représentation 3D doit cependant posséder une caractéristique fondamentale : ce doit être un volume fermé. Or, cette configuration ne se rencontre que dans de très rares contextes, puisque nous avons toujours au moins une partie du bloc en contact avec le support ou le sol – que ce soit la racine d'un menhir dressé ou une de ses faces s'il est couché, ou encore s'il est érigé dans un contexte tumulaire. Nous devons donc systématiquement travailler le maillage tridimensionnel afin de compléter les parties lacunaires.

Pour atteindre cet objectif, le protocole suivant doit être adopté. Le maillage issu de l'acquisition numérique – photo- ou laser-grammétrie – comporte une forte densité de triangles, ce qui représente une grande difficulté d'édition. Afin de résoudre cela, il faut convertir les mailles en quadrangles, plus larges et beaucoup plus facile à éditer. Cette opération s'appelle la retopologie et peut être facilement réalisée grâce à un outil comme *Instant Field-Aligned Meshes* du laboratoire *Interactive Geometry Lab* (ETH Zurich). Une fois que ce nouveau maillage est obtenu, il peut être travaillé dans Blender. La première opération consiste à segmenter le modèle par éléments fonctionnels, puis à estimer les surfaces manquantes, soit par extrapolation, soit en mobilisant des représentations anciennes retrouvées en archive, comme la description d'un bloc couché avant son redressement (ex. de la stèle de Kermaillard).

Une fois que l'objet est un volume clos, des logiciels comme Meshlab ou Blender sont capables de fournir le volume de l'objet.

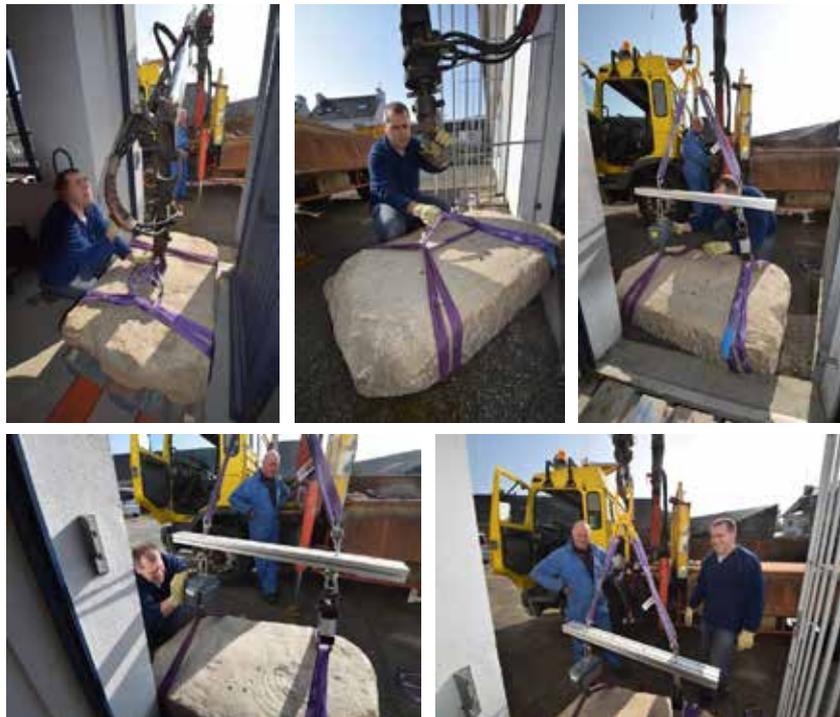
3. Identification de la nature des roches utilisés

Dans la région du littoral morbihannais, plusieurs type de roche peuvent être rencontrées. Il s'agit principalement de granite (quatre faciès sont identifiés dans la région de Carnac), de migmatite, de grès, de quartz ou encore d'orthogneiss. Cette liste n'est pas exhaustive et devra être étendue à d'autres roches si le périmètre d'étude s'étend à d'autres régions.

4. La pesée d'un objet archéologique : la dalle de sol S12

Pour S12, le bloc a pu être mesuré grâce à la mise à disposition par le CD 56 d'un camion équipé d'une grue, et par l'École Centrale de deux pesons et de sangles. Bien entendu, comme le bloc est bien plus gros, la marge d'erreur pour calculer la densité de la roche employée est bien plus faible.

Les résultats seront détaillés dans l'article consacré à la monographie de S12.



*La pesée de la dalle S12 de Gavrinis au dépôt archéologique de Vannes
(clichés : S. Cassen)*

5. Déterminer la densité des échantillons des différents rocs

5.1. Mesure du poids de l'échantillon

À l'aide d'une balance, les différents rocs sont pesés les uns après les autres. La précision est au gramme près.

5.2. Mesure du volume de l'échantillon

La mesure du volume des échantillons a été réalisée par immersion du bloc dans un récipient d'eau. De cette manière, l'estimation repose sur le volume d'eau déplacé. Cependant, nous ne disposions pas de récipient suffisamment grand pour immerger complètement le bloc avec des graduations précises. Nous nous sommes alors appuyé sur la relation $1 \text{ cm}^3 \text{ d'eau pure} = 1 \text{ gramme}$.

La procédure a donc consisté à placer un récipient sur un plateau, puis à le remplir à ras-bord. Dès que nous commençons à immerger le bloc, l'eau débordait et était récupérée dans le plateau. Le point critique survenait au moment du lâcher du bloc car il ne fallait pas créer de vagues qui auraient générés

un débordement plus important. Cette eau était ensuite transvasée dans un récipient plus petit pour la pesée.

De cette manière, les mesures sont précises au cm^3 près.



1 – Le récipient est rempli à ras-bord.

2 – Le bloc est plongé délicatement dans le récipient, en évitant au maximum de créer des vagues au moment du lâcher.

3 – L'eau qui a débordé est récupérée dans le plateau, puis est versée dans un récipient plus petit pour la pesée.

Clichés : V. Grimaud

6. Tableaux de synthèse

En raison de la différence importante entre les échantillons et les éléments d'architecture, une imprécision de la mesure peut avoir des répercussions importantes sur l'estimation finale des poids. Afin de quantifier cela, nous avons ajouter 1g aux mesures afin de déterminer une valeur basse et une valeur haute.

| GRANITES | Poids (Kg) | Volume (m^3) | Densité (Kg/m^3) | Marge d'erreur |
|-----------------------------|------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------|
| S12 (Gavrinis) ¹ | 565,4 | 0,218 | 2 594 | / |
| Échantillon rouge | 0,499 | 0,000180 | 2 772 | $\pm 10\text{Kg}$ |
| Échantillon gris | 0,660 | 0,000247 | 2 672 | $\pm 7\text{Kg}$ |

La densité moyenne de ces mesures est de $2\,679\text{Kg}$, $\pm 62\text{Kg}$.

| MIGMATITES | Poids (Kg) | Volume (m^3) | Densité (Kg/m^3) | Marge d'erreur |
|-----------------------|------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------|
| Échantillon jaune | 0,600 | 0,0002 | 3 000 | $\pm 10\text{Kg}$ |
| Échantillon « rouge » | 1,622 | 0,000586 | 2 768 | $\pm 6\text{Kg}$ |

La densité moyenne de ces mesures est de $2\,884\text{Kg}$, $\pm 116\text{Kg}$.

1 – C'est le seul bloc dont la mesure du volume est issu d'un modèle tridimensionnel ; toutes les autres mesures sont faite par immersion dans l'eau.

| QUARTZ | Poids (Kg) | Volume (m ³) | Densité (Kg/m ³) | Marge d'erreur |
|---------------------|------------|--------------------------|------------------------------|----------------|
| Percuteur TDM | 0,459 | 0,000171 | 2 684 | ± 10Kg |
| Echantillon angevin | 0,329 | 0,000106 | 3 104 | ± 20Kg |

La densité moyenne de ces mesures est de 2 894Kg, ±210Kg.

| GRÈS | Poids (Kg) | Volume (m ³) | Densité (Kg/m ³) | Marge d'erreur |
|-------------|------------|--------------------------|------------------------------|----------------|
| Échantillon | 0,633 | 0,000248 | 2 552 | ± 6Kg |

| ORTHOgneiss | Poids (Kg) | Volume (m ³) | Densité (Kg/m ³) | Marge d'erreur |
|-----------------------------|------------|--------------------------|------------------------------|----------------|
| Échantillon Locmariaquer | 0,865 | 0,000405 | 2 136 | ± 3Kg |
| Échantillon Yeu | 0,696 | 0,000270 | 2 582 | ± 13Kg |

La densité moyenne de ces mesures est de 2 359Kg, ±223Kg.

7. Conclusion

Ces premiers résultats permettent déjà d'estimer de nombreux blocs utilisés dans des contextes funéraires néolithiques. Cependant, cette bibliothèque devrait continuer à s'enrichir en fonction des localités et des différents faciès que nous pouvons rencontrer dans la même région.

8. Remerciements

À Jean-Marc Rousset (Ecole Centrale, Nantes) pour le prêt du matériel (sangles, pesons) et la conduite de la pesée de S12, ainsi que le CD 56 à travers Olivier Agogué pour la mise à disposition d'un camion équipée d'une grue pour soulever cette même dalle.

À Laurent Charrieau (POLEN, Université de Nantes) pour la mise en place et la conduite de la procédure consistant à déterminer le volume des échantillons de rocs.

