



Muséum national d'Histoire naturelle



**International Master in
Quaternary and Prehistory**

**Des tracés pariétaux, œuvres de Néandertal ?
Analyse graphique et taphonomique des parois de la grotte François d'Achon,
site moustérien de La Roche-Cotard (Langeais, Indre-et-Loire, France)**

Morgane Calligaro

Tuteur/s :

Éric Robert, Département Homme et Environnement, UMR 7194 Histoire Naturelle de
l'Homme préhistorique, CNRS-MNHN-UPVD

Patrick Paillet, Département Homme et Environnement, UMR 7194 Histoire Naturelle de
l'Homme préhistorique, CNRS-MNHN-UPVD

Année académique 2018/2019



**Università
degli Studi
di Ferrara**



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI



Remerciements

En premier lieu, j'adresse toute ma gratitude à mes directeurs de mémoire Éric Robert et Patrick Paillet qui m'ont guidé tout au long du mémoire et n'ont jamais hésité à me conseiller et à réajuster mon cheminement.

Je remercie grandement Jean-Claude Marquet de m'avoir ouvert les portes de la grotte, de m'avoir partagé son enthousiasme et les informations précieuses sur le site archéologique.

Je remercie particulièrement l'équipe pédagogique du Master, en particulier à Marylène Patou-Mathis de m'avoir encouragé à choisir ce sujet malgré mes hésitations, Luis Oosterbeck pour sa force de proposition, Pierluigi Rosina de me rappeler l'importance de la géologie. Je désire remercier Sara Garcês et George Nash de m'avoir ouvert de nouveaux horizons sur l'art préhistorique et Sara Cura pour nos longs échanges anthropologiques au milieu de galets de quartz taillés. J'adresse mes remerciements à Michel Lorblanchet qui m'a donné, au milieu des schistes gravés de la vallée de Foz Côa, des pistes d'étude et m'a soutenue dans ma démarche.

Je tenais à adresser ma reconnaissance à Aurore Nguyen qui a pris part à l'exploration des parois, à Hubert Camus qui m'a généreusement partagé ses observations sur le métabolisme de la grotte. Je remercie Jean-Paul Bakyono pour son aide pendant la prise de mesures colorimétriques, Matthieu Lebon qui m'a prouvé que le tuffeau était plus dur que le diamant, à Simon Puaud et Sylvain Pont qui m'ont permis de chercher du gypse et d'enfiler une blouse de chimie. J'adresse également mes remerciements à Anthony Borel qui m'a guidé pour l'élaboration du protocole d'archéologie expérimentale, ainsi qu'à toute l'équipe qui a participé aux expérimentations.

Je tiens à adresser mes profonds remerciements à l'équipe d'*Erasmus Mundus*, en particulier Chafika Falguères, David Pleurdeau, Anabela Borralheiro Pereira de leur soutien dans toutes les démarches administratives.

Enfin, je remercie vivement les membres de ma famille qui se sont pris de curiosité et d'intérêt pour ce sujet et qui m'ont toujours soutenu. Mes remerciements vont à mes amis, que je ne laisserai plus de côté. Et je remercie Idéfix de m'offrir chaque jour son regard amoureux et de m'avoir accompagnée dans mes voyages en Touraine.

Table des matières

1	Introduction.....	1
2	Contexte archéologique et géologique de la grotte François d'Achon.....	2
2.1	Contexte archéologique	3
2.2	Les traces anthropiques pariétales de la Salle du Pilier.....	13
2.3	Contexte géologique de la grotte	18
3	Méthodes d'analyse des traces pariétales	23
3.1	Répartition spatiale	24
3.2	Relevé morphologique et graphique.....	25
3.3	Taphonomie des traces de doigts.....	27
	Spectrophotométrie	28
	Caractérisation de l'altération	32
4	Archéologie expérimentale	33
4.1	Problématique.....	34
4.2	Protocole.....	34
4.3	Enregistrement des expériences.....	37
4.4	Confrontation et préparation des données statistiques	38
5	Résultats.....	42
5.1	Position des panneaux dans l'espace	42
5.2	Relevés graphique des traces	47
5.3	Observation par microscopie	64
5.4	Surface altérée et patine.....	65
5.5	Comparaison des tracés expérimentaux et des traces archéologiques.....	69
5.6	Approche anthropologique	72
6	Discussion.....	73
7	Conclusion	75

