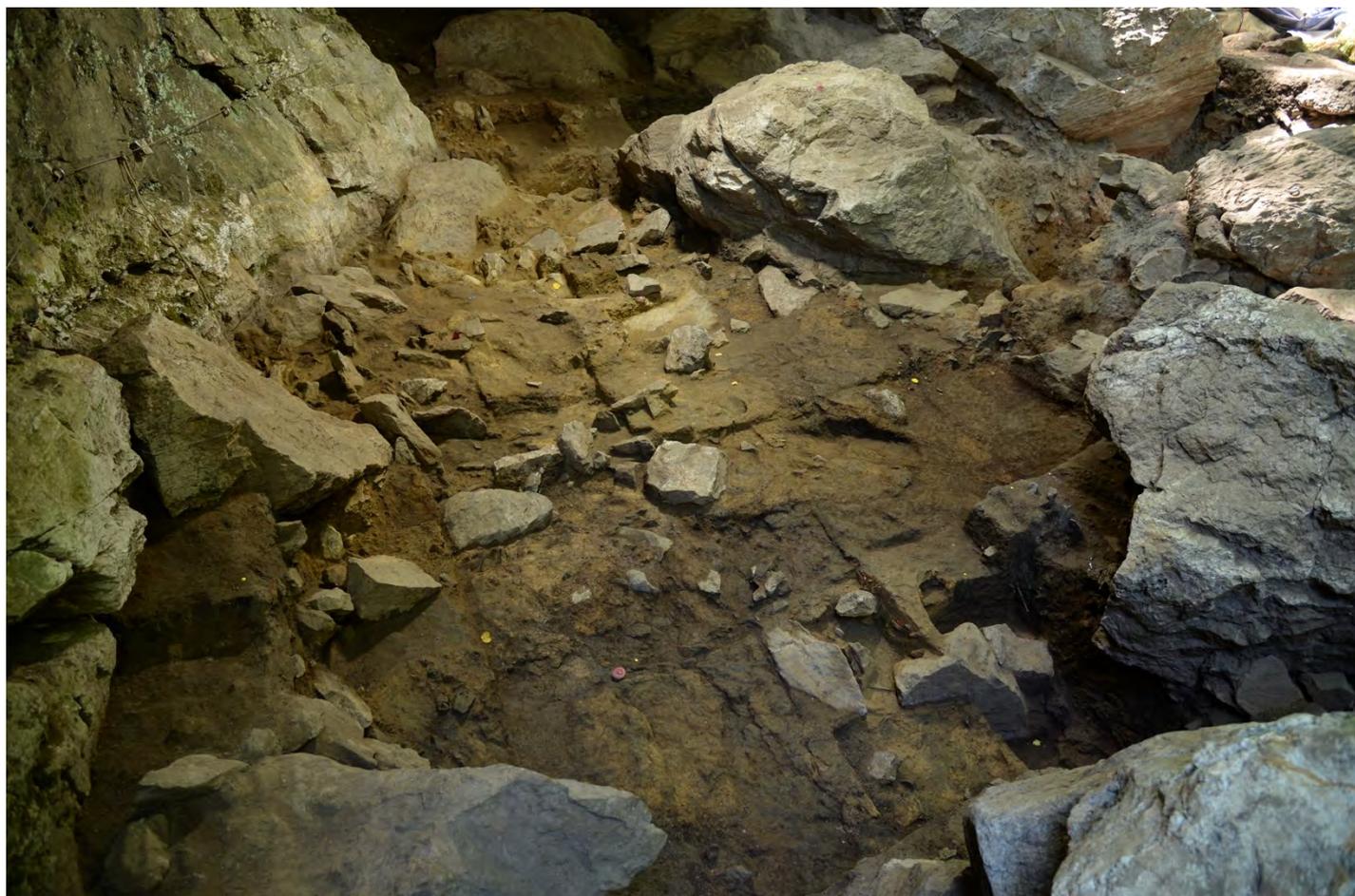


RAPPORT INTERMEDIAIRE 2022  
(OPÉRATION PLURIANNUELLE 2022-2024)

---

LE ROCHER DE L'IMPÉRATRICE  
PLOUGASTEL-DAOULAS (FINISTÈRE)  
*PLOUGASTELL-DAOULAZ (PENN AR BED)*

---



**Sous la direction de Nicolas NAUDINOT**

Michel LE GOFFIC, Samuel ABIVEN, Véronique DUIGOU, Malo HESRY, Annette FLAGEUL, Marine LAFORGE, Erwan LE GUEUT, Richard MACPHAIL, Ivy NOTTERPEK, Elena PAILLET, Patrick PAILLET, Laurent QUESNEL, Isabelle THERY et Antoine ZANOTTI

**Avec le soutien :**

du Service Régional de l'Archéologie de BRETAGNE  
du Conseil départemental du FINISTÈRE  
de la Commune de PLOUGASTEL-DAOULAS



UNIVERSITÉ  
CÔTE D'AZUR



PLOUGASTEL





# SOMMAIRE

RESUME .....	5
1. FICHE SIGNALÉTIQUE DU SITE .....	7
2. REMERCIEMENTS.....	9
3. PROBLÉMATIQUE DE LA RECHERCHE ET IMPORTANCE SCIENTIFIQUE DU SITE (N. NAUDINOT).....	13
4. LOCALISATION DU SITE (N. NAUDINOT) .....	15
5. CONTEXTE GÉOLOGIQUE (M. LE GOFFIC).....	17
6. LA RADE DE BREST DURANT L'AZILIEN .....	18
7. L'ABRI DU ROCHER DE L'IMPÉRATRICE (N. NAUDINOT).....	19
8. DÉROULEMENT DE LA CAMPAGNE 2022 (N. NAUDINOT).....	20
9. PROTOCOLE DE FOUILLE (N. NAUDINOT).....	29
9.1. INSTALLATION DES STATIONS .....	29
9.2. PROTOCOLE GENERAL DE FOUILLE.....	31
9.3. TAMISAGE ET TRI (A. FLAGEUL ET V. DUIGOU).....	34
9.4. ANALYSES DE FABRIQUES .....	36
10. NOTE SUR LES PRELEVEMENTS GEOARCHEOLOGIQUES REALISES LORS DE LA CAMPAGNE DE TERRAIN 2022 (M. LAFORGE ET A. ZANOTTI).....	37
11. ZONES CENDREUSES (M. HESRY ; M. LAFORGE ; E. LE GUEUT ; N. NAUDINOT ; A. ZANOTTI) .....	41
11.1. DESCRIPTION DES DIFFERENTES ENTITES IDENTIFIEES.....	41
11.2. QUELQUES HYPOTHESES DE TRAVAIL SUR LES RELATIONS ENTRE CES DIFFERENTES ENTITES.....	53
12. ANALYSE DES RESIDUS ORGANIQUES DES SEDIMENTS CENDRO-CHARBONNEUX DE ROCHER DE L'IMPÉRATRICE (I. NOTTERPEK, I. THERY, S. ABIVEN) .....	59
12.1. CONTEXTE DE RECHERCHE .....	59
12.2. ÉCHANTILLONS ET PRELEVEMENTS .....	60
12.3. METHODOLOGIE .....	61
12.3.1. <i>Extraction et analyse des lipides par GC-MS</i> .....	62
12.3.2. <i>Extraction et analyse des BPCAs par GC-FID</i> .....	63
12.3.3. <i>Méthodes pour la caractérisation de sédiment et de la matière organique brûlée</i> .....	64
12.4. ÉTAT DES LIEUX ET PROBLEMATIQUE .....	64
13. ASSEMBLAGE LITHIQUE COLLECTE EN 2022 (N. NAUDINOT) .....	67
14. LES TÉMOIGNAGES SYMBOLIQUES (E. PAILLET ET P. PAILLET).....	69
15. ORIENTATIONS SCIENTIFIQUES POUR LA PROCHAINE CAMPAGNE PLURI-ANNUELLE .....	71
16. VALORISATION .....	71
17. TABLE DES FIGURES.....	73
18. BIBLIOGRAPHIE.....	75



**Résumé** : Le lancement en 2013 d'une fouille dans un petit abri découvert dans les années 1980 par M. Le Goffic au Rocher de l'Impératrice à Plougastel-Daoulas, a rapidement fait progresser notre connaissance sur les premiers peuplement tardiglaciaires d'Armorique et, plus généralement, sur les débuts de la diffusion des concepts aziliens en Europe occidentale. Ce petit abri-sous-roche dominant l'estuaire de l'Elorn et la rade de Brest, daté aux alentours de 14000 cal. BP (soit entre la fin du GI-1e et le début du GI-1c), constitue en effet aujourd'hui un site de premier ordre pour aborder les systèmes techniques, économiques et symboliques des collectifs de cette période. L'industrie lithique, en cours d'étude, permet déjà de préciser les connaissances déjà acquises sur d'autres rares sites contemporains des bassins aquitain et parisien et amène à discuter des liens entretenus entre les différents techno-complexes de cette période en Europe. La présence de témoignages inédits dans la région, et particulièrement rares à l'échelle européenne pour cette période, sous la forme de plusieurs dizaines de plaquettes de schiste gravées, constituent aussi une porte ouverte sur d'autres pans du système socio-économique de ces groupes. Les différentes études menées sur ces objets ont permis de commencer à proposer des hypothèses sur les gestes techniques à l'origine de ces gravures, ont mis en évidence des vestiges de colorants et ont permis de s'interroger sur une éventuelle arythmie entre changements techniques et symboliques au cours de l'Azilien. Plusieurs indices participent enfin à mieux appréhender les modalités d'occupation de cet abri sous roche au cours de l'Azilien. Ce site semble ainsi avoir été fréquenté à plusieurs reprises par de petits groupes de chasseurs durant de courts séjours pour des activités essentiellement dédiées à la chasse et au primo-traitement des carcasses animales. Ces chasseurs semblent être arrivés sur le site déjà équipés de la plupart de leurs outils de transformation sur lames et de nucléus en cours de débitage (destinés notamment à fabriquer de nombreuses pointes de projectiles sur petites lames). Le site du Rocher de l'Impératrice s'inscrit donc d'ores et déjà comme un jalon incontournable pour la compréhension des communautés tardiglaciaires d'Europe nord-occidentale. Notamment grâce à la diversité des témoignages qu'il fournit, ce site permet de développer des réflexions globales sur la nature et le rythme des transformations qui touchent les sociétés paléolithiques durant cette période de transition encore mal connue.

**Abstract** : *The launch in 2013 of an excavation in a small shelter discovered by M. Le Goffic at the Rocher de l'Impératrice in Plougastel-Daoulas, has rapidly advanced our knowledge of the first Late Glacial settlements in the Armorican Massif and, more generally, of the beginnings of the diffusion of Azilian concepts in Western Europe. This small rock shelter overlooking the Elorn estuary and the Brest harbor, dated to around 14,000 cal. BP (i.e., between the end of the GI-1e and the beginning of the GI-1c), constitutes a key site for studying the collectives of this period. The lithic industry, which is currently being studied, already allows us to clarify the knowledge already acquired on other rare contemporary sites in the Aquitaine and Paris basins and leads to discussion of the links between the different techno-complexes of this period in Europe. The presence of singular evidence in the region, and particularly rare on a European scale for this period, in the form of several dozen engraved schist tablets, also opens the door to other aspects of the socio-economic system of these groups. The various studies carried out on these objects have made it possible to begin to propose hypotheses on the technical gestures at the origin of these engravings, have brought to light vestiges of pigments and have made it possible to wonder about a possible arrhythmia between technical and symbolic changes during the Azilian period. Finally, several clues contribute to a better understanding of how this rock shelter was occupied during the Azilian period. This site seems to have been frequented on several occasions by small groups of hunters during short stays for activities essentially dedicated to hunting and the primary treatment of animal carcasses. These hunters seem to have arrived at the site already equipped with most of their blade transformation tools and nuclei in the process of being reduced (to produce the numerous projectile points on small blades). The Rocher de l'Impératrice site is thus already a milestone in the understanding of Late Glacial societies in northwestern Europe. In particular, thanks to the diversity of evidence it provides, this site allows us to develop global reflections on the nature and pace of the transformations that affected Paleolithic societies during this transitional period that is still poorly understood.*



## Conditions d'utilisation des documents

Les rapports d'opération archéologique (diagnostic, fouille, document final de synthèse, sondage, sauvetage...) sont des documents administratifs communicables au public, en application de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 modifiée et portant diverses mesures d'amélioration des relations entre l'administration et le public. L'accès à ces documents administratifs s'exerce auprès des administrations qui les ont élaborés ou qui les détiennent, au choix du demandeur et dans la limite de leurs conditions d'accueil. La mise en ligne des rapports **par le SRA Bretagne** a pour objectif de faciliter cette consultation.

La consultation et l'utilisation de ces rapports s'effectuent dans le respect des dispositions du code de la propriété intellectuelle relatives aux droits des auteurs. Notamment en application de l'article L.122-5 du code de la propriété intellectuelle, cela implique que :

- 1) les prises de notes et les copies ou autres formes de reproduction sont autorisées dans la mesure où elles sont strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective;
- 2) toute reproduction du texte, accompagnée ou non de photographies, cartes ou schémas, n'est possible que dans le cadre de courtes citations qui doivent être justifiées, par exemple par le caractère scientifique de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, et sous réserve de l'indication claire du nom de l'auteur et de la source (références exactes et complètes de l'auteur, de son organisme d'appartenance et du rapport);
- 3) la représentation ou la reproduction d'extraits est possible à des fins exclusives d'illustration dans le cadre de l'enseignement et de la recherche, dès lors que le public auquel elle est destinée est majoritairement composé d'élèves, d'étudiants, d'enseignants ou de chercheurs directement concernés, et que son utilisation ne donne lieu à aucune exploitation commerciale.

Le non-respect de ces règles constitue le délit de contrefaçon prévu et sanctionné par les articles L.335-2, L.335-3 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

Renseignement :

DRAC Bretagne : <http://www.culture.gouv.fr/Regions/Drac-Bretagne>

Service Régional de l'Archéologie - Centre de documentation archéologique

Campus universitaire de Beaulieu - Avenue Charles Foulon - 35700 Rennes

## 1. FICHE SIGNALÉTIQUE DU SITE

*Lieu-dit* : Koat Pehen

*Nom du site* : Le Rocher de l'Impératrice

*Commune* : Plougastel-Daoulas (29470)

*Coordonnées Lambert (Zone II étendue)* :

X = 103,520

Y = 1098,600

*Coordonnées géographiques* :

Latitude : 48° 23' 20"

Longitude : 4° 22' 33"

Les références cadastrales de la parcelle contenant le site sont, pour 1982 section A parcelle 2439, pour 1986, section CE parcelle 114 et, actuellement, CE parcelle 171.

*Propriétaire du terrain* : Conseil départemental du Finistère

*Dates de l'opération* : du 4 juillet au 30 juillet 2022



**ÉQUIPE 2022**



## 2. REMERCIEMENTS

Nous remercions tout d'abord le Service Régional d'Archéologie de Bretagne et tout particulièrement Yves Menez, Olivier Kayser, Jean-Charles Arramond et Elena Paillet pour leur soutien et leur intérêt pour nos recherches.

Le Conseil départemental du Finistère et en particulier Ronan Bourgaut pour nous avoir laissé entreprendre cette campagne en toute liberté sur leur terrain, ainsi que pour leur aide précieuse et leur intérêt pour notre travail.

Les élus de la commune de Plougastel-Daoulas, et en particulier Bernard de Cadenet et Dominique Cap, pour leur accueil exceptionnel, leur aide financière et logistique, leur disponibilité, mais aussi pour nous avoir fait nous sentir chez nous sur la commune de Plougastel-Daoulas chaque été.

*Mersi bras da Michel Le Goffic. Trugarez dezhañ evit bezañ kelaouet ac'hanomp ez eus ul lec'h anvet Roc'h an Impalaerez dek bloaz 'zo. Trugarez dezhañ evit ar fiziañs en doa bet d'ar c'houlz-se pa en doa prestet din an dafar dastumet gantañ. Mersi bras dezhañ ivez evit bezañ kemeret perzh a youl vat war an dachenn, evit bezañ ken plijus hag evit bezañ ken barrek evel soner. Toud an traoù-se 'neus degaset plijadur vras d'ar mareaj-se.*

Annette Flageul, Patrick Le Flao, Brigitte Flageul, Patrick Picard, Véronique Duigou, Pierre Guéguen, Gilles Corrigo, Loïc Goude, Laure Merceron, Christiane Balannec, Annie Chantan, Michel Kermarrec, Gwénola Le Hars, Isabelle Lostanlen, Jean Perrève et tous les autres membres du Centre de Formation et de Recherches Archéologiques (CFRA) dont l'aide a été déterminante à toutes les étapes de cette opération, depuis le terrain jusqu'au tri, en passant par les opérations de tamisage ou la surveillance du site tout au long de l'année.

Tous les Plougastels pour leur accueil et leur intérêt pour notre travail. Nous poursuivrons nos efforts lors des prochaines campagnes afin de leur ouvrir nos portes le plus souvent possible et de leur restituer au maximum le fruit de notre travail sur leur patrimoine.

Les différents collègues de l'équipe qui ont consacré une part importante de leur temps de travail pour collaborer avec nous sur ce projet.

Joël Kerhervé, tailleur de pierre à Lannédern, pour nous avoir consacré beaucoup de temps et pour avoir permis à la fouille de prendre une autre dimension grâce à l'extraction d'un des plus gros blocs d'effondrement du site en 2017.

À Erwan Le Gueut, Malo Hesry et Antoine Zanotti qui, à deux reprises, ont participé aux discussions collectives sur les zones cendreuse afin de mieux comprendre ces structures.

Yves Le Boulh d'Optirep Topo à Landerneau pour sa disponibilité, sa gentillesse et son aide précieuse.

À Anne-Marie Gomez et Delphine Chetiveaux, gestionnaires du CEPAM, pour la gestion financière du programme.

À Julie Bachellerie qui a assumé la lourde tâche de l'intendance, libérant ainsi l'équipe de certaines tâches et augmentant considérablement le confort sur la fouille.

Et bien sûr à l'équipe de fouilleurs bénévoles et à Naf. Sans vous rien n'aurait été possible.



Direction régionale  
des affaires culturelles

Service régional de  
l'archéologie

**Arrêté n° 2022-073 du 16 février 2022**

**ARRÊTÉ n° 2022-0073 portant autorisation de fouille archéologique programmée**

**Le Préfet de la région Bretagne  
Préfet d'Ille-et-Vilaine**

**VU** le code du patrimoine et notamment son livre V ;

**VU** le décret du 28 octobre 2020 nommant M. Emmanuel BERTHIER, préfet de la région Bretagne, préfet de la zone défense et de sécurité Ouest, préfet d'Ille-et-Vilaine ;

**VU** l'arrêté préfectoral n° 2020 DRAC/DSG en date du 16 novembre 2020 portant délégation de signature à Mme Isabelle CHARDONNIER, Directrice régionale des affaires culturelles de Bretagne ;

**VU** l'arrêté préfectoral en date du 18 novembre 2020 portant subdélégation de signature ;

**VU** le dossier de demande de fouille archéologique programmée intitulée « Le Rocher de l'Impératrice » présenté par M. Nicolas NAUDINOT, reçu à la Direction régionale des affaires culturelles de Bretagne, Service régional de l'archéologie, le 20 septembre 2021.

**VU** l'avis de la commission territoriale de la recherche archéologique (CTRA) en date des 8 et 9 février 2022 ;

**ARRÊTE**

**Article 1<sup>er</sup>** : M. Nicolas NAUDINOT est autorisé, en qualité de responsable scientifique, à conduire une opération de fouille archéologique programmée à partir de la notification du présent arrêté jusqu'au 31 décembre 2022 sise en :

Région : Bretagne

Département : Finistère

Commune : PLOUGASTEL-DAOULAS

Localisation : lieu-dit « Le Rocher de l'Impératrice »

Intitulé de l'opération : « Le Rocher de l'Impératrice »

Cadastre : 1986 section : CE parcelle : 171

Organisme de rattachement : CEPAM

**Article 2** : prescriptions générales

Les recherches sont effectuées sous la surveillance du Conservateur régional de l'archéologie territorialement compétent et conformément aux prescriptions imposées pour assurer le bon déroulement scientifique de l'opération.

Le responsable scientifique de l'opération informe régulièrement le Conservateur régional de l'archéologie de ses travaux et découvertes. Il lui signale immédiatement toute découverte importante de caractère mobilier ou immobilier. Il revient au préfet de région de statuer sur les mesures définitives à prendre à l'égard des découvertes.

À la fin de l'année civile, le responsable scientifique de l'opération adresse au Conservateur régional de l'archéologie, en triple exemplaire papier au format A4 papier, documents pliés inclus et un exemplaire au format pdf, un rapport accompagné des plans et coupes précis des structures découvertes et des photographies nécessaires à la compréhension du texte. L'inventaire de l'ensemble du mobilier recueilli est annexé au rapport d'opération. Il signale les objets d'importance notable. Il indique les études complémentaires envisagées et, le cas échéant, le délai prévu pour la publication.

**Article 3** : destination du matériel archéologique découvert

Le responsable prend les dispositions nécessaires à la sécurité des objets mobiliers. Le mobilier archéologique est mis en état pour étude, classé, marqué et inventorié. Son conditionnement est adapté par type de matériaux et organisé en fonction des unités d'enregistrement. Le statut juridique et le lieu de dépôt du matériel archéologique découvert au cours de l'opération sont fixés conformément aux dispositions légales et réglementaires.

**Article 4** : versement des archives de fouilles

L'intégralité des archives accompagnée d'une notice explicitant son mode de classement et de conditionnement et fournissant la liste des codes utilisés avec leur signification, fait l'objet de la part du responsable de l'opération d'un versement unique au Conservateur régional de l'archéologie. Ce versement est détaillé sur un bordereau récapitulatif établi par le responsable de l'opération.

**Article 5** : La Directrice régionale des affaires culturelles est chargée de l'exécution du présent arrêté qui sera notifié à M. Nicolas NAUDINOT.

Fait à Rennes, le 16 février 2022

Pour le Préfet de la région Bretagne  
et par subdélégation,  
l'adjoint du Conservateur régional de l'archéologie



Olivier KAYSER

Destinataire :

M. Nicolas NAUDINOT

Copie :

Commune de PLOUGASTEL-DAOULAS

### 3. PROBLÉMATIQUE DE LA RECHERCHE ET IMPORTANCE SCIENTIFIQUE DU SITE (N. Naudinot)

Le Tardiglaciaire est caractérisé par une importante instabilité climatique dans l'hémisphère nord (fig. 1). Cette région connaît en effet de rapides et profonds bouleversements climatiques. Si la tendance générale est à un important réchauffement, cette hausse des températures reste progressive et entrecoupée de plusieurs périodes de refroidissement plus ou moins rapides et de différentes ampleurs aux conséquences parfois marquées sur les environnements animal et végétal.

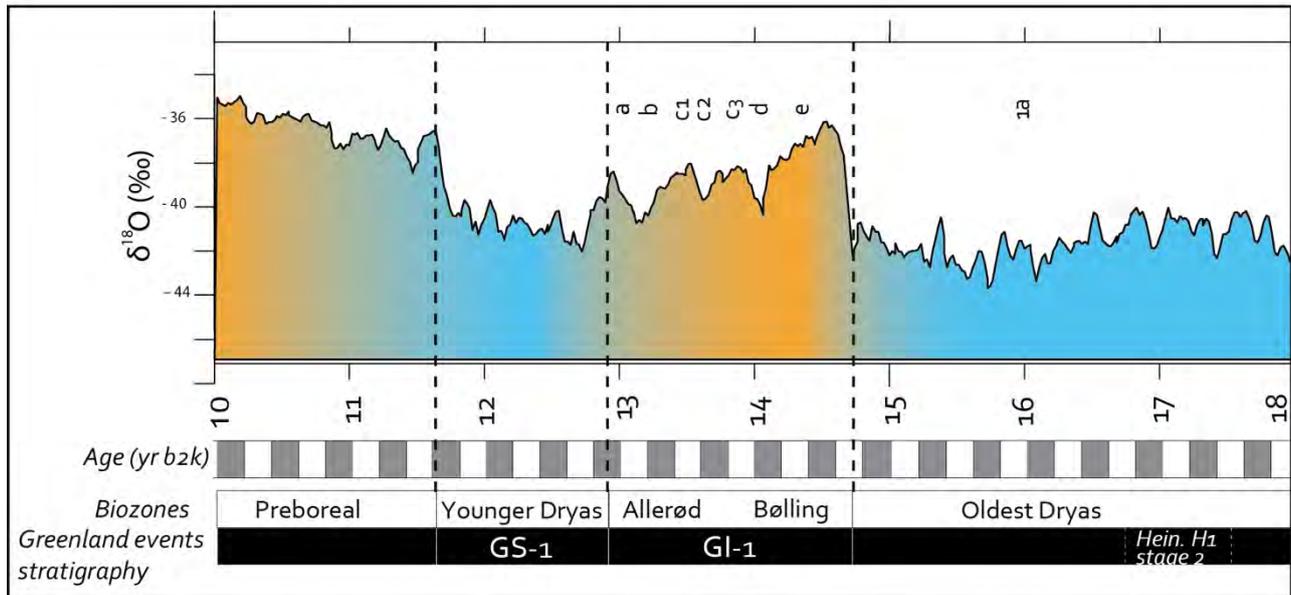


Figure 1. Courbe GICC05 (d'après Rasmussen *et al.*, 2014)

Parallèlement, les communautés humaines connaissent d'importantes mutations techno-économiques et sociales. Ce sont ces dynamiques, faites de ruptures, de transferts, d'adaptations, d'inertie et de résilience, qui donnent un intérêt tout particulier au Tardiglaciaire. Cette période constitue en effet un laboratoire particulièrement heuristique afin d'enquêter sur ces différents phénomènes, ainsi que pour réfléchir aux mécanismes en jeu dans ces processus de transformation des communautés préhistoriques.

Le Tardiglaciaire fait depuis longtemps l'objet d'une importante dynamique de recherche en France. Ces travaux se sont cependant longtemps concentrés sur le Bassin parisien où des contextes sédimentaires particulièrement favorables ont permis une bonne conservation des gisements, ou dans le Bassin aquitain qui fournit des longues stratigraphies en grotte. Si paradoxalement, l'histoire de la Préhistoire armoricaine a été initiée sur le site de Roc'h Toul (Finistère) que l'on sait aujourd'hui pouvoir principalement être rattaché à l'Azilien ancien (Marchand *et al.*, 2004 ; Naudinot, 2010 ; Naudinot et Jacquier, accepté ; Naudinot, 2022), l'Ouest de la France restait ainsi systématiquement écarté de ces réflexions et des grandes synthèses sur le Tardiglaciaire. C'est à l'archéologie préventive et à la fouille du site azilien des Chaloignes (Maine-et-Loire) par G. Marchand et S. Sicard que l'on doit une nouvelle dynamique de recherche qui s'est initiée au début des années 2000 (Marchand *et al.*, 2009). À la suite de ces travaux, les recherches se sont considérablement développées sur le sujet dans la région grâce à un travail de mise en réseau d'archéologues non professionnels, la reprise de collections anciennes ou encore la mise en place d'opération programmées (Marchand *et al.*, 2004 ; Naudinot, 2010, 2013, 2022 ; Naudinot *et al.*, 2019). Il a ainsi été possible de proposer un nouveau modèle d'organisation

chrono-culturelle pour ces industries dans la région sur la base de la technologie lithique comparée avec les régions disposant d'éléments de datation (fig. 2).

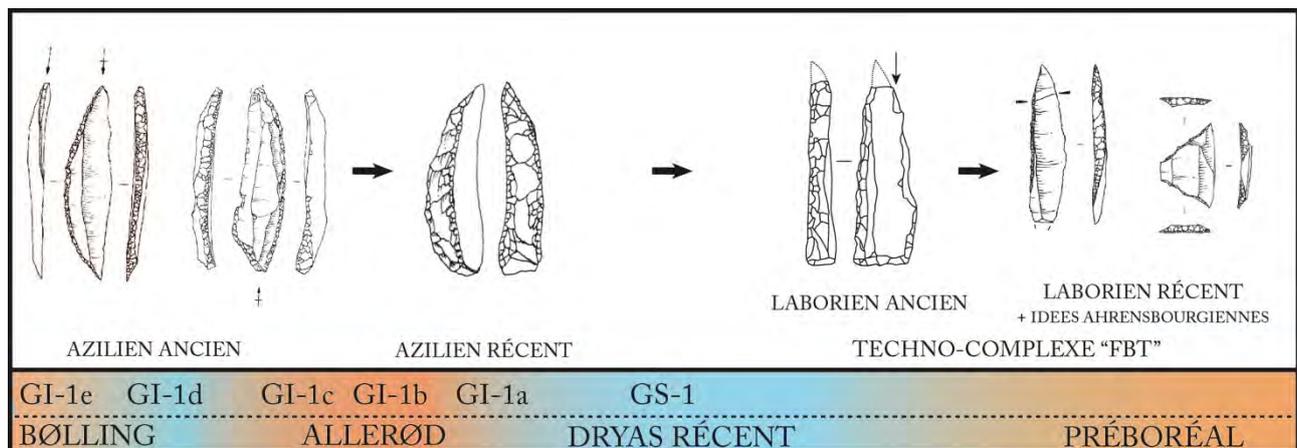


Figure 2. Proposition de modèle d'organisation chrono-culturelle (d'après Naudinot, 2013)

Un des principaux résultats de ce travail aura tout d'abord été de rajeunir les sites jusqu'alors attribués au Magdalénien en les plaçant à l'extrême fin du Tardiglaciaire, à la transition Pléistocène-Holocène (Naudinot, 2008, 2010, 2013, 2022). Ces résultats ont eu pour effet de gommer toute évidence de Magdalénien dans le Grand-Ouest (*ibid.*). Les premières occupations tardiglaciaires régionales étaient alors rapportées à l'Azilien récent (GI-1cba). Contrairement au Bassin parisien, notamment du fait de l'absence de datations absolues et de gisements stratifiés, il n'a pas été possible à l'époque de développer la question d'une éventuelle sériation de la phase récente de l'Azilien. Une potentielle phase terminale, datée de la toute fin du GI-1 et même du début du GS-1, possiblement mise en évidence sur le site du Closeau (Hauts-de-Seine ; Bodu, 1998 ; Bodu et Valentin, 1997) ou encore dans les Pyrénées (Fat Cheung *et al.*, 2014), est ainsi encore inconnue dans l'Ouest de la France. Certains critères qualitatifs du débitage (soin apporté au détachement, régularité des supports) pourraient toutefois constituer des pistes de réflexion afin de sérier les assemblages. Cette variabilité dans les normes techniques de l'Azilien récent pourrait cependant aussi révéler des spécificités fonctionnelles, de spécificités macro régionales ou encore, surtout sur le Massif armoricain, des adaptations économiques aux ressources disponibles (Naudinot, 2010, 2012, 2022 ; Génieux, 2015).