Annexe 4 – Fiche générique pour anticiper l'archivage

Titre de la fiche

Structure de la fiche

1. Informations spécifiques au dépôt

- 1.1. Informations archéologiques
- 1.2. Structure du dépôt
- 1.3. Gestion du dépôt

2. Objet Virtuel

3. Métadonnées techniques

- 3.1. Paradoonnées
 - 3.1.1. ID: PD_*[insérer IDtechniques]*
- 3.2. Lasergrammétrie terrestre
 - 3.2.1. ID: LGT_*[insérer IDtechniques]*
- 3.3. Photogrammétrie
 - 3.3.1. ID: PG_*[insérer IDtechniques]*
- 3.4. Données volumiques
 - 3.4.1. ID: DV_*[insérer IDtechniques]*
- 3.5. Données sources
 - 3.5.1. ID: DS_*[insérer IDtechniques]*
- 3.6. Lumière structurée
 - 3.6.1. ID: LS_*[insérer IDtechniques]*
- 3.7. Conditions d'enregistrement

4. Organisation des données

5. Traitement des données

- 5.1. Transformation des données
 - 5.1.1. Orientation du modèle / Mise à l'échelle / Géolocalisation
 - 5.1.2. Philosophie du traitement des données
- 5.2. Description des différentes parties de l'objet virtuel
 - 5.2.1. *[Nom de l'objet virtuel correspondant à un tumulus et son environnement proche]*
 - 5.2.2. *[Nom de l'objet virtuel correspondant à une structure interne]*
 - 5.2.3. *[Nom de l'objet virtuel correspondant à un bloc orné]*

6. Exploitations de l'objet virtuel

- 6.1. Production de la description géométrale
 - 6.1.1. À l'échelle du site
 - 6.1.2. À l'échelle des structures internes
 - 6.1.3. À l'échelle du bloc orné
- 6.2. Production d'un modèle manipulable en 3D temps réel
- 6.3. Impression 3D
- 6.4. Film d'animation

Complément A – Définition d'un atlas permettant de décrire les architectures mégalithiques

1. Informations spécifiques au dépôt

1.1. Informations archéologiques

- siteNom: ...
- periode: ...
- dateArcheologique: ...
- lieuConservation: ...
- lieuDecouverte: ...
- proprietaireSite: ...
- proprietaireObjet: ...
- tags: ...
- numerolInventaire: ...
- descriptionArcheologique: ...
- objectifsScientifiquesEtTechniques: ...
- programmeRecherche: ...
- parodonnees: ...
- commanditaire: ...
- equipe3D: ...

1.2. Structure du dépôt

- objetVirtuelListe: ...
- tailleDepot: ...
- nombreFichiers: ...
- structureDocument: ...

1.3. Gestion du dépôt

- editeurDepot: ...
- contributeurDepot: ...
- typeRessourceDepot: ...
- formatDepot: ...
- langueDepot: ...
- relationDepot: ...
- droitsDepot: ...
- dateCreationDocument: 06/12/2016
- dernierEnregistrementDocument: 06/12/2016
- indentifiantDocProducteur: ...
- noteDepot: ...
- serviceVersant: ...
- version: ...
- versionPrecedente: ...
- typeRelation: ...
- sourceRelation: ...
- identifiantSourceRelation: ...

2. Objet Virtuel

- titre: ...
- nomFichier: ...
- createur: ...
- contributeur: ...

- description: ...
- couverture: ...
- sujet: ...
- objetVirtuelVersion: ...
- dateFichier: ...
- logicielTraitement: ...
- logicielTraitementVersion: ...
- formatFichier: ...
- structureFichier: ...
- objetVirtuelComposant: ...
- dependances: ...
- axeVertical: ...
- axeOrientation: ...
- nombrePolygones: ...
- dimensionBoiteEnglobante:
 - x: ...
 - y: ...
 - z: ...
- uniteMesure: ...
- vignette: ...
- noteFichier: ...
- compression: ...
- encodage: ...
- empreinteORI: ...
- Idtechniques: *PD_ ; LGT_ ; PG_ ; DV_ ; DS ; LS_*¹

3. Métadonnées techniques

3.1. Paradonnées

3.1.1. ID: *PD_* [insérer *IDtechniques*]

- titre: ...
- nomFichier: ...
- createur: ...
- contributeur: ...
- description: ...
- relation: ...
- dateFichier: ...
- typeRessource: ...
- formatFichier: ...
- structureFichier: ...
- langue: ...
- noteFichier: ...
- compression: ...
- encodage: ...
- empreinteORI: ...

1 PD = ParaDonnées ; LGT = LaserGrammétrie Terrestre ; PG = PhotoGrammétrie ; DV = Données Volumiques ; DS = Données Sources ; LS = Lumière Structurée ; LIDAR = *Light Detection And Ranging*.

Supprimer les abréviations inutiles et ajouter un suffixe pour rendre unique l'identifiant.

3.2. Lasergrammétrie terrestre

3.2.1. ID: LGT_[insérer IDtechniques]

- nomFichier: ...
- createur: ...
- description: ...
- dateFichier: ...
- dateAcquisition: ...
- marqueCapteur: ...
- modeleCapteur: ...
- logicielTraitement: ...
- logicielTraitementVersion: ...
- formatFichier: ...
- structureFichier: ...
- texture: ...
- axeVertical: ...
- axeOrientation: ...
- georeferencement: ...
- SCidentiqueProjet: ...
- nombrePoints: ...
- resolution: ...
- dimensionBoiteEnglobante:
 - x: ...
 - y: ...
 - z: ...
- uniteMesure: ...
- noteFichier: ...
- compression: ...
- encodage: ...
- empreinteORI: ...

3.3. Photogrammétrie

3.3.1. ID: PG_[insérer IDtechniques]

INFORMATION ATTACHÉE À CHAQUE FICHIER :

- nomFichier: ...
- createur: ...
- description: ...
- dateFichier: ...
- dateAcquisition: ...
- marqueCapteur: ...
- modeleCapteur: ...
- formatFichier: ...
- structureFichier: ...
- exif: ...
- pointsCalagePhoto: ...
- georeferencement: ...
- noteFichier: ...
- compression: ...
- encodage: ...
- empreinteORI: ...

INFORMATION DÉCRIVANT CHAQUE CHANTIER D'ACQUISITION :

Corpus photographique :

- dateAcquisition: ...
- nombrePhotos: ...
- marqueCapteur: ...
- modeleCapteur: ...
- longueurFocale: ...
- ouverture: f/...
- ISO: ...
- tempsDePose: ...

Reconstruction photogrammétrique :

Général

- dateReconstruction: ...
- logicielTraitement: ...
- logicielTraitementVersion: ...
- georeferencement: ...
- nombreCibles: ...
- coordonneesCibles: [nom de la cible]² –
 - X: ...
 - Y: ...
 - Z: ...
- nombreReglePG³: ...
- longueurReglePG: 0,54 m
- margeErreurEchelle: ...
- axeVertical: Z
- dimensionBoiteEnglobante:
 - X: ...
 - Y: ...
 - Z: ...
- uniteMesure: mètre

Paramètres d'alignement

- precision: ...
- dureeDeCorrelation: ...
- dureeAlignement: ...

Nuage de points

- nombrePoints: ...
- qualite: ...
- dureeDeTraitement: ...
- resolutionNuageDePoints: ...

Modèle

- nombreFaces: ...
- nombreSommets: ...
- aireMaillage: ...
- dureeTraitement: ...

Texture

- dimensionTexture: ...
- modeDepliageUV: ...
- dureeDepliageUV: ...

2 Dupliquer en autant de chantier d'acquisition réalisé

3 PG = PhotoGrammétrie

- **modeMelangeCouleurs: ...**
- **DureeMelangeCouleurs: ...**
- **noteComplementaire: ...**

3.4. Données volumiques

3.4.1. ID: DV_[insérer IDtechniques]

- **nomFichier: ...**
- **createur: ...**
- **description: ...**
- **dateFichier: ...**
- **dateAcquisition: ...**
- **marqueCapteur: ...**
- **modeleCapteur: ...**
- **logicielTraitement: ...**
- **logicielTraitementVersion: ...**
- **formatFichier: ...**
- **structureFichier: ...**
- **profondeurStockeVoxel: ...**
- **profondeurUtiliseVoxel: ...**
- **dependances: ...**
- **resolution: ...**
- **dimensionBoiteEnglobante: ...**
 - **x: ...**
 - **y: ...**
 - **z: ...**
- **uniteMesure: ...**
- **noteFichier: ...**
- **compression: ...**
- **encodage: ...**
- **empreinteORI: ...**

3.5. Données sources

3.5.1. ID: DS_[insérer IDtechniques]

- **titre: ...**
- **nomFichier: ...**
- **createur: ...**
- **contributeur: ...**
- **description: ...**
- **couverture: ...**
- **sujet: ...**
- **langue: ...**
- **editeur: ...**
- **source: ...**
- **relation: ...**
- **droits: ...**
- **dateFichier: ...**
- **dateAcquisition: ...**
- **typeRessource: ...**
- **formatFichier: ...**
- **structureFichier: ...**
- **noteFichier: ...**

- **compression:** ...
- **encodage:** ...
- **empreinteORI:** ...