8	Bibliographie.....	76
9	Annexes.....	81
10	Table des illustrations.....	89

1 Introduction

En 1912, la grotte François d'Achon était découverte sur le site de La Roche-Cotard en Indre-et-Loire. Des observations récentes témoignent de la présence de traces sur les parois de la cavité, faites dans une matière qui semble malléable. L'hypothèse de traces réalisées aux doigts alors est émise (Marquet, 2013). Les traces paraissent organisées et seraient intentionnelles, leurs dispositions évoquent des formes géométriques. Mais surtout, le contexte archéologique est attribué exclusivement au Paléolithique moyen : serait-on face à des manifestations symboliques œuvres de Néandertal ? Cette question est d'autant plus essentielle que ce sujet fait l'objet de découvertes récentes, à Gorham's Cave (Rodriguez-Vidal *et al.*, 2014), Krapina (Radovic *et al.*, 2015), Zaskalnaya (Majkic *et al.*, 2017) ou Bruniquel (Jaubert *et al.*, 2016). Ces découvertes soulignent la diversité des productions symboliques par l'homme de Néandertal. Toutefois, l'éventualité d'un véritable « dispositif pariétal », à un savoir un semble organisé et structuré de productions graphiques sur les parois d'une grotte, est totalement inédite. Les dates récemment publiées (Hoffman *et al.*, 2018), correspondant à des phases moustériennes, sur trois grottes ornées espagnoles dont les dispositifs auparavant attribuées au Paléolithique supérieur, restent pour le moment discutées et à confirmer (Pearce, Bonneau, 2018, Aubert *et al.*, 2018).

Les traces pariétales de la grotte François d'Achon peuvent-elles avoir une portée symbolique ? Si on admet la possibilité que Néandertal a pu élaborer ces traces, comment peut-on l'affirmer ? Une investigation sur les modalités techniques et gestuelles de ces témoignages s'impose, de même que sur les procédés taphonomiques qui ont permis leur conservation mais qui peuvent également les dégrader. Quelles techniques peuvent être mises en pratique pour étudier ces traces pariétales ? Comment décrire les mécanismes qui affectent les parois et les traces ? Peut-on avoir des indices sur leur ancienneté et leur intentionnalité ?

Pour définir les traces, il faut examiner leur position dans l'espace de la cavité. Il est indispensable d'analyser leur forme afin de comprendre le geste qui a été réalisé et l'outil utilisé. De plus, la morphologie donne des clés sur les processus d'altération de ces marques. Ces processus sont étudiés au travers de la taphonomie, une discipline qui s'attache à expliquer les différents phénomènes qui affectent les vestiges au cours du temps (Efremov, 1940, Denys et Patou-Mathis, 2014). Elle suppose une connaissance du contexte géologique et karstique, et s'avère presque sans précédent en contexte orné.

Cette étude se base sur plusieurs approches et tisse des liens solides entre différentes disciplines. Ce sujet est né naturellement à la suite de deux années de participation à la mission organisée sur le site de La Roche-Cotard. Notre cadre méthodologique consiste en un travail bibliographique afin de comprendre la grotte et son environnement géologique. Un travail de terrain a été mis en place en deux temps. Un premier temps était consacré à un examen sur site des traces pariétales afin de saisir leurs particularités. Ces investigations dans la cavité sont accompagnées d'observations géomorphologiques. Puis, nous avons élaboré un travail d'expérimentations archéologiques pour comprendre la réalisation des traces. Enfin, nous avons sollicité plusieurs disciplines afin d'analyser la matière qui constitue à la fois les traces et leur propre altération.

Pour répondre à ces questions, nous détaillerons le contexte archéologique de la grotte et son contexte géologique, en nous attachant à présenter en détail les traces pariétales qui font l'objet de ce mémoire de recherche. Nous procéderons ensuite à l'explication des méthodes d'étude de ces traces. Ces méthodes comprennent différents types de relevés (relevé spatial, graphique et taphonomique), des analyses colorimétriques et qualitatives conduites sur les zones d'altération. Nous avons également souhaité présenter le travail expérimental qui est en cours de réalisation. Enfin nous discuterons des résultats obtenus.

Nous tenterons ainsi de comprendre les traces pariétales de la grotte François d'Achon au travers de plusieurs méthodes : analyse spatiale et graphique, analyse taphonomique et expérimentations afin de mettre en évidence le degré d'intentionnalité et d'organisation, et par là même souligner la portée symbolique de ces graphismes, quasi-inédite pour Néandertal en contexte souterrain.