Les premiers temps de l'Azilien, tels qu'ils sont bien définis depuis quelques années dans certaines régions (Bodu et Valentin, 1997), étaient à cette époque également méconnus. La reprise de l'assemblage de Roc'h Toul a toutefois permis de mettre en évidence différents indices, tant typologiques (bipointes à dos courbe, lames à retouche rasante), que technologiques (débitage laminaire encore soigné à la pierre) pouvant suggérer la présence de cette phase dans le Grand-Ouest (Naudinot, 2010 ; Naudinot et Jacquier, sous presse). Le contexte de collecte de cet assemblage à la fin du 19<sup>e</sup> siècle, sans aucune approche stratigraphique, limite toutefois largement la portée des analyses. Ces ensembles de l'Azilien ancien, relativement rares à l'échelle de l'Europe occidentale, sont pourtant essentiels afin de mieux comprendre les origines de ces nouveaux concepts aziliens, le rythme de leur mise en place et les cheminements culturels et adaptatifs ayant poussé à leur adoption. Les données collectées dans le Bassin parisien ces vingt dernières années suggèrent que cette transition entre le Magdalénien et l'Azilien n'a pas été aussi brutale que ce que suggérait la « révolution azilienne » évoquée par l'abbé Breuil (1913). Ces transformations, tant techniques, que socio-économiques et même symboliques (disparition progressive des représentations naturalistes au profit de tracés plus abstraits) semblent en effet plus progressives (Bodu et Valentin, 1997 ; Valentin, 2008 ; Naudinot, 2010 ; Mevel, 2013 ; Naudinot *et al.*, 2019). Ce scénario, aujourd'hui largement admis, et suggérant une transformation sur place du système magdalénien, reste toutefois peut-être un peu caricatural et doit être testé et complexifié

grâce à l'étude de nouvelles séquences pouvant nous renseigner sur cet espace chronologique centré autour de la fin du GI-1e et du début du GI-1c (Naudinot, 2022).

Les sites pouvant être attribués à cette période sont très rares en Europe. En effet, seuls une douzaine de gisements peuvent être rattachés à l'Azilien ancien – la plupart ayant été fouillés anciennement et ne fournissant pas suffisamment de données contextuelles. La découverte de l'abri-sous-roche du Rocher de l'Impératrice constitue ainsi un évènement important tant au niveau régional qu'international. L'assemblage lithique livré par ce site permet en effet d'alimenter la discussion sur cette période charnière entre Magdalénien et Azilien. La découverte d'un riche corpus de plaquettes de schistes gravées ajoute un intérêt supplémentaire au site. Les témoignages symboliques attribués à l'Azilien ancien sont en effet particulièrement rares en Europe et sont le plus généralement issus de fouilles anciennes aux contextes peu assurés. Le Rocher de l'Impératrice, au-delà de fournir les plus anciens témoignages symboliques de Bretagne et le plus vaste corpus pour l'Azilien ancien européen, permet ainsi d'étendre la réflexion sur les transformations des sociétés tardiglaciaires bien au-delà du sous-système lithique en s'intéressant à d'autres pans du système technique, mais aussi directement au système symbolique de ces collectifs.

#### 4. LOCALISATION DU SITE (N. Naudinot)

Le gisement se trouve sur la commune de Plougastel-Daoulas dans le Finistère. Le site est situé dans le bois de Kererault près du village de Toul ar Roc'hou (fig. 3 et 4). L'abri-sous-roche est localisé au pied d'une grande barre de quartzite haute d'une quarantaine de mètres (fig. 4 et 5) qui domine la rade de Brest. L'Elorn se jette dans la rade une centaine de mètres en contrebas de l'abri (fig. 4).



Figure 3. Position du site sur le cadastre de Plougastel-Daoulas (parcelle 171).

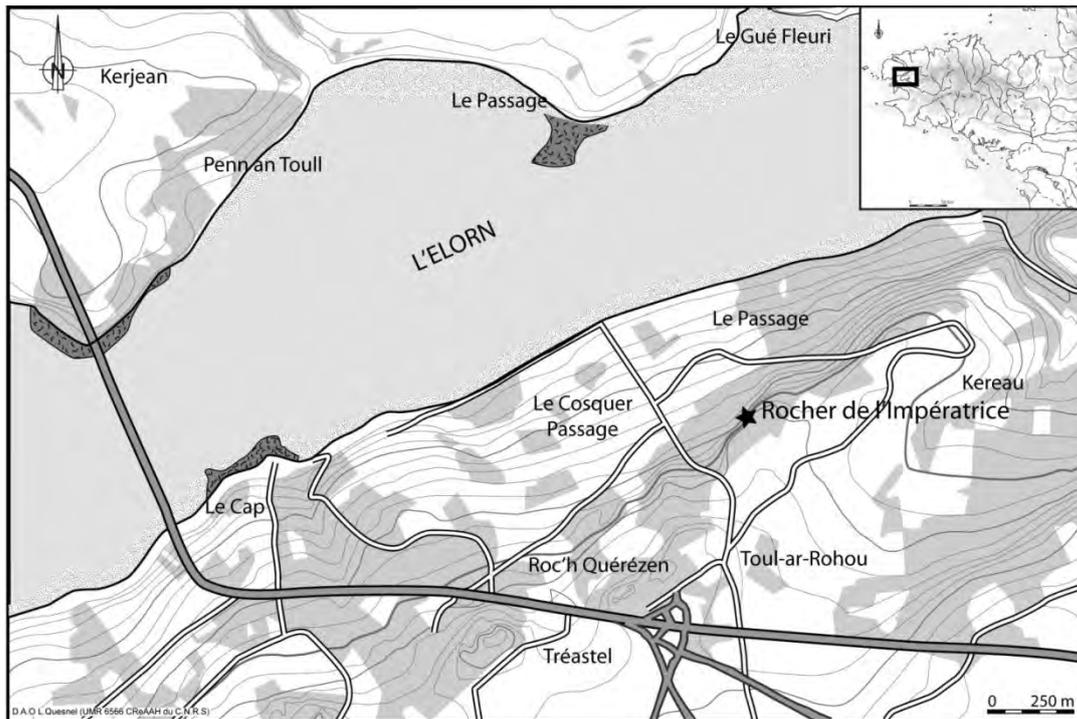


Figure 4. Position topographique du gisement (DAO L. Quesnel et N. Naudinot).



Figure 5. Le passage du bac entre le Relecq-Kerhuon et la cale du Passage à Plougastel-Daoulas avec le Rocher de l'Impératrice en arrière-plan.

La résistance à l'érosion des quartzites de La Roche-Maurice est à l'origine du relief accidenté de la rive sud de l'Elorn qui est bordée sur plusieurs kilomètres d'une barre rocheuse d'où font saillie plusieurs pitons. Le Rocher de l'Impératrice culmine à 101 m et, de son sommet, la vue s'étend vers le NE jusqu'à Landerneau (12 km) et vers l'ouest au-delà du goulet de la rade de Brest (plus de 20 km). Le panorama serait encore plus étendu, notamment vers le sud si la végétation arborescente n'en occultait pas une partie. Il s'agit donc d'un point d'observation de premier ordre.



Figure 6. L'abri du Rocher de l'Impératrice en 2017.

## 5. CONTEXTE GÉOLOGIQUE (M. Le Goffic)

Le Rocher de l'Impératrice fait partie d'une formation de quartzite (quartzites de La Roche-Maurice) datant de l'Arenigien (Ordovicien inférieur) (fig. 7). Il s'agit d'un grès armoricain qui s'est déposé lors d'une transgression liée à l'orogénèse cadomienne et reposant de façon discordante sur le Briovérien de la vallée de l'Elorn qui est formé de schistes zébrés comme les avait appelés Barrois ; ce sont des alternances de lits gréseux et phylliteux montrant, au nord, un métamorphisme de contact en approchant des gneiss de Brest, antérieur au métamorphisme général. C'est dans ce Briovérien que l'Elorn a creusé son lit. La plupart du temps les contacts sont faillés. Les quartzites sont très purs, il s'agit d'orthoquartzites à grain fin comportant quelques passées plus grossières. La puissance de la formation est de l'ordre de 80 m et est redressée presque à la verticale montrant un très fort pendage vers le NNW.

Ces quartzites sont bordés au Sud par les schistes et grès du Lez d'âge silurien. Ce sont des schistes noirs carburés et des grès sombres plus tendres que les quartzites et par conséquent plus sujets à l'érosion, notamment celle qui a pénéplané toute cette région durant l'ère tertiaire.

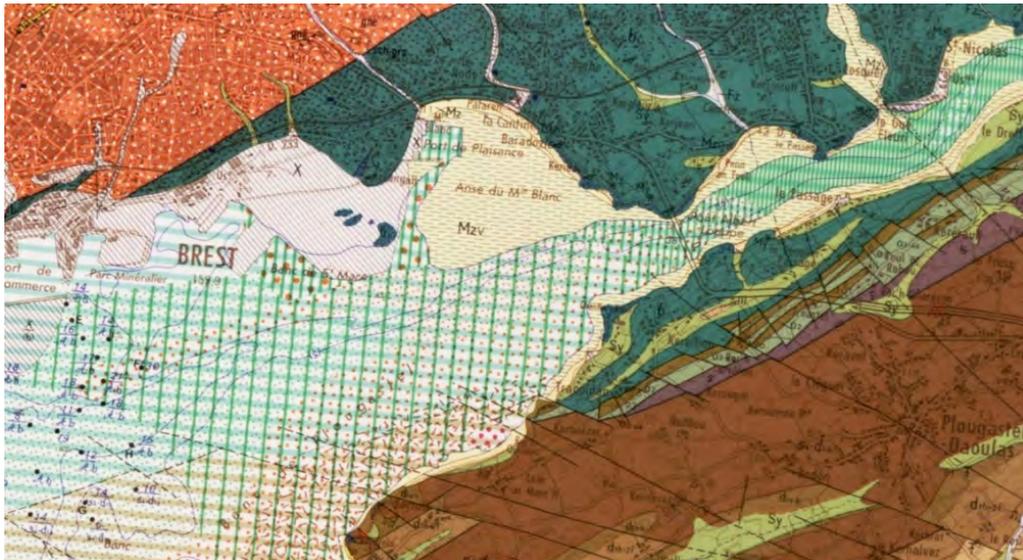


Figure 7. Carte géologique du nord de la Presqu'île de Plougastel-Daoulas et de l'estuaire de l'Elorn ([www.infoterre.brgm.fr](http://www.infoterre.brgm.fr)).

Du point de vue tectonique, après ou lors des plissements réalisés durant l'orogénèse hercynienne, deux systèmes de failles ont affecté ces formations. Pour l'endroit qui nous intéresse, une première faille très importante est orientée ENE-WSW, c'est la faille de l'Elorn qui passe au sud des formations ordoviciennes et siluriennes, les séparant des schistes et quartzites de Plougastel (Prégédinnien-Gédinnien). Plus tardivement, des secousses et mouvements tectoniques ont eu pour effet de produire un réseau de petites failles orientées NW-SE, subparallèles à la grande faille Kerforn, et provoquant des décrochements (Chauris *et al.*, 1979). Certains coulissements sont intra-formationnels et l'on peut remarquer sur la paroi nord du Rocher de l'Impératrice de petits miroirs de faille encore parfaitement lisses.

Sur un ressaut de quartzite légèrement plus élevé que l'abri-sous-roche se remarque un sédiment non consolidé, piégé sur un replat, dans lequel figurent d'assez nombreux petits galets de quartz, grès quartzitique et schiste de dimensions inférieures à 5 cm. L'altitude est voisine de 75 m et correspond à une ancienne terrasse marine qui a été identifiée sous le Roc'h Nivelen, 1 500 m au SW et où se trouve une formation fortement remaniée de sable et galets riche en quartz, avec des grès et quartzites dont la puissance n'excède pas 40 cm et dont l'analyse granulométrique a révélé l'origine marine datant vraisemblablement de la fin du Pliocène (Hallégouet, 1976).

## 6. LA RADE DE BREST DURANT L'AZILIEN

Le Quaternaire (2.6 Ma à l'actuel) est ponctué par une succession d'oscillations climatiques majeures caractérisées par des phases de glaciation et de déglaciation dans l'Hémisphère Nord (Gibbard et Cohen, 2008). Ces successions s'accompagnent dans un même temps de bas et hauts niveaux marins : c'est le glacio-eustatisme. Lors du dernier maximum glaciaire (26 500 à 20 000 cal. B.P), le niveau marin était de  $-130 \pm 5$  m plus bas qu'à l'actuel (Clark *et al.*, 2009). Depuis, la transgression marine a permis d'envoyer progressivement la plateforme continentale avant d'atteindre le niveau actuel (0 hydrographique). Lors de l'occupation azilienne (-14 900 à -13 700 cal BP) du Rocher de l'Impératrice, le niveau marin est compris entre -100 et -70 m plus bas qu'à l'actuel. La rade de Brest, dont le substratum atteint dans les parties les plus profondes -50 m de profondeur, n'est donc pas encore sujette à l'incursion marine de la dernière transgression (à partir de 10 000 cal. BP) (fig. 8). À cette période, le Rocher de l'Impératrice surplombe un domaine exclusivement continental dont la roche, dénudée de tout sédiments, dessine une morphologie très étagée.

Le substratum rocheux de la rade de Brest se caractérise par une profonde incision (-20 m par rapport au fond environnant) des formations sédimentaires paléozoïques délimitant un vaste paléo-

réseau de drainage s'ouvrant sur le goulet actuel. Trois domaines morphologiques (T1 à T3), relativement plats (pente de 1 à 2°) et séparés les uns des autres par des ressauts topographiques de 5 m (pente de 4 à 5 %), encadrent les incisions. Ils délimitent trois niveaux d'étagement, apparentés à des terrasses, formées par stabilisation différente du niveau de base et marquant un encaissement progressif du réseau au cours des phases d'émersion de la rade, accompagnant les bas niveaux marins (Hallégouët, 1994). Le domaine basal (T1) est localisé à une trentaine de mètres sous le niveau marin actuel (0 hydrographique) il correspond à l'incision fluviale (jusqu'à près de 50 m). Le second domaine (T2) est plus large et localisé entre 20 et 25 m de profondeur. Il entoure le réseau de drainage sur une largeur pouvant atteindre 2.5 km. Le domaine T3 correspond aux secteurs les moins profonds de la rade de Brest (maximum 16 m) et forme les actuelles petites baies de la rade de Brest (baies de Daoulas, du Poulmic, du Fret et de Roscanvel).

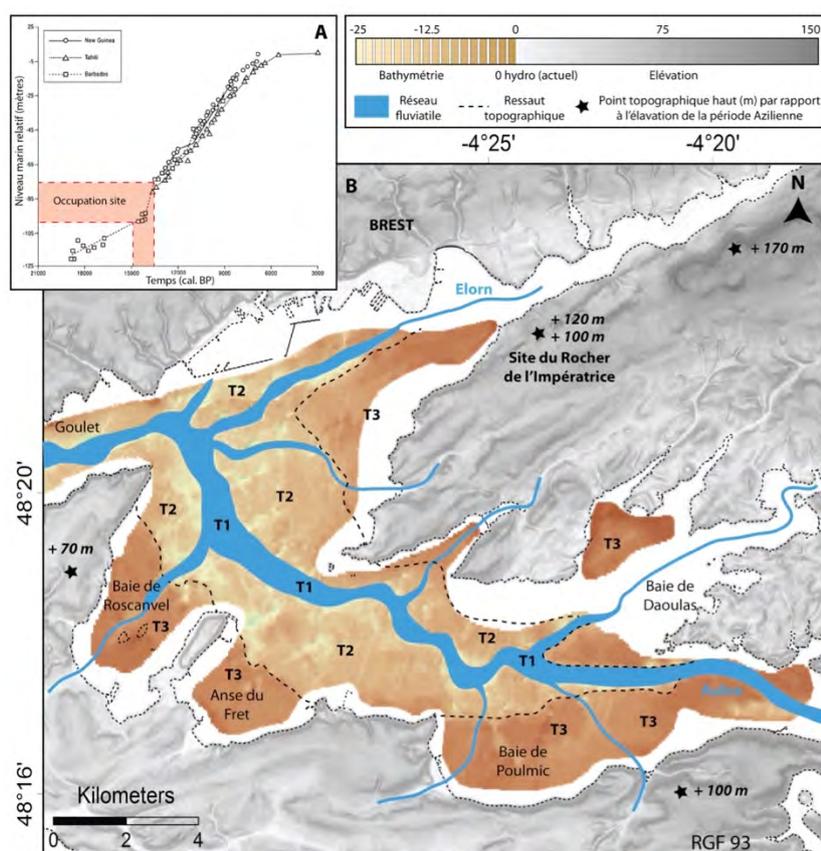


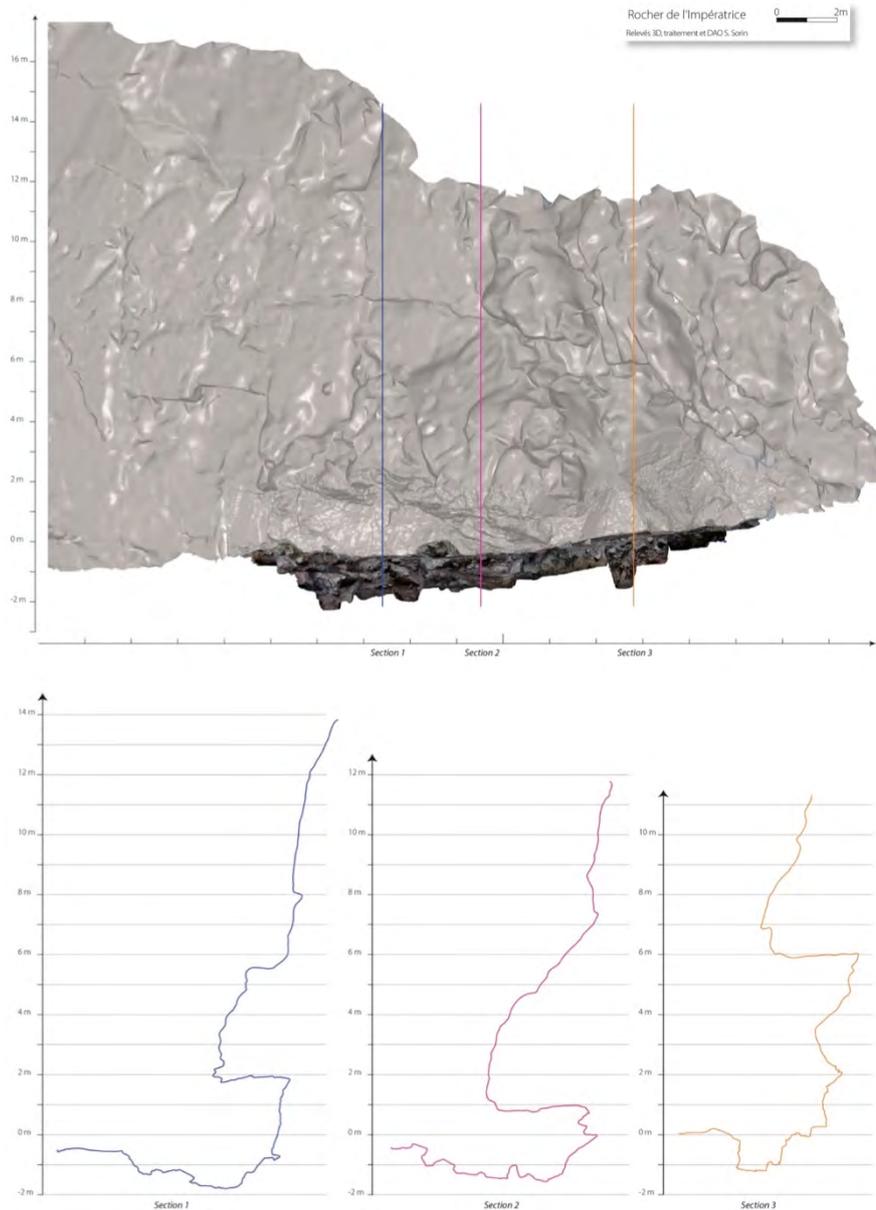
Figure 8. (a) Courbe du niveau marin relatif depuis le dernier maximum glaciaire (d'après Woodroff et Horton, 2005). (b) Interprétation de la morphologie de la rade de Brest au cours de la période azilienne d'après la bathymétrie du substratum (fond rocheux soustrait des sédiments) (brun) et l'altimétrie actuelle (gris).

Ainsi, à cette époque, la rade de Brest s'apparente à une large vallée encaissée dans laquelle est installé, en son centre, le réseau fluvial s'inscrivant dans la continuité des fleuves actuels (Elorn dans le bassin nord et Aulne dans le bassin sud). Sa particularité morphologique réside dans sa situation très abritée. Elle communique avec le plateau continental exclusivement par l'intermédiaire de l'étroit goulet (1.2 km de large) et est entourée par les reliefs, alternant entre crêtes et dépressions, des roches sédimentaires paléozoïques. L'abri du Rocher de l'Impératrice domine alors cette large vallée à plus de 100 mètres et de 120 mètres au toit du rocher.

## 7. L'ABRI DU ROCHER DE L'IMPÉRATRICE (N. Naudinot)

L'abri s'étend sur une dizaine de mètres de long (impératrice A) (fig. 6 et 9). Cette cavité est prolongée directement au sud par un nouvel abri, de forme triangulaire, plus haut et beaucoup moins abrité (impératrice B - fig. 9). La profondeur maximum de l'abri du Rocher de l'Impératrice

est de 3 m. Au centre, la hauteur de plafond peut atteindre 2 m de haut depuis le sol actuel (fig. 9). Il était, bien évidemment, plus haut au cours de l'azilien (environ 1 m de plus).



**Figure 9. Vue longitudinale et coupes de l'abri (S. Sorin).**

La plateforme actuelle devant l'abri présente une pente générale SW-NE.

## **8. DÉROULEMENT DE LA CAMPAGNE 2022 (N. Naudinot)**

Les précédentes campagnes de fouilles se sont concentrées sur le centre de l'abri principal où, après l'extraction de plusieurs très grosses dalles d'effondrement en grès armoricain de plusieurs tonnes, un vaste secteur présentant des conditions de conservation bien plus favorables que dans le fond de l'abri a été mis au jour. Cette aire du site a notamment permis la découverte de nombreuses concentrations cendreuse qui ont fait l'objet d'une attention toute particulière depuis 2017. La fouille minutieuse et complexe de ces structures a imposé un ralentissement conséquent de l'opération afin d'enregistrer un maximum d'informations et de chercher à comprendre la nature de ces concentrations et leur organisation spatio-temporelle.

La première journée de la campagne 2022 a été consacrée au nettoyage du site. Depuis quelques années une/des personne.s jettent régulièrement du matériel archéologique par-dessus la clôture qui

entoure l'abri : galets aménagés (dont certains ressemblant fortement à ceux de Menez Dregan), ossements pléistocènes, industrie moustérienne, néolithique... Ce sont plusieurs centaines de pièces qui ont été déposées ces dernières années : acte malintentionné ? volonté maladroite de remettre des pièces prospectées illégalement aux archéologues ? Le SRA Bretagne a été averti de ce phénomène très singulier. Ces dépôts sont en tout cas problématiques pour notre opération : impossible désormais de tenir compte des pièces découvertes en surface sur le site... Pire, comment interpréter la présence d'un éclat Levallois qui se serait glissé dans les niveaux aziliens en cours de fouille ? Il est donc indispensable avant le démarrage de chaque campagne d'évacuer un maximum de ces éléments qui polluent le site.

Après ces opérations de nettoyage, le site est ouvert (enlèvement des grandes grilles de fer à béton soudées les unes aux autres et amarrées à la paroi, enlèvement des sédiments, puis des bâches et écopage de l'eau). En parallèle, cette première journée est consacrée à la prise en main de la nouvelle station totale (TOPCON) avec l'aide d'Yves Le Boulh (Optirep Topo, Landerneau). Cet équipement est utilisé le même jour afin d'implanter un nouveau carroyage à partir d'une ligne tirée entre deux points du carroyage existant sur la ligne 16<sup>1</sup>.



**Figure 10. Nouvelle station totale TOPCON lors de l'implantation du carroyage de 2022**

Comme les trois dernières années, la majeure partie de cette campagne 2022 s'est concentrée sur la fouille du centre de l'abri, secteur ayant livré de nombreuses concentrations cendreuse dont il convient de comprendre les origines. Ce secteur a ainsi été fouillé cette année encore avec beaucoup de minutie, multipliant les coupes, prélèvements micromorphologiques, relevés papiers et photo ou encore photogrammétriques.

Au démarrage de l'opération, afin de reprendre la fouille à partir d'une meilleure base, une équipe a été chargée de fouiller les carrés N12 et N13 dans le fond de l'abri. Les sédiments très indurés et riches en petits cailloux de ce secteur n'avaient pas été fouillés jusqu'au même niveau que les carrés environnants. Il est en effet difficile dans ce secteur de définir si les sédiments doivent être

---

<sup>1</sup> Pour mémoire pour les campagnes à venir (afin d'éviter de perdre encore une journée à chercher l'origine de décalages dans la position des points de référence à cause de Leica) : si l'étiquette constructeur du mini prisme Leica indique une constance de 0, celle-ci est valable uniquement pour les stations Leica. Pour toutes les autres marques, cette constance est en réalité de -34,4 (-30 pour le prisme sur la perche)...

rattachés à l'US 102 (azilienne) ou à l'US 103 (LGM). La question reste ouverte mais l'hypothèse de 103 est privilégiée du fait de l'absence de matériel (fig. 11).



**Figure 11. Centre de l'abri après mise à niveau des carrés N12/N13/012**

De la même manière, un petit sondage au piochon est organisé en M13 ouest afin de vérifier la nature de l'US (102 ou 103).

La fouille du foyer FSU redémarre et débute par la fouille du quart Nord-Ouest du remplissage de cette possible structure.



**Figure 12. Reprise de la fouille de FSU au début de la campagne de 2022 (présence de matériel dans le remplissage)**

Les niveaux cendreuse de FSU semblant s'étendre vers l'Est (fond de l'abri), le quart Sud-Est de l'unité est ensuite vidé également en créant une coupe Nord-Sud perpendiculaire à la coupe Est-Ouest de 2019 plus importante et plus nette que celle réalisée au début de la campagne dans le quart Nord-Ouest (contrainte par des pierres). De la cendre et du charbon sont apparus sous une pierre dans la limite Est de FSU (pierre plate de champ). Ces éléments pouvant remettre en cause la position de la bordure Est de cette structure (bourellet de 102 limitant l'extension du remplissage cendreuse), décision est prise de mettre en place une coupe Est-Ouest entre FSU et la paroi qui traverse le petit remplissage cendreuse mis au jour sous la pierre. Cette fouille permettra de mettre en évidence une petite concentration indépendante de FSU (102 FO<sub>b</sub> ; cf. partie 11).

Le secteur à concentrations cendreuses des carrés L12/L13, a fait l'objet d'une attention toute particulière. La fouille de cette zone a vu se succéder, comme les années précédentes, la fouille par prélèvement de chaque poche de cendre et des petites coupes afin d'enregistrer la position de ces faits et la compréhension de leur organisation. La totalité des sédiments cendreuse ont été mis en sac pour être tamisés en colonne en post-fouille. Plusieurs palettes de caisses de sédiments ont ainsi été expédiées au CEPAM pour être traités. Dès que ce travail aura été réalisé il sera possible, nous l'espérons, d'avancer dans les différentes analyses et notamment l'étude anthracologique. Les informations détaillées sur ce secteur figurent dans la partie 11 de ce rapport. Au cours de la fouille de cette zone, plusieurs blocs, en ligne, qui séparaient artificiellement L12 Ouest et L13 Nord, ont été enlevés (fig. 13)<sup>2</sup>. Cette opération a permis de mettre en évidence la concentration cendreuse 102 FO<sub>g</sub> (cf. partie 11). Après avoir plutôt privilégié la fouille à plat avec relevés quotidiens au cours de la campagne 2022 dans ce secteur, une petite coupe est mise en place sur un axe Nord-Sud afin de mieux évaluer la puissance des différentes zones cendreuses et leurs orientations. Plus tard, en K13, une grosse dalle présente depuis le début de la fouille de ce secteur pourra être extraite. Plusieurs pièces sont découvertes dessous (fig. 14 et 15).

<sup>2</sup> Les sédiments issus du décapage sous ces pierres est marqué « L12O ss pierres limite L12-L13 »



Figure 13. Secteur entre L12 Ouest et L13 Nord après l'enlèvement de deux blocs limitant la lisibilité des extensions de zones cendreuses



Figure 14. Grosse dalle en K13 avant son extraction



Figure 15. Extraction de la dalle de K13 à l'aide du Tire-Fort



Figure 16. Fouille du carré K12 sur lequel les ruissèlements liés à la *drip line* sont bien visibles (clichés N. Naudinot, traitement L. Quesnel)

En J12, comme durant les campagnes précédentes, le remplissage est caractérisé par une couleur plus foncée (« *grey soil* » des années précédentes) et parfois une odeur très organique. La fouille de ce carré en 2022 confirme l'hypothèse d'un important ruissèlement dans ce secteur lié à l'écoulement de l'eau depuis les parois/les nombreux gros blocs d'effondrement qui était présent en surface (fig. 16). En J12 Sud, la fouille se concentre sur une nouvelle zone cendreuse très nette riche en charbons « 102 Fz » (cf. partie 11). Ce secteur est relevé de manière récurrente après chaque passe de 2cm (relevé photo et ajout lors de chaque relevé papier général sur papier).