3.6. Lumière structurée

3.6.1. ID: LS_[insérer IDtechniques]

- **nomFichier:** ...
- **createur:** ...
- **description:** ...
- **dateFichier:** ...
- **dateAcquisition:** ...
- **marqueCapteur:** ...
- **modeleCapteur:** ...
- **logicielTraitement:** ...
- **logicielTraitementVersion:** ...
- **formatFichier:** ...
- **structureFichier:** ...
- **texture:** ...
- **dimensionTexture:** ...
- **modeDepliageUV:** ...
- **dependances:** ...
- **SCidentiqueProjet⁴:** ...
- **nombrePolygones:** ...
- **resolution:** ...
- **dimensionBoiteEnglobante:**
 - **x:** ...
 - **y:** ...
 - **z:** ...
- **uniteMesure:** ...
- **noteFichier:** ...
- **compression:** ...
- **encodage:** ...
- **empreinteORI:** ...

3.7. Conditions d'enregistrement⁵

...

4. Organisation des données

Afin de faciliter l'organisation du travail et une future réappropriation des données produites, les fichiers sont organisés dans une arborescence de dossiers qui est systématiquement adoptée. Les répertoires surlignés (en gris) sont ceux qui seront seulement stockés, et qui ne participeront donc pas à l'archivage pérenne.

Il conviendra de détailler l'arborescence complète en remplaçant les entrées écrites en rouge.

- **[DOSSIER CONTENANT LE PROJET 3D]**
 - **0-DIVERS**
Inclure ici divers documents, telles que des autorisations administratives... ou des photos d'ambiance.
 - **1-SOURCES**
Ce dossier regroupe tous les fichiers produits selon les différentes techniques d'acquisition et convertis dans un format archivable. Seules les situations couramment rencontrées sont

4 SCidentiqueProjet = Système de Coordonnées identique au projet

5 Décrire les conditions lumineuses, la stratégie adoptée, l'encombrement de l'espace...

décrites ici. Il est possible d'ajouter de nouveaux répertoires selon les techniques employées.

- **DonneesSources**
Créer un sous-répertoire pour chaque période ou année de production des archives mobilisées.
 - [nom du dossier] – nombre de fichiers
- **[DateAcquisition]-EclairageTournantsGravure**
Les clichés peuvent être archivés au format DNG.
Créer un dossier pour chaque station.
 - [nom du dossier] – nombre de photos
- **[DateAcquisition]-LasergrammetrieTerrestre**
Ne conserver que les nuages de points consolidés, au format PLY.
 - nombre de fichiers
- **[DateAcquisition]-LumiereStructuree**
Ne conserver que le maillage au format PLY avec sa/ses texture-s en JPG.
Créer un dossier pour chaque acquisition.
 - [nom du dossier] – nombre de fichiers
- **[DateAcquisition]-Photogrammétrie**
Ne conserver que le maillage au format PLY avec sa/ses texture-s en JPG.
Créer un dossier pour chaque chantier d'acquisition.
 - [nom du dossier] – nombre de photos
- **2-ACQUISITION_GRAVURES**
 - **1-TraitementParImage**
Ce répertoire rassemble pour chaque dessin vectoriel (SVG) une image JPG. L'image n'est pas incluse dans le fichier SVG, mais la zone de dessin doit être aux dimensions du cliché pour faciliter sa future réinsertion.
 - nombre de fichiers
 - **2-Synthese**
Idéalement, un fichier SVG contenant tous les dessins précédents et l'export au format JPG.
→ Cet export sera mobilisé dans Photoscan pour projeter le levé des gravures sur le bloc.
 - nombre de fichiers
- **3-PRODUCTION_V0**
Ici, il est possible d'utiliser n'importe quel format de fichier dans la mesure ou **ce répertoire ne sera pas archivé.**
 - **1-Photoscan**
Ce dossier comprend tous les fichiers Photoscan avec les dossiers associés.
 - **2-NuageDePoints**
Stocker ici les nuages de points (principalement lasergrammétrie) qui ont été travaillés (après suppression des parties inintéressantes – arbres par exemple – et décimation)
Il pourra être utile de distinguer les données qui sont dans le système de coordonnées final de celles qui ne le sont pas.
 - **3-MaillagesHD**
Pour chaque partie de l'objet virtuel, créer un dossier à son nom, contenant le fichier 3D et la/les texture-s associée-s. Normalement, toutes les maillages sont dans un système de coordonnées commun.
→ Insérer à cet endroit les résultats de la projection des éclairages tournants sur les blocs ornés (dans le même système d'UV que celui généré par Photoscan donc).
- **4-PRODUCTION_V1**
Ce répertoire doit contenir le fichier Blender contenant la scène.
Pour chaque partie de l'objet virtuel, créer un sous-dossier à son nom, contenant le fichier 3D et la/les texture-s associée-s. Les fichiers devront être nommés en suivant la nomenclature définie au chapitre 5.2. [Description des différentes parties de l'objet virtuel.](#)
 - [nom du dossier] – nombre de fichiers
- **5-DOCUMENTATION_2D**

- **1-Description Geometrale**
Créer un dossier pour chaque planche contenant le fichier Illustrator et le fichier PDF ; ils doivent être accompagné d'un dossier `temp` contenant les images JPG présentes dans les planches – images aux dimensions de l'échelle de représentation choisie à 300 ppi.
- **2-Planches Finales**
Il s'agit des planches finales après synthèse et annotations des observations.
- **6-MEDIATION**
Exploitation des modèles 3D à travers B4W (fichier Blender correspondant + l'export HTML)
 - **Application Interactive**
Inclure le fichier / l'arborescence qui a servi à la conception de l'application, et le résultat.
 - **FILM**
Inclure le fichier / l'arborescence qui a servi à la création de l'animation, et le résultat.
 - **Impression 3D**
Inclure le-s fichier-s qui ont servi à la création de la maquette, et les exports qui ont été imprimés (format STL).
- **7-PARADONNÉES**
Inclure ici tous les fichiers textes contenant la documentation et les études.

5. Traitement des données

5.1. Transformation des données

5.1.1. Orientation du modèle / Mise à l'échelle / Géolocalisation⁶

...

5.1.2. Philosophie du traitement des données⁷

Après reconstruction 3D et consolidation des différents chantiers d'acquisition, une représentation tridimensionnelle en haute définition est obtenue. Les éléments architecturaux ne sont pas qualifiés – c'est-à-dire que le sol, les orthostates et les dalles de couverture appartiennent au même maillage – et les microreliefs sont contenus dans le maillage, donc difficilement exploitables.

La première étape du traitement consiste donc à réaliser la retopologie du modèle 3D. C'est une technique de modélisation qui utilise un modèle 3D existant peu exploitable pour le rendre manipulable. Concrètement, les données issues des acquisitions photogrammétriques (entre autre, mais cela est valable pour tous les capteurs) sont très denses et constituées de millions de petits triangles. La retopologie vise à produire un maillage composé de quadrangles beaucoup plus grands et dont les sommets sont aimantés à la surface de référence. De cette manière, il est possible de réduire drastiquement la géométrie du modèle tout en conservant sa bonne lecture.

Ces données allégées peuvent être segmentées en intégrant une dimension sémantique au modèle 3D, et non plus en cherchant des topologies simples. Il est ainsi possible de produire un objet pour chaque dalle de couverture par exemple. C'est à ce moment que la granularité du modèle est défini.

L'effet immédiat de la retopologie est de perdre le détail des microreliefs – de la même manière que la texture photoréaliste appliquée sur le modèle de référence n'apparaît pas dans un premier temps sur le modèle issu de la retopologie. Avant de résoudre ces points, il faut d'abord redéfinir les coordonnées de texture. Il s'agit de trouver comment déplier de façon la plus pertinente possible le maillage sur un plan (l'espace carré de la texture). Il s'agit de générer le moins de distorsion possible tout en assurant une continuité de surface intéressante pour faciliter un travail de cartographie sur la texture du modèle 3D.

Une fois que le modèle allégé possède des coordonnées de texture, il est possible de transférer dans un

6 – Expliquer comment l'orientation du modèle a été obtenue
– Expliquer comment la mise à l'échelle a été obtenue
– Expliquer la relation entre les systèmes de projection utilisés pendant l'acquisition et l'exploitation des données (translation du modèle)

7 – Comment les différentes sources s'articulent pour former l'objet virtuel
– Objectif de la retopologie et constitution d'un atlas de texture

premier temps quantité d'informations à partir de la représentation haute définition⁸ pour créer :

- la carte photoréaliste⁹ pour la couleur ;
- la carte des vecteurs normaux¹⁰ pour les microreliefs ;
- la carte d'occlusion ambiantes pour rendre perceptible la volumétrie globale de l'architecture et recevoir les différentes informations cartographiées.

Exploitation de la géométrie

À l'issue de la retopologie – réalisée semi-automatiquement grâce au logiciel Instant Field-Alignement Meshes –, le maillage est majoritairement composé de quadrangles. Il est alors possible de segmenter le modèle pour individualiser certains blocs, combler les trous comme les zones de contacts entre le support et la dalle de couverture par exemple, restituer le pied de l'orthostate, etc. Ce travail est d'une part largement facilité par le nombre réduit de polygones à manipuler, et d'autre part par le fait que les faces créées sont également des quadrangles. Le maillage, même après segmentation et complétion, reste uniforme dans sa composition.