2 Contexte archéologique et géologique de la grotte François d'Achon

Afin de comprendre l'origine des traces pariétales de la grotte François d'Achon nous souhaitons rappeler leur contexte archéologique au sein du site de La Roche-Cotard. Cela permet de situer les différentes occupations de la grotte. La question du contexte s'étend à l'environnement géologique de la cavité. Ainsi, nous détaillerons la formation de la grotte et la composition de ses parois qui constitue, à La Roche-Cotard, non seulement le support des traces mais aussi le matériau qui les constitue.

2.1 Contexte archéologique

La Roche-Cotard est un lieu-dit entre les communes de Langeais et de Cinq-Mars-la-Pile en Touraine. Il est situé en rive droite de la Loire et désigne aussi le site archéologique préhistorique de La Roche-Cotard découvert sur le domaine. Il est composé de quatre *locus* : La Roche-Cotard I ou grotte François d'Achon, La Roche-Cotard II, III et IV (*Figure 1*).

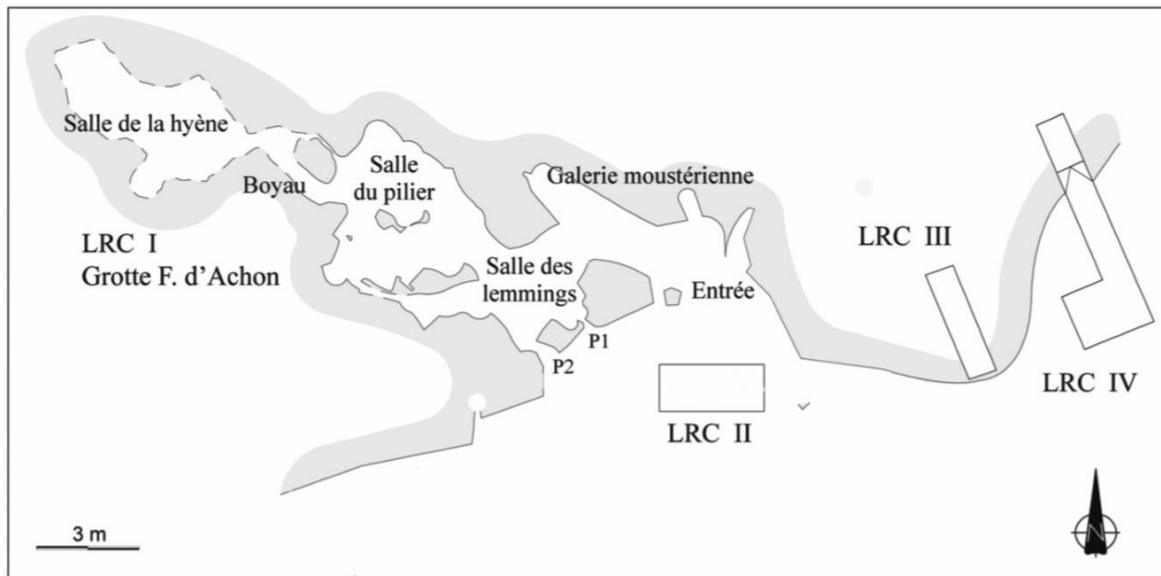


Figure 1: Plan du site archéologique La Roche-Cotard (Marquet, 2014)

La grotte s'ouvre au sud par un grand porche et deux petits passages plus à l'ouest. Elle se décompose en quatre salles. L'ouverture principale de la cavité donne sur un espace longitudinal appelé « Galerie moustérienne ». Il est doté d'un passage permettant l'accès à la « Salle des Lemmings ». Le troisième espace au nord est soutenu en son centre par un pilier qui lui donne son nom : la « Salle du Pilier ». Au fond, un étroit boyau conduit à la « Salle de la Hyène ».

Le site de La Roche-Cotard fait partie du Paléolithique moyen et présente une industrie lithique exclusivement moustérienne (Marquet, 1976 ; Aubry, 1992 ; Aubry *et al.* 2014). Le Paléolithique moyen en Indre-et-Loire est représenté par l'abri des Roches (Bordes et Fitte, 1950), l'abri Reignoux (Aubry *et al.*, 2014), la Sablière Dupin et Céré-la-Ronde (Marquet, 2016) (*Annexe 1*). La présence d'*Homo neanderthalensis* est attestée dans la région par la découverte en 2002 d'un fragment de diaphyse fémorale dans la grotte Les Rochers-de-Villeneuve (Vienne) (Beauval *et al.*, 2005). Le niveau archéologique est daté au ^{14}C de 44286 ± 962 ans calBP (CALPAL, version 1.5, courbe CalPal2007_HULU).