La banquette le long de la bande 11 a également été fouillée cette année. La fouille de ce secteur a permis de mettre en évidence de nouvelles concentrations cendreuses. Très proche de la paroi de l'abri, ce secteur montre d'évidents témoignages de perturbations localisées (effet de parois notamment).

En K14, la fouille d'une concentration d'US 104 gris est poursuivie cette année jusqu'à atteindre l'US 102. Une grosse pierre est extraite afin de pouvoir plus facilement relier ce secteur à J12 (fig.17).



**Figure 17. Carrés K14 avant enlèvement de la grosse pierre**

Un carré a été ouvert en K16. L'objectif de cette opération a consisté à fouiller l'intégralité de l'US 108 de ce carré dont certains blocs, en coupe en L16, menaçaient de tomber. La fouille de ce secteur a livré un peu de matériel néolithique, ainsi que des charbons et des pierres rubéfiées (carré situé à proximité du petit foyer néolithique découvert en 2014 en L16 nord).



**Figure 18. Fouille de l'US 108 du carré K16**

Dans un petit terrier (sédiments humiques et meubles) une petite lame sous-crête compatible avec la composante azilienne, ainsi qu'un fragment de plaquette de schiste gravé ont été découverts le 13 juillet. Cette dernière pièce, découverte donc dans un remplissage largement remanié, pourrait correspondre à un nouvel élément de la plaquette *Buoc'h skedus* (tracés concentriques disposés autour de la tête de l'aurochs), même s'il n'est pour le moment pas possible de la remonter au reste de l'ensemble malgré les tentatives que nous avons mené avec Elena Paillet (fig. 19).



**Figure 19. Fragment de plaquette de schiste gravée découverte dans un terrier dans l'US 108 de K16 et qui pourrait correspondre à un élément de la plaquette aux aurochs *Buoc'h Skedus***

Une petite opération est menée dans l'abri 2, dans le secteur dans lequel avait été le grand foyer à sole empierrée néolithique. La question de la nature et de l'origine de l'US 107 de ce secteur restait en effet un problème. Les dernières réflexions sur cette couche seront développées dans la partie 10.

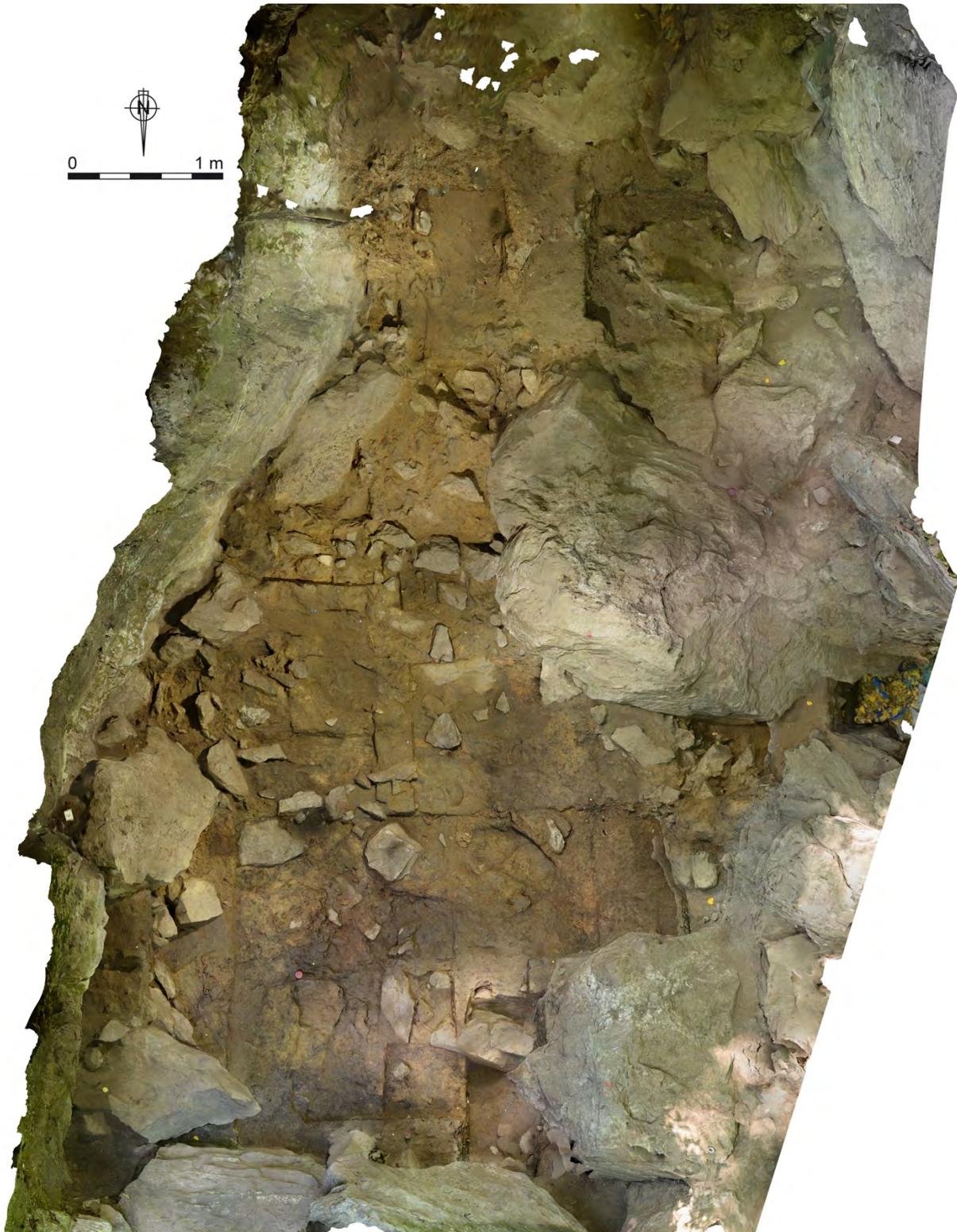


Figure 20. Photogrammétrie générale de fin de fouille (clichés. Naudinot, traitement L. Quesnel)

## 9. PROTOCOLE DE FOUILLE (N. Naudinot)

### 9.1. Installation des stations

Le sol forestier du Rocher de l'Impératrice pose des problèmes récurrents avec la station totale. Il est en effet difficile sur ce sol humique instable de caler l'équipement. Après différentes tentatives de terrassement/installation d'une dalle de béton, la décision a été prise d'installer le tachéomètre en « station libre » chaque jour et non à partir d'un point 0 fixe sur le site.

Suite à de gros soucis de bulle électronique sur la station totale Leica jusqu'alors utilisée au Rocher de l'Impératrice et à ses conséquences sur les données des années précédentes, un nouvel équipement a été utilisé en 2022 (TOPCON).

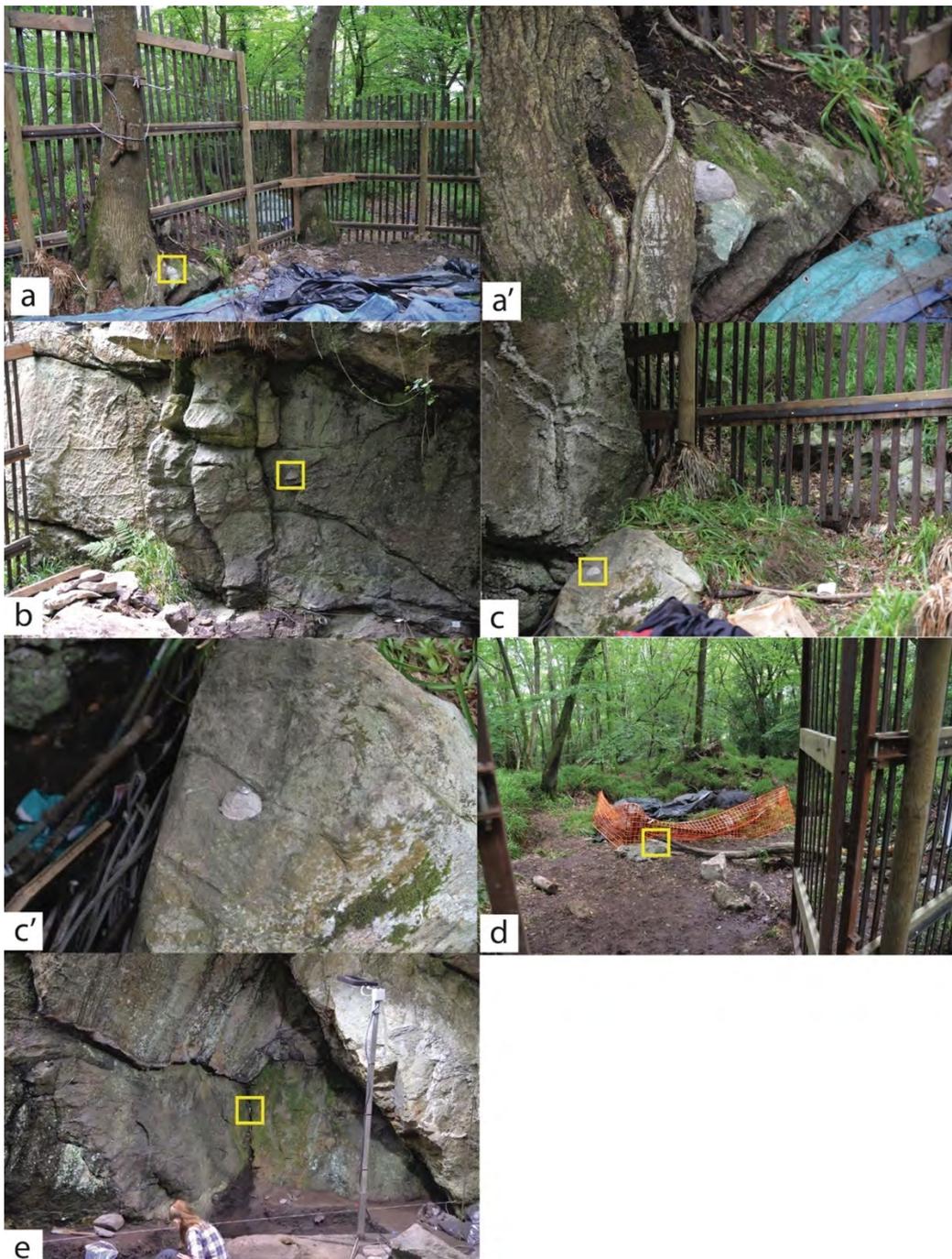


Figure 21. Emplacement des points de référence de 2017.

Plusieurs points de références ont été installés depuis 2013 sur le site :

1) Une première série de trois points installés en 2013 (croix burinées sur la plateforme au pied des voies d'escalade, croix burinée sur un bloc qui ferme l'abri au sud, croix burinée sur un bloc de grès localisé plus bas dans la forêt) ;

2) Une deuxième série en 2015 ;

3) Une troisième série de 5 points, plus précis et matérialisés par des clous d'arpenteurs en 2017 :

- Le point 1 est installé sur un bloc de grès pris sous un tronc bordant la clôture (fig. 21, a et a') ;
- Le point 2 est installé sur la paroi de l'abri à l'extrémité nord du site (fig. 21, b) ;
- Le point 3 est installé sur le même bloc de grès que le point 2 de 2013, au sud du site (fig. 21, c et c') ;
- Le point 4 est situé sur un bloc de grès localisé en dehors de l'emprise de la clôture, dans l'axe de la porte (fig. 21, d) ;
- Le point 5 est quant à lui uniquement utilisé pour vérifier les mesures en mode laser. Il est installé dans une faille dans le fond de l'abri 2 (fig. 21, e).

4) Trois nouveaux points de référence cette année :

- Un premier (Point 6), à proximité du point 2 de 2017 (fig. 22 ; a) ;
- Un second (Point 7), sur un des fragments de la dalle extraite en 2017 (fig. 22 ; b) ;
- Un troisième (Point 8), sur la paroi de l'abri 2 derrière le bureau (fig. 22 ; c).

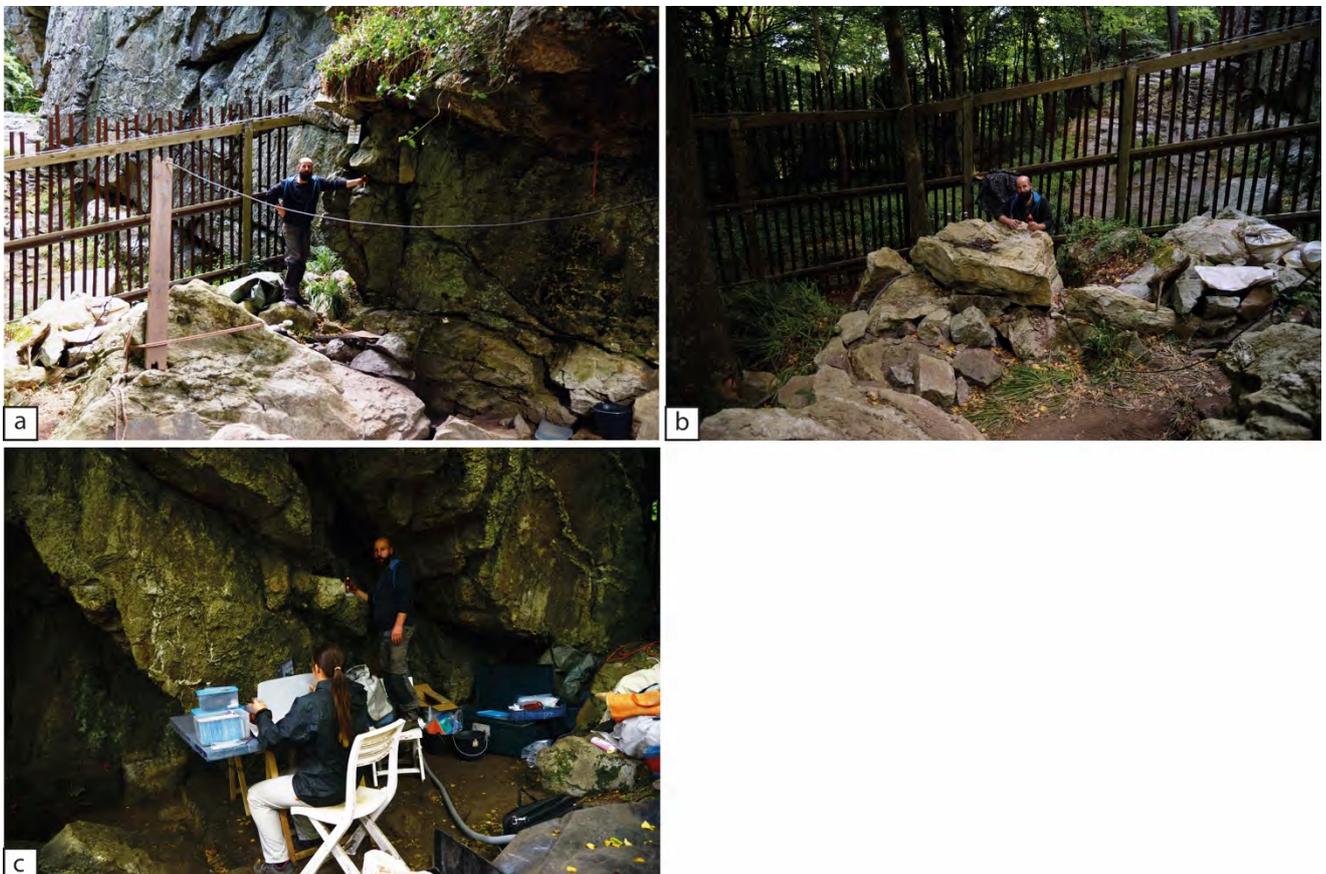


Figure 22. Nouveaux points de référence installés en 2022

## 9.2. Protocole général de fouille

Du fait de la position du site au cœur d'un espace forestier protégé et distant de la route de plus de 200 m, aucun moyen mécanique n'a été employé durant l'opération. La fouille à la main a été adoptée depuis la surface jusqu'à la fin de la campagne. L'opération a été menée à la truelle par passes successives dans le niveau archéologique, mais également dans les niveaux superficiels. Si ce protocole de fouille a eu pour effet de largement ralentir l'avancement de l'opération, l'emploi d'outils lourds comme des pioches a été proscrit afin de ne pas dégrader le mobilier présent dans ces couches, certes remaniées, mais riches en matériel, y compris en plaquettes gravées. Ces outils ont uniquement été employés parfois dans l'US 103, lorsque nous avons cherché à évaluer la puissance de ce remplissage pléiglaciaire qui n'a livré aucun matériel.

Les décapages réalisés ont des épaisseurs différentes selon les niveaux et les secteurs investis. Ainsi, si des passes de 10 cm, et même parfois 20 cm, ont été mises en place dans les couches supérieures, à l'évidence remaniées, les niveaux les mieux conservés ont été fouillés par passes de 5 cm pour l'US 108 et 2 cm pour l'US 102.

Une base informatique a été mise en place durant la fouille afin d'archiver l'épaisseur de chaque passe, ainsi que pour faire le point sur l'enregistrement (US, description pédologique, réalisation du relevé des pierres, prise de l'altitude de la fin de passe ; fig. 23).

L15													
Prénom	Date	Décapage	Épaisseur (en cm)	Niveau Atteint	US 2014	US 2015	US 2016	Pédo	Relevé	Z	Nombre de sexes (avant tamisage à vezi)	Matériel	Observations
Manon Vallien / Michel Le Goffic	11/07/2014	1 - Est	10	12		CA101	101	A1	Faits : deux relevés détaillant les deux étapes du décapage, liées à des superpositions de pierres	-0,637		RAS	Zone de déblais.
	Jonathan Jacquet	1	10	12		CA101	101	A1				RAS	RAS
Eugène Antoinnes-Basso	15/07/2014	2	10	22	CA101	CA101	101	A1	Fait	-0,812		RAS	Nettoyage d'un terrier.
		3	10	32	CA101	CA101	101		Fait	-0,887		RAS	Retrait d'un rocher.
	21/07/2014	4	10	42	CA101	CA101	108	A2	Fait	-0,976		RAS	RAS
	22/07/2014	5	10	48-55			104	A2	Faits : deux relevés détaillant les deux étapes du décapage, liées à des superpositions de pierres	-1,076		Lame dans la fin du décapage 5.	Les sous-carrés Nord et Est sont plus limoneux que les sous-carrés Sud et Ouest. Similaire au L16. Possible apparition d'une zone cendreuse sous le limon.
23/07/2014	6 - Nord	10	62	CA104	CA104	104	A2	Fait	-1,089		RAS	Terre meuble.	
	6	10	62	CA104	CA104	108	A2				Eclat de silex dans le sous-carré Est.	RAS	
Leïla Horeau / Vincent Venny	24/07/2014	7	10	71	CA104	CA104	108	A2, puis B1/B1é	Fait	-1,259		Un silex dans le sous-carré Ouest, en A2.	Pédo B1, sauf en Ouest où A2.
Jonathan Jacquet	25/07/2014	8 - Est	10	80	CA104	CA104	108	B1/B1é/B2	Fait	-1,3		RAS	Changement de pédo en B2.
Vincent Venny	26/07/2014	9	10	90	CA108	CA108	108	B2	Fait			RAS	Niveau B2 atteint partout.
	29/07/2014	10	10	100	CA108	CA108	108	B2	Fait	-1,526		RAS	Fouille du B2, quelques blocs apparents. Prélèvement effectué en Est.

Figure 23. Informatisation du cahier de relevés (C. Pruvost).

La fouille a été grandement facilitée par l'installation de prises électriques sur deux points du site. Ces câbles ont été tirés depuis le chemin de Coat Pehen, situé environ 200 m en contrebas de l'abri, par la société Le Lann à Plougastel-Daoulas. Cette installation nous a permis de mettre en place un éclairage adéquat facilitant la fouille, le repérage des pièces et surtout la lecture des stratigraphies. Cet accès à l'électricité nous a également permis d'utiliser des perforateurs électriques lors de la destruction de certains blocs ou des postes à souder pour la sécurisation annuelle du site (fig. 24). En 2017, nous avons changé notre système d'éclairage pour un système à LED donnant une lumière plus naturelle facilitant énormément la lecture des US.



Figure 24. Installation de l'électricité et de l'éclairage sur le site (N. Naudinot).

Les vestiges mis au jour ont été relevés à l'aide de la station totale et isolés dans un sachet dans lequel une étiquette, mentionnant le numéro de la pièce, le carré, le sous-carré (nord, sud, est ou ouest), l'US et le numéro du décapage, a été systématiquement glissée. Des carnets à souche et à numérotation continue ont été imprimés par la société Le Piment Graphique à Crozon, afin d'éviter les phénomènes de doublons et de toujours avoir la possibilité de revenir sur les étiquettes en cas d'erreur (fig. 25).

<p>□</p> <p><b>Rocher Impératrice</b></p> <p>N° 0000</p> <p>Carré : .....</p> <p>US : .....</p> <p>Déc. : .....</p>	<p><b>Rocher de l'Impératrice</b> <i>Plougastel-Daoulas (29)</i></p> <p>N° 0000</p> <p>Carré / Sous-carré : .....</p> <p>US : .....</p> <p>Décapage : .....</p>
---	---

Figure 25. Étiquettes à souche utilisées lors de l'opération.

En ce qui concerne le marquage du matériel, hormis en 2013 où les pièces de l'abri 2 avaient fait l'objet d'une numérotation particulière (de type ImpB000), durant les autres campagnes, ce matériel a été inclus dans la même numérotation que les pièces provenant de l'abri 1 (Imp000). Le matériel n'a pas encore été marqué intégralement. Ce protocole sera mis en place une fois l'étude fonctionnelle terminée afin de ne pas gêner la lecture des traces. C'est l'ambition, à terme, de la mise en place d'un protocole de remontage exhaustif qui impose ce marquage.

Pour chaque élément lithique taillé, la position « à plat », « de champ » ou « verticale » de la pièce a également été enregistrée afin de pouvoir, au besoin, mettre en place une analyse de fabrique très allégée. Dans quelques carrés tests, des relevés plus poussés ont été mis en place dans la même optique (orientation et inclinaison de la pièce relevées à l'aide d'une boussole et d'un inclinomètre). En dehors des vestiges lithiques, les galets, ainsi que les plaquettes de schiste potentiellement gravées découvertes à la fouille ont été enregistrés et prélevés. Les objets modernes et contemporains (verre, métal, plastique) ont également enregistrés et prélevés dans le

cas où ils pourraient s'avérer intéressants afin de discuter de la position des perturbations localisées sur le site.

Lors de la fouille de la surcouche, seuls les blocs de plus de 50 cm ont été relevés sur papier millimétré en précisant la nature des matériaux et leur éventuelle altération thermique, afin de potentiellement pouvoir repérer des aménagements mis en place au cours de l'histoire. En revanche, sur le niveau azilien la totalité des pierres de plus de 20 cm ont été relevées dans la perspective d'identifier de possibles aménagements de l'espace (fig. 26 et 27). Devant la très grande densité de blocs sur le site et l'absence de structuration évidente, nous n'avons finalement pas opté pour la mise en place d'une infographie intégrale des relevés. Cette opération apparaît comme beaucoup trop longue et finalement pauvre en apports scientifiques. La documentation papier reste dans tous les cas disponible dans les archives pour des reprises ultérieures. Les concentrations cendreuse, sur lesquelles se sont basées ces campagnes de fouille, ont également toutes été relevées. Elles ont également souvent fait l'objet d'enregistrements photogrammétriques (fig. 28) et de relevés topographiques. Afin de faciliter la compréhension de leur organisation, thématique centrale du programme, nous avons privilégié une infographie synthétique plutôt que l'accumulation de documentation isolée. Nous avons également eu recours à la photogrammétrie pour les coupes en plus des relevés classiques sur papier millimétré. De grandes photogrammétriques générales ont également été réalisées à la fin des opérations de 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 et 2022.



Figure 26. Prise de mesure pour le relevé des pierres d'un foyer dans l'US 108 (V13) (C. Frésillon, CNRS).



**Figure 27. Dessin des pierres d'un foyer dans l'US108 (V13) (C. Frésillon, CNRS).**



**Figure 28. Prises de clichés pour la photogrammétrie d'une petite coupe (C. Frésillon, CNRS).**

### **9.3. Tamisage et tri (A. Flageul et V. Duigou)**

Depuis 2014, la station de tamisage/tri, composée de deux algécos accolés, est installée au port du Passage (Plougastel-Daoulas), au bord de la rivière l'Elorn, à 500 m en contrebas du site de fouille (fig. 29). Depuis 2016, l'association du Passage (club nautique) a mis à notre disposition leur parking privatif délimitant ainsi notre espace de circulation et de travail sans gêner les riverains et autres promeneurs et ainsi travailler sereinement. Ce lieu très fréquenté permet de répondre aux interrogations des passants, d'expliquer les activités de post-fouille souvent

méconnues du public. Ceci complète les visites du chantier programmées chaque mercredi et mises en place depuis 2018 par Nicolas Naudinot.



Figure 29. Caisses de refus de tamis en cours de séchage avant le tri (cliché CFRA)

La totalité des sédiments issus de la fouille sont soigneusement tamisés à l'eau, à la maille 2 mm, après un tamisage à sec sur le site. Cette opération est menée à l'aide d'une station de tamisage fixe et d'eau douce sous pression mise à disposition par Brest Métropole par l'intermédiaire du club « l'Aviron Brestois » (fig. 30). Les eaux boueuses sont évacuées en dehors de la zone portuaire par un système de tuyaux.



Figure 30. Tamisage à l'eau sous pression au port du Passage (cliché CFRA)

Les sédiments sont comptabilisés par seau. Ils sont descendus de la fouille en moyenne quatre fois par jour et sont traités par une équipe mobilisant environ la moitié de l'effectif en alternant les activités de fouille et de tri sur la semaine.

Après un tamisage à l'eau douce sous pression, les refus de tamis sont séchés, mis en sac et triés (fig. 31). Les deux locaux de chantier (avec branchements électriques) permettent de stocker les sédiments, le matériel et d'établir un poste de tri à l'abri des intempéries. Le protocole de tri consiste à prélever et conserver, dans toutes les US, les artefacts lithiques et céramiques, les fragments de plaquettes de schiste ainsi que les charbons ; seuls les très nombreux charbons de bois de l'US 101 (foyers modernes) ne sont plus recueillis (protocole établi par Isabelle Théry-Parisot à partir de 2016). Les éléments métalliques et morceaux de verre sont conservés et pourront être pris en compte lors d'études complémentaires.



Figure 31. Tri des refus de tamis dans la base du port du Passage (C. Frésillon, CNRS).

En 2019, des niveaux de sol argileux (US 102) ont été atteints. Ces sédiments très compacts se délitent difficilement dans l'eau. Au séchage, ils se transforment en petites mottes qui doivent être écrasées précautionneusement afin de récupérer éventuellement du matériel (schiste, charbon, artefacts lithiques).

Suivant les US, les sédiments cendreuseux/charbonneux ont été directement prélevés à la fouille et seront traités en laboratoire.

La zone fouillée en 2022 a demandé un aménagement de la technique de prélèvement des sédiments :

- Les zones charbonneuses ont été prélevées en totalité en vue d'analyses en laboratoire
- Les autres zones ont bénéficié d'une fouille minutieuse et les sédiments à traiter sur place ont été prélevés par demi-seau.

Du fait de ce protocole, la totalité des refus de tamis, soit 327 sacs, ont été intégralement triés lors de la session de fouille de juillet 2022.

#### 9.4. Analyses de fabriques

Depuis plusieurs années nous procédons à des analyses de fabriques sur le site. Plusieurs méthodes sont employées. Une première concernant l'intégralité du matériel archéologique collecté à la fouille consistant uniquement à relever l'inclinaison relative de la pièce par rapport au sol (« à plat », « de champ » ou « vertical »), et une seconde approche, plus détaillée et

quantitative, réservée à de petits secteurs échantillonnés. C'est de cette approche dont il est question dans cette partie.

Lors des précédentes campagnes, le relevé de ces mesures avait déjà été réalisé dans plusieurs secteurs du site. Si les mesures d'orientations avaient été exploitées (notamment sous la dalle extraite en 2016), ce n'est pas le cas des mesures d'inclinaison. Le sol n'étant pas plat et très hétérogène, il nous semblait en effet que la mesure de l'inclinaison de la pièce ne pouvait pas apporter d'informations pertinentes. Afin de remédier à ce problème, nous avons fait le choix cette année de mesurer deux inclinaisons différentes : 1. Celle du sol ; 2. Celle de la pièce, et de calculer ensuite la différence entre ces deux mesures. La valeur obtenue nous semble bien plus pertinente afin de chercher à évaluer les conditions de conservation des niveaux archéologiques (fig. 32).