Exploitation de la carte photoréaliste

La carte photoréaliste décrit les couleurs de l'objet documenté. Cette information peut facilement être déclinée grâce au plugin DStretch du logiciel ImageJ. La décorrélation d'image permet de mettre en avant des nuances de couleurs imperceptibles dans l'espace de couleur RVB. La cartographie des événements n'est pas immédiate car il faut une certaine expertise pour distinguer par exemple les noirs de fumée (suite aux explorations à la bougie) des développements biologiques (salpêtre, champignons, algues, lichens...), des résidus de moulage, ou encore des dépôts minéraux plus récents.

Exploitation de la carte des vecteurs normaux

La carte des vecteurs normaux est une façon de coder des microreliefs et d'affecter le rendu de la surface géométrique en temps réel. Il s'agit toujours d'une image en RVB, et en informatique graphique, les couleurs rouge, vert et bleu correspondent respectivement aux axes x, y et z – l'axe z étant vertical. Pour chaque *texel*¹¹, l'orientation du modèle haute définition est comparée à celle du modèle issu de la retopologie. Localement, les variations d'orientation sont transcrites avec des proportions plus ou moins importantes de rouge, vert ou bleu. Puisque les surfaces des deux modèles sont sensiblement parallèles, le vecteur normal à la surface est principalement parallèle à l'axe z – cela explique pourquoi ces cartes sont principalement bleutées.

Selon la résolution du maillage haute définition et de la texture du modèle issu de la retopologie, une quantité plus ou moins importante de détails peuvent être transcrits. De la même manière que le logiciel RTI le propose, cette carte peut être ré-interrogée en l'éclairant virtuellement. Cela peut être facilement obtenu grâce au filtre « matricage de surface de Phong » du logiciel Krita. Une source lumineuse peut être déplacée à 360° en azimuth, et selon une altitude de 90° au-dessus de l'horizon.

Comme la carte est un développé, toute la surface peut être interrogée en une seule fois. Il est ainsi possible d'analyser les surfaces concaves difficiles à atteindre en réalité avec la procédure des éclairages tournants et rasants.

Création d'un atlas de textures

Grâce à la déclinaison des cartes photoréaliste et des vecteurs normaux, plusieurs niveaux d'information peuvent être extraits. Chaque niveau peut faire l'objet d'une carte qui viendra se mapper sur l'objet 3D.

Une liste (non-exhaustive pour le moment) répertorie l'ensemble de ces cartes...

8 Dans le jargon des infographistes française, la locution anglaise « baking de texture » est couramment utilisée.

9 Le terme de « diffuse map » est couramment utilisé.

10 Le terme de « normal map » est couramment utilisé.

11 *Texel* = *texture element*, en référence au pixel (*picture element*) ; il s'agit de la surface du modèle 3D recouverte par un pixel de la texture.

5.2. Description des différentes parties de l'objet virtuel

5.2.1. [Nom de l'objet virtuel correspondant à un tumulus et son environnement proche]

- Atlas de texture associé à l'objet virtuel :
 - A – Aspect visuel :
 1. [Nom]_A_Photoréaliste
 2. [Nom]_A_Occlusion Ambiante
 3. [Nom]_A_Normal Map
 - B – Description de la surface du tumulus :
 4. [Nom]_B_Emprise des éboulis
 5. [Nom]_B_Estimation du tumulus initial
 6. [Nom]_B_Blocs apparents
 7. [Nom]_B_Ravinement
 - C – Emprise de la végétation
 8. [Nom]_C_Absence de végétation
 9. [Nom]_C_Végétation rase
 10. [Nom]_C_Arbustes
 11. [Nom]_C_Arbres
 12. [Nom]_C_Troncs
 - D – Parements en pierre sèche
 13. [Nom]_D_Contours des blocs
 14. [Nom]_D_Rôle du bloc
 15. [Nom]_D_Authenticité
 16. [Nom]_D_État de conservation
 - E – Impact touristique
 17. [Nom]_E_Équipements
 18. [Nom]_E_Zones de circulation
- Dimensions de la partie visible :
- Surface de la partie visible :
- Volume de la partie visible :

5.2.2. [Nom de l'objet virtuel correspondant à une structure interne]

Cf. aussi Annexe A

- Atlas de texture associé à l'objet virtuel :
 - A – Aspect visuel :
 1. [Nom]_A_Photoréaliste
 2. [Nom]_A_Occlusion Ambiante
 3. [Nom]_A_Normal Map
 - D – Parements en pierre sèche
 4. [Nom]_D_Contours des blocs
 5. [Nom]_D_Rôle du bloc
 6. [Nom]_D_Authenticité
 7. [Nom]_D_État de conservation
- Dimensions de la partie visible :
- Surface de la partie visible :
- Volume de la partie visible :

5.2.3. [Nom de l'objet virtuel correspondant à un bloc orné]

- Atlas de texture associé à l'objet virtuel :
 - A – Aspect visuel :
 1. [NomDalleOrnee]_A_PhotoRealiste
 2. [NomDalleOrnee]_A_OcclusionAmbiante
 3. [NomDalleOrnee]_A_NormalMap

- B – Levé par éclairage tournant :
4. [NomDalleOrnee]_B_COntours
 5. [NomDalleOrnee]_B_CUpules
 6. [NomDalleOrnee]_B_ENlevement
 1. [NomDalleOrnee]_B_Signes

C – Déclinaison DStretch (sur l'image A_PR) :

2. [NomDalleOrnee]_C_crgb-20
3. [NomDalleOrnee]_C_lab-20
4. [NomDalleOrnee]_C_lbk-20
5. [NomDalleOrnee]_C_lb1-20
6. [NomDalleOrnee]_C_lds-20
7. [NomDalleOrnee]_C_lrd-20
8. [NomDalleOrnee]_C_lre-20
9. [NomDalleOrnee]_C_lwe-20
10. [NomDalleOrnee]_C_ybg-20
11. [NomDalleOrnee]_C_ybk-20
12. [NomDalleOrnee]_C_yb1-20
13. [NomDalleOrnee]_C_ybr-20
14. [NomDalleOrnee]_C_yds-20
15. [NomDalleOrnee]_C_ydt-20
16. [NomDalleOrnee]_C_yrd-20
17. [NomDalleOrnee]_C_yre-20
18. [NomDalleOrnee]_C_yuv-20
19. [NomDalleOrnee]_C_ywe-20
1. [NomDalleOrnee]_C_yye-20

D – Synthèse de l'état sanitaire du bloc :

2. [NomDalleOrnee]_D_Abrasions
3. [NomDalleOrnee]_D_MOIssures
4. [NomDalleOrnee]_D_MOUsses
5. [NomDalleOrnee]_D_MOUssesFines
1. [NomDalleOrnee]_D_LICHens

- Dimensions de la partie visible :
- Aire de la partie visible :
- Volume de la partie visible :

6. Exploitations de l'objet virtuel

6.1. Production de la description géométrale

6.1.1. À l'échelle du site

L'échelle de représentation choisie est le 1/... À l'échelle du site, la description géométrale comprend :

- **un plan du site**, décliné selon :
 - une représentation photoréaliste,
 - une représentation en occlusion ambiante,
 - une représentation en carte des vecteurs normaux convertie en niveau de gris (calque de réglage « mélangeur de couche » d'Adobe Photoshop, filtre Infra-Rouge, Bleu, Vert, Jaune, Orange, Rouge),
 - un MNT comprenant trois niveaux de lecture : **1m, 5m et 10m**,
 - **lister les différents éléments provenant de l'atlas de texture**.
- **quatre élévations** (frontale, gauche, arrière et droite), déclinées selon :
 - une représentation photoréaliste,
 - une représentation en occlusion ambiante,
 - une représentation en carte des vecteurs normaux convertie en niveau de gris (calque de réglage « mélangeur de couche » d'Adobe Photoshop, filtre Infra-Rouge, Bleu, Vert, Jaune, Orange, Rouge),
 - un MNT comprenant trois niveaux de lecture : **1m, 5m et 10m**.

- **X coupes** (nommer les coupes), déclinées selon :
 - une représentation photoréaliste,
 - une représentation en occlusion ambiante,
 - une représentation en carte des vecteurs normaux convertie en niveau de gris (calque de réglage « mélangeur de couche » d'Adobe Photoshop, filtre Infra-Rouge, Bleu, Vert, Jaune, Orange, Rouge),
 - un MNT comprenant trois niveaux de lecture : **1m, 5m et 10m**.

À cela, il faut aussi ajouter les différents calques d'habillage (titre, échelle, nord, masques, etc.).

6.1.2. À l'échelle des structures internes

L'échelle de représentation choisie est le 1/... À l'échelle des structures internes, la description géométrale comprend :

- un **plan des structures internes**, décliné selon :
 - une représentation photoréaliste,
 - une représentation en occlusion ambiante,
 - une représentation en carte des vecteurs normaux convertie en niveau de gris (calque de réglage « mélangeur de couche » d'Adobe Photoshop, filtre Infra-Rouge, Bleu, Vert, Jaune, Orange, Rouge),
 - un MNT comprenant trois niveaux de lecture : **5mm, 1cm et 5cm**,
 - le contour des dalles de couverture,
 - **lister les différents éléments provenant de l'atlas de texture**.
- les **coupes représentant les différents parois** (élévations gauche, chevet, droite, sous- et sur-face des dalles de couverture), déclinées selon :
 - une représentation photoréaliste,
 - une représentation en occlusion ambiante,
 - une représentation en carte des vecteurs normaux convertie en niveau de gris (calque de réglage « mélangeur de couche » d'Adobe Photoshop, filtre Infra-Rouge, Bleu, Vert, Jaune, Orange, Rouge),
 - un MNT comprenant trois niveaux de lecture : **5mm, 1cm et 5cm**,
 - le contour des dalles de couverture,
 - **lister les différents éléments provenant de l'atlas de texture**.