Les vestiges osseux issus de La Roche-Cotard présentent différentes espèces, certaines sont surreprésentées comme le bœuf ou le bison (*Bos* ou *Bison*), le cheval (*Equus caballus*) ou l'hyène des cavernes (*Crocota spelaea*). Les restes fauniques découverts dans les quatre *locus* du site ont permis de procéder à des datations par radiocarbone. La plupart d'entre elles donnent des âges supérieurs à 40 ou 45 ka et se trouvent dans les limites de la méthode ([Tableau 1](#)).

La découverte de la grotte ([Figure 2](#)), par François d'Achon (1865-1920) fait suite à la construction d'une ligne de chemin de fer entre Tours et Nantes. Cette entreprise a conduit à entamer le versant de la Loire préservant encore la grotte (*Journal des chemins de fers*, 1847). Ces travaux ont marqué le paysage : la topographie révèle un découpage rectangulaire nettement visible dans le versant ([Figure 3](#)). Des fouilles ont été menées presque immédiatement après la découverte par François d'Achon et son équipe ([Annexe 2](#)). Deux excavations y ont été conduites de manière très localisée (H et I sur le plan de M. J. Froisson en [Figure 4](#)).

François d'Achon a fait part de sa découverte exceptionnelle par lettre à la Société Archéologique de Touraine le 27 mars 1912 (De Clérambault, 1912a). Louis Dubreuil-Chambardel et Raoul Anthony, professeur d'anatomie comparée à l'Ecole d'Anthropologie et au Muséum national d'Histoire naturelle de Paris, ont examiné les ossements et se sont accordés sur le fait que la faune indique « vraisemblablement l'époque moustérienne et nous permet de dire que ces os sont contemporains des silex taillés » (Dubreuil-Chambardel, 1912). René Verneau et l'abbé Henri Breuil ont constaté une ressemblance de l'industrie lithique avec le matériel de Combe-Capelle et des niveaux infra-moustériens de Laussal en Dordogne (De Clérambault, 1912b). René Verneau a ajouté que le site présente « un intérêt spécial, car c'est la première fois qu'on rencontre un gisement moustérien en Touraine » (Verneau, 1912). L'article publié par François d'Achon (d'Achon, 1913) présente les trois niveaux stratigraphiques identifiés : la couche inférieure, la couche moyenne et la couche supérieure.

Tableau 1: Datations obtenues pour le site de La Roche-Cotard (Marquet, 2014)

LRC I		Méthode	Carré	Couche	Numérotation Labo	Date obtenue
	Salle des lemmings	14 C	L 9	c. supérieure	Lyon-6962 SacA 19431	39,5 à 35,4 ka calBC ou 41,4 à 37,3 cal BP
	Salle des lemmings	OSL	L 9	c. supérieure	MFGI/126.1	64,1 ± 5,1 ka
	Extérieur cavité	OSL	Y'08	c. moyenne	MFGI*/126.7	72,6 ± 6,0 ka
	Extérieur cavité	14 C	Y'08	c. moyenne	Lyon 11276 (Sac A 37649)	>40 ka BP
	Galerie moustérienne	14 C	D 14	c. moyenne	Gif-4447	>38,4 ka BP
	Salle des lemmings	14 C	L 9	c. moyenne	Lyon-6961 SacA 19430	>40 ka BP
	Galerie moustérienne	14 C	I 14	c. moust. (c. 3)	Lyon-7864 SacA 23350	>40 ka BP
	Entrée	14 C	C 12	c. inférieure	Lyon 11273 Sac A 37646	>40 ka BP
	Salle du pilier	14 C	Q 17	c. 3	Lyon-7865 SacA 23351	>45 ka BP
	Salle de la hyène	14 C	Y 21	c. 1	Lyon-10161 (SacA32828)	>40 ka BP
LRC II	Alluvions Loire	OSL	i 13	6 f	MFGI/136.2	65,7 ± 5,0 ka
	Couche moustérienne	OSL	i 13	7 c	MFGI/136.1	75,6 ± 5,8 ka
	Couche moustérienne	14 C	f. 12	c. 7	Gif-4383	>32,1 ka BP
	Couche moustérienne	14 C	i 13	c. 7	Lyon-6963 SacA19432	>40 ka BP
	Couche moustérienne	14 C	h 12	c. 7	Lyon-9086 SacA 28353	>40 ka BP
LRC III	Remplissage abri	14 C	?	c. XIII	Gif-4384	>45 ka BP
	Remplissage abri	14 C	I 7	c. XIII	Lyon-10162(SacA 32829)	>45 ka BP
	Remplissage abri	OSL	I 7	c. XIII	MFGI/126.3	56,1 ± 4,5 ka
	Remplissage abri	14 C	J 6	c. X	Lyon-10163(SacA 32830)	>44 ka BP
LRC IV	Colluvion versant	14 C	O 9	c. 7a	Lyon 9087 SacA 28354	31 à 29,5 ka calBC ou 32,6 à 31,1 calBP
	Colluvion versant	OSL	Q 4/Q 5	c. 7c	MFGI/126.4	48,1 ± 3,8 ka
	Base colluvion versant	14 C	R 4	c. 9	Lyon-10160(SacA 32827)	>44,6 ka BP
	Remplissage grotte-abri	OSL	R 3	c. 12 cd	MFGI/126.6	86,2 ± 6,5 ka
	Remplissage grotte-abri	14 C	Q 2	c. 13 b	Lyon 7863 SacA 23349	>45 ka BP
	Remplissage grotte-abri	14 C	Q 3	c. 13 d	Lyon 7862 SacA 23348	>45 ka BP
	Remplissage grotte-abri	14 C	Q 3	c. 15	Lyon 9088 SacA42835	>40 ka BP
	Remplissage grotte-abri	14 C	Q 1	c. 16 a	Lyon 9089 (Sac A 28356)	>40 ka BP
	Remplissage grotte-abri	OSL	Q 4	c. 22	MFGI/126.5	189,4 ± 14,9 ka