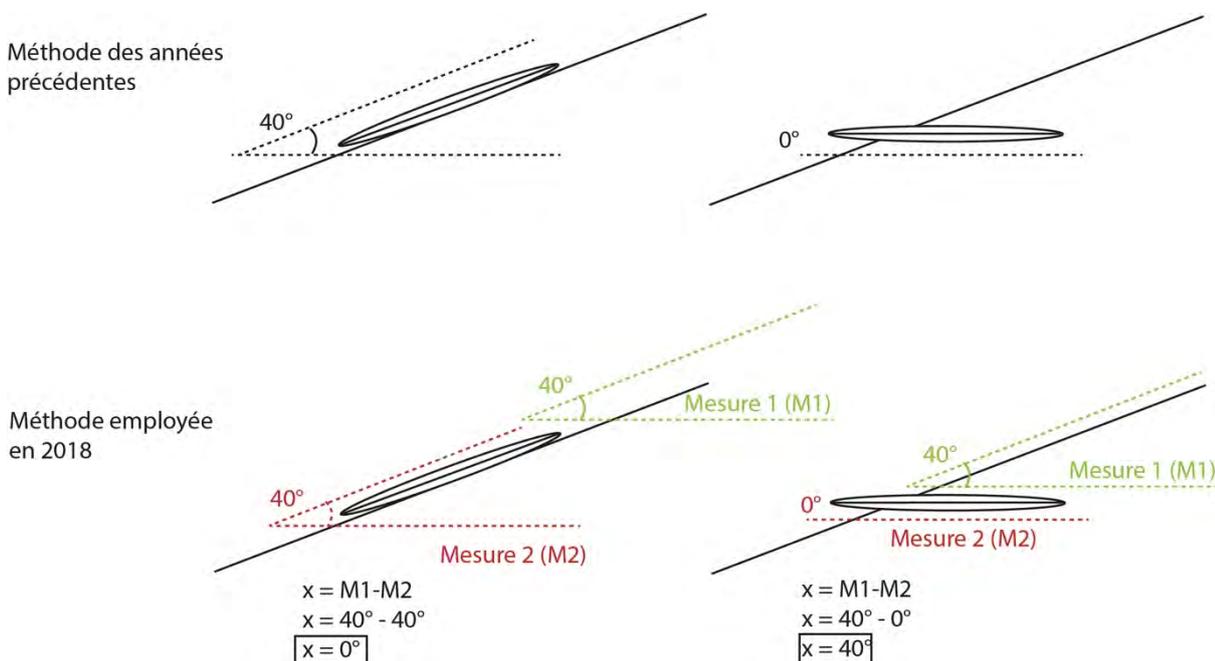


Figure 32. Comparaison des protocoles de prises de mesures des inclinaisons des pièces.

Ce protocole part du principe que l'inclinaison du sol de la fouille correspond à celle du sol archéologique. Il est malheureusement difficile de l'attester dans la plupart des cas car même si les décapages cherchent à suivre des pendages, ils restent artificiels. Seules les pièces récoltées sur des niveaux d'interfaces entre deux US peuvent possiblement reposer sur un sol d'inclinaison représentatif. Si des mesures ont été prises dans toutes les conditions, seules les pièces récoltées dans cette situation seront mobilisées dans l'analyse. Les autres ont été marquées d'une « \* » au relevé et pourront toutefois être mobilisées à des fins de comparaisons.

## 10. Note SUR LES PRELEVEMENTS GEOARCHEOLOGIQUES REALISES LORS DE LA CAMPAGNE DE TERRAIN 2022 (M. Laforge et A. Zanotti)

Lors de cette campagne de terrain 2022, nous avons poursuivi nos investigations dans le secteur des cuvettes cendreuses et au niveau du foyer Fsu (fig. 33). L'objectif était de collecter de nouveaux prélèvements micromorphologiques et sédimentologiques (tab. 1) aux endroits stratégiques afin d'apporter de nouvelles réponses notamment quant à l'hypothèse d'une occupation multiple et saisonnière de l'abri.

Les blocs et prélèvements en vrac sont actuellement en cours de traitement à PACEA. Les lames minces seront examinées par R.I. Macphail au printemps prochain.

Deux nouveaux blocs ont été prélevés dans des lentilles cendreuses, en L12 et M13 :

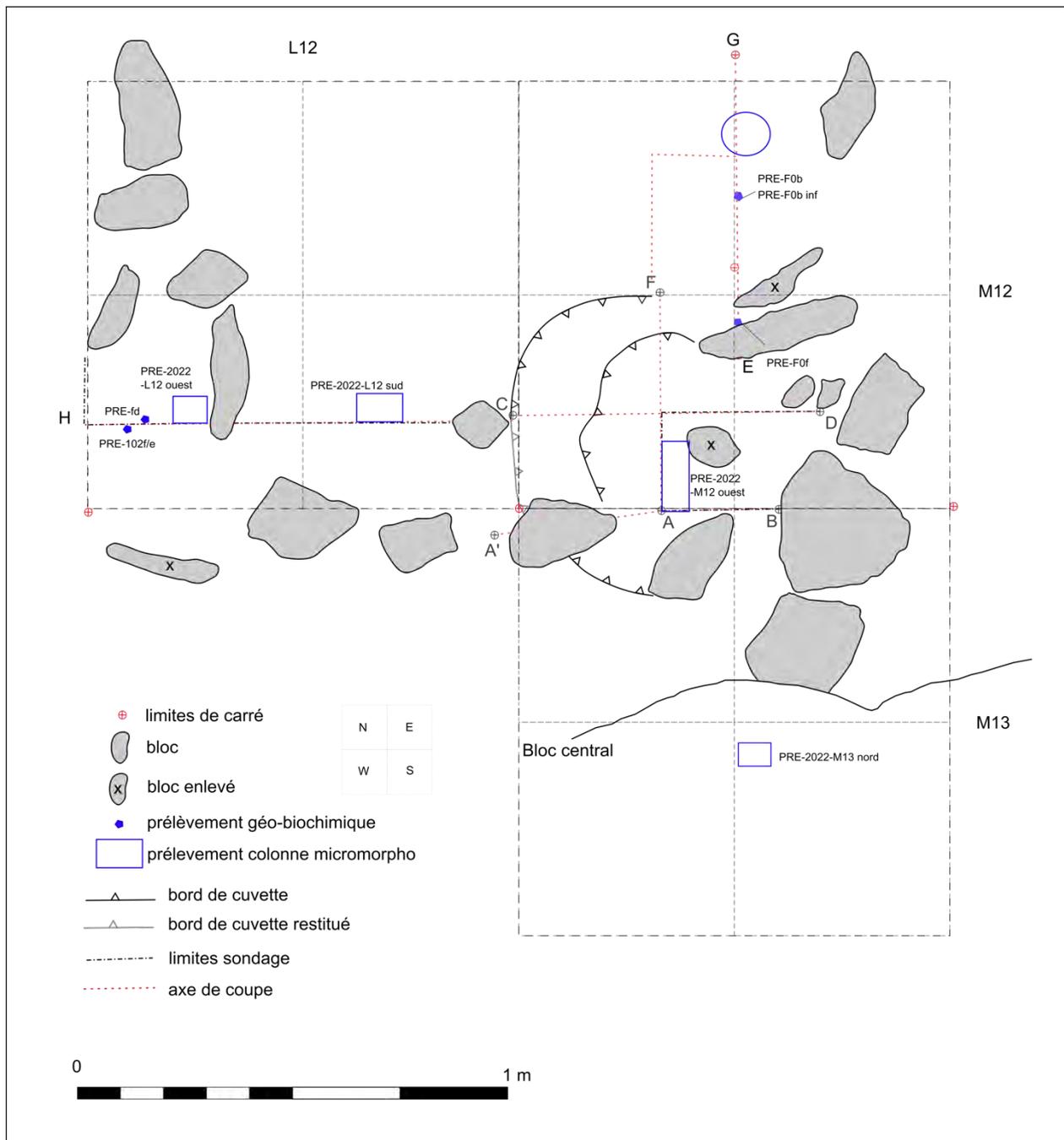
- PRE2022-L12sud : en coupe nord-sud des sous-carrés L12 ouest et L12 sud. Le prélèvement en bloc, sur toute la hauteur de la coupe, mesure 10 cm de hauteur, et inclut les US 102 et 102F (fig. 34).

- PRE2022-L12ouest : également en coupe nord-sud des sous-carrés L12 ouest et L12 sud, ce prélèvement mesure 11 cm de haut et permettra l'examen des cuvettes 102 Fd et 102 Fc/e (fig. 34).

D'autre part, PRE2022-M13 a été extrait sous le bloc effondré en partie centrale de l'abri en M13 nord. D'une hauteur de 8 cm, il inclut les US 102 et 108, au seul endroit où le contact entre ces 2 unités est encore préservé. Ce prélèvement servira à vérifier l'hypothèse d'un lambeau de surface d'occupation préservée.

Année du prélèvement	Année de l'étude	N° PRE	lame(s) associée(s)	localisation	US	hauteur (cm)	référence rapport R.I. Macphail
2014	2016	PRE2014-C56-S15sud	Col-1A Col-1B Col-1C	S15-sud coupe S15-S16 nord	101 108	34	November 2016 37 p.
		PRE2014-C57-S15est	Col-7A Col-7B		104	23	
2015		Bloc 2	1 lame Bloc 2	T16	102	14	
		Bloc 1	1 lame Bloc 1	L14-15 coupe L	104 102	14	
2016	2018	PRE2016-0-N13	M1 M2 M3 M4	0-N13 coupe N13 sud-nord	101 102 et sa partie sommitale (120 ?) 103		August 2018 26 p.
2017	2019	PRE2017-1-Q15	Q15-1 Q15-2	Q15 coupe Q-R sud-nord	102 (+120 ?)		January 2020 39 p.
		PRE2017-3-L12sud	L12-1 L12-2	L12 sud coupe L13-L12 ouest-est	108 102 et 120		
		PRE2017-2-L15	L15-1 L15-2	L15 coupe L16-L14 ouest-est	surtout 104 120 possible		
		PRE2017-5-O14sud	O14sud	O14 sud coupe O14 b est-ouest	possible base 108 120 et 102		
2018	2020	PRE2018-L12ouest	3/3 2/3 1/3	L12 ouest « zigzourat »	base 108 possible cuvettes cendreuses 102f		November 2020 19 p.
2022 (micromorphologie)	2023	PRE2022-W13est-107		W13 est	107	14	
		PRE2022-L12 sud-102f		L12 sud coupe N-5 des sous-carrés L12 ouest et L12 sud	102-102f	10	
		PRE2022-M13nord-102/108		M13 nord	102-108	8	
		PRE2022-M12ouest-FSU6-5		M12 ouest	FSU 6-5	15	
		PRE2022-M12ouest-FSU5-4-3-2		M12 ouest	FSU 5-4-3-2	12	
		PRE2022-L12ouest-102fCDE		L12 ouest coupe N-5 des sous-carrés L12 ouest et L12 sud	102-102fCDE	11	
2022 (granulométrie)	2023	PRE2022-W13est-107-granulo		W13 est	107		
		PRE2022-M12ouest-FSU1		M12 ouest	FSU 1		
		PRE2022-FSU2		M12 ouest	FSU 2		
		PRE2022-FSU3		M12 ouest	FSU 3		
		PRE2022-FSU4		M12 ouest	FSU 4		
		PRE2022-FSU5		M12 ouest	FSU 5		
		PRE2022-FSU6		M12 ouest	FSU 6		

**Tableau 1. Tableau d'inventaire des prélèvements géoarchéologiques depuis 2014. Apports de la campagne 2022.**

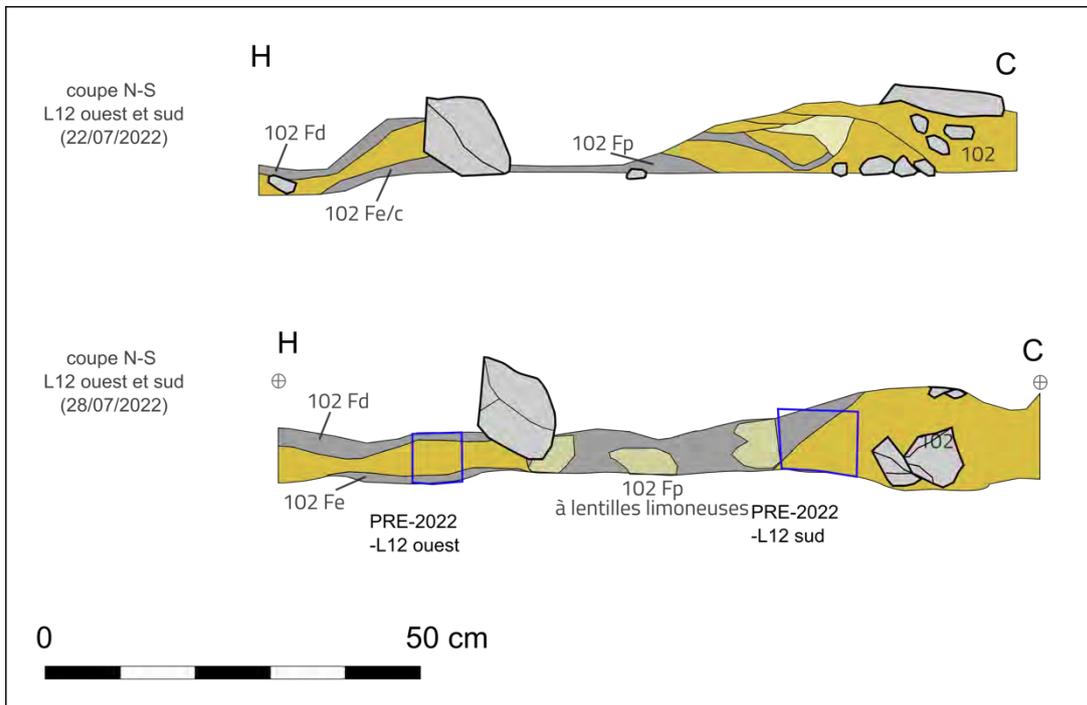


**Figure 33. «Plan-ZC\_ML\_AZ» : Plan du secteur L12-M12-M13, incluant le foyer Fsu, les axes de coupes et l'emplacement des prélèvements réalisés en 2022. DAO : A. Zanotti.**

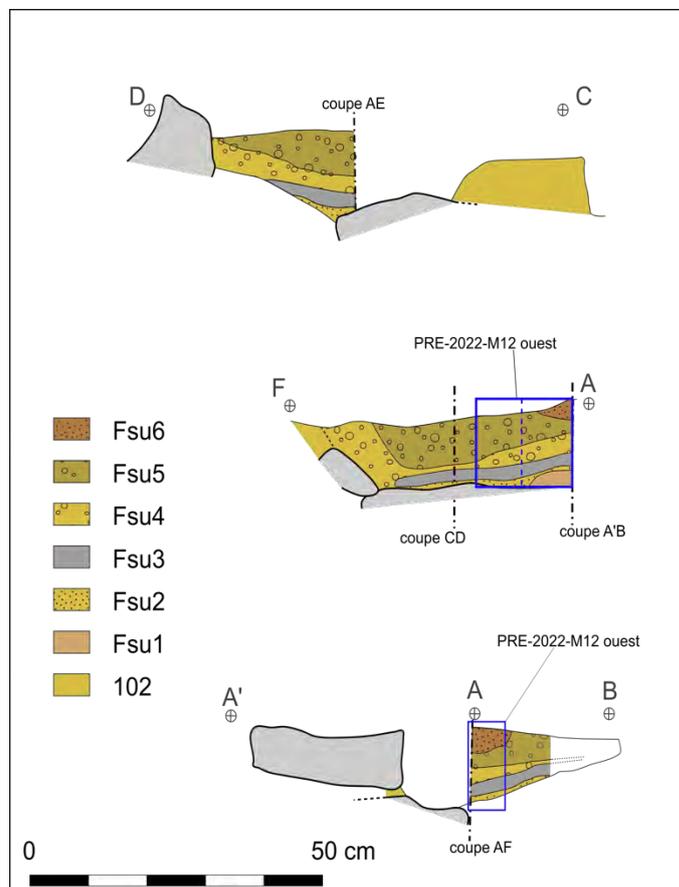
À cause d'une mauvaise cohésion des blocs micromorphologiques prélevés en 2019 au sein de la cuvette Fsu, un bloc a été extrait en 2022 en M12 ouest : PRE2022-M12ouest (fig. 35). Il se scindera en 2 colonnes : l'une destinée à documenter l'intégralité de la séquence de remplissage (Fsu1 à 6), la seconde documentera les comblements au centre de la structure, Fsu 1 à 5. Des prélèvements en vrac ont également été réalisés dans chacune des unités de comblement de la cuvette pour analyse microgranulométrique. La sédimentologie nous permettra de préciser les modes de dépôt de ces niveaux. En parallèle à ces études, une analyse géochimique et microbiologique des unités de comblement sera conduite par Ivy Notterpek.

Enfin, dans l'abri 2, en W13 est, le PRE2022-W13est est positionné dans la coupe est-ouest. Il vise à préciser la nature et le mode de dépôt de l'US 107, unité localisée uniquement dans ce secteur de l'emprise fouillée et sous-jacente à l'US 108. Ce niveau pourrait être un apport anthropique, ou bien un faciès très éluvié de l'US 104 (dépôt éolien en position secondaire et postérieurement

illuvié) préservée quant à elle en coupe L. L'analyse micromorphologique et microgranulométrique de l'unité 107 permettra les comparaisons avec l'US 104 afin de corroborer ou non ces hypothèses.



**Figure 34. CoupeHC\_ML\_AZ » : Coupe H-C orientée nord-sud des sous-carrés L12 ouest et L12 sud. Localisation des blocs micromorphologiques PRE2022-L12ouest et PRE2022-L12sud. DAO : A. Zanotti.**



**Figure 35. CoupesFsu\_ML\_AZ » : Coupes D-C, F-A et A'-B du foyer Fsu en M12 ouest. Localisation du bloc micromorphologique PRE2022-M12ouest. DAO : A. Zanotti.**

## 11. ZONES CENDREUSES (M. Hesry ; M. Laforge ; E. Le Gueut ; N. Naudinot ; A. Zanotti)

NB : Les concentrations nommées « Zone cendreuse » sont des zones riches en cendres/charbons, homogènes et bien délimitées. Les secteurs « marbrés » sont des zones riches en cendres/charbons montrant des litages ou des poches de limons jaunes (102) sans qu'il soit possible de délimiter les extensions de ces différents remplissages. Les « traces » sont des plaquages cendreux sans épaisseur.

### 11.1. Description des différentes entités identifiées

- **Ensemble Fa-Fb-Fn** : **Fa/Fb** sont deux lits cendreux et charbonneux qui s'individualisent dans une cuvette (fig. 36). Ces ZC apparaissent en 2018 en K12 Sud et Est sous le bloc extrait en 2017. Ces unités ont totalement été fouillées et ne sont aujourd'hui plus visibles sur le site. Ces lits cendreux présentent un fort pendage vers l'Ouest. Elles sont comprises dans un prélèvement micro-morphologique. Ces deux ZC ont été interprétées comme correspondant à des composantes d'une ou plusieurs cuvettes de **Fn**. **Fn** est une épaisseur de sédiments marbrés, cendreux et de limons jaunes homogènes. La question du lien avec l'ensemble **Fi2-Fd-Fe** sera posée plus loin.

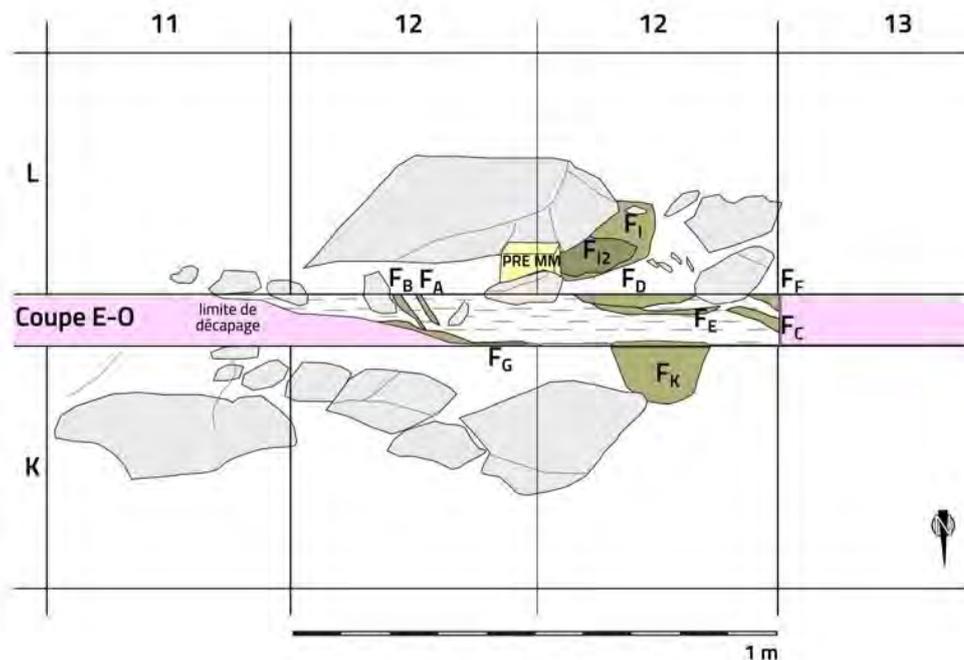


Figure 36. Schéma synthétique du secteur des cuvettes cendreuses 102F<sub>A</sub> à 102F<sub>K</sub>. Vues en coupe et en plan.

- **Fc et Ff** : Ces deux petites ZC sont apparues en 2018 en L12 ouest dans la coupe E-O (fig. 37). En 2022, elles n'ont plus le statut de ZC mais plutôt de traces.

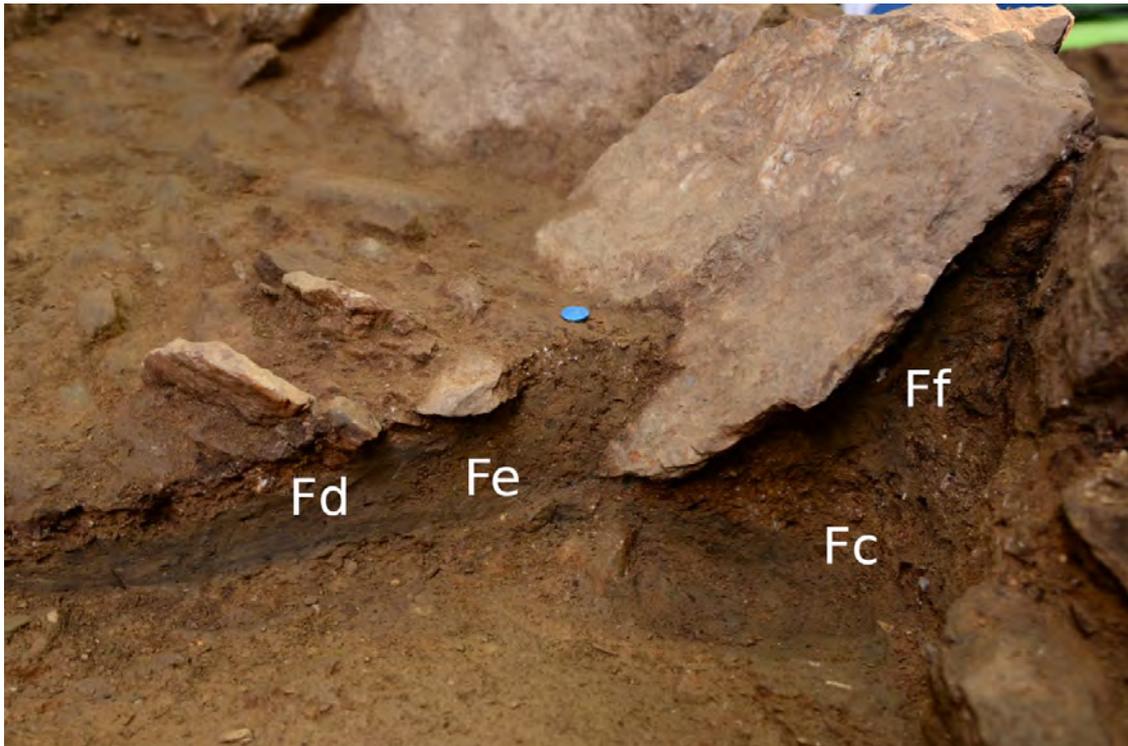


Figure 37. 102FD et 102FE au centre de la photo, 102FC en bas à droite et 102FF en haut à droite.

- **Ensemble Fi2-Fd-Fe** : **Fi** (anciennement **Fi1**), jusqu'alors traité comme une zone cendreuse est aujourd'hui considéré comme une simple pellicule cendreuse (*i.e.* trace). **Fi2** est considérée comme une dépression plus marquée au sein de **Fi** et constitue donc une véritable zone cendreuse. Les points topographiques pris dans **Fi2** semblent donner une altitude comparable à celle de **Fd/Fe**. En fin de campagne 2019, une fine couche de 102 (parfois mentionnée comme 112 par M. Laforge) recouvrait encore une partie de la surface de **Fd/Fe** (fig. 38). Cette couche ôtée (fig. 39) nous permet d'attester un lien entre **Fi2** et **Fd/Fe**. La question du lien avec l'ensemble **Fa-Fb-Fn** sera posée plus loin.

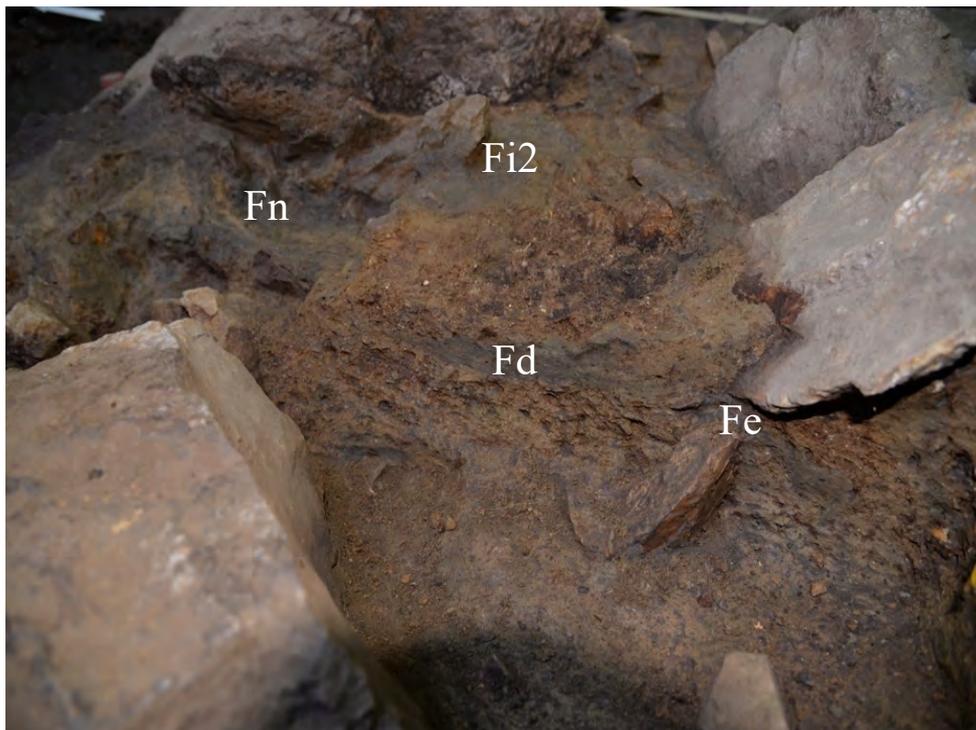


Figure 38. Fd et Fe (en coupe) recouvertes par une couche de 102 et séparés de Fi2.

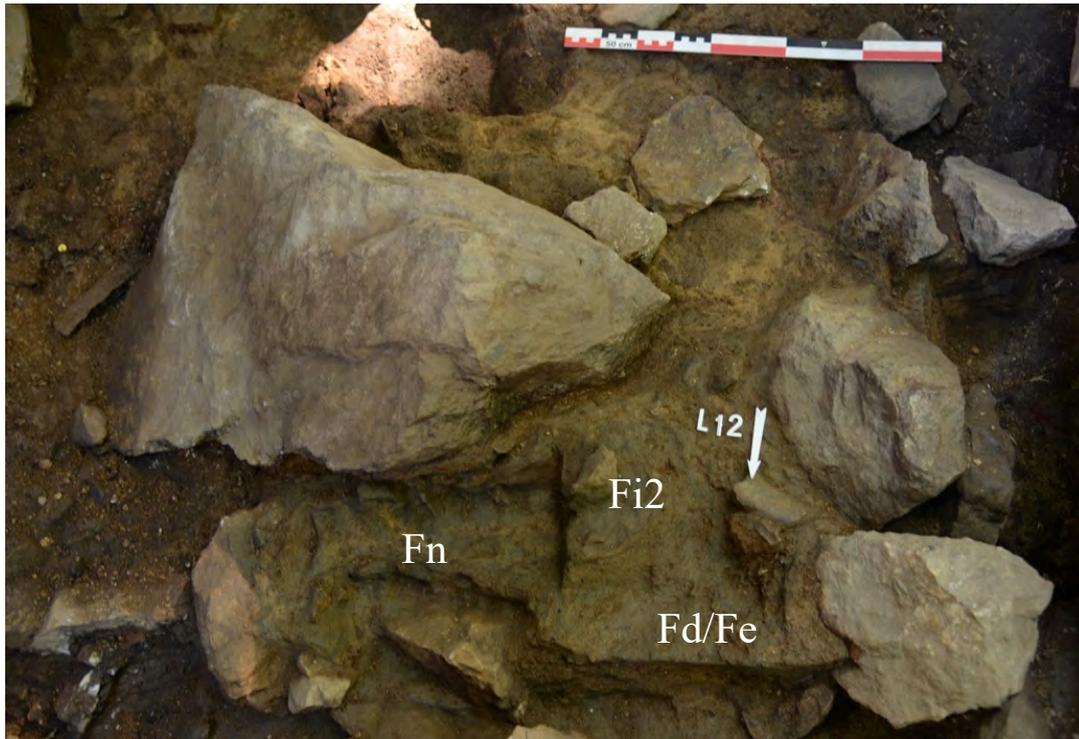


Figure 39. Lien direct entre Fd/Fe et Fi2 après suppression de la poche de 102.

- **Fg** : Cette ZC est située en K12 est. D'abord uniquement visible en surface en 2018, elle est depuis 2019 visible en coupe. En 2018 nous envisagions que cette unité puisse être à la base de l'ensemble **Fa/Fb/Fn**. Cette zone n'a pas été fouillée en 2022.