À cela, il faut aussi ajouter les différents calques d'habillage (titre, échelle, nord, masques, etc.).

6.1.3. À l'échelle du bloc orné

Échelle de représentation choisie : 1/...

À l'échelle du bloc orné, la description géométrale comprend :

- une vue pour chaque face accessible¹², déclinée selon :
 - **Général** : élévation photoréaliste
 - **Général** : élévation en occlusion ambiante
 - **Général** : MNT (5mm, 1cm et 5cm)
 - **État sanitaire** : élévations Dstretch (LAB – 20)
 - **État sanitaire** : élévations Dstretch (LDS – 20)
 - **État sanitaire** : élévations Dstretch (YBK – 20)
 - **Microreliefs** : élévation carte des vecteurs normaux (filtre infra-rouge)
 - **Microreliefs** : élévation carte des vecteurs normaux (filtre vert)
 - **Microreliefs** : élévation carte des vecteurs normaux (filtre orange)
 - **Microreliefs** : élévation carte des vecteurs normaux (filtre rouge)
 - **Microreliefs** : élévation carte des vecteurs normaux (filtre jaune)

12 Si une seule face est accessible, il faut alors aussi intégrer le profil d'élévation et de plan.

- **Microreliefs** : élévation en *radiance scaling*
- **Levé des gravures** : contours
- **Levé des gravures** : cupules / impacts de percussion
- **Levé des gravures** : synthèse des enlèvements de matière
- **Levé des gravures** : signes et motifs
- **Calques d'habillage** : environnement immédiat, contours de la dalle, blocs environnants...
- **Habillage** : légende

6.2. Production d'un modèle manipulable en 3D temps réel

...

6.3. Impression 3D

...

6.4. Film d'animation

...

Complément A – Définition d'un atlas permettant de décrire les architectures mégalithiques

À plus long terme, les éléments listés ci-dessous pourront être intégrés.

À l'échelle des tumulus :

- **Description de la surface du tumulus**
Emprise des éboulis, estimation du tumulus initial, localisation de blocs apparents, prélèvements en carrière, ravinements.
- **Végétation**
Absence de végétation, végétation rase, arbustes, arbres (et localisation des troncs).
- **Impact touristique**
Aménagement du site, zones de circulation.

À l'échelle des maçonneries en pierre sèche :

- **Description de la maçonnerie**
Contours des blocs formant le parement, identification du rôle du bloc (panneresse, boutisse, indéterminé), distinction entre les zones restaurées ou intactes, zones fragilisées.

À l'échelle des blocs ornés :

- **Synthèse des processus naturels**
 - Description de la géométrie du bloc
Face d'affleurement, Face d'arrachement, Diaclase, Piédestal, Encoche, Coupole, Balustre.
 - Descriptions des microformes prémégalithiques
Pseudolapiés, Vasques, Rainures.
 - Descriptions des microformes postmégolithiques
Désagrégation granulaire, Écaillage, Pseudolapiés, Sillons sommitaux, Exfoliation, Vasques et cuvettes, Desquamation, Cannelures, Réseaux polygonaux.
- **Synthèse des interventions anthropiques**
 - *Traces d'extraction et de manutention du bloc*
Mortaises d'extraction, Usure liée à la manutention, Etc.
 - *Dressage des surfaces*
Cette partie doit encore se nourrir de l'expérimentation
 - *Programme iconographique*
Contours, Cupules, Synthèse des enlèvements de matière, Signes et motifs.
 - *Dégradations modernes*
Graffitis, Dépôts de suie, Cassures, Etc.
 - *Synthèse de l'état sanitaire*
Cassures, Dépôts blanchâtres, Mousses, Lichens, Humectation des surfaces, Circuit du ruissellement de l'eau, Etc.

Annexe 5 – Pièces administratives



PREFECTURE DE LA REGION BRETAGNE
DIRECTION REGIONALE DES AFFAIRES CULTURELLES
 CS 24405
 6, rue du Chapitre
 35044 RENNES cedex

ARRETE

portant attribution d'une subvention au titre des crédits déconcentrés du Ministère de la culture et de la communication

LE PREFET DE LA REGION BRETAGNE
 PREFET D'ILLE-ET-VILAINE

Vu la loi n° 82-213 du 2 mars 1982 relative aux droits et libertés des Communes, Départements, Régions (Article 79) ;
 Vu la loi organique n° 2001-692 du 1^{er} août 2001 relative aux lois de finances ;
 Vu ensemble la loi n° 2015-1785 du 29 décembre 2015 de finances pour 2016 et le décret n° 2015-1801 du 29 décembre 2015 portant répartition des crédits et découverts autorisés par la loi de finances pour 2016 ;
 Vu le décret n°80-387 du 22 mai 1980 modifiant le décret 77-116 du 3 février 1977 portant création des directions régionales des affaires culturelles ;
 Vu le décret n° 2010-146 du 16 février 2010 modifiant le décret n° 2004-374 du 29 avril 2004 relatif aux pouvoirs des préfets, à l'organisation et à l'action des services de l'État dans les régions et départements ;
 Vu le décret n° 2005-54 du 27 janvier 2005 relatif au contrôle financier déconcentré au sein des administrations de l'État ;
 Vu l'arrêté interministériel du 21 décembre 1982 portant règlement de comptabilité du Ministère de la culture et de la communication pour la désignation des ordonnateurs secondaires et de leurs délégués ;
 Vu la directive nationale d'orientation pour les années 2016-2017 du Ministère de la culture et de la communication relative aux crédits déconcentrés ;
 Vu l'arrêté préfectoral n°2014/SGAR/DRAC/RBOP/RUO/service prescripteur du 13 novembre 2014 portant délégation de signature à M. Jean-Loup Lecoq, directeur régional des affaires culturelles de Bretagne ;
 Vu l'engagement juridique émis n° 2101787615 du 30/03/2016 sur le programme 0175 – 02 ;
 Considérant que l'opération est prête à l'engagement ;
 Sur proposition du directeur régional des affaires culturelles de Bretagne ;

- A R R E T E -

Article 1 - Une subvention de **20 000,00 € (vingt mille euros)** – est attribuée à :
L'Université de Nantes
 N° SIRET : 194 409 843 00019
N° identifiant technique CHORUS : 1000001752
 Adresse : 1 quai de Tourville – BP 13522 – 44035 NANTES CEDEX 01

pour réaliser un projet collectif de recherche « Corpus des signes gravés » sous la responsabilité scientifique de M. Serge CASSEN.

Article 2 - La présente subvention sera versée au compte de M. l'agent comptable de l'Université de Nantes :

| | | | |
|--------------------|---|----------------|--------------|
| Nom de la banque : | TRESOR PUBLIC | | |
| Domiciliation : | TRESOR PUBLIC NANTES – TRESORERIE GENERALE | | |
| Code banque : | 10071 | Code guichet : | 44000 |
| Numéro compte : | 00001000264 | Clé : | 46 |

Article 3 - La dépense sera imputée sur le programme suivant des crédits du Ministère de la culture et de la communication – Exercice 2016 :

| | | | |
|---------------------------------|---|----------------|---|
| Mission ministérielle | : | CB | Culture |
| Ministère | : | 02 | Culture et communication |
| Programme budgétaire | : | 0175 | Patrimoine |
| Article de regroupement | : | 02 | Autres dépenses (hors personnel) |
| Centre financier | : | 0175-DR35-D635 | |
| Organisation d'achat | : | C071 | Bloc 3 |
| Centre de coût | : | CCDDR03035 | Archéologie |
| Action | : | 09 | Patrimoine archéologique |
| Sous Action | : | 01 | Recherche, connaissance et protection du patrimoine archéologique – Hors CPER |
| soit domaine fonctionnel | : | 0175-09-01 | |
| Code activité | : | 017500200301 | Travaux, recherche archéologique et ethnologique, acquisitions de réserves archéologiques – hors CPER |
| Catégorie de produit | : | 12.01.01 | Transferts directs aux établissements publics administratifs et aux EPSCP et EPST) |
| Localisation interministérielle | : | N53 | Bretagne |

| | | | |
|-------------------|---|---------------|--|
| axe ministériel 1 | : | 02 | Fonctionnement titres 3 et 6 |
| axe ministériel 2 | : | 16175R3500244 | |
| Flux | : | Flux 2 | Ligne de gestion sans condition de réalisation préalable au paiement |

Un titre de perception pourra être émis à l'encontre du bénéficiaire, pour reversement des subventions perçues, au prorata des actions effectivement réalisées.