- **Fk** : La zone cendreuse **Fk**, découverte fin juillet 2018 (ou peut-être même en fin de campagne 2017 où un niveau cendré avait été mis en évidence dans ce secteur sans être nommé) en parallèle de la fouille de **Fg**, se situe en K12 sud. Elle est délimitée :

- à l'est par un bloc carré (à cheval sur K12 est et K12 sud) qui semble la séparer presque entièrement de **Fg**,
- au sud par la coupe E-O créée à la limite des carrés K12 et L12,

À la fin de la campagne 2019, la base de **Fk** est encore visible, sous-jacente à **Fi2-Fd-Fe** (séparée par du limon non cendré). À la base de coupe E-O, une concentration cendreuse est bien visible, au même niveau que la base de **Fk**. Le fait qu'il s'agisse d'une partie de **Fk** reste à déterminer. Les liens entre ces ZC en bas de coupe E-O et **Fi2-Fd-Fe** et **Fa-Fb-Fn** ne sont pas encore établis. Les prochaines campagnes devront mieux interroger ces possibles relations, ainsi que celles entre **Fk**, **Fg** et **Fw**.

- **Fl-FOg-Fp-FOd** : **Fl**, initialement identifiée en trois zones cendrées **F1a**, **F1b** et **F1c**, est apparue en 2018 en L13 nord. Il s'agit d'une assez large ZC le plus souvent peu dense et marbrée. Cette unité est assez problématique car il est difficile de la mettre en relation avec l'ensemble **Fi2-Fd-Fe** alors qu'elle est très proche de cette dernière. Une accumulation de pierre à la limite entre L12 Ouest et L13 Nord empêchait toute corrélation directe. L'enlèvement d'une de ces pierres a mis en évidence la zone **FOg** le 15 juillet (fig. 40).



Figure 40. Apparition de FOg suite à l'enlèvement d'une pierre en L12

Elle montre une faible épaisseur. Il semble pertinent de proposer que **FI**, **FOg** et **FOd** soient en réalité une seule et même ZC. **Fp** est située le long du bloc 4 en L12 ouest et sud. La coupe N-S en L12 montre clairement un lien entre **FI-FOg** et **Fp** (fig. 41). Ces deux ZC peuvent ainsi être rassemblées en **FI-FOg-Fp**. Une petite lentille/lambeau de limons jaunes triés est présent à la fois en coupe et en plan dans cette ZC. La question de l'origine de ce dépôt, dont des équivalents ont été aussi observés en **Fz** et dans d'autres secteurs devra être éclairé lors de la prochaine campagne.



Figure 41. Possible lien entre FOg (en plan) et Fp (en coupe)



**Figure 42. Lien entre FI et FOg**

**Fq** : **Fq** apparaît en 2019. Elle est située sous le bloc 4 mais un peu plus basse que **Fp**. Un niveau de 102 assez grossier a été mis en évidence au-dessus de **Fq**.

- **Fj** : Cette ZC a été identifiée en 2018 isolée à l'est de la coupe Est-Ouest en K11 sud (visible dans la coupe K11 ; fig. 43). Elle a été divisée en plusieurs sous-ensemble. **Fj** semble en réalité être une large zone avec des poches cendreuses et des zones plus marbrées au sein de laquelle plusieurs ZC plus nettes ont été identifiées (**Fj1** et **Fj3**). Cette zone n'a pas été fouillée en 2022.



Figure 43. Fj bien visible à la base de la coupe

- **Fm** : Il s'agit d'une toute petite poche cendreuse localisée en K12 est. Cette zone n'a pas été fouillée en 2022.

- **Fr2/Fr3** : Les années précédentes, une ZC **Fr** avait été identifiée. Il s'agit en réalité d'un épandage cendreuse (trace) au sein d'une zone de 102 induré présent en L12 nord mais également en L11 ouest et L11 sud. Deux ZC sous-jacentes peuvent être identifiées au sein de cet épandage : **Fr2** et **Fr3**. Elles sont très proches de **Fq** mais il n'existe aucun lien entre ces unités. Elles sont toutes sous le bloc 4. La question des liens entretenus entre **Fr2/Fr3** et **Fa-Fb-Fn** ne peut pas être résolue pour le moment du fait de la présence d'une pierre. Cette zone n'a pas été fouillée en 2022.

- **Fsu-FOf** : Il s'agit de la plus vaste et la plus claire ZC du site (fig. 44). Elle est surtout présente en M12 ouest mais déborde un peu en M13 nord et en M12 sud. Au sein de ce grand nappage cendreuse très riche en charbons, deux zones avec de plus fortes concentrations se distinguaient en 2019 : **Fu** en M12 ouest et **Fs** en M13 nord. **Fs** consistait en une vaste aire cendreuse alors que **Fu** était une bande cendreuse plus dense et plus grisâtre. Les charbons y étaient plus diffus et elle comprenait quelques plages plus indurées. Lors de la fouille de cet ensemble, une cuvette très claire est apparue et a été nommée **Fsu**. Elle a été considérée comme une entité à part entière, une structure de combustion en cuvette. Cette impression est accentuée par la présence de quelques pierres rubéfiées (sans qu'il soit possible de parler de chauffe) autour et à l'intérieur de cette cuvette. En 2019, un quart de cette structure avait été fouillée et deux coupes avaient été réalisées.

Un gros bloc de quartz avait été découvert à plat sur ce qui est aujourd'hui considéré comme la base de la structure (fig. 45).



Figure 44. Fsu en 2019

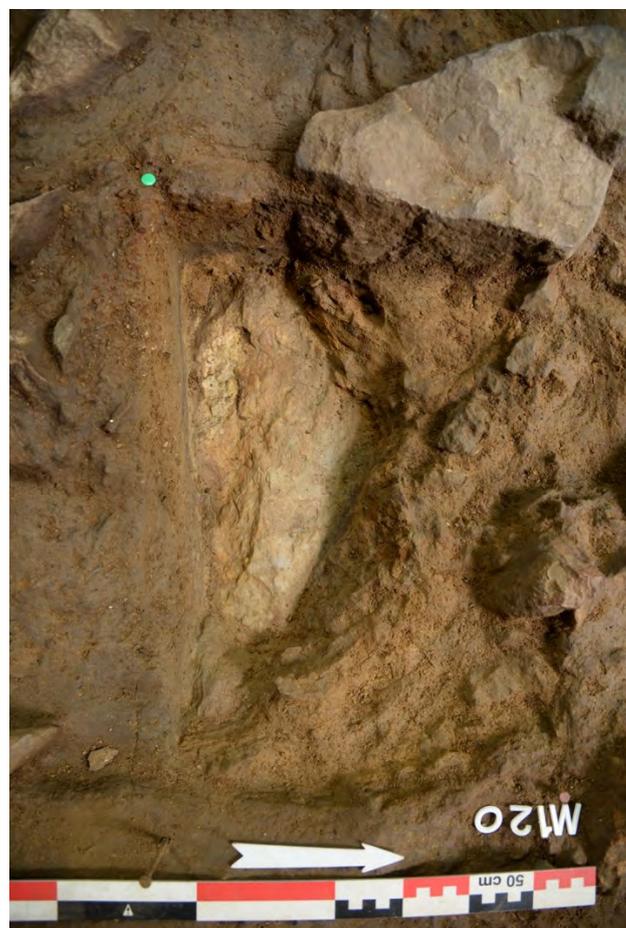


Figure 45. Base de Fsu en 2019

Plusieurs US avaient été identifiées en M12 Ouest (fig. 46) :

- Fsu01 (en bas) : À l'ouest de la coupe de la zone testée : petite tache orangée indurée un peu sableuse.
- Fsu02 (anciennement Fu) : US limoneuse gris-jaune avec quelques charbons. Elle forme un liseré à la base de la séquence.
- Fsu03 : noire, homogène, charbonneuse
- Fsu04 : assez similaire à Fsu02 mais plus épaisse (Fsu03 est interstratifiée en 02 et 04).
- Fsu05 : comblement massif, graveleux, induré, épais, riche en charbons
- Fsu06 (en haut) : sablo-graveleux, rouge, et très induré. Il n'est présent que dans la partie centrale à l'ouest de la coupe de la zone testée.



Figure 46. Coupe de Fsu

En 2022, une petite moitié ouest de **Fsu** a été fouillée en début de campagne. **Fsu** s'étend vers l'Est. Le ¼ SE de la cuvette est ainsi vidée afin de constituer une coupe au milieu du remplissage (Nord/Sud) perpendiculaire à la coupe de 2019 (Est-Ouest). L'objectif de cette coupe était de bénéficier d'une coupe plus longue qu'au SO (présence d'une grosse pierre) et de délimiter la partie sud-est de la cuvette (fig. 47). En coupe, seulement quatre des US de remplissage de **Fsu** ont été reconnues (Fsu2→Fsu5) car Fsu6 n'était pas présent dans cette partie de la cuvette et parce que Fsu2 repose ici directement sur les pierres du fond. Une fouille du ¼ NO du remplissage a cherché à délimiter les bords ouest de la cuvette. Toutes les US de **Fsu** ont été mises en évidence en coupe hormis Fsu1. La coupe n'a pas été relevée intégralement en raison de la présence d'une pierre dans son extrémité Sud.



Figure 47. Coupe N/S dans le remplissage de Fsu perpendiculaire à la coupe de 2019

Une coupe a été ensuite mise en place entre **Fsu** et la paroi de l'abri (fig. 48). Celle-ci a amené à l'enlèvement d'une pierre de chant à la limite du bord présumé Est de la cuvette. Des cendres sont apparues sous cette pierre (**FOf**) posant la question de la réalité de cette bordure (fig. 49). La coupe est venue traverser cette petite concentration de cendres afin de vérifier son épaisseur et son extension. Cette opération devra être poursuivie en 2023.



Figure 48. Mise en place d'une coupe O/E entre Fsu et la paroi de l'abri



Figure 49. Apparition de Fof sous une pierre lors de la coupe O/E entre Fsu et la paroi

- **Ft** : Il s'agit d'une petite ZC très dense qui se situe à proximité de **Fr3** mais légèrement au-dessus. Nous avons pour le moment peu d'informations sur cette unité et il conviendra de poursuivre sa fouille. Cette zone n'a pas été fouillée en 2022.
- **Fv** : **Fv** est une petite ZC en L12 nord au milieu de la trace **Fr**. Elle est séparée de **Fq** par du limon jaune et de **Fr2** par une zone bioturbée (fig. 50).

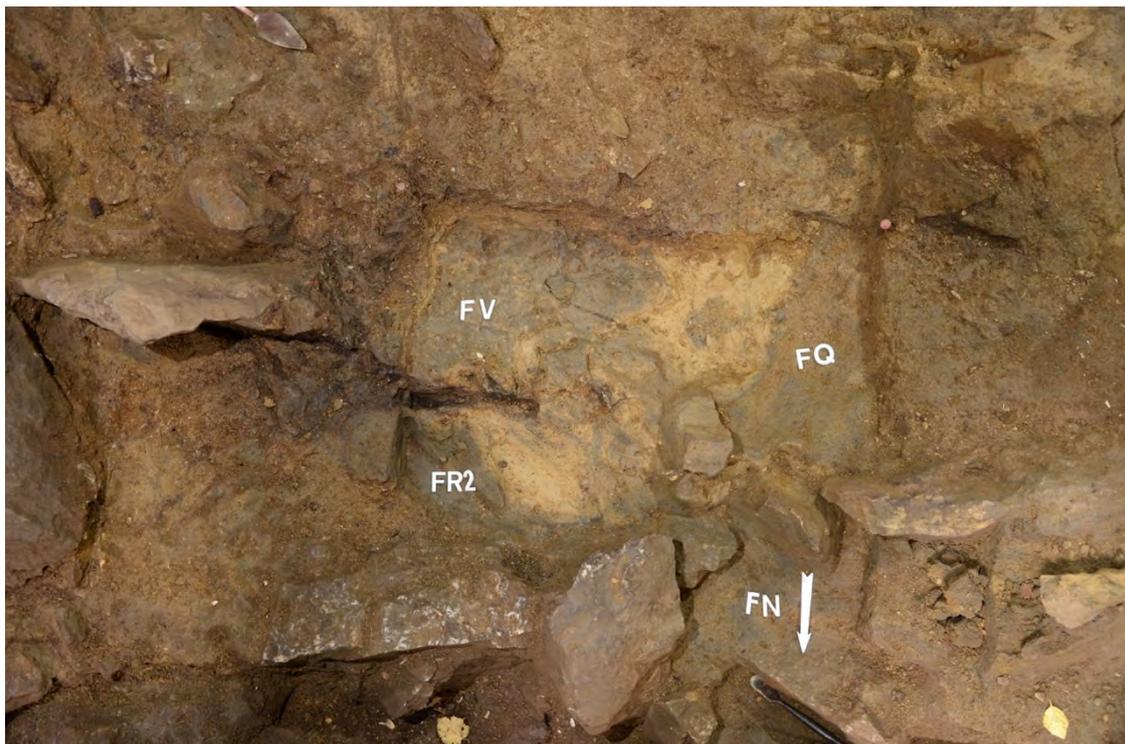


Figure 50. Positions de Fv, Fr et Fq

- **Fw** : Ce petit épandage cendreux est situé en K13 nord. Il était initialement repéré contre un long bloc plat (bloc 5). L'extraction de cette pierre a montré que celle-ci reposait directement sur **Fw**. Cette zone n'ayant pas encore été fouillée, la question du lien avec **Fk** reste ouverte.

- **Fx** : ZC située en J13 au pied de la coupe E-O J13 Est. Elle est surmontée par une alternance de couches de limons argileux brun-jaunes sans gravier et des lits argileux noir à brun-gris.

- **Fz**<sup>3</sup> : ZC en J12 Sud. Unité épaisse d'une vingtaine de centimètres, très dense lors de certaines passes (avec de très nombreux charbons de taille suffisamment importante pour être prélevés) et d'aspect plus marbré à d'autres moments de son remplissage, elle apparaît très clairement depuis la berne de la tranchée J13 et s'étend sur une vingtaine de centimètres vers l'Ouest et sur une trentaine de centimètres sur un axe Sud/Nord (fig. 51). Au-delà de ces limites, elle est bordée de zones marbrées. La fouille s'est arrêtée à un rang de pierres, donnant l'impression d'une limite d'extension de **Fz** – limite très certainement artificielle. À la fin de la campagne 2022, la coupe de **Fz** dans la berne fait clairement apparaître une bande de limons dans le remplissage de sédiments cendreux. La fouille en plan de cette ZC montre qu'il ne s'agit pas de limons séparant deux phases de remplissages cendreux, mais bien d'une poche de limons au milieu d'un seul remplissage cendreux (fig. 52). Cette idée est corroborée par l'observation de l'extension de **Fz** du côté Ouest de la berne de J13. Très proche de **Fx**, il n'est pourtant pas possible de mettre ces deux unités en relation. **Fz** semble dans tous les cas plus haut que **Fx**<sup>4</sup>.



Figure 51. Vue en plan de Fz (sur la gauche)

<sup>3</sup> Dans le rapport de fin de triennale 2017-2019, cette unité a été nommée Fy par erreur.

<sup>4</sup> Les années précédentes, une subdivision du 102 avait été tentée dans la coupe Est de J13. Un niveau cendreux (102c) semblait être au même niveau que Fz. L'impossibilité de corrélérer les deux côtés de la berne nous a cette année poussé à abandonner cette tentative.



Figure 52. Vue en coupe du remplissage de Fz

**FOa** : ZC circonscrite mise en évidence en L11 Est (fig. 53). Elle est associée à des pierres rubéfiées, des charbons et des pièces brûlées.



Figure 53. Mise en évidence de FOa en L11 Est

**FOb** : ZC étendue et épaisse, riche en charbons centimétrique localisée en M12 Est/M11 Sud mise en évidence lors d'une coupe Ouest-Est depuis **Fsu** vers la paroi. En coupe, si la partie la plus orientale forme une accumulation homogène et épaisse, elle s'affine plus à l'Ouest. Pour l'instant son étendue n'est pas totalement circonscrite.

**FOc** : ZC découverte en 2022 lors de l'extension de la zone de fouille vers la paroi en J11 contre un gros bloc, au sud de **FOe**.

**FOe** : ZC découverte en 2022 lors de l'extension de la zone de fouille vers la paroi en J11 contre un gros bloc, au nord de **FOc** (fig. 54).



Figure 54. Mise en évidence de FOe et FOc en J11 et K11

## 11.2. Quelques hypothèses de travail sur les relations entre ces différentes entités

- Lien entre l'ensemble **Fa-Fb-Fn** et l'ensemble **Fi2-Fd-Fe** :

Pour le moment, on observe une poche de limons graveleux entre les deux ensembles **Fi2-Fd-Fe/Fa-Fb-Fn** entre la coupe Est-Ouest et l'emplacement du bloc 4. Cette poche forme t-elle une lentille se terminant en biseau (suggérant qu'il est possible de rassembler ces deux ensembles) ou constitue t-elle une véritable US séparant les deux ensembles en question ? Malgré la mise en place de coupes, la présence de nombreuses pierres n'a pour le moment pas permis de mieux renseigner cette relation. Afin de pouvoir trancher sur cette question, il conviendra en 2023 de fouiller la zone de contact potentielle entre ces deux ensembles (au Sud, sous une pierre allongée).

- Lien **F1-FOg-Fp-FOd/ Fi2-Fd-Fe** :

**F1-FOg-Fp-FOd** pourrait également être rattaché à **Fi2-Fd-Fe**. Ces deux ensembles sont très proches en L12 Ouest. La poursuite de la fouille et la mise en place d'une coupe permettra de mieux appréhender ces relations.

- Lien **Fq-Fn**

Un lien pourrait être cherché entre **Fq** et **Fn**. Pour le moment, si la proximité de ces ZC pourrait suggérer un lien et une intégration au sein d'un même grand ensemble, la présence d'une petite pierre entre **Fq** et **Fn** ne permet pas de l'attester. **Fq** reste ainsi isolé à la fin de cette campagne 2022.

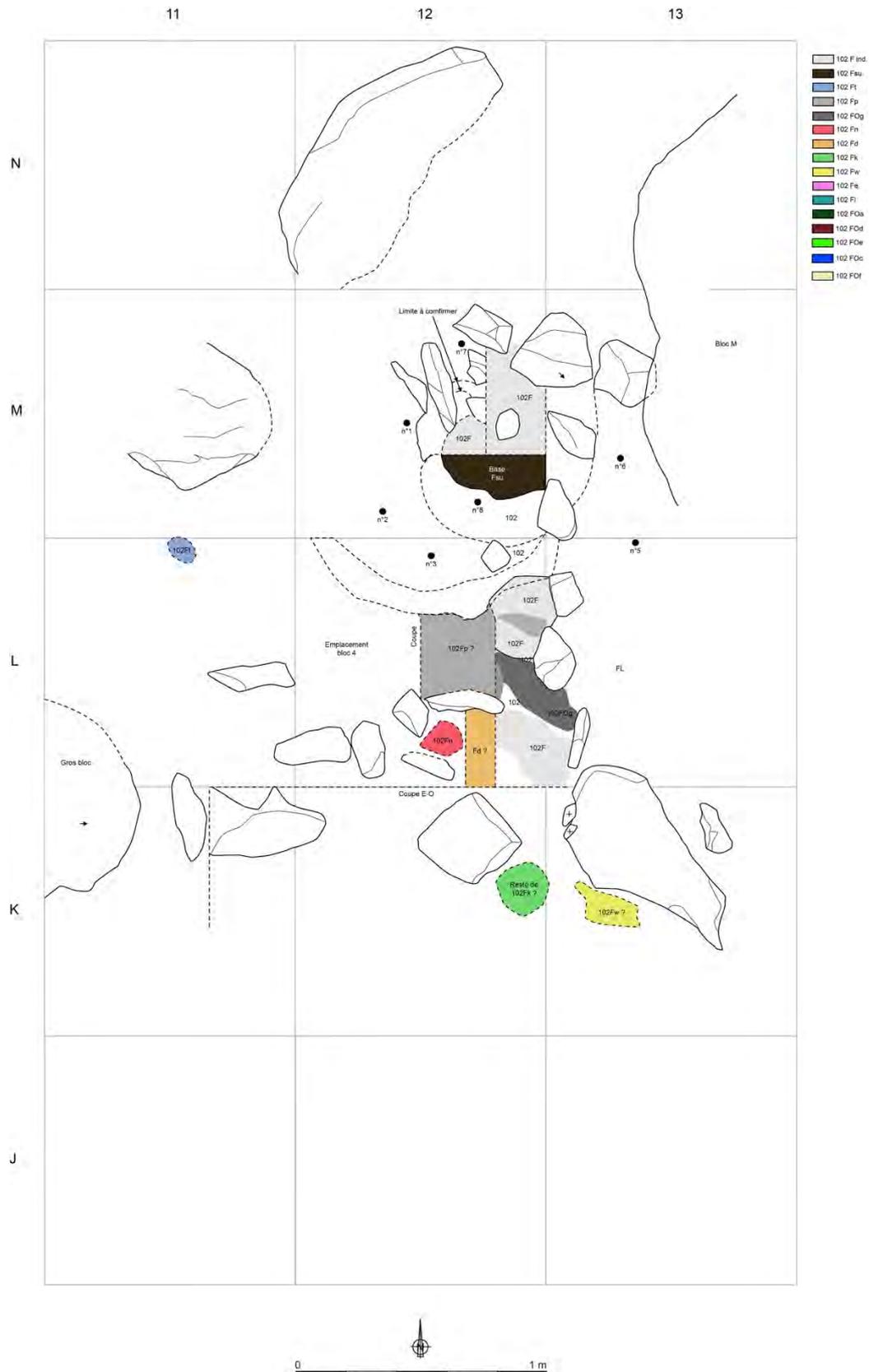


Figure 55. Relevé des zones cendrées le 18 juillet 2022 (DAO L. Quesnel)

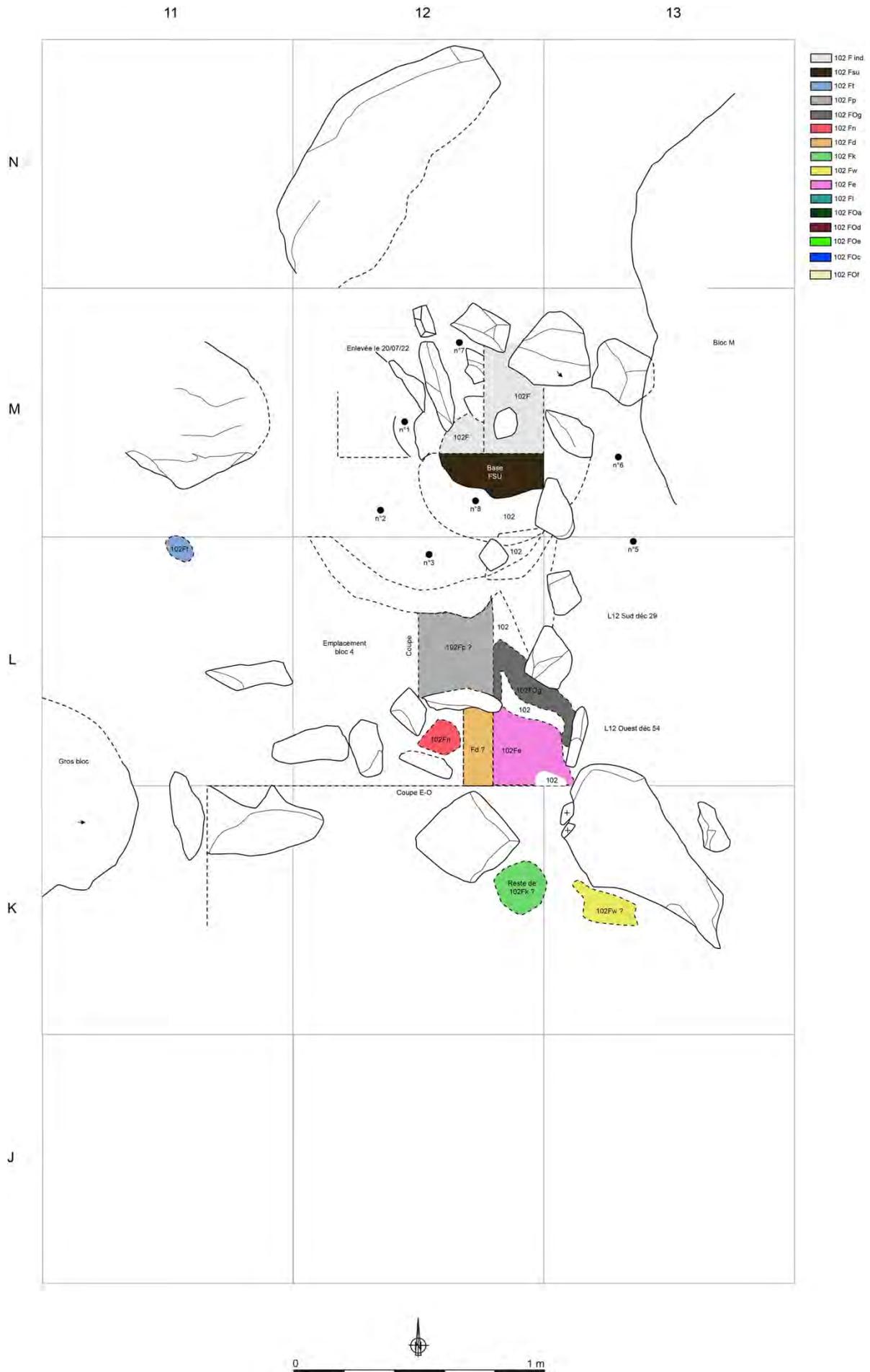


Figure 56. Relevé des zones cendreuses le 20 juillet (DAO L. Quesnel)

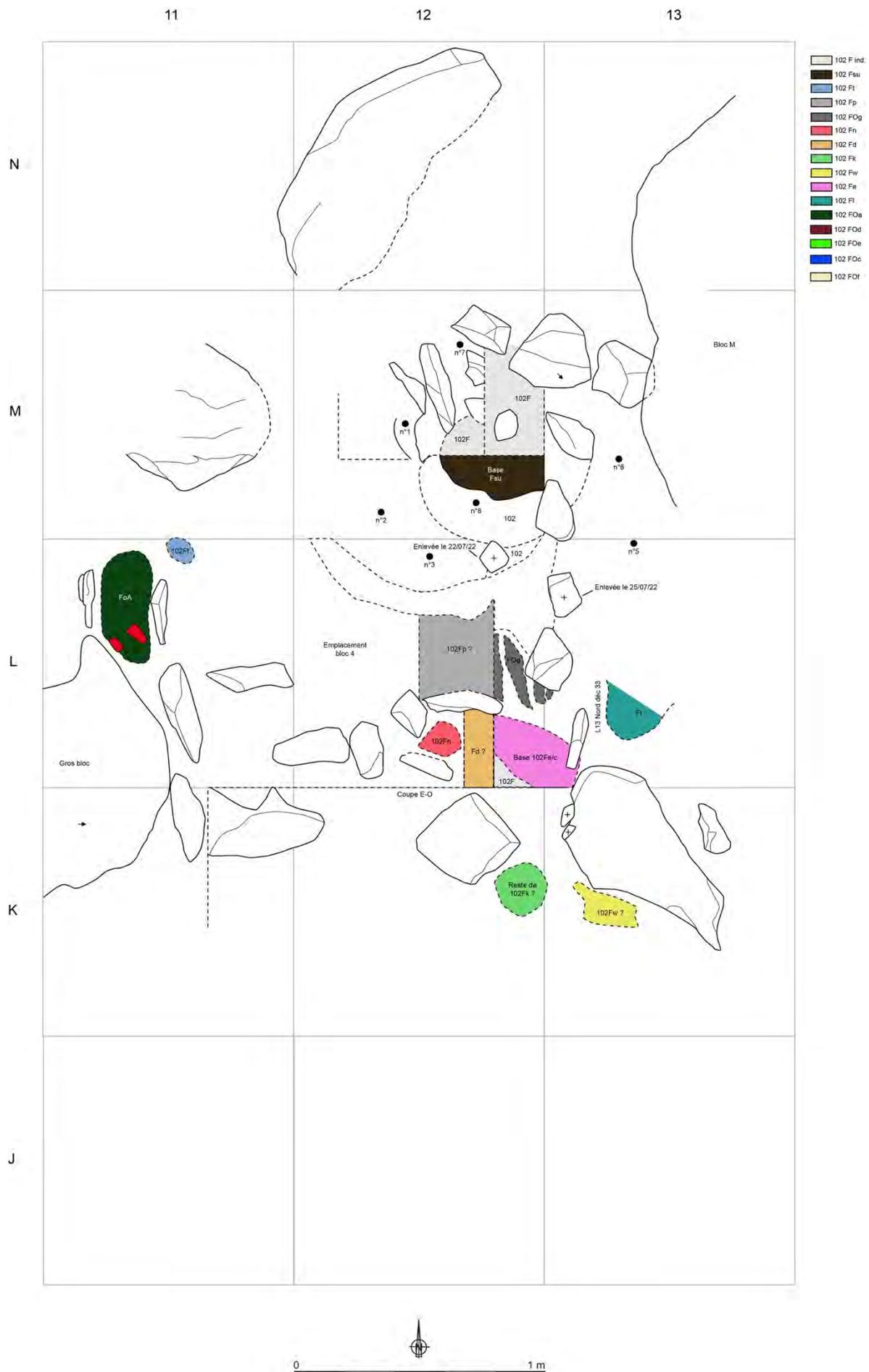


Figure 57. Relevé des zones cendreuses le 22 juillet (DAO L. Quesnel)



Figure 58. Relevé des zones cendreuses le 26 juillet (DAO L. Quesnel)



## 12. Analyse des résidus organiques des sédiments cendro-charbonneux de Rocher de l'Impératrice (I. Notterpek, I. Théry, S. Abiven)

### 12.1. Contexte de recherche

L'utilisation habituelle et contrôlée du feu a joué un rôle significatif sans équivoque dans l'évolution culturelle, technologique et biologique des sociétés des hominines. Alors que de nombreux chercheurs et chercheuses s'accordent sur l'utilisation habituelle et contrôlée du feu après 400 ka en Europe et environ 350-320 ka au Proche-Orient (Roebroeks and Villa, 2011 ; Shimelmitz *et al.*, 2014), l'évaluation de la nature anthropique des sédiments altérés par le feu est particulièrement difficile dans les contextes pléistocènes (et/ou paléolithiques). De nombreux sites fouillés au cours du XXème siècle - et même antérieurement - ont inclus la description de foyers, interprétés comme tels sur la base d'observation menées à l'échelle macroscopique, par la présence de sédiments rougis ou de restes organiques carbonisés. On notera cependant que l'utilisation de techniques analytiques modernes telles que la micromorphologie, la pétrologie organique, la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR), la susceptibilité magnétique, la thermoluminescence, et l'analyse des résidus organiques est essentielle pour corroborer ou contredire ces comptes rendus. Parfois, l'application de ces méthodes modernes réfute les arguments antérieurs en faveur de l'utilisation et du contrôle du feu par les hominines, comme à Schöningen 13 II-4 par exemple (Stahlschmidt *et al.*, 2015).

L'analyse des résidus organiques des sédiments et des sols archéologiques, qui est apparue à la fin des années 1980 (March *et al.*, 1989 a, b ; Rottländer, 1989) constitue désormais une technique relativement fréquemment employée pour étudier les dépôts altérés par le feu. L'analyse des résidus organiques est un outil particulièrement puissant pour évaluer la nature anthropique des traces de combustion, car la présence de certains composés lipidiques peut témoigner du dépôt anthropique de sources de combustible particulières, de pratiques liées à la technologie et aux transformations des matériaux, et/ou de pratiques de subsistance telles que la cuisson de la viande. L'analyse des résidus organiques se concentre particulièrement sur les résidus lipidiques, car divers composés lipidiques peuvent être conservés dans les matrices minérales pendant des millions d'années (Brocks *et al.*, 2005) en raison de leur insolubilité dans l'eau et de leur capacité à se lier aux matrices inorganiques et à la matière organique particulaire. Les alcanes constituent la classe la plus fondamentale de composés lipidiques car ils sont un composant primaire des cires épicuticulaires des plantes terrestres vasculaires (Thomas *et al.*, 2021), et sont en conséquence omniprésents dans les sols et les sédiments. Leur identification dans les sols et sédiments archéologiques peut donc témoigner des conditions écologiques et environnementales qui prévalaient au moment de la pédogenèse. Leur potentiel en tant que biomarqueurs spécifiques d'un genre ou d'une espèce végétale, qui serait incroyablement utile pour identifier les sources des combustibles dans les foyers archéologiques, est encore à l'étude car les relations d'échelle entre les espèces, les écosystèmes, les biomes, et la transformation de ces signaux lorsqu'ils sont brûlés et incorporés dans le profil du sol doivent être affinés (Diefendorf *et al.*, 2015 a, b ; Diefendorf et Freimuth, 2017). D'autres composés lipidiques ayant des sources biotiques plutôt uniques, peuvent également servir de biomarqueurs pour des organismes et des processus particuliers – comme le lupéol, le lupénol et la bétuline comme biomarqueurs de l'écorce de bouleau (Regert *et al.*, 2003 ; Lucquin *et al.*, 2007) et les 5 $\beta$ -stanols comme biomarqueurs fécaux (Harrault *et al.*, 2019). L'application de l'analyse lipidique aux sédiments altérés par le feu, notamment en conjonction avec l'analyse isotopique, peut donc éclairer des facteurs tels que le paléoenvironnement et le climat (e.g., n-alcanes +  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{18}\text{O}$ ), les stratégies de sélection des combustibles (e.g., 5 $\beta$ -stanols), la température de combustion (e.g., n-alkyl nitriles +  $\delta^{13}\text{C}$ ) et les pratiques de subsistance (e.g., acides gras +  $\delta^{15}\text{N}$ ).

Une autre classe de molécules ciblée dans les analyses chimiques de restes organiques suspectés d'être altérés par le feu (aussi connus sous le nom de la matière organique pyrogène ou la PyOM), est celle des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs), qui se forment explicitement par la combustion de la biomasse. Des travaux récents ont tenté d'évaluer les différences dans la distribution des HAPs légers (3 à 4 anneaux) et lourds (5 à 6 anneaux) dans une séquence du Paléolithique moyen pour plaider en faveur d'une utilisation habituelle et contrôlée du feu par les néandertaliens dans la grotte de Lusakert (Arménie), en raison de la concentration plus élevée de HAPs lourds dans les sédiments associés à l'occupation (Brittingham *et al.*, 2019). Ces interprétations reposent sur le fait que les HAPs lourds sont associés aux feux anthropiques tandis que les HAPs légers sont abondamment distribués par les feux de forêt. Pourtant, la capacité à distinguer les feux anthropiques et naturels a posé un défi continu à ce domaine, avec des critères discriminatoires antérieurs (tels que la température) régulièrement remise en question à la lumière de nouvelles preuves. S'il est vrai que la proportion de HAPs légers a tendance à diminuer tandis que celle des HAPs lourds augmente avec l'augmentation de la température (Wiedemeier *et al.*, 2015a), la présomption selon laquelle les températures élevées sont uniquement le résultat d'une intervention anthropique et ne peuvent pas provenir de feux de forêt naturels doit être nuancée.

Enfin, les acides benzène polycarboxyliques (BPCAs) sont une classe de molécules similaires aux HAPs qui se forment également par la combustion de matière organique. Néanmoins, ils diffèrent des HAPs en ce qu'ils contiennent un groupe carboxyle [C(=O)OH] au lieu d'être uniquement composés d'hydrocarbures. Les BPCAs sont liés à l'aromaticité et au degré de condensation aromatique de la PyOM (Wiedemeier *et al.*, 2015b), mais les BPCAs ont une plus forte corrélation avec la température maximale de combustion que les HAPs (Schneider *et al.*, 2010, 2013). L'application de l'analyse BPCA aux contextes archéologiques est actuellement très limitée (Lehndorff *et al.*, 2015; Théry-Parisot *et al.*, 2019), mais la méthode présente un grand potentiel car elle peut être utilisée pour identifier les sédiments altérés par le feu qui ne sont pas apparents à l'œil, vérifier les données géochimiques interprétées comme des preuves de l'utilisation du feu anthropique dans les contextes paléolithiques (p. ex., Brittingham *et al.*, 2019), reconstruire la température de combustion, et éventuellement, faire la lumière sur la nature de la biomasse précurseur.

Alors que l'analyse simultanée des lipides (HAPs en particulier) et des BPCAs dans la PyOM ait été tentée (Wiedemeier *et al.*, 2015a; Kappenberg *et al.*, 2019), en grande partie pour les études de la PyOM en sciences de l'environnement (pour lesquelles la méthode BPCA est couramment utilisée), leur application conjointe aux sols et sédiments archéologiques n'a pas encore été tentée. L'établissement d'un lien empirique entre ces méthodes complémentaires d'analyse des résidus de combustion constituera une contribution importante aux domaines de la science archéologique et de la géochimie organique, et constitue un objectif de cette recherche en plus des questions spécifiques au site posées ci-dessous.

## 12.2. Échantillons et prélèvements

Les échantillons de Rocher de l'Impératrice qui seront analysés au cadre du projet de Ivy Notterpek, ESR 11 de « ChemArch », un projet de Marie Skłodowska-Curie Actions financé par le programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne dans le cadre de la convention de subvention n° 956351, viennent des années de fouilles de 2018, 2019, et 2022.

Les sédiments échantillonnés au cours des années 2018 et 2019 ont été envoyés au CEPAM, Nice. Ceux de 2018 ( $n = 42$ ) ont été triés à 2mm et 500  $\mu\text{m}$ , et la partie inférieure à 500  $\mu\text{m}$  a été sous-échantillonnée du vrac dans des tubes de verre stériles. La partie fine était manquante pour 7 échantillons (36 à 42), de sorte que seuls 35 échantillons ont été collectés pour cette année.

Ceux de 2019 ( $n = 73$ ) n'étaient pas encore triés, ils ont donc été sous-échantillonnés à partir du vrac dans des tubes de verre stériles. 4 ont été exclus en raison de leur origine, par exemple parce qu'il s'agissait d'un effondrement de coupe, de sorte que 69 échantillons de 2019 ont été collectés. En 2022, 14 échantillons ont été collectés sur le terrain par I. Notterpek et N. Naudinot (tab. 2) : 1 à 6 viennent de la structure FSU, 7 et 10 sont des contrôles de l'unité stratigraphique (US) 102, 8 et 9 représentent deux couches cendreuse d'une possible cuvette, 11 et 12 proviennent du même zone avec beaucoup de micro-charbons (une a été collectée par la fouilleuse et l'autre par I. Notterpek en conditions stériles pour voir l'étendue de contamination de fouille), et 13a et 13b représentent les parties inférieures et supérieures de l'US Fz dans le carré J12 Sud.

Échantillon	Carré	Sous-carré	Unité stratigraphique	Décapage	Infos
1	M12	Ouest	102 FSU	FSU 1	Possible foyer
2	M12	Ouest	102 FSU	FSU 3	Possible foyer
3	M12	Ouest	102 FSU	FSU 4	Possible foyer
4	M12	Ouest	102 FSU	FSU 5	Possible foyer
5	M12	Ouest	102 FSU	FSU 6	Possible foyer
6	M12	Ouest	102 FSU	FSU 2	Possible foyer
7	R14/15	Nord/Ouest	102		Contrôle
8	L12	Ouest	102 Fe/c		Possible cuvette
9	L12	Ouest	102 Fd		Possible cuvette
10	K14	Nord	102		Contrôle
11	M12	Est	102 FoB		Zone charbonneuse
12	M12	Est	102 FoB	12	Zone charbonneuse
13a	J12	Sud	Fz sup		
13b	J12	Sud	Fz inf		

Tableau 2. Échantillons collectés sur le terrain 2022

Tous les autres 2022 échantillons ont été envoyés au CEPAM, et le sédiment a été sous-échantillonné à partir du vrac dans des tubes de verre stériles, en évitant les cailloux et le matériel archéologique. Sur les 178 échantillons supplémentaires qui ont été envoyés, seuls 2 ont été exclus en raison de leur origine, pour un total de 190 échantillons de 2022. Les détails de tous les échantillons de sédiments de Rocher de l'Impératrice des années 2018, 2019, et 2022 – y compris ceux qui n'ont pas été échantillonnés – se trouvent dans l'annexe.

### 12.3. Méthodologie

Des échantillons d'environ 4 à 10 grammes de sédiment ont été collectés sur le terrain avec des outils en acier inoxydable, stérilisés avec du dichlorométhane (DCM) pur avant et après chaque échantillon. Pour éviter toute contamination de surface, la surface du profil (~0.5 cm) a d'abord été enlevée en grattant doucement avec le bord carré de la spatule. Le sédiment a ensuite été recueilli avec le bord arrondi de la spatule dans un tube de verre stérile et non utilisé.

Au laboratoire, le sédiment sera ensuite séché pour environ 48 heures à 60°C. Ceux de 2018 ont déjà été tamisés, comme décrit, alors après le séchage ils sont prêts à être homogénéiser — soit avec un mortier et pilon, soit avec un broyeur. Avec le mortier et pilon, l'échantillon est homogénéisé et tamisé jusqu'à 200  $\mu\text{m}$ , et la fraction moins de 200  $\mu\text{m}$  est récupérée pour l'analyse. Avec le broyeur, la taille des granules varie avec le temps d'homogénéisation mais normalement est à l'ordre d'environ 20  $\mu\text{m}$ , qui est largement suffisant pour des analyses chimiques. Ceux qui n'étaient pas encore tamisés ont été d'abord séchés, et seront tamisés avant d'homogénéiser la partie moins de 200  $\mu\text{m}$ . D'autres qui manquaient de matériel archéologique et des cailloux étaient directement homogénéisé avec le broyeur.

Environ 4 g de sédiment sont requis pour l'analyse des lipides, et il faut avoir 3 à 5 mg de carbone organique pour l'analyse BPCA. Donc, l'analyse élémentaire de carbone est nécessaire pour déterminer la quantité d'échantillon (brut ou sans carbonates) nécessaire pour détecter les BPCA. Des analyses préliminaires de deux échantillons en duplicate – numéro 1 de 2018 et numéro 7 de 2022 – indiquent qu'il n'y a pas des carbonates extensifs dans les sols de Rocher de l'Impératrice, par rapport aux données  $\delta^{13}\text{C}$  (tab. 3). Un niveau de  $\delta^{13}\text{C}$  enrichi indique qu'il y a des carbonates, qui peuvent être enlevés par fumigation acide pour concentrer le carbone organique dans l'échantillon.

Échantillon	$\delta^{13}\text{C}$ (‰ VDPB)	% C	Quantité (mg) requis pour 5 mg de carbone organique
IMP 2018 1	-28.3	1.67	302.41
IMP 2018 1 duplicate	-28.3	1.76	287.24
IMP 2022 7	-27.3	1.00	525.57
IMP 2022 7 duplicate	-27.3	0.99	532.42

**Tableau 3. Contenu carbone dans deux échantillons**

À l'issue de ce processus (séchage, homogénéisation, analyse élémentaire et détermination de quantité requise pour l'analyse BPCA), les échantillons sont préparés pour l'analyse des lipides, par la chromatographie en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse (GC-MS), et des BPCAs par GC-MS ou GC-FID (chromatographie en phase gazeuse couplé à un détecteur d'ionisation de flamme).

### 12.3.1. Extraction et analyse des lipides par GC-MS

Le protocole d'extraction et d'analyse des lipides suivi dans cette étude est basé sur celui Jambrina-Enríquez et al. (2019), qui a été appliqué aux foyers néandertaliens, avec quelques modifications. Les 4 g de sédiment sont d'abord divisés en deux pour maximiser le contact du solvant avec le sédiment. L'extraction est réalisée par trois cycles d'ultrasons de 30 minutes, aux températures moins de 30°C, dans 5 mL de 9:1 (v/v) dichlorométhane (DCM) et méthanol (MeOH). Après chaque cycle, le surnageant est transféré à un tube de verre stérilisé, en combinant les deux extraits pour chaque échantillon. Après les trois cycles, l'extrait est évaporé sous un courant d'azote ( $\text{N}_2$ ) et reconstitué avec 200  $\mu\text{L}$  de DCM pour le transférer dans des colonnes d'extraction en phase solide (SPE). Les colonnes de SPE sont emballées avec un filtre et 1 g de silice activée, et sont d'abord conditionnées avec l'acétate d'éthyle (EtOAc) et le DCM. Deux fractions sont ensuite éluées : (i) une fraction de faible polarité (contenant des cétones, des n-alkyl nitriles, des n-alkyl aldéhydes et des esters méthyliques d'acides gras, par exemple), élue avec ~3,5 mL de DCM, et (ii) une fraction de haute polarité, contenant des acides gras, élue avec ~3,5 mL de l'EtOAc. Les deux fractions sont ensuite évaporées sous un courant d'azote.

Pour que ces deux fractions se prêtent mieux à l'analyse par GC-MS et pour améliorer la séparation des composés, la fraction de faible polarité (« low polarity fraction » ou LPF) doit être silylé et la fraction de haute polarité (« high polarity fraction » ou HPF) doit être méthylé. Le silylation est réalisé, après reconstitution dans 50  $\mu\text{L}$  d'hexane, par l'addition de 100  $\mu\text{L}$  de 99:1 (v/v) N,O-Bis(triméthylsilyl)trifluoroacétamide (BSTFA) et triméthylchlorosilane (TCMS). La solution est chauffée pour une heure à 70°C, évaporée sous courant d'azote, et reconstituée dans 50  $\mu\text{L}$  de DCM avec un standard interne (SI) pour l'injection dans le système GC-MS. Pour effectuer le méthylation, l'HPF est reconstitué dans 600  $\mu\text{L}$  de MeOH et un tiers (200  $\mu\text{L}$ ) est isolé dans un tube de verre dans lequel 1 mL d'une solution de méthanol sulfurique [12.5:1 (v/v) MeOH:H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>] est ajouté. La solution est chauffée pendant 4 heures à 70°C, puis neutralisée avec 5 mL de solution de bicarbonate de sodium saturée. Ensuite, 2 mL d'hexane sont ajoutés et la solution est agitée pendant une minute avec un mélangeur vortex. Le surnageant est transféré à un flacon de 2 mL, et

cette étape est répétée deux fois de sorte que 6 mL d'hexane sont évaporés dans le même flacon. Le résidu est reconstitué dans 10 µL d'EtOAc et 40 µL d'hexane, avec un standard interne pour les acides gras, avant l'injection dans le système GC-MS.

Les deux fractions sont analysées dans un GC-MS équipé avec une colonne de 30 mètres de longueur, 0.25 mm de diamètre interne, et 0.25 µm d'épaisseur du film. Le GC est programmé à une température initiale de 70°C (maintenue pendant 2 min), chauffée à une vitesse de 12°C/min jusqu'à 140°C, puis chauffée à une température finale de 320°C à une vitesse de 3°C/min (maintenue pendant 15 min). L'hélium est utilisé comme gaz porteur avec un débit de 2 mL/min. L'injecteur GC fonctionne en multimode avec un rapport de division de 5 à 1 pour éviter la sursaturation de la colonne, et le MS fonctionne en mode de balayage complet. L'identification des composés est réalisée par comparaison avec des bibliothèques de référence, et la quantification est réalisée en référence au standard interne.

### *12.3.2. Extraction et analyse des BPCAs par GC-FID*

Le protocole d'extraction et d'analyse des BPCA suivi dans le cadre de cette étude est basé sur celui de Glaser et al. (1998), avec les optimisations de Brodowski et al. (2005) et Schneider et al. (2010), pour la GC-FID. Comme c'était indiqué, les résultats des analyses élémentaires seront utilisés pour calculer la quantité de l'échantillon (brut ou sans carbonates) nécessaire pour obtenir entre 3 et 5 mg de carbone organique.

Après, la quantité appropriée d'échantillon (environ 400 mg de sédiment ou 20 mg de charbon) homogénéisée et séchée est mise dans des vaisseaux de digestion dans un système d'extraction par micro-ondes résistant aux acides. 10 mL d'acide trifluoroacétique (TFA, 4 M) est ensuite ajouté, et le mélange est chauffé pendant 4 heures à 105 °C. Après avoir refroidit, l'échantillon est filtré sur la laine de verre et digéré avec 2 mL d'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>, 65%) pour 8 heures à 170 °C dans le même système d'extraction. L'échantillon est ensuite filtré sur un filtre en cellulose sans cendres et dilué avec de l'eau désionisée pour arrêter la digestion. L'étape suivante consiste à éliminer les cations à l'aide de colonnes remplies de résine échangeuse de cations. La résine est conditionnée, sa conductivité est vérifiée, et 2 mL de l'extrait digéré sont passés dessus. L'échantillon est encore dilué avec de l'eau désionisé (50 mL), et la solution aqueuse est lyophilisée.

D'autres étapes telles que l'élimination des composés apolaires sont nécessaires pour l'analyse par chromatographie liquide, surtout si des analyses isotopiques ou de datation seront effectuées (Wiedemeier et al., 2016), mais comme je vais employer la GC, il est nécessaire de dériver l'extrait. Pour dériver l'échantillon, l'extrait lyophilisé est transféré avec 4 mL de méthanol dans un flacon pour la GC. Le méthanol est évaporé, et la dérivation est réalisée par l'addition de 100 µL N,O-bis(triméthylsilyl) trifluoroacetamide avec 1% triméthylchlorosilane (BSTFA+TMCS 99:1) et 100 µL pyridine. Un standard sera ajouté avant le conditionnement via la résine échangeuse de cations, et avec la dérivation pour vérifier qu'il est complet.

La GC-FID fournira des informations de concentration des BPCA dans l'échantillon et de l'abondance de chaque BPCA (B3- à B6-CA), offrant des indices de l'aromaticité ( $BPCA_{arom} = BPCA/TOC$ ) et du degré de condensation aromatique ( $BPCA_{cond} = B6CA/BPCA$ ) de l'échantillon. Le ratio de B5CA/B6CA donne aussi un indice de provenance de carbone pyrogène dans l'échantillon (Wolf et al., 2013), et le potentiel de la distribution des B3-, B4-, B5- et B6CA d'offrir un aperçu de la nature du combustible sera examiné plus en détail au cours de cette étude.

### 12.3.3. Méthodes pour la caractérisation de sédiment et de la matière organique brûlée

D'autres méthodologies pour la caractérisation de sédiment et de la matière organique brûlée seront employées pour compléter et mieux interpréter les données de lipides et BPCA. Il s'agit notamment de pH de sédiment et des méthodes de spectroscopie comme le FTIR, Raman, et/ou <sup>13</sup>C NMR (à déterminer). Le pH sera mesuré avec un pH-mètre sur un mélange de l'échantillon avec 1M KCl ou 0.01 M CaCl<sub>2</sub> pour investiguer l'influence de l'environnement de dépôt sur la préservation des différents composés organiques. Les méthodes spectroscopiques non destructives fourniront des informations sur la composition organique et minérale de l'échantillon, ainsi que sur l'aromaticité et la condensation aromatique des matières organiques.

### 12.4. État des lieux et problématique

Malheureusement, l'ensemble d'échantillons ne peut être analysé dans sa totalité. Les échantillons d'intérêt seront donc sélectionnés pour une analyse prioritaire, en particulier ceux de 2022 qui ont été prélevés sur le terrain et d'autres provenant des cuvettes et de la possible foyer FSU, afin de tester les hypothèses sur l'organisation des zones cendreuses avancés par M. Hesry, M. Laforge, E. Le Guet, N. Naudinot, et A. Zanotti. Pour récapituler, les grandes questions sont les suivants :

- **Ensemble Fa-Fb-Fn, et le lien Fn-Fq** : Est-ce que **Fa** et **Fb**, deux lits cendreux et charbonneux en K12 Sud et Est, correspondent à des composantes d'une ou plusieurs cuvettes de **Fn** ? Étant donné que **Fq** n'est séparé de **Fn** que par une petite pierre, existe-t-il un lien entre ces ZCs ?
- **Ensemble Fi2-Fd-Fe et Fa-Fb-Fn** : Après l'enlèvement de la couche fine de 102 séparant **Fd** et **Fe** de **Fi2** (la véritable zone cendreuse de **Fi**), c'est plutôt clair que ces zones cendreuses constituent qu'une ZC (fig. 62) ; est-ce que la poche de limons graveleux entre les deux ensembles **Fa-Fb-Fn** et **Fi2-Fd-Fe** forme-t-elle une lentille se terminant en biseau (suggérant qu'il est possible de rassembler ces deux ensembles) ou constitue-t-elle une véritable US séparant les deux ensembles en question ?
- **Fk** : La ZC **Fk**, localisée en K12 sud, est délimitée à l'est par un bloc qui la sépare de **Fg**, et la base de laquelle est sous-jacente à **Fi2-Fd-Fe** (séparée par du limon non cendreux) ; quelles sont les possible relations entre ces ZCs, et existe-t-il un lien entre **Fk** et **Fw** dans K13 nord ?
- **L'ensemble Fl-FOg-FOd, Fp, et Fq** : Quelle est la relation entre **Fl**, **Fog**, **FOd**, et **Fp**, visible dans la coupe Nord-Sud à L12 ? L'ensemble **Fl-FOg-FOd-Fp** est-il lié à **Fq** étant donné que **Fp** et **Fq** ne sont séparés que par un secteur induré de plusieurs centimètres ? L'ensemble **Fl-FOg-FOd-Fp** est-il rattaché à **Fi2-Fd-Fe** en L12 Ouest ?

Ces questions vont être abordées sous l'angle sédimentaire et géologique, à l'aide de la micromorphologie (qui a été effectué sur le terrain dans les zones prélevées), et aussi dans cette recherche par leurs caractéristiques chimiques. Quel est le degré d'hétérogénéité chimique entre ces zones cendreuses, et entre les couches du « foyer » FSU ? Les différences chimiques et spatiales indiquent-elles des activités de combustion multiples ? Existe-t-il des preuves de fumage de viande sur le site ? Comment les interprétations possibles sont-elles confondues par la présence de processus (post)-dépositionnels tels que l'érosion ou le ruissellement de l'eau sur le site ?

Une autre hypothèse à explorer dans cette étude est celle du fumage de viande sur le site. Les preuves archéologiques soutenant cette hypothèse sont les suivantes. Premièrement, le site semble avoir été utilisé pendant une période relativement courte et ne constituait pas un lieu d'habitation ; il semble plutôt avoir été utilisé à plusieurs reprises, principalement pour la boucherie animale (p. ex., pour traiter de grandes carcasses avant d'en transporter certaines parties vers le lieu d'habitation), compte tenu du grand nombre de lames non retouchées et de pointes de projectiles. Plusieurs briquets ont été aussi récupérés, qui sont tous recyclés à partir d'autres outils lithiques et

représentent la dernière étape de leur utilisation avant leur mise au rebut (p. ex., une lame non retouchée devient une lame retouchée, après un burin, et finalement un briquet). Ces briquets présentent des micro-usures qui montrent qu'ils ont été abrasés avec un matériau minéral dur, comme la marcasite, qui a été récupérée sur le site et qui crée une flamme lorsqu'elle est frappée avec un matériau siliceux comme le silex. De plus, l'abri sous roche offrait une protection aux chasseurs aziliens dans le paysage ouvert, et notamment un contrôle du vent, ce qui leur aurait permis de mieux maîtriser leurs feux et la fumée pour leurs activités de traitement de la viande et des carcasses. Curieusement, la quantité de matériel archéologique sous ou dans les couches brûlées est limitée. Au contraire, les matériaux lithiques sont plus souvent trouvés sur le dessus des couches brûlées. On peut donc imaginer que les chasseurs aziliens créaient des feux dans des dépressions existantes, ou modifiaient très peu le substrat existant, pour fumer des viandes. Une fois terminé, ils ont peut-être jeté leurs outils épuisés autour d'un feu refroidi, ou étouffé par des sédiments.

Compte tenu de la nature acide des sols du site, aucun os n'a été récupéré et leur conservation est très peu probable. Cependant, des lipides peuvent avoir survécu, notamment lorsqu'ils sont liés à une matrice minérale comme le sol. La détection de graisses animales dans le sol éclairerait l'hypothèse plus large selon laquelle le site était principalement utilisé pour la boucherie. La présence de graisses animales cuites et de lipides indiquant différentes sources de combustible témoignera également de la diversité et de la nature des pratiques sur le site. Bien que la stratigraphie du site soit compliquée (pour de nombreuses raisons), le fumage de la viande est souvent lié aux choix de combustibles particulières. Ces choix sont conditionnés par de nombreux facteurs – tels que les propriétés du combustible (p. ex., la quantité de fumée produite, l'inflammabilité, le temps de combustion, la température moyenne de combustion, et l'état - sec, humide, pourri, etc.), la disponibilité des combustibles préférés dans l'environnement, et aussi par les préférences culturelles (par exemple, la couleur, le goût, l'odeur, etc.). Il serait très intéressant de trouver des preuves des choix particuliers de combustibles utilisés par les aziliens de Rocher de l'Impératrice, et les choix de combustibles souvent liés au fumage des viandes (par exemple, le bouse) pourraient offrir un soutien supplémentaire à cette hypothèse en conjonction avec les déterminations micromorphologiques et anthracologiques.

Enfin, des analyses préliminaires de BPCA ont été effectuée par Dr. Samuel Abiven (École Normale Supérieure) sur 27 échantillons de l'année 2018 (tab. 4). Selon les résultats, la matière organique dérivée du feu dans les sols de Rocher de l'Impératrice est trois à cinq fois plus élevée que prévu dans ces conditions environnementales, indiquant un usage intensif du feu (au moins 100 combustions) (Théry-Parisot et al., 2019). Des variations dans la distribution des BPCA (B3-, B4-, B5-, et B6-CA) sont également observées entre les carrés et les décapages, en notant par exemple la réduction de B6CA dans l'échantillon n° 20 de l'US 102 Fk en K12 sud ou l'augmentation de B6CA dans l'échantillon 33 de l'US 102 F1AB en L13 nord (fig. 60).

n°	Carré	Unité stratigraphique	% C-BPCA / total C (pas corrigé)	% C-BPCA / total C (corrigé)*	B6	B5	B4	B3
1	L12 nord	102 Fa	8.61	19.54	34.3	41.0	21.0	3.6
3	L12 nord	102 Fi2	9.23	20.95	35.0	37.0	23.4	4.7
4	K11 sud	102 Fj2	7.10	16.12	30.5	44.7	21.3	3.5
5	K11 sud	102 Fj	6.41	14.55	29.2	45.8	22.0	2.9
6	L12 ouest	102 Fi	7.75	17.59	32.7	41.2	22.4	3.7
7	K12 sud	102 Fc	8.16	18.53	33.9	42.7	20.9	2.5

8	L12 nord	102 Fi2	8.37	19.01	32.1	41.1	23.2	3.6
9	K11 sud	102 Fj2	5.90	13.39	27.2	47.3	22.4	3.1
10	L12 ouest	102 Fi	6.90	15.67	33.0	43.3	20.7	3.0
11	L12 nord	102 Fi2	8.65	19.63	27.2	41.7	25.9	5.2
12	L12 ouest	102 Fi2	7.70	17.48	26.9	43.6	26.8	2.7
13	L12 ouest	102 Fi2	9.20	20.88	34.1	38.9	23.1	4.0
14	L12 ouest	102 Fi2	8.29	18.83	33.7	39.1	24.2	2.9
16	L12 ouest	102 Fi2	9.97	22.62	32.2	37.9	25.4	4.5
17	K12 est	102 Fg	7.91	17.96	32.7	43.0	21.1	3.2
18	K12 sud	102 F	7.25	16.46	32.4	42.2	22.6	2.7
19	L12 nord	102 Fi2	7.83	17.77	32.3	39.9	24.2	3.5
20	K12 sud	102 Fk	4.48	10.17	7.9	55.5	31.2	5.4
21	L13 nord	102 F1AB	8.81	19.99	36.7	40.6	19.6	3.1
23	K12 est	102 Fg	7.76	17.61	29.1	44.6	22.8	3.6
24	L12 ouest	102 F1	7.71	17.50	29.9	43.8	23.2	3.1
25	K12 sud	102 Fc	6.24	14.17	24.6	46.3	25.5	3.5
27	K11 sud	102 Fj1	7.57	17.19	32.4	43.1	21.7	2.9
29	K12 est	102 Fg	8.14	18.48	33.2	42.3	21.4	3.0
32	K12 est	102 Fg	7.71	17.51	32.1	42.1	22.6	3.1
33	L13 nord	102 F1AB	4.00	9.07	49.2	30.3	19.7	0.9
34	K12 sud	102 Fk	6.77	15.37	31.7	44.9	20.5	2.9

\* Ces chiffres sont corrigés avec le coefficient Glaser (Glaser et al., 1998) de 2.27 pour tenir compte de la perte de carbone pendant le traitement de l'échantillon, par exemple pendant l'oxydation par HNO<sub>3</sub> sous forme de CO<sub>2</sub>, afin de convertir les teneurs en BPCA-C en teneurs en « BC » (black carbon).