- Article 4 - Le bénéficiaire de la subvention est tenu de fournir au directeur régional des affaires culturelles, dans les six mois de la fin de l'exercice un compte rendu de l'action financée, y compris un compte-rendu financier.
- Article 5 - Le comptable assignataire est le directeur régional des finances publiques de la région Bretagne et du département d'Ille-et-Vilaine.
- Article 6 - Le directeur régional des affaires culturelles est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Fait à Rennes, le 29 MARS 2016

Pour le Directeur régional
des affaires culturelles

La Secrétaire générale
Françoise BROCHET



PREFECTURE DE LA REGION BRETAGNE

**le Préfet de la région de Bretagne,
Préfet d'Ille-et-Vilaine,**

ARRETE n° 2016-010

VU le code du patrimoine, notamment son livre V et en particulier les articles L531-9 et L531-15 ;

VU le décret n° 65-48 du 8 janvier 1965 modifié pris pour l'exécution du livre II du Code du travail (hygiène et sécurité sur les chantiers de travaux) ;

VU le décret n° 94-423 du 27 mai 1994 portant création des organismes consultatifs en matière d'archéologie nationale ;

VU le décret n° 2010-146 du 16 février 2010 modifiant le décret n° 2004-374 du 29 avril 2004 relatif aux pouvoirs des préfets, à l'organisation et à l'action des services de l'Etat dans les régions et départements,

VU l'arrêté préfectoral n° 2014 S.G.A.R./DRAC/DSG en date du 13 novembre 2014 portant délégation de signature à M. Jean-Loup LECOQ, directeur régional des affaires culturelles de Bretagne,

VU l'arrêté préfectoral n° 2014 S.G.A.R./DRAC/DSG du 13 novembre 2014 portant subdélégation de signature,

après avis de la Commission interrégionale de la recherche archéologique Ouest en date des 12-13-14 janvier 2016

ARRETE

Article 1^{er} : Monsieur Serge CASSEN est autorisé(e) à procéder, en qualité de responsable scientifique, à un projet collectif de recherches à partir de la date de notification du présent arrêté jusqu'au 31/12/2016 :

Intitulé de l'opération : nouveau corpus des représentations au Néolithique

Région : Bretagne

Organisme de rattachement :CNRS

Article 2 : prescriptions générales

Les recherches sont effectuées sous la surveillance du conservateur régional de l'archéologie territorialement compétent, qui pourra imposer toutes prescriptions qu'il jugera utiles pour assurer le bon déroulement scientifique de l'opération.

A la fin de l'année, le responsable scientifique de l'opération adressera au conservateur régional de l'archéologie le rapport final de l'opération dont la présentation et le contenu sont définis par les

dispositions de l'arrêté du 27 septembre 2004. Le rapport remis en trois exemplaires au format A4 papier, documents pliés inclus et un exemplaire au format PDF sur support numérique. Il donnera un inventaire de l'ensemble du mobilier recueilli et signalera les objets d'importance notable. Il indiquera les études complémentaires envisagées et le délai prévu pour la publication.

L'ensemble des documents relatifs à l'opération (notes, photographies, relevés, correspondances, ...) sera remis au conservateur régional de l'archéologie.

Le responsable scientifique de l'opération tiendra régulièrement informé le conservateur régional de l'archéologie de ses travaux et découvertes. Il lui signalera immédiatement toute découverte importante de caractère mobilier ou immobilier et les mesures nécessaires à la conservation provisoire de ces vestiges devront être prises en accord avec lui.

Article 3 : destination du matériel archéologique découvert

Le statut juridique et le lieu de dépôt du matériel archéologique découvert au cours de l'opération seront réglés conformément aux dispositions légales et réglementaires et aux termes des conventions passées avec les propriétaires des terrains concernés.

Article 4 : prescriptions / motivations / recommandations particulières à l'opération

Néant.

Article 5 : Le Directeur régional des affaires culturelles est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Fait à Rennes, le 25 mars 2016

le Préfet de région Bretagne,
par délégation,
le directeur régional des affaires culturelles,



Yves Menez
Conservateur régional de l'archéologie par intérim

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| Résumé..... | 7 |
| Remerciements | 9 |
| Sommaire | 11 |
| 1. Introduction générale au programme | 13 |
| 1.1. Objectifs..... | 13 |
| 1.2. Argument..... | 14 |
| 1.3. Principes..... | 16 |
| 1.4. Objets..... | 16 |
| 1.5. Sauvegarde des données..... | 17 |
| 1.6. Résultats attendus..... | 19 |
| 1.7. Constitution de l'équipe | 19 |
| 1.8. Moyens | 20 |

| | |
|--|-----------|
| 2. Expérimentation (tracé gravé et état de surface) | 23 |
| 3. La chaîne opératoire | 49 |
| 3.1. Enregistrements | 49 |
| 3.1.1. Éclairages rasants | 49 |
| 3.1.2. Lasergrammétrie | 50 |
| 3.1.3. Lumière structurée | 51 |
| 3.1.4. Photogrammétrie | 52 |
| 3.1.4.1. <i>Segmentation de l'espace à numériser</i> | 52 |
| 3.1.4.2. <i>Dispositif pour acquérir l'échelle et l'assiette horizontale</i> | 52 |
| 3.1.4.3. <i>Réglage de l'appareil photo</i> | 52 |
| 3.1.4.4. <i>Prise des clichés</i> | 53 |
| 3.1.4.5. <i>Reconstruction Agisoft Photoscan</i> | 53 |
| 3.1.4.6. <i>Délégation de l'acquisition pour la documentation des états de surface</i> | 54 |
| 3.2. Traitements | 55 |
| 3.2.1. Objectifs poursuivis | 55 |
| 3.2.2. Levé des gravures | 56 |
| 3.2.3. Philosophie des traitements 3D | 57 |
| 3.2.3.1. <i>Transformation des maillages triangulaires en quadrangulaires</i> | 57 |
| 3.2.3.2. <i>Nettoyage et complétion des données manquantes</i> | 58 |
| 3.2.3.3. <i>Segmentation du modèle</i> | 59 |
| 3.2.3.4. <i>Dépliage des UV</i> | 59 |
| 3.2.3.5. <i>Transfert des informations (carte photoréaliste, carte des vecteurs normaux, carte d'occlusion ambiante)</i> | 60 |
| 1. Exploitation de la carte photoréaliste | 61 |
| 2. Exploitation de la carte des vecteurs normaux | 61 |
| 3.2.3.6. <i>Transfert du levé des gravures</i> | 63 |
| 3.2.4. L'inventaire des désordres | 63 |
| 3.2.5. Organisation d'une base de données sous la forme d'un atlas | 64 |
| 3.2.5.1. <i>Système d'information pour les blocs ornés</i> | 65 |
| 3.2.5.2. <i>Système d'information pour les appareils en pierre sèche</i> | 65 |
| 3.2.5.3. <i>Système d'information pour les constructions tumulaires</i> | 66 |
| 3.2.6. Mise en œuvre des atlas | 66 |
| 3.2.6.1. <i>Supports ornés</i> | 66 |
| 3.2.6.2. <i>Maçonneries en pierres sèches</i> | 67 |
| 3.2.6.3. <i>Constructions tumulaires</i> | 67 |
| 3.3. Représentations | 68 |
| 3.3.1. Descriptions géométrales | 68 |
| 3.3.1.1. <i>Génération et signification des différents modes de représentation</i> | 68 |
| 1. Représentation photoréaliste | 68 |
| <i>Définition</i> | 68 |
| <i>Utilisation</i> | 69 |
| <i>Mode de création</i> | 69 |
| 2. Représentations « ombrées » | 69 |
| <i>Définition</i> | 69 |
| <i>Utilisation</i> | 69 |
| <i>Mode de création</i> | 69 |

| | |
|--|-----------|
| 3. Représentation en occlusion ambiante..... | 70 |
| <i>Définition</i> | 70 |
| <i>Utilisation</i> | 70 |
| <i>Mode de création</i> | 70 |
| 4. Création d'un MNT..... | 71 |
| <i>Définition</i> | 71 |
| <i>Utilisation</i> | 71 |
| <i>Mode de création</i> | 71 |
| 5. Radiance scaling..... | 71 |
| <i>Définition</i> | 71 |
| <i>Utilisation</i> | 72 |
| <i>Mode de création</i> | 72 |
| 6. Autres représentations | 72 |
| 3.3.1.2. Mise en forme de la description géométrale..... | 72 |
| 1. Précautions | 72 |
| 2. Définir la taille de l'ortho-image à produire | 72 |
| 3. Construire la description géométrale..... | 73 |
| 3.3.1.3. Mobilisation des modes de représentation selon l'échelle décrite..... | 73 |
| 1. À l'échelle du site | 73 |
| 2. À l'échelle des structures internes..... | 74 |
| 3. À l'échelle du bloc orné | 74 |
| 4. À l'échelle de l'état de surface..... | 75 |
| <i>Qualification des niveaux de préparation</i> | 75 |
| <i>Quantification des niveaux de préparation</i> | 75 |
| 3.3.2. Consultation des modèles 3D avec les atlas de texture | 75 |
| | |
| 3.4. Archivage pérenne des données..... | 76 |
| 3.4.1. Présentation du contexte de ce travail..... | 76 |
| 3.4.1.1. <i>Motivations de ce travail</i> | 76 |
| 3.4.1.2. <i>Historique des projets d'archivage</i> | 76 |
| 3.4.1.3. <i>Nécessité d'archiver la 3D en archéologie</i> | 77 |
| 3.4.2. Introduction à la pratique de l'archivage..... | 78 |
| 3.4.2.1. <i>Définition de l'archivage et ses objectifs</i> | 78 |
| 1. Ce que l'étymologie peut nous apprendre | 78 |
| 2. L'archivage de nos jours | 78 |
| 3.4.2.2. <i>La pratique de l'archivage dans les domaines connexes</i> | 79 |
| 1. Les plans de gestion de données comme horizon..... | 79 |
| 2. Les outils de l'archiviste numérique..... | 80 |
| 3.4.3. Impacts de l'archivage sur les méthodes de travail | 80 |
| 3.4.3.1. <i>Distinguer ce qui doit être archivé de ce qui ne doit pas l'être</i> | 80 |
| 1. Les sources..... | 80 |
| 2. Les processus..... | 81 |
| 3. Le résultat final..... | 81 |
| 4. Synthèse..... | 82 |
| 3.4.3.2. <i>Adapter ses méthodes de travail à l'archivage</i> | 82 |
| 1. Travailler (dans la mesure du possible) avec les formats compatibles du CINES..... | 82 |
| 2. Adopter une arborescence de dossiers pour gérer ses fichiers | 83 |
| 3.4.3.3. <i>Conclusion</i> | 83 |
| 3.4.4. Définition des métadonnées nécessaires à l'archivage des modèles 3D en archéologie..... | 84 |
| 3.4.4.1. <i>Méthodologie mise en œuvre pour définir ces métadonnées</i> | 84 |
| 3.4.4.2. <i>Vue synoptique des métadonnées</i> | 84 |

| | |
|--|------------|
| 3.4.4.3. <i>Catalogue des métadonnées</i> | 84 |
| 1. Métadonnées renseignant le dépôt..... | 88 |
| 2. Métadonnées renseignant chaque fichier..... | 90 |
| 3.4.4.4. <i>Conclusion</i> | 96 |
| 3.4.5. <i>Définition des paradonnées nécessaires à l'archivage des modèles 3D en archéologie</i> | 96 |
| 3.4.5.1. <i>Objet virtuel</i> | 96 |
| 3.4.5.2. <i>Photogrammétrie</i> | 96 |
| 3.4.5.3. <i>Autres informations</i> | 97 |
| 3.4.6. <i>Constitution de l'archive</i> | 97 |
| 3.4.6.1. <i>Procédure pour constituer les métadonnées</i> | 97 |
| 1. État de l'art..... | 97 |
| 2. Orientation possible..... | 97 |
| 3.4.6.2. <i>Procédure pour constituer les paradonnées</i> | 98 |
| 3.4.6.3. <i>Structure de l'archive pour un dépôt au CINES</i> | 98 |
| 3.4.7. <i>Conclusion et perspectives</i> | 98 |
| 3.5. <i>Stockage des données</i>..... | 99 |
| 3.5.1. <i>Recherche d'un lieu de stockage</i> | 99 |
| 3.5.2. <i>En attendant le schéma du Consortium 3D SHS</i> | 100 |
| 3.6. <i>Consultation du Corpus et diffusion des résultats</i>..... | 100 |
| 3.6.1. <i>Publications scientifiques et ouvrages « grand public »</i> | 100 |
| 3.6.2. <i>Site internet</i> | 100 |
| 3.6.2.1. <i>Stratégies mises en place par des programmes similaires</i> | 100 |
| 3.6.2.2. <i>Définition d'une ligne éditoriale</i> | 101 |
| 3.6.2.3. <i>Outils de structuration et catalogage des données</i> | 102 |
| 1. <i>Gestion des données</i> | 102 |
| 2. <i>Stockage des données</i> | 102 |
| 3. <i>Diffusion vers un public plus large</i> | 103 |
| 3.6.2.4. <i>Outils de visualisation des blocs ornés</i> | 103 |
| 1. <i>Inventaire des solutions</i> | 103 |
| 2. <i>Synthèse</i> | 105 |
| 3. <i>Définition du contenu d'une application</i> | 106 |
| 4. <i>Mise en œuvre de Blend4Web</i> | 106 |
| 5. <i>Conclusion</i> | 107 |
| 3.6.2.5. <i>Vers une solution idéale</i> | 108 |
| 3.7. <i>Exploitations futures du corpus</i>..... | 108 |
| 3.7.1. <i>Futures exploitations de la géométrie</i> | 108 |
| 3.7.2. <i>Analyse croisée des atlas de texture</i> | 110 |
| 3.7.2.1. <i>Requêter avec R</i> | 110 |
| 3.7.2.2. <i>Limites et alternatives possibles</i> | 112 |

| | |
|--|------------|
| 4. Les sites enregistrés pour l'année-test | 115 |
| 4.1. Cruguellic (Ploemeur, Morbihan)..... | 117 |
| 4.1.1. Procédures d'acquisition | 117 |
| 4.1.2. Descriptif des signes | 118 |
| 4.1.2.1. | |
| <i>Orthostate W4</i> | 118 |
| 4.1.2.2. | |
| <i>Orthostate E7</i> | 118 |
| 4.1.3. Synthèse graphique..... | 120 |
| 4.1.3.1. <i>Le modèle 3D et le redressement du levé</i> | 120 |
| 4.1.3.2. <i>La géométrie des compositions</i> | 120 |
| 4.1.3.3. <i>La comparaison avec le levé Le Roux-Lecerf</i> | 120 |
| 4.1.4. Conclusions | 121 |
| 4.2. Mané Groh (Erdeven, Morbihan) | 137 |
| 4.2.1. L'orthostate de chevet n° X | 137 |
| 4.2.1.1. <i>Descriptif des signes</i> | 137 |
| 4.2.1.2. <i>Conclusions</i> | 138 |
| 4.3. Manio 2 (Carnac, Morbihan)..... | 141 |
| 4.3.1. Contexte | 141 |
| 4.3.1.1. <i>Le tumulus</i> | 141 |
| 4.3.1.2. <i>Le coffre 3</i> | 142 |
| 4.3.1.3. <i>Le sondage</i> | 142 |
| 4.3.2. Le programme iconographique | 142 |
| 4.3.2.1. <i>Descriptif des signes retenus</i> | 142 |
| 4.3.2.2. <i>La hache emmanchée du coffre 3</i> | 143 |
| 4.3.2.3. <i>Les signes ondulés sur la stèle 1</i> | 144 |
| 1. Station 1 | 144 |
| 2. Station 2 | 145 |
| 3. Conclusions sur les signes ondulés | 145 |
| 4.3.2.4. <i>Conclusions générales</i> | 145 |
| 4.4. Kercado (Carnac, Morbihan)..... | 159 |
| 4.4.1. Procédures d'acquisition en résumé | 160 |
| 4.4.2. Descriptif des signes | 161 |
| 4.4.2.1. <i>La dalle de plafond P6</i> | 161 |
| 4.4.2.2. <i>L'orthostate R3</i> | 162 |
| 4.4.2.3. <i>L'orthostate L4</i> | 164 |
| 1. La Station 1 (L4-Haut)..... | 164 |
| 2. La Station 2 (L4-Bas) | 165 |
| 3. Synthèse des levés sous éclairages tournants..... | 165 |
| 4.4.2.4. <i>Synthèse graphique</i> | 166 |
| 1. Le redressement des levés | 166 |
| 2. La géométrie des compositions | 166 |
| <i>La dalle P6</i> | 166 |
| <i>La dalle R3</i> | 166 |
| <i>La dalle L4</i> | 166 |

| | |
|--|------------|
| 3. Les phases de réalisation | 167 |
| <i>La dalle P6</i> | 167 |
| <i>La dalle R3</i> | 167 |
| <i>La dalle L4</i> | 167 |
| 4. La comparaison avec les levés antérieurs..... | 167 |
| 4.4.2.5. Conclusions et discussions..... | 168 |
| | |
| 4.5. Mané er Hroëck (Locmariaquer, Morbihan)..... | 213 |
| 4.5.1. Procédures d'acquisition..... | 214 |
| 4.5.2. Descriptif des signes sur la stèle originale et sur ses copies anciennes..... | 215 |
| 4.5.2.1. <i>Station 1 : levés par éclairages rasants et tournants sur l'original (Locmariaquer, CMN)</i> | 215 |
| 4.5.2.2. <i>Station 1 : levés complémentaires par décorrélation d'image (traitement DStretch)</i> | 216 |
| 4.5.2.3. <i>Station 2 sur tirage positif (musée de Carnac, n°inv. 2009.0.1578)</i> | 217 |
| 4.5.2.4. <i>Station 3 sur moulage négatif (musée de Vannes, n°IM0778)</i> | 217 |
| 4.5.3. Conclusions | 218 |
| | |
| 4.6. Petit Mont (Arzon, Morbihan)..... | 241 |
| | |
| 4.7. Gavrinis (Larmor-Baden, Morbihan)..... | 243 |
| 4.7.1. L'orthostate C1 | 243 |
| 4.7.1.1. | |
| <i>Enregistrements photographiques de C1 sous éclairages tournants et frisants.....</i> | <i>243</i> |
| 1. Station 1 | 244 |
| 2. Station 2 | 246 |
| 3. Station 3 | 247 |
| 4. Station 4 | 247 |
| 4.7.1.2. <i>Synthèse graphique.....</i> | <i>248</i> |
| 1. Les procédures de redressement..... | 248 |
| 2. L'inventaire des signes et la chronographie de la composition | 248 |
| 3. La géométrie de la composition | 251 |
| 4.7.1.3. <i>Conclusions</i> | <i>251</i> |
| 1. La comparaison avec le levé E. Shee-Twohig..... | 251 |
| 2. Le déroulé chronographique sur C1 | 252 |
| <i>Phase A.....</i> | <i>252</i> |
| <i>Phase B.....</i> | <i>252</i> |
| <i>Phase C.....</i> | <i>252</i> |
| <i>Phase D.....</i> | <i>253</i> |
| <i>Phase E.....</i> | <i>253</i> |
| <i>Phase F.....</i> | <i>253</i> |
| 4.7.2. L'orthostate C3 | 253 |
| 4.7.2.1. <i>Enregistrements photographiques de C3 sous éclairages tournants et frisants</i> | <i>254</i> |
| 1. Station 1 | 254 |
| 2. Station 2 | 257 |
| 3. Station 3 | 258 |
| 4. Station 4 | 258 |
| 4.7.2.2. <i>Synthèse graphique.....</i> | <i>259</i> |
| 1. Les procédures de redressement | 259 |
| 2. La géométrie de la composition | 259 |