**Tableau 4. Résultats BPCA sur les échantillons de 2018**

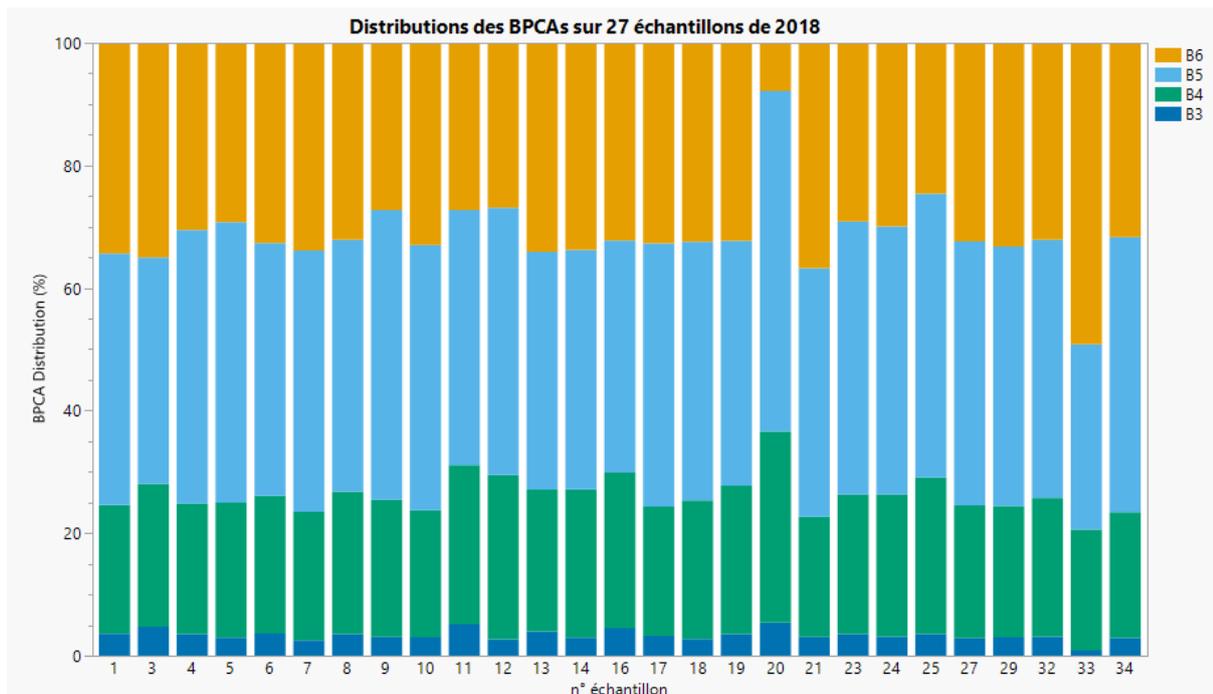


Figure 60.

La continuation de ces travaux sera nécessaire pour mieux comprendre la raison pour les teneurs élevés des BPCAs dans les sols de Rocher de l'Impératrice, la distribution spatiale des BPCA sur le site, l'hétérogénéité des BPCA entre les différentes ZC, et la relation entre les modèles BPCA et ceux observés par les analyses lipidiques.

En conclusion, il y a nombreuses questions à explorer par rapport aux dépôts de Rocher de l'Impératrice. Cette étude engagera l'aspect chimique des dépôts, qui en conjonction avec des analyses archéologiques, micromorphologiques, et anthracologiques, fourniront des nouvelles informations sur les possibles choix de combustibles employés par ses occupants aziliens et de la diversité de leurs activités sur le site.

### 13. ASSEMBLAGE LITHIQUE COLLECTE EN 2022 (N. Naudinot)

Cette nouvelle campagne de fouille dans l'abri du Rocher de l'Impératrice a livré un petit assemblage de 69 pièces cotées au tachéomètre auxquelles viennent s'ajouter 367 pièces découvertes au tamisage. N'oublions pas que les sédiments des zones cendreuses, très majoritaires cette année, ont été intégralement prélevés et qu'ils n'ont pas encore fait l'objet d'un tamisage en colonne au CEPAM. Quoiqu'il en soit, le matériel lithique collecté en 2022 est très faible, ce qui correspond bien à l'idée d'une industrie peu dense dans les remplissages cendreux. Il s'agit d'un élément qu'il conviendra de prendre en compte dans la compréhension générale de ces entités et plus généralement du fonctionnement du site.

	<b>Effectif</b>
Lame	26
Micro-éclat indéterminé	11
Éclat	9
Fragments	8
Chute	3
Indéterminé	3
Éclat d'entretien de plan de frappe	2
Micro-éclat dos d'armatures	2
Crête	1
Débris	1
Éclat sur enclume	1
Galet ouvert sur enclume	1
Lame sous-crête	1
<b>TOTAL</b>	<b>69</b>

**Tableau 5. Inventaire du matériel côté au tachéomètre en 2022**

	<b>Effectif</b>
Micro-éclat indéterminé	146
Fragment	132
Micro-éclat dos d'armature	39
Micro-éclat retouche rasante	23
Débris	13
Lame	11
Chute	3
<b>TOTAL</b>	<b>367</b>

**Tableau 6. Inventaire du matériel collecté au tamisage en 2022 (hors ZC pas encore tamisées)**

Le matériel collecté est très essentiellement attribuable à la composante azilienne du site hormis quelques pièces collectées dans l'US 108 (notamment en K16) qui correspondent au Néolithique final. Cette industrie azilienne montre des caractéristiques en toutes points identiques aux conclusions techno-économiques présentées dans les précédents rapports et publications (Naudinot (dir.), 2021 ; Naudinot *et al.*, 2017, 2018 ; Naudinot, 2022).

Ce matériel sera examiné en détail lors l'étude générale de l'assemblage à la fin de l'opération dans le cadre d'une approche pétro-techno-économique intégrée de la totalité de l'assemblage en collaboration avec V. Delvigne et J. Jacquier. Plusieurs articles collaboratifs sont en cours sur ce matériel et notamment deux dédiés au vaste corpus de lames à retouches rasantes (Naudinot *et al.*, en cours ; Jacquier *et al.*, en cours). Un travail de Master sera également engagé dès la rentrée prochaine sur la thématique spécifique des pointes de projectiles et notamment sur les modalités d'emmanchement des bipointes.

	<b>Effectif</b>
Chute	3
Lame à retouche rasante	2
Perçoir	1
Grattoir (néolithique)	1
Grattoir	1
Lame à retouche rasante recyclée en burin	1
Troncature transversale concave directe distale	1
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>

**Tableau 7. Outillage retouché côté au tachéomètre en 2022**

	Effectif
Mésial de pointe à dos	3
Bipointe	3
Ébauche pointe à dos	2
Base de pointe à dos	1
Apex de pointe à dos	1
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>

Tableau 8. Éléments d'armatures cotées au tachéomètre en 2022

	Effectif
Élément d'armature	19
Outils retouché	1
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>

Tableau 9. Outillage retouché et armatures collectés au tamisage en 2022

## 14. LES TÉMOIGNAGES SYMBOLIQUES (E. Paillet et P. Paillet)

Cette courte étude a porté sur un nouveau fragment orné, identifié pendant les fouilles de la campagne 2022. Il provient d'un petit terrier de l'US 108 (carré K16). Son caractère remanié est indéniable et la question de la provenance princeps se pose.

Il s'agit d'un petit fragment de schiste de 39 x 30 mm, fracturé à chaque bord. Son épaisseur de 9 mm le classe parmi les plaquettes les plus épaisses du corpus.



Figure 61. Fragment de schiste gravé, fouilles 2022

Le décor est présent sur une seule face et se compose de trois incisions rectilignes et parallèles entre elles. Deux petites écailles détachées ont endommagé la surface mais elles ont pu être isolées et pourront être recollées si nécessaire.

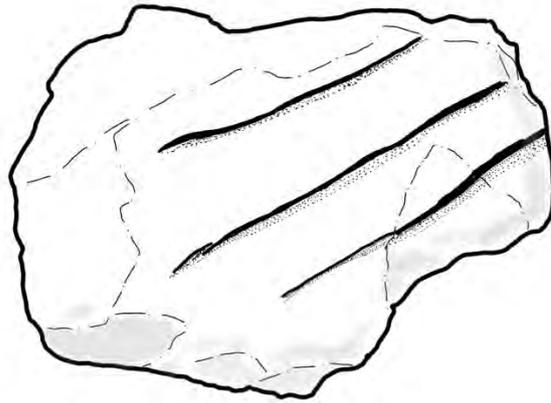


Figure 62. Fragment de schiste gravé, fouilles 2022

Le principal intérêt de ce décor est sa très grande similarité avec celui qualifié de « rayonnant », présent sur l'ensemble orné n°1 (« aurochs rayonnant »). Avant cette découverte ce motif remarquable n'était connu que sur deux pièces de l'ensemble du corpus, la n°317 A (aurochs) et la n°678 qui lui est associée. La découverte d'une troisième surface ornée portant ce type d'incisions linéaires et relativement profondes renforce le caractère mixte géométrique / figuratif de l'art mobilier du Rocher de l'Impératrice.

Des tentatives de remontage ont été réalisées en laboratoire à la fin de l'année 2022. Malheureusement, aucune proposition n'est réellement convaincante, les bords des pièces étant érodés. Toutefois, la disposition des « rayons », leur géométrie linéaire, la morphologie des fonds de traits et leur écartement nous permet de proposer à titre d'hypothèse une association virtuelle (fig. 62).

L'aurochs rayonnant est désormais constitué de 7 fragments, dont 6 qui se réassemblent assurément et ce dernier dont l'association est encore grevée d'une certaine incertitude. Des observations microscopiques, notamment des fonds de traits et de la morphologie des incisions, mériteraient d'être effectuées.

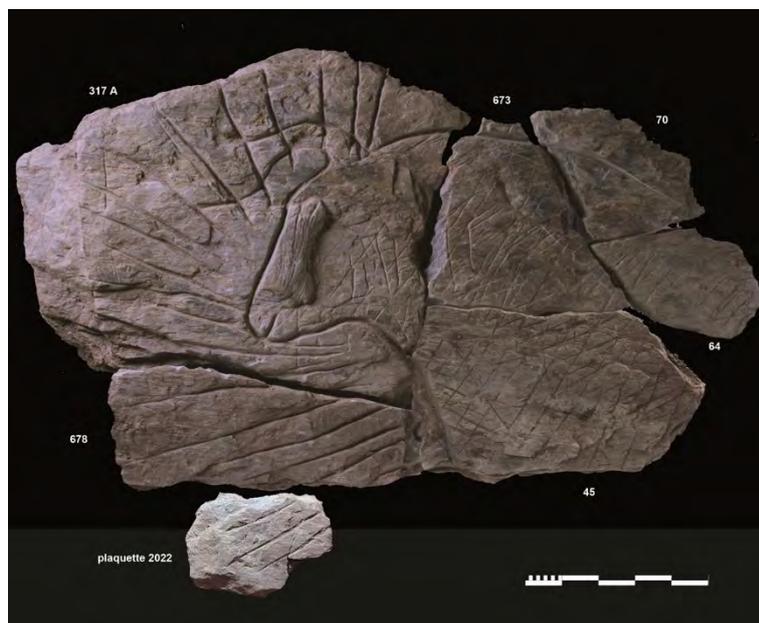


Figure 63. Hypothèse d'association de la plaquette 2022 et de l'ensemble n°1.

## **15. ORIENTATIONS SCIENTIFIQUES POUR LA PROCHAINE CAMPAGNE PLURI-ANNUELLE**

La prochaine campagne de fouille sur l'abri du Rocher de l'Impératrice vise à poursuivre les travaux engagés depuis les premiers sondages de 2013. Les dernières campagnes ont permis de dégager une partie importante des grandes dalles d'effondrement qui, rendaient difficile la fouille et l'appréciation du niveau d'occupation (fouille de secteurs déconnectés les uns des autres), mais qui ont protégé ces couches des perturbations (notamment des importants aménagements des grimpeurs qui ont détruit une partie du site).

La fouille de ces secteurs a permis de mettre en évidence des niveaux d'occupations bien préservés. Ces premiers résultats s'inscrivent parfaitement dans le scénario dégagé par les autres analyses menées sur le matériel et l'organisation spatiale du site conduisant à voir dans les couches aziliennes du Rocher de l'Impératrice le résultat de passages répétés de petits groupes de chasseurs pour des occupations très courtes au cours de l'Azilien ancien. De nombreuses zones cendreuse ont été identifiées et fouillées dans ce secteur. Les recherches sur ces structures sont encore en cours. Il est indispensable désormais de mettre en place une discussion collective avec les différents acteurs impliqués sur cette thématique (thermoluminescence, anthracologie, chimie, micromorphologie...). Un workshop est ainsi programmé le 16 mai 2023 à Rennes. Cette réunion devrait permettre à la fois de faire un bilan croisé des données disponibles, mais aussi de mieux programmer la prochaine campagne de terrain (zones à investir, stratégie de fouille, stratégie d'échantillonnage).

La stratégie précise de fouille pour l'été 2023 sera ainsi largement déterminé par les résultats de ces discussions. Quoi qu'il en soit, la fouille investira toujours cette partie nord du site. L'idée d'une extension de la tranchée L vers l'Ouest envisagée à la fin de la campagne de 2019 n'est désormais plus envisageable suite à la découverte de dalles de plusieurs tonnes dans le prolongement de la tranchée. La question reste ouverte de l'extension de la fouille un peu plus au nord, dans le secteur recouvert par la plus grosse dalle d'effondrement du site : fouille de ce secteur pour mieux percevoir l'extension de l'occupation et la dynamique sédimentaire ? ou mise en réserve de cette partie du site pour les générations futures ?

En 2017 nous avons obtenu une autorisation pour le sondage d'un petit abri localisé à quelques mètres au nord-ouest du Rocher de l'Impératrice un peu plus bas dans la pente. Devant la densité du matériel retrouvé cette année au Rocher de l'Impératrice nous avons fait le choix de ne finalement pas investir cet abri. La campagne de 2023 pourrait être le moment d'investir cette petite cavité.

## **16. VALORISATION**

Au-delà des travaux de publication dans des supports scientifiques et de communications dans divers colloques et congrès, les recherches menées au Rocher de l'Impératrice ont été impliqués dans de nombreux projets de valorisation de différentes formes et à différentes échelles.

Comme tous les étés depuis 2017, nous avons cette année encore mis en place des visites hebdomadaires du site le mercredi en collaboration avec le musée de Plougastel-Daoulas et le Conseil départemental du Finistère. Comme chaque année, ces portes-ouvertes ont amené sur le site à chaque fois plusieurs dizaines de personnes de tous horizons et de toutes les générations. Nous avons également organisé des visites spécifiques pour l'association locale des « Amis du Passage », pour une colonie de vacances, ainsi que pour les personnels de la commune de Plougastel-Daoulas.

Nous sommes également intervenus le 7 novembre au collège de l'Harteloire à Brest durant une journée afin de présenter le Rocher de l'Impératrice et, plus généralement, la Préhistoire. Devant l'intérêt des enfants, cette expérience sera renouvelée l'année prochaine.

Nous avons également été invités à donner plusieurs interventions dans le cadre de séminaires universitaires ou de conférences pour le public :

- Naudinot N. – La fin du Paléolithique en Europe de l'Ouest : bilan prospectif depuis la façade atlantique, 6 avril 2023, Séminaire « Derniers chasseurs : Paléolithique final et Mésolithique », Université de Paris 1

- Naudinot N. – Plougastel-Daoulas avant les fraises : l'abri azilien du Rocher de l'Impératrice (Plougastel-Daoulas, Finistère), 11 juin 2022, Journée UMR 6566 CReAAH, Rennes

Nous avons ainsi régulièrement été sollicités pour différents ouvrages de vulgarisation :

- Gendry M., Behec V., Ruel A. (2021) – *Histoire de la Bretagne illustrée*, La geste éditions, 114 p.

- Robet A., Robet D. (2022) – *Brest : des Aziliens à Vauban*, Petit à petit, 80 p.

Les résultats de nos travaux ont également été valorisés dans différents projets muséographiques :

– Participation à l'exposition « De la Nature » à la Maison de la Fontaine (Brest), 22 mars-4 juin 2022

– Participation à l'exposition « Art de la préhistoire » au musée de l'Homme (Paris), 16 novembre 2022 - 22 mai 2023

Nous nous sommes également impliqués dans le montage du projet de labellisation UNESCO du Geopark d'Armorique en partenariat avec le Parc Naturel Régional d'Armorique (Reconstitution du site et de l'occupation paléolithique en réalité virtuelle pour le musée de Plougastel-Daoulas

- Immersion dans l'abri durant le Paléolithique en réalité augmentée directement sur le site (création de l'application pour smartphones/tablettes)).

Nous avons enfin participé à l'obtention du label de « ville classée tourisme » de la commune de Plougastel-Daoulas.

## 17. TABLE DES FIGURES

Figure 1. Courbe GICC05 (d'après Rasmussen et al., 2014).....	13
Figure 2. Proposition de modèle d'organisation chrono-culturelle (d'après Naudinot, 2013).....	14
Figure 3. Position du site sur le cadastre de Plougastel-Daoulas (parcelle 171).....	15
Figure 4. Position topographique du gisement (DAO L. Quesnel et N. Naudinot). ....	16
Figure 5. Le passage du bac entre le Relecq-Kerhuon et la cale du Passage à Plougastel-Daoulas avec le Rocher de l'Impératrice en arrière-plan. ....	16
Figure 6. L'abri du Rocher de l'Impératrice en 2017. ....	17
Figure 7. Carte géologique du nord de la Presqu'île de Plougastel-Daoulas et de l'estuaire de l'Elorn (www.infoterre.brgm.fr).....	18
Figure 8. (a) Courbe du niveau marin relatif depuis le dernier maximum glaciaire (d'après Woodroff et Horton, 2005). (b) Interprétation de la morphologie de la rade de Brest au cours de la période azilienne d'après la bathymétrie du substratum (fond rocheux soustrait des sédiments) (brun) et l'altimétrie actuelle (gris).....	19
Figure 9. Vue longitudinale et coupes de l'abri (S. Sorin). ....	20
Figure 10. Nouvelle station totale TOPCON lors de l'implantation du carroyage de 2022.....	21
Figure 11. Centre de l'abri après mise à niveau des carrés N12/N13/O12 .....	22
Figure 12. Reprise de la fouille de FSU au début de la campagne de 2022 (présence de matériel dans le remplissage) .....	23
Figure 13. Secteur entre L12 Ouest et L13 Nord après l'enlèvement de deux blocs limitant la lisibilité des extensions de zones cendreuseuses.....	24
Figure 14. Grosse dalle en K13 avant son extraction.....	24
Figure 15. Extraction de la dalle de K13 à l'aide du Tire-Fort.....	25
Figure 16. Fouille du carré K12 sur lequel les ruissèlements liés à la drip line sont bien visibles (clichés N. Naudinot, traitement L. Quesnel).....	25
Figure 17. Carrés K14 avant enlèvement de la grosse pierre.....	26
Figure 18. Fouille de l'US 108 du carré K16 .....	27
Figure 19. Fragment de plaquette de schiste gravée découverte dans un terrier dans l'US 108 de K16 et qui pourrait correspondre à un élément de la plaquette aux aurochs Buoc'h Skedus .....	27
Figure 20. Photogrammétrie générale de fin de fouille (clichés. Naudinot, traitement L. Quesnel).....	28
Figure 21. Emplacement des points de référence de 2017. ....	29
Figure 22. Nouveaux points de référence installés en 2022 .....	30
Figure 23. Informatisation du cahier de relevés (C. Pruvost). ....	31
Figure 24. Installation de l'électricité et de l'éclairage sur le site (N. Naudinot). ....	32
Figure 25. Étiquettes à souche utilisées lors de l'opération.....	32
Figure 26. Prise de mesure pour le relevé des pierres d'un foyer dans l'US 108 (V13) (C. Frésillon, CNRS). ....	33
Figure 27. Dessin des pierres d'un foyer dans l'US108 (V13) (C. Frésillon, CNRS).....	34
Figure 28. Prises de clichés pour la photogrammétrie d'une petite coupe (C. Frésillon, CNRS).....	34
Figure 29. Caisses de refus de tamis en cours de séchage avant le tri (cliché CFRA).....	35
Figure 30. Tamisage à l'eau sous pression au port du Passage (cliché CFRA) .....	35
Figure 31. Tri des refus de tamis dans la base du port du Passage (C. Frésillon, CNRS). ....	36
Figure 32. Comparaison des protocoles de prises de mesures des inclinaisons des pièces. ....	37
Figure 33. «Plan-ZC_ML_AZ » : Plan du secteur L12-M12-M13, incluant le foyer Fsu, les axes de coupes et l'emplacement des prélèvements réalisés en 2022. DAO : A. Zanotti.....	39
Figure 34. CoupeHC_ML_AZ » : Coupe H-C orientée nord-sud des sous-carrés L12 ouest et L12 sud. Localisation des blocs micromorphologiques PRE2022-L12ouest et PRE2022-L12sud. DAO : A. Zanotti. ....	40
Figure 35. CoupesFsu_ML_AZ » : Coupes D-C, F-A et A'-B du foyer Fsu en M12 ouest. Localisation du bloc micromorphologique PRE2022-M12ouest. DAO : A. Zanotti. ....	40
Figure 36. Schéma synthétique du secteur des cuvettes cendreuseuses 102F <sub>A</sub> à 102F <sub>K</sub> . Vues en coupe et en plan. ....	41
Figure 37. 102FD et 102FE au centre de la photo, 102FC en bas à droite et 102FF en haut à droite. ....	42
Figure 38. Fd et Fe (en coupe) recouvertes par une couche de 102 et séparés de Fi2. ....	42
Figure 39. Lien direct entre Fd/Fe et Fi2 après suppression de la poche de 102.....	43
Figure 40. Apparition de FOg suite à l'enlèvement d'une pierre en L12.....	44
Figure 41. Possible lien entre FOg (en plan) et Fp (en coupe).....	44
Figure 42. Lien entre Fi et FOg.....	45
Figure 43. Fj bien visible à la base de la coupe .....	46
Figure 44. Fsu en 2019.....	47
Figure 45. Base de Fsu en 2019 .....	47
Figure 46. Coupe de Fsu.....	48

<i>Figure 47. Coupe N/S dans le remplissage de Fsu perpendiculaire à la coupe de 2019</i> .....	49
<i>Figure 48. Mise en place d'une coupe O/E entre Fsu et la paroi de l'abri</i> .....	49
<i>Figure 49. Apparition de Fof sous une pierre lors de la coupe O/E entre Fsu et la paroi</i> .....	50
<i>Figure 50. Positions de Fv, Fr et Fq</i> .....	50
<i>Figure 51. Vue en plan de Fz (sur la gauche)</i> .....	51
<i>Figure 52. Vue en coupe du remplissage de Fz</i> .....	52
<i>Figure 53. Mise en évidence de FOa en L11 Est</i> .....	52
<i>Figure 54. Mise en évidence de FOe et FOc en J11 et K11</i> .....	53
<i>Figure 55. Relevé des zones cendreuses le 18 juillet 2022 (DAO L. Quesnel)</i> .....	54
<i>Figure 56. Relevé des zones cendreuses le 20 juillet (DAO L. Quesnel)</i> .....	55
<i>Figure 57. Relevé des zones cendreuses le 22 juillet (DAO L. Quesnel)</i> .....	56
<i>Figure 58. Relevé des zones cendreuses le 26 juillet (DAO L. Quesnel)</i> .....	57
<i>Figure 59. Relevé des zones cendreuses le 28 juillet (DAO L. Quesnel)</i> .....	58
<i>Figure 60.</i> .....	67
<i>Figure 61. Fragment de schiste gravé, fouilles 2022</i> .....	69
<i>Figure 62. Fragment de schiste gravé, fouilles 2022</i> .....	70
<i>Figure 63. Hypothèse d'association de la plaquette 2022 et de l'ensemble n°1.</i> .....	70

## 18. BIBLIOGRAPHIE

Bodu P. (dir.) (1998) – *Le Closeau. Deux années de fouille sur un gisement azilien et belloisien en bord de Seine. Rueil-Malmaison (Hauts-de-Seine)*, document final de synth.se de sauvetage urgent, AFAN, 3 tomes, 470 p.

Bodu P., Valentin B. (1997) – Groupes à *Federmesser* ou aziliens dans le sud et l'ouest du Bassin parisien. Propositions pour un nouveau modèle d'évolution, *Bulletin de la Société préhistorique française*, t. 94, 3, p. 341-47.

Breuil, H. (1913) – *Les subdivisions du Paléolithique supérieur et leur signification*, Congrès international d'anthropologie et d'archéologie préhistoriques, compte-rendu de la 14<sup>ème</sup> session, Genève, 1912, Albert Kundig, p. 165-238.

Brittingham, A., Hren, M.T., Hartman, G., Wilkinson, K.N., Mallol, C., Gasparyan, B., Adler, D.S., (2019) – Geochemical Evidence for the Control of Fire by Middle Palaeolithic Hominins, *Sci. Rep.* t. 9, p. 15368. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51433-0>

Brocks, J.J., Love, G.D., Summons, R.E., Knoll, A.H., Logan, G.A., Bowden, S.A. (2005) – Biomarker evidence for green and purple sulphur bacteria in a stratified Palaeoproterozoic sea, *Nature*, t. 437, p. 866–870. <https://doi.org/10.1038/nature04068>

Brodowski, S., Rodionov, A., Haumaier, L., Glaser, B., Amelung, W. (2005) – Revised black carbon assessment using benzene polycarboxylic acids. *Organic Geochemistry* 36, 1299–1310. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2005.03.011>

Chauris L. *et al.* (1979) – Notice de la carte géologique de la France au 1/50 000, Brest, IV -17, 52 p.

Clark C.-D., Gibbard P., Rose J. (2004) – Pleistocene glacial limits in England, Scotland and Wales. *In: Ehlers J., Gibbard P.-L. (dir.), Quaternary Glaciations: Extent and Chronology*, Vol. 1, Europe Developments in Quaternary Science. Elsevier, Oxford, p. 47-82.

Diefendorf, A.F., Freimuth, E.J., (2017) – Extracting the most from terrestrial plant-derived n-alkyl lipids and their carbon isotopes from the sedimentary record: A review. *Org. Geochem.* t. 103, p. 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2016.10.016>

Diefendorf, A.F., Leslie, A.B., Wing, S.L., (2015a) – Leaf wax composition and carbon isotopes vary among major conifer groups. *Geochim. Cosmochim. Acta*, t. 170, 145–156. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2015.08.018>

Diefendorf, A.F., Sberna, D.T., Taylor, D.W., (2015b) – Effect of thermal maturation on plant-derived terpenoids and leaf wax n-alkyl components. *Org. Geochem.* t. 89–90, p. 61–70.

Fat-Cheung C., Chevallier A., Bonnet-Jacquement P., Langlais M., Ferrié J.-G., Costamagno S., Kuntz D., Laroulandie V., Mallye J.-B., Valdeyron N., Ballista S. (2014) – Comparaison des séquences aziliennes entre Dordogne et Pyrénées : état des travaux en cours », *In: Langlais M., Naudinot N., Peresani M. (dir.), Les groupes culturels de la transition Pléistocène-Holocène entre Atlantique et Adriatique, actes de la séance de la Société préhistorique française, Bordeaux, 24-25 mai 2012*, éd. Société préhistorique française (publication en ligne, séance 3), Paris, p. 17-44.

Genieux G. (2015) – *L'Azilien récent de l'Anse de Landroannec (Mûr-de-Bretagne, Côtes-d'Armor) : entre choix techniques et adaptabilités*, Mémoire de master 1, Université Nice Sophia-Antipolis, 47 p.

Gibbard P., Cohen K.-M. (2008) – Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years. *Episodes*, t. 31, 2, p. 243-247.

Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G., Zech, W., (1998) – Black carbon in soils: the use of benzenecarboxylic acids as specific markers. *Org. Geochem.* t. 29, p. 811–819. [https://doi.org/10.1016/S0146-6380\(98\)00194-6](https://doi.org/10.1016/S0146-6380(98)00194-6)

Hallégouët B. (1976) - Les anciens dépôts marins et fluviatiles de la vallée de l'Élorn (Finistère). *Norvès*, t. 89, p. 55-72.

Hallegouët B., (1994) – Formation de la rade de Brest. In : Corlaix J.-P. (dir.), *Atlas permanent du littoral*, Editmar, France, 22 p.

Harrault, L., Milek, K., Jardé, E., Jeanneau, L., Derrien, M., Anderson, D.G., (2019) – Faecal biomarkers can distinguish specific mammalian species in modern and past environments. *PLoS One*, t. 14, e0211119. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211119>

Jambrina-Enríquez, M., Herrera-Herrera, A.V., Rodríguez de Vera, C., Leierer, L., Connolly, R., Mallol, C., (2019) – n-Alkyl nitriles and compound-specific carbon isotope analysis of lipid combustion residues from Neanderthal and experimental hearths: Identifying sources of organic compounds and combustion temperatures. *Quat. Sci. Rev.*, t. 222, 105899. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.105899>

Kappenberg, A., Braun, M., Amelung, W., Lehndorff, E., (2019) – Fire condensates and charcoals: Chemical composition and fuel source identification. *Org. Geochem.*, t. 130, p. 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2019.01.009>

Lehndorff, E., Wolf, M., Litt, T., Brauer, A., Amelung, W., (2015) – 15,000 years of black carbon deposition – A post-glacial fire record from maar lake sediments (Germany). *Quaternary Science Reviews*, t. 110, p. 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.12.014>

Lucquin, A., March, R.J., Cassen, S. (2007) – Analysis of adhering organic residues of two “coupes-à-socles” from the Neolithic funerary site “La Hougue Bie” in Jersey: evidences of birch bark tar utilisation. *J. Archaeol. Sci.* t. 34, p. 704–710.