| | |
|---|------------|
| 4.7.2.3. Conclusions intermédiaires | 260 |
| 1. La comparaison avec le levé E. Shee-Twohig..... | 260 |
| 2. Le déroulé chronographique de C3 | 260 |
| <i>Phase A</i> | 260 |
| <i>Phase B</i> | 260 |
| <i>Phase C</i> | 261 |
| <i>Phase D</i> | 261 |
| <i>Phase E</i> | 261 |
| <i>Phase F</i> | 262 |
| <i>Phase G</i> | 262 |
| 4.7.2.4. Conclusion générale sur la dalle C3..... | 262 |
| 4.7.3. L'orthostate C4 | 264 |
| 4.7.3.1. Enregistrements photographiques de C4 sous éclairages tournants et frisants | 264 |
| 1. Station 1 | 264 |
| 2. Station 2 | 266 |
| 3. Station 3..... | 269 |
| 4.7.3.2. Synthèse graphique..... | 270 |
| 1. Le déroulé chronographique sur C4..... | 270 |
| <i>Phase A</i> | 270 |
| <i>Phase B</i> | 270 |
| <i>Phase C</i> | 270 |
| <i>Phase D</i> | 271 |
| <i>Phase E</i> | 271 |
| <i>Phase F</i> | 271 |
| <i>Phase G</i> | 271 |
| <i>Phase H</i> | 272 |
| <i>Phase I</i> | 272 |
| 2. La géométrie de la composition | 272 |
| 4.8. Kermaillard (Sarzeau, Morbihan) | 303 |
| 4.8.1. Levé de la face occidentale (carré + croissant) – Conditions générales de l'acquisition | 303 |
| 4.8.2. Levé de la face septentrionale (hache emmanchée)..... | 304 |
| 4.8.3. Levé de la face orientale (cachalot + crosse) | 305 |
| 4.8.4. Levé du sommet (ondulés concentriques)..... | 307 |
| 4.8.5. Conclusions générales sur la stèle..... | 307 |
| 4.9. Tevenn (Le Conquet, Finistère)..... | 323 |
| 4.9.1. Descriptif des signes | 324 |
| 4.9.1.1. Face A..... | 324 |
| 4.9.1.2. Face B..... | 325 |
| 4.9.2. Synthèse graphique..... | 326 |
| 1. Le redressement du levé | 326 |
| 2. La géométrie de la composition | 326 |
| 3. La comparaison avec le levé Shee-Twohig..... | 326 |
| 4.9.3. Conclusions | 326 |

| | |
|--|------------|
| 4.10. Corn er Hoët (Caurel, Côtes-d'Armor) | 333 |
| 4.10.1. Descriptif des signes | 334 |
| 4.10.1.1. Orthostate 26 (vestibule droit) | 334 |
| 4.10.1.2. Orthostate 1 (vestibule gauche) | 335 |
| 4.10.2. Synthèse graphique..... | 336 |
| 4.10.2.1. Le redressement du levé..... | 336 |
| 4.10.2.2. La géométrie de la composition..... | 336 |
| 4.10.2.3. La comparaison avec le levé Le Roux-Le Goffic..... | 336 |
| | |
| 4.11. La Tremblais (Saint-Samson-sur-Rance, Côtes-d'Armor) | 363 |
| 4.11.1. Procédures et problèmes d'acquisition..... | 364 |
| 4.11.1.1. La photogrammétrie | 365 |
| 1. Sur l'objet original..... | 365 |
| 2. Sur les plaques du tirage | 365 |
| 4.11.1.2. La photographie sous éclairages tournants..... | 366 |
| 1. Sur l'objet original..... | 366 |
| 2. Sur les plaques du tirage | 366 |
| 4.11.2. Descriptif des surfaces..... | 367 |
| 4.11.3. Descriptif des signes sur la copie et sur la stèle originale..... | 367 |
| 4.11.3.1. Levés sur le tirage | 368 |
| 1. Station 1 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 1/bas..... | 368 |
| 2. Station 2 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 1/Centre-bas..... | 369 |
| 3. Station 3 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 1/Centre-haut..... | 370 |
| 4. Station 4 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 1/Haut..... | 371 |
| 5. Station 5 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 2/Bas | 372 |
| 6. Station 6 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 2/Centre | 373 |
| 7. Station 7 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 2/Haut | 374 |
| 8. Station 8 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 3/Haut | 375 |
| 9. Station 9 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 4/Bas | 376 |
| 10. Station 10 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 4/Centre | 377 |
| 11. Station 11 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 4/Haut | 378 |
| 4.11.3.2. Levés sur l'original..... | 378 |
| 1. Station 12 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 2 (centre)..... | 378 |
| 2. Station 13 : levés par éclairages rasants et tournants sur la face 2 (bas) | 379 |
| 3. Station 14 : levés par éclairages rasants et tournants sur le motif circulaire face 4 (bas) | 380 |
| 4.11.4. Discussion et conclusions..... | 381 |
| | |
| 4.12. Maison des Fées (Tressé, Ille-et-Vilaine)..... | 421 |
| | |
| 5. Bilan de l'année-test et préconisations | 423 |
| 5.1. Bilan sur les objets..... | 423 |
| 5.1.1. Nature des objets | 424 |
| 5.1.2. Temps de travail | 424 |
| 5.1.3. Nombre d'objets acquis et traités, et prévision 2017 | 424 |
| 5.2. Bilan sur les méthodes | 426 |
| 5.3. Bilan sur les questions de stockage et d'archivage..... | 427 |
| 5.4. Perspectives de diffusion | 427 |

| | |
|--|------------|
| Bibliographie, webographie, liens URL | 429 |
| Annexe 1 - Inventaire des sites ornés..... | 439 |
| Annexe 2 - Lexique (relatif au travail de la gravure sur la pierre) | 447 |
| Annexe 3 - Bibliothèque de densité de rocs | 463 |
| Annexe 4 - Fiche générique pour anticiper l'archivage..... | 469 |
| Annexe 5 - Pièces administratives..... | 485 |
| Table des matières | 491 |

Un nouveau corpus néolithique des représentations symboliques sur dalle dans l'ouest de la France (gravure, éventuellement peinture) a été entrepris depuis avril 2016. L'opération intéresse aussi bien l'archéologie (la recherche fondamentale, la conservation et la protection du patrimoine) que le gestionnaire de site (la commune, le département, l'association, la société d'économie mixte, le propriétaire privé, etc.). Ces objets archéologiques, le plus souvent hors-sol, courent le risque de disparaître ou de devenir illisibles sous une pression croissante des visites et des restaurations modernes ayant largement modifié la climatologie des espaces confinés.

L'inventaire s'attache à enregistrer et représenter la gravure au même niveau que le support auquel elle est étroitement associée, physiquement et symboliquement. La contextualisation en 3D des supports ornés, dans le cadre naturel ou architectural, s'impose tout autant, afin que ne se perde pas le lien historique et fonctionnel. Les enregistrements des surfaces sont de surcroît l'occasion d'observations qui ne se limitent pas à la seule acquisition archéologique des tracés, mais relèvent les différents désordres dus aux colonisations biologiques, aux altérations chromatiques et minérales. On se propose ainsi d'effectuer un état des lieux qui résume, notamment par cartographie, l'aspect altéré du support dans son environnement immédiat. Une expérimentation est également engagée avec pour objectifs de déterminer les outils possibles pour graver le granite, l'orthogneiss et le quartz, de lister les différentes techniques et chaînes opératoires possibles pour la gravure et les préparations de surface, d'établir des ratios qualitatifs et quantitatifs en fonction de la nature du bloc support et des techniques retenues. Le mode de transmission du Corpus fait enfin partie de la réflexion devant mener à des propositions concrètes en termes de stockage et d'archivage pérenne, en établissant par exemple la liste indispensable des métadonnées. Le mode de transmission par le biais d'un site sur l'Internet s'ajoute à ces préconisations, en déterminant une ligne éditoriale à partir de quelques pratiques relativement récentes dans la médiation de l'art pariétal. Un retour d'expérience est décrit autour d'une application interactive.

Entre avril et septembre 2016, 9 tombes à couloir, 5 stèles + 1 enceinte de stèles, 1 sépulture à entrée latérale, 1 allée sépulcrale, 2 cistes et 1 affleurement à cupules ont été enregistrés sur les 4 départements bretons, correspondant à 47 supports gravés. La lasergrammétrie, grâce au prêt d'un instrument du Consortium 3D SHS, et la photogrammétrie ont été associées à la compilation de photographies sous éclairages tournants et à la décorrélation d'image afin d'obtenir les meilleurs résultats. Certains objets sont passés par toutes les étapes de la chaîne opératoire à la date du 6 décembre 2016, d'autres sont encore en cours de traitement.