March, R.J., Baldessari, A., Ferreri, J.-C., Grande, A., Gros, E.-G., Morello, O., Rodano, R., (1989b) – Étude des structures de combustion archéologiques d'Argentine. *Bull. Soc. préhist. fr.*, t. 86, p. 384–392.

March, R.J., Baldessari, A., Gross, E.G., (1989a) – Determinación de compuestos orgánicos en estructuras de combustión arqueológicas, in: Olive, M., Taborin, Y. (Eds.), . Presented at the Nature et Fonction Des Foyers Préhistoriques, Actes du Colloque International de Nemours, Mémoires de musée de Préhistoire d'Île de France, p. 47–58.

Marchand G., Blanchet S., Chevalier G., Gallais J.-Y., Le Goffic M., Naudinot N., Yven E. (2004) – La fin du Tardiglaciaire sur le Massif armoricain : territoires et cultures matérielles, *Paléo*, t. 16, p. 137-170.

Marchand G., Arthuis R., Philibert S., Sellami F., Sicard S. (2009) – Un habitat azilien en Anjou : Les Chaloignes à Mozé-sur-Louet (Maine-et-Loire), *Gallia Préhistoire*, t. 51, p. 1-110.

Mevel L. (2013) – Les premières sociétés aziliennes : nouvelle lecture de la genèse du phénomène d'azilianisation dans les Alpes du nord à partir des deux niveaux d'occupations de l'abri de La Fru (Saint- Christophe-la-Grotte, Savoie), *Bulletin de la Société préhistorique française*, t. 110, 4, p. 657-689.

Naudinot N. (2008) – Les armatures lithiques tardiglaciaires dans l'Ouest de la France (Régions Bretagne et Pays-de-la-Loire) : Proposition d'organisation chrono-culturelle et chaîne opératoire de fabrication, *In* : Pétilion J.-M., Dias Meirinho M.-H., Cattelain P., Honegger M., Normand C., Valdeyron N. (dir.), *Recherches sur les armatures de projectiles du Paléolithique supérieur au Néolithique*, actes du colloque C83, XV<sup>e</sup> congrès de l'UISPP, Lisbonne, 4-9 septembre 2006, *Paethnologie*, t. 1, p. 250-277.

Naudinot N. (2010) - *Dynamiques techno-économiques et de peuplement au Tardiglaciaire dans le Grand-Ouest de la France*, Thèse de doctorat de l'Université de Rennes 1, 731 p.

Naudinot N. (2013) – La fin du Tardiglaciaire dans le Grand-Ouest de la France, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, t. 110, p. 233-255

Naudinot N. (2022) – *La France à la fin du Paléolithique : perspective synthétique depuis la façade atlantique*, HDR de l'Université de Rennes 1., 2 vol.

Naudinot N., Bourdier C., Paris C., Bellot-Gurlet L., Laforge M., Beyries S., Thery-Parisot I., Le Goffic M., (2017a) – Divergence in the evolution of Paleolithic symbolic and technological systems: The shining bull and engraved tablets of Rocher de l'Impératrice, *PlosOne*, t.12, 3

Naudinot N., Le Goffic M., Beyries S., Bellot-Gurlet L., Bourdier C., Jacquier J., Laforge M. (2018a) – Du nouveau à l'Ouest : résultats préliminaires sur l'Azilien ancien de l'abri sous roche du Rocher de l'Impératrice (Plougastel-Daoulas, Finistère), *In* : Averbouh A., Bonner-Jacquement P., Cleyet-Merle J.-J. (dir.), *L'Aquitaine à la fin des temps glaciaires : les sociétés de la transition du Paléolithique final au début du Mésolithique dans l'espace Nord aquitain*, actes de la table organisée en hommage à Guy Célérier, Les Eyzies-de-Tayac (24-26 juin 2015), *Paléo*, p. 181-191

Naudinot N., Fagnart J.-P., Langlais M., Mevel L., Valentin B. (2019) – Les dernières sociétés du Tardiglaciaire et des tout débuts de l'Holocène en France. Bilan d'une trentaine d'années de recherche, *Gallia Préhistoire*, t. 59, p. 8-45

Naudinot N., Le Goffic M., Ahmed-Delacroix E. -N., Blanchet F., Bourles D., Duigou V., Delvigne V., Flageul A., Grégoire G., Guerin G., Jacquier J., Laforge M., Lebrun B., Le Gueut E., Macphail R., Paillet E., Paillet P., Quesnel L., Sorin S., Thery-Parisot I. (2021) – *L'abri sous roche du Rocher de l'Impératrice à Plougastel-Daoulas, Finistère*, Rapport de synthèse 2017-2019, SRA Bretagne, 293 p.

Naudinot N. et Jacquier J. (sous presse) – De retour à Roc'h Toul 40 ans après la première évocation de l'Azilien sur le Massif armoricain par Jean-Laurent Monnier, *In* : Marchand G. et Naudinot N., *Préhistoire et Protohistoire de l'Ouest de la France : Nouvelles perspectives en hommage à Jean-Laurent Monnier*, PUR.

Regert, M., Garnier, N., Decavallas, O., Cren-Olivé, C., Rolando, C. (2003) – Structural characterization of lipid constituents from natural substances preserved in archaeological environments. *Meas. Sci. Technol.* t. 14, p. 1620. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/14/9/313>

Roebroeks, W., Villa, P. (2011) – On the earliest evidence for habitual use of fire in Europe. *PNAS* t. 108, p. 5209–5214. <https://doi.org/10.1073/pnas.1018116108>

Rottländer, R.C.A. (1989) – Chemische Untersuchungen an Sedimenten der Höhle Geißenklösterle bei Blaubeuren. *Fundberichte aus Baden-Württemberg*, t. 14, p. 23–32. <https://doi.org/10.11588/fbbw.1989.0.39833>

Schneider, M.P.W., Hilf, M., Vogt, U.F., Schmidt, M.W.I. (2010) – The benzene polycarboxylic acid (BPCA) pattern of wood pyrolyzed between 200°C and 1000°C. *Organic Geochemistry*, t. 41, p. 1082–1088. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2010.07.001>

Schneider, M.P.W., Pyle, L.A., Clark, K.L., Hockaday, W.C., Masiello, C.A., Schmidt, M.W.I. (2013) – Toward a “Molecular Thermometer” to Estimate the Charring Temperature of Wildland Charcoals Derived from Different Biomass Sources. *Environ. Sci. Technol.*, t. 47, p. 11490–11495. <https://doi.org/10.1021/es401430f>

Shimelmitz, R., Kuhn, S.L., Jelinek, A.J., Ronen, A., Clark, A.E., Weinstein-Evron, M. (2014) – “Fire at will”: the emergence of habitual fire use 350,000 years ago. *J. Hum. Evol.* t. 77, p. 196–203. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2014.07.005>

Stahlschmidt, M.C., Miller, C.E., Ligouis, B., Hambach, U., Goldberg, P., Berna, F., Richter, D., Urban, B., Serangeli, J., Conard, N.J. (2015) – On the evidence for human use and control of fire at Schöningen. *J. Hum. Evol.* t. 89, p. 181–201. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2015.04.004>

Théry-Parisot, I., Abiven, S., Naudinot, N. (2019) – Molecular study of ashy sediments to reconstruct fuel management strategies and paleoenvironments at le Rocher de l’Impératrice (Plougastel-Daoulas, France) during the lateglacial Azilian occupation.

Thomas, C.L., Jansen, B., van Loon, E.E., Wiesenberg, G.L.B. (2021) – Transformation of n-alkanes from plant to soil: a review. *SOIL*, t. 7, p. 785–809. <https://doi.org/10.5194/soil-7-785-2021>

Valentin B. (2008) – *Jalons pour une paléohistoire des derniers chasseurs (XIV<sup>e</sup>-VI<sup>e</sup> millénaire avant J.-C.)*, Paris, éd. Publications de la Sorbonne (coll. Cahiers archéologiques de Paris 1, 1), 325 p.

Wiedemeier, D.B., Abiven, S., Hockaday, W.C., Keiluweit, M., Kleber, M., Masiello, C.A., McBeath, A.V., Nico, P.S., Pyle, L.A., Schneider, M.P.W., Smernik, R.J., Wiesenberg, G.L.B., Schmidt, M.W.I., (2015b) – Aromaticity and degree of aromatic condensation of char. *Org. Geochem.* t. 78, p. 135–143. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2014.10.002>

Wiedemeier, D.B., Brodowski, S., Wiesenberg, G.L.B. (2015a) – Pyrogenic molecular markers: linking PAH with BPCA analysis. *Chemosphere*, t. 119, p. 432–437. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.06.046>

Wolf, M., Lehdorff, E., Wiesenberg, G.L.B., Stockhausen, M., Schwark, L., Amelung, W. (2013) – Towards reconstruction of past fire regimes from geochemical analysis of charcoal. *Organic Geochemistry*, t. 55, p. 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2012.11.002>

Woodroff S.-A. et Horton B.-P. (2005) – Holocene sea-level changes, *In* : The Indo-Pacific. *Journal of Asian Earth Sciences*, t. 25, 1, p. 29-43.

## Annexe – Liste complète des échantillons de sédiment des années 2018, 2019, et 2022

Année	Échantillon	Carré	Sous-carré	US	Décapage	Infos
<b>2018</b>						
2018	1	L12	Nord	102 Fa	17	ss bloc
2018	2	K11	Sud	102 Fj3	18	ss bloc
2018	3	L12	Nord	102 Fi2	15	ss bloc
2018	4	K11	Sud	102 Fj2	16	ss bloc
2018	5	K11	Sud	102 Fj	15	ss bloc
2018	6	L12	Ouest	102 Fi	27	ss bloc
2018	7	K12	Sud	102 Fc	17	ss bloc
2018	8	L12	Nord	102 Fi2	14	ss bloc
2018	9	K11	Sud	102 Fj2	17	ss bloc
2018	10	L12	Ouest	102 Fi	26	ss bloc
2018	11	L12	Nord	102 Fi2	16	ss bloc
2018	12	L12	Ouest	102 Fi2	28	ss bloc
2018	13	L12	Ouest	102 Fi2	28	ss bloc
2018	14	L12	Ouest	102 Fi2	28	ss bloc
2018	15	L13	Nord	102 F1	24	ss bloc
2018	16	L12	Ouest	102 Fi2	30	ss bloc
2018	17	K12	Est	102 Fg	17	ss bloc
2018	18	K12	Sud	102 F	18	ss bloc
2018	19	L12	Nord	102 Fi2	13	ss bloc
2018	20	K12	Sud	102 Fk	20	ss bloc
2018	21	L13	Nord	102 F1AB	32	ss bloc
2018	22	L13	Nord	102 F1AB	27	ss bloc
2018	23	K12	Est	102 Fg	23	ss bloc
2018	24	L12	Ouest	102 Fl	35	ss bloc
2018	25	K12	Sud	102 Fc	18	ss bloc
2018	26	L13	Nord	102 F1AB	26	ss bloc
2018	27	K11	Sud	102 Fj1	16	ss bloc
2018	28	K12	Sud	102 Fc	20	ss bloc
2018	29	K12	Est	102 Fg	18	ss bloc
2018	30	K12	Est	102	20	ss bloc 17
2018	31	L13	Nord	102 F1	24	ss bloc
2018	32	K12	Est	102 Fg	19	ss bloc
2018	33	L13	Nord	102 F1AB	31	ss bloc
2018	34	K12	Sud	102 Fk	18	ss bloc
2018	35	L13	Nord	102 F1AB	30	ss bloc
2018	36	L13	Ouest	102 F1	21	ss bloc
2018	37	L13	Nord	102 F1	19	ss bloc
2018	38	L13	Ouest	102 F1	20	ss bloc
2018	39	L13	Ouest	102 F1	19	ss bloc
2018	40	L13	Ouest	102 F1	18	ss bloc
2018	41	K12	Sud	102 F	14	ss bloc
2018	42	K12	Est	102/102 F	13	ss bloc
<b>2019</b>						
2019	1	L11	Ouest	102/102 F	27	ss bloc 17, marbré
2019	2	M12	Nord	102 induré (FSU05)	17	Nombreuses traces de charbon
2019	3	M12	Ouest	102/102 F	12	schiste brûlé, charbon
2019	4	M12	Ouest	102/102 F	14	1 silex
2019	5	M12	Ouest	102 F	16	
2019	6	M12	Ouest	102 F	17	
2019	7	M12	Ouest	102 FU	18	1 silex
2019	8	M12	Ouest	102 FU	19	

2019	9	M12	Ouest	102 FU	20	1 silex, mélangé avec 102 cailloutis induré (Fe-Mn)
2019	10	M12	Ouest	102-102 FU	21	
2019	11	M12	Ouest	102-102 FU	22	Pierres rouges, schiste brûlé (?) and microcharbons présent
2019	12	M12	Ouest	102 induré (FSU05)	23 + 24	Décapages 23 et 24 étaient < 1cm, décision d'unir les sacs (23: 102 caillouteux centre sous-carré)
2019	13	M12	Ouest	102 induré (FSU05)	25	Charbons présent
2019	14	M12	Ouest	102 rouge induré (FSU06)	25	
2019	15	M12	Ouest	102 F	25	Nord-ouest du sous carré, bord extérieur de la banane
2019	16	M12	Ouest	102 F	25	Bord intérieur de la banane
2019	17	M12	Ouest	102 FU	25	Sud du sous carré
2019	18	M12	Ouest	102 FU	25	Banane (jaune-gris)
2019	19	M12	Ouest	102 induré (FSU05)	26	
2019	20	M12	Ouest	102 rouge induré (FSU06)	26	
2019	21	M12	Ouest	102 FU	26	
2019	22	M12	Ouest	102 induré (FSU05)	27	
2019	23	M12	Ouest	102 FU	27	
2019	24	M12	Ouest	102 FU	28	
2019	25	M12	Ouest	102 FU	29	
2019	26	M12	Ouest	102-102 FU	29	ss pierre brûlé 03
2019	27	M12	Ouest	102 F	30	Couche jaune superficiel (<1 cm) sur bloc au fond du foyer FSU
2019	28	M12	Ouest	base 102 FSU	après 30	Nettoyage avant photo, juste après décapage 30
2019	29	L12	Nord	102-102 F	29	ss bloc 17.4
2019	30	M12	Ouest	102-102 F	15	
2019	31	L12	Est	102 Fp	23	ss bloc 17.4
2019	32	M12	Ouest	102 (F)	25	
2019	33	L12	Nord	102 Fr	29	ss bloc 17.4
2019	34	L12	Nord	102 Fr2	31	ss bloc 17.4
2019	35	L11	Ouest	102/102 F	26	"ss bloc 20 17 en cours"
2019	36	L12	Est	102 Fp	18	ss bloc - no tamis
2019	37	L12	Est	102 Fpsl	19	ss bloc
2019	38	L12	Sud	102 Fp	21	ss bloc
2019	39	L12	Est	102 Fp	19	ss bloc
2019	40	L12	Est	102 Fp	20	ss bloc
2019	41	M12	Ouest	102 F	10	
2019	42	L12	Est	102/102 Fr3	25	
2019	43	L12	Ouest	102 Fp	42	ss bloc
2019	44	L12	Sud	102 FOp	22	ss bloc
2019	45	L12	Est	102 Fq	16	ss bloc
2019	46	L12	Ouest	102 Fp	41	ss bloc
2019	47	L12	Nord	102 Fq	28	ss bloc 17.4
2019	48	L12	Est	102 Fq(?)	17	ss bloc
2019	49	L12	Nord	102 Fn	25	ss bloc 13.4
2019	50	M12	Ouest	102-102 F	13	
2019	51	L12	Sud	102	6	
2019	52	L12	Nord	102 Fn	29	ss bloc

2019	53	L11	Sud	102/102 Fr3	13	
2019	54	L12	Nord	102 Fn	28	ss bloc 17
2019	55	L12	Nord	102 Fq	31	ss bloc 17.4
2019	56	L11	Ouest	102/102 F	25	ss bloc 2017
2019	57	L12	Nord	102 Fn	27	ss bloc 17.4
2019	58	L12	Nord	102-102 F	32	ss bloc 17.4
2019	59	L11	Sud	102/102 Fr3	13	ss bloc 20 17
2019	60	L12	Nord	102 Fn	26	ss bloc 17.4
2019	61	V13	Sud	108	10	
2019	62	J12	Sud	102 F	11	ss bloc
2019	63	L12	Nord	102 Fv	31	ss bloc 17.4
2019	64	L12	Nord	102	30	ss b 17.4
2019	65	L11	Ouest	102 Fr2	26	ss bloc 17
2019	66	?	?	102 Fp		Bloc L12
2019	67	L12	Est	102 Fpsl	20	ss bloc
2019	68	L11	Ouest	102 Fr2	27	ss bloc 17.4
2019	69	L11	Ouest	192 Fv	28	ss bloc 17.4
2019	Pas échantillonné					Effondrement coupe K13 sud-K14 est
2019	Pas échantillonné	M12				Nettoyage coupe après décapage 29
2019	Pas échantillonné	L12	Ouest	102 Fi2/Fn		Effondrement coupe
2019	Pas échantillonné					Effondrement coupe est-ouest Fde
2019	n/a	M12	Ouest	102 induré (FSU05)	24	<1cm, réuni avec 23
<b>2022</b>						
2022	1	M12	Ouest	102 FSU	FSU 1	
2022	2	M12	Ouest	102 FSU	FSU 3	
2022	3	M12	Ouest	102 FSU	FSU 4	
2022	4	M12	Ouest	102 FSU	FSU 5	
2022	5	M12	Ouest	102 FSU	FSU 6	
2022	6	M12	Ouest	102 FSU	FSU 2	
2022	7	R14/15	Nord/Ouest	102		
2022	8	L12	Ouest	102 Fe/c		
2022	9	L12	Ouest	102 Fd		
2022	10	K14	Nord	102		
2022	11	M12	Est	102 FoB		
2022	12	M12	Est	?	12	
2022	12	J12	Sud	Fz		Supérieur
2022	13	J12	Sud	Fz		Inferieur
2022	14	M12	Est	102 FOb		Supérieur
2022	15	M12	Est	102 FOb		Inferieur
2022	16	L11	Nord	102 jaune		
2022	17	L13	Ouest	102		Mélangé avec du sédiment gris
2022	18	J11	Sud	102		
2022	19	M11	Sud	102 FOf		
2022	20	M12	Est	102 FOb	10	
2022	21	M12	Sud	102 FSU	FSU 13	
2022	22	J12	Sud	102 FU	rattrap. 17 ss bloc	
2022	23	J12	Sud	102 marbré (102F/F2)	23	ss bloc
2022	24	M12	Sud	102 FSU	FSU 8	
2022	25	L12	Sud	102 F (pierreuse)	27	ss bloc 17
2022	26	J12	Sud	102 marbré (102)	22	ss bloc

2022	27	J12	Ouest	102 marbré (102)	14	ss bloc J12a
2022	28	L12	Ouest	102 Fe	J6	ss bloc 17
2022	29	M12	Est	102 FOB	13	
2022	30	L12	Sud	102 marbré	29	ss bloc 17
2022	31	M12	Sud	102 FSU	FSU 14	
2022	32	J12	Ouest	102 marbré (cendreuse)	14	ss bloc J12a
2022	33	L12	Sud	102 marbré	30	ss bloc
2022	34	M12	Ouest	102 FSU 10a	30	Dégagement pierre de fond
2022	35	M12	Ouest	102 FSU 10b	30	Dégagement pierre de fond
2022	36	L12	Ouest	102	55	ss bloc 17
2022	37	M12	Sud	102 marbré	FSU 18	
2022	38	K13	Est	102 marbré	1	ss bloc 17 pierre
2022	39	L13	Nord	102 marbré	33	ss bloc 17
2022	40	M13	Nord-Est	102 FSU	2	
2022	41	L12	Ouest	102 Fd	50	ss bloc 17
2022	42	L12	Ouest	102 F	1	Limite L12-L13, ss pierres
2022	43	L12	Ouest	102 F	2	Limite L12-L13, ss pierres
2022	44	M12	Sud	102	FSU 20	
2022	45	M12	Est	102	12	
2022	46	J12	Ouest	102 marbré (102)	17	ss bloc J12a
2022	47	J12	Sud	102 marbré (102)	20	ss bloc
2022	48	J12	Ouest	102 marbré (cendreux)	17	ss bloc J12a
2022	49	M12	Est	102 FOB	12	
2022	50	M12	Nord	102 F	20	
2022	51	L12	Sud	102 marbré	26	ss bloc
2022	52	L12	Ouest	102 Fe/Fc	57	ss bloc 17
2022	53	J12	Ouest	102 marbré	12	ss bloc J12a
2022	54	L12	Ouest	102 Fe	55	ss bloc 17
2022	55	M12	Sud	102 FSU	FSU 17	
2022	56	J12	Sud	102 marbré (cendreux)	20	ss bloc
2022	57	M12	Ouest	102 FSU	FSU9	
2022	58	K11	Est	102 F	27	
2022	59	K13	Nord	102 Fw	12	ss bloc 19
2022	60	M13	Nord	102 FSU5/6		
2022	61	M12	Sud	102 FSU	FSU9	
2022	62	K13	Est	102 FW	26	ss bloc 17
2022	63	L11	Est	102 Foa	18	ss bloc
2022	64	K11	Est	102 F	28	
2022	65	J12	Ouest	102 marbré (102)	19	ss bloc J12a
2022	66	M12	Ouest	102 FSU	FSU 6 BIS	
2022	67	M12	Ouest	102 FSU	FSU 5 BIS	
2022	68	L12	Ouest	102 marbré	49	ss bloc 17.4
2022	69	M12	Sud	102 FSU	FSU 3 BIS	
2022	70	L12	Ouest	102 FD	50	ss bloc 17
2022	71	M13	Nord	102 FSU?	FSU 3	
2022	72	K11	Est	102 F	24	
2022	73	J12	Sud	102 F2	14	ss bloc
2022	74	M12	Sud	102 FSU	FSU 3	
2022	75	L12	Ouest	102 Fn1	46	
2022	76	M12	Ouest	102 FSU	FSU 5	
2022	77	M13	Nord-Est	102 FSU	1	
2022	78	L12	Ouest	102 F	3	sours pierres limite L12-L13
2022	79	M12	Sud	102 FSU	FSU 6	
2022	80	M12	Ouest	102	FSU 4	

2022	81	M12	Sud	102 FSU	FSU 1	
2022	82	M12	Ouest			nettoyage coupe avant micromorph
2022	83	M13	Nord	102 FSU?	FSU 6	
2022	84	M12	Sud	102 FSU	FSU 2 BIS	
2022	85	M12	Ouest	102 FSU	FSU 4 BIS	
2022	86	M12	Sud	102 FSU	FSU 4 BIS	
2022	87	M12	Sud		FSU 7	Charbon
2022	88	L13	Nord	102 marbré	1	ss bloc 17
2022	89	M12	Sud	US FOf	22	
2022	90	M12	Sud	102 FSU	FSU 15	
2022	91	J12	Ouest	102 marbré (102)	16	ss bloc J12a
2022	92	J12	Ouest	102 marbré (cendreuse)	16	ss bloc J12a
2022	93	L12	Ouest	102 F	4	ss pierres limites L12-13
2022	94	K13	Est	102 Fw	29	ss bloc 19
2022	95	J12	Sud	102 marbré (cendreaux)	19	ss bloc
2022	96	J12	Sud	102 Fz	rattrap. 17	Rattrapage du décapage 17
2022	97	L11	Est	102 FoA	19	ss bloc
2022	98	J12	Sud	102 marbré (102)	19	ss bloc
2022	99	L13	Nord	102 marbré	33	ss bloc 17
2022	100	M12	Sud	102 FSU	FSU 2	
2022	101	J12	Ouest	102 marbré (cendreaux)	15	ss bloc J12a
2022	102	M12	Sud	102 FSU	FSU 5 BIS	
2022	103	J11	Est	102 charbon	"DE" 22	sous roche
2022	104	M12	Ouest	102 FSU	FSU 2 BIS	
2022	105	M12	Sud	102 FSU	FSU 1 BIS	
2022	106	M12	Ouest	102 FSU	FSU 5 BIS	
2022	107	M13	Nord	102 FSU?	FSU 5	
2022	108	M12	Sud	102 FSU	FSU 6 BIS	
2022	109	L12	Ouest	102 Fn		nettoyage après prélèvement micromorph
2022	110	M12	Ouest	102 FSU	FSU 8 BIS	
2022	111	L12	Sud	102/102 F		dégagement bloc pour micromorph
2022	112	K11	Est	102 F	25	
2022	113	J12	Sud	102 F2	13	ss bloc
2022	114	M12	Sud	102 FSU	FSU 8 BIS	
2022	115	M12	Ouest	102 FSU	FSU 7 BIS	
2022	116	K11	Est	102 F	26	
2022	117	M12	Ouest	102 FSU	FSU 9 BIS	
2022	118	J12	Ouest	102 marbré (cendreaux)	18	ss bloc J12a
2022	119	J12	Ouest	102 marbré (102F)	19	ss bloc J12a
2022	120	L13	Nord-Est	102 F	Rectification coupe	L13 nord - L13 est
2022	121	L12	Ouest	102 marbré	54	
2022	122	L12	Ouest	102 FD	52	ss bloc 17
2022	123	J12	Sud	102 marbré (102F)	22	ss bloc
2022	124	L12	Ouest	102 F marbre	53	ss bloc 17
2022	125	M12	Sud	102 FSU	FSU 1U	
2022	126	M12	Ouest	102 FSU	FSU 8	
2022	127	J11	Est	102 marbré	24	
2022	128	L12	Sud	102 Fp inf	24	ss bloc 17

2022	129	L12	Sud	102 marbré	26	ss bloc 17
2022	130	M12	Sud	102 FSU	FSU 7	
2022	131	M12	Sud	102 marbré	FSU 19	
2022	132	MS(?)12	Ouest	102 marbré	FSU 3	
2022	133	J12	Sud	102 F-FZ	12	ss bloc
2022	134	J12	Sud	102 FZ (?)	15 sous bloc	ss bloc
2022	135	M12	Sud	102 FSU	FSU 7 BIS	
2022	136	J12	Sud	102 marbré	18 ss bloc	
2022	137	K11	Est	102 F?	23	
2022	138	L12	Ouest	102 marbré	57	
2022	139	J12	Ouest	102 marbré (102F)	19	ss bloc J12a
2022	140	J12	Sud	102F	21	ss bloc
2022	141	J12	Sud	102 marbré (102)	23	ss bloc
2022	142	M13	Nord	102 FSU	2	
2022	143	J12	Sud	102 FZ	17	ss bloc
2022	144	L12	Ouest	102 FOd	57	
2022	145	M12	Sud	102 FOf	21	
2022	146	K11	Est	102 F(Oe)	32	
2022	147	J11	Est	102 Foc	25	
2022	148	L11	Est	102 FOa	20	ss bloc
2022	149	L11	Est	102 FOa	21	ss bloc
2022	150	J12	Ouest	102 marbré (102)	18	ss bloc J12a
2022	151	M12	Ouest	102 FSU	25	ss bloc. Dégagement bloc pour micromorph
2022	152	M12	Sud	102 FSU	FSU 11	
2022	153	M13	Nord/Est	102 FSU	4	
2022	154	M12	Est	102 FOb	14	
2022	155	M12	Nord	102 F	29	
2022	156	L12	Ouest	102 Fpuil (?)	48	ss bloc 17.4
2022	157	M12	Sud	102 FSU	FSU 4	
2022	158	J12	Ouest	102 marbré (102)	15 ss b J12A	
2022	159	M12	Ouest	102 FSU	FSU 2	
2022	160	L12	Ouest	102 F	47	ss bloc 17.4
2022	161	M13	Nord	102 FSU?	FSU 4	
2022	162	L12	Ouest	102 marbré	51	ss bloc 17
2022	163	M12	Sud	102 FSU	FSU 5	
2022	164	L12	Sud	102 marbré	28	ss bloc 17
2022	165	L12	Ouest	102 Fd	51	ss bloc 17
2022	166	M12	Ouest	102 FSU	FSU 6	
2022	167	M12	Sud	102 FSU	FSU 16	
2022	168	L12	Ouest	102 Fn	45	
2022	169	M12	Sud	102 FSU	FSU 12	
2022	170	M12	Ouest	102 FSU	FSU 7	
2022	171	J12	Sud	102 Fz	16	ss bloc
2022	172	M12	Nord	102 F (cendreux)	1	
2022	173	M12	Sud	102 FSU	FSU 11	
2022	174	M12	Est	102 FOf	14	
2022	175	M12	Ouest	102 FSU	FSU 1 BIS	
2022	176	M13	Nord/Est	102 FSU	3	
2022	177	M12	Sud	102 FSU	FSU 9 BIS	
2022	178	J12	Ouest	102 marbré (102)	20	ss bloc J12A
2022	179	J12	Ouest	102 marbré	13	ss bloc J12A
2022	180	L11	Est	102 FOa	17	ss bloc
2022	181	L12	Ouest	102 Fd	49	
2022	182	M13	Nord	102 FSU	1	

2022	183	M12	Est	102*	10	
2022	184	J12	Sud	102 Fz	18	ss bloc
2022	185	M13	Nord/Est	102 FSU?	FSU 5	
2022	186	M13	Nord/Est	102 FSU?	FSU	Ss bloc
2022	187	M12	Est	102 FOb	11	
2022	188	J11	Est	102 FOe	25	
2022	189	J11	Est	102	25	
2022	Pas échantillonné					Nettoyage FSU photogrammétrie (1) 12/07/22
2022	Pas échantillonné	M12	Ouest	102 FSU 5		Préparation pour micromorph