MFGI* = Magyar Földtani és Geofizika Intézet (Geological and Geophysical Institut of Hungary) H-1143 Budapest, Stefánia 14. Hungary.

Director : Dr. Tamas Francsik., Operator : Dr. Edit Thamo-Bozso.



Figure 2: Entrée principale de la grotte François d'Achon (Photo : M. Calligaro)

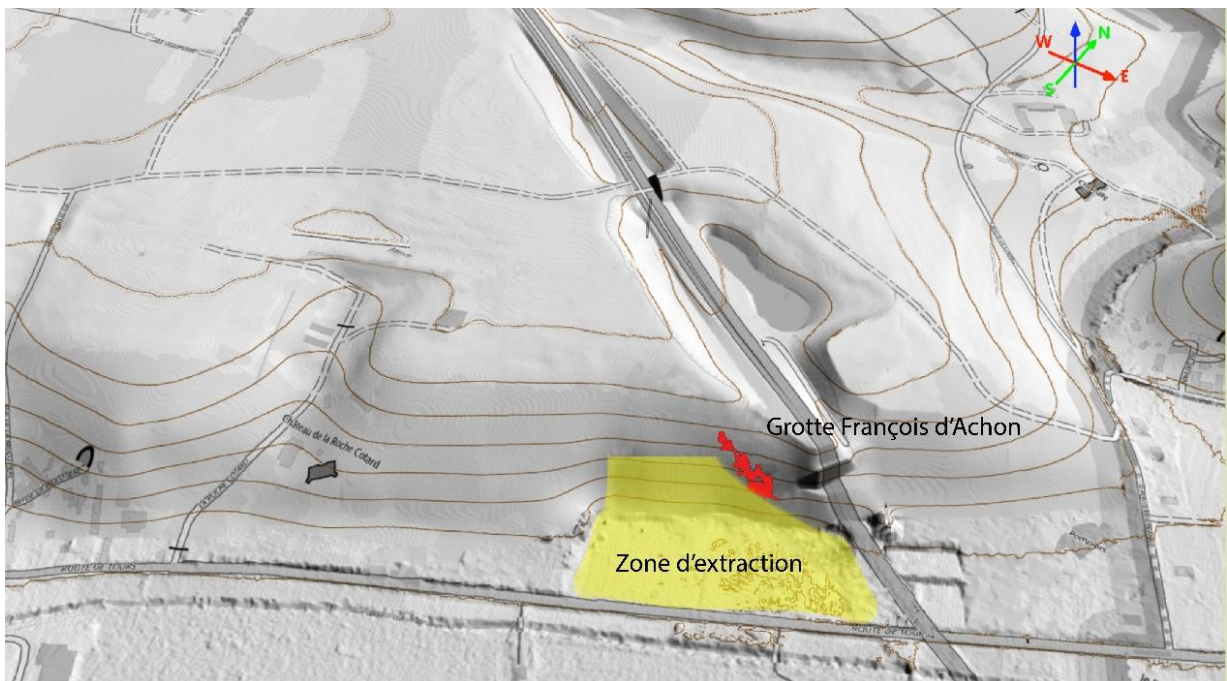


Figure 3: Localisation de la zone d'emprunt qui a permis la découverte de la grotte (plan topographique M. Calligaro d'après Camus, 2017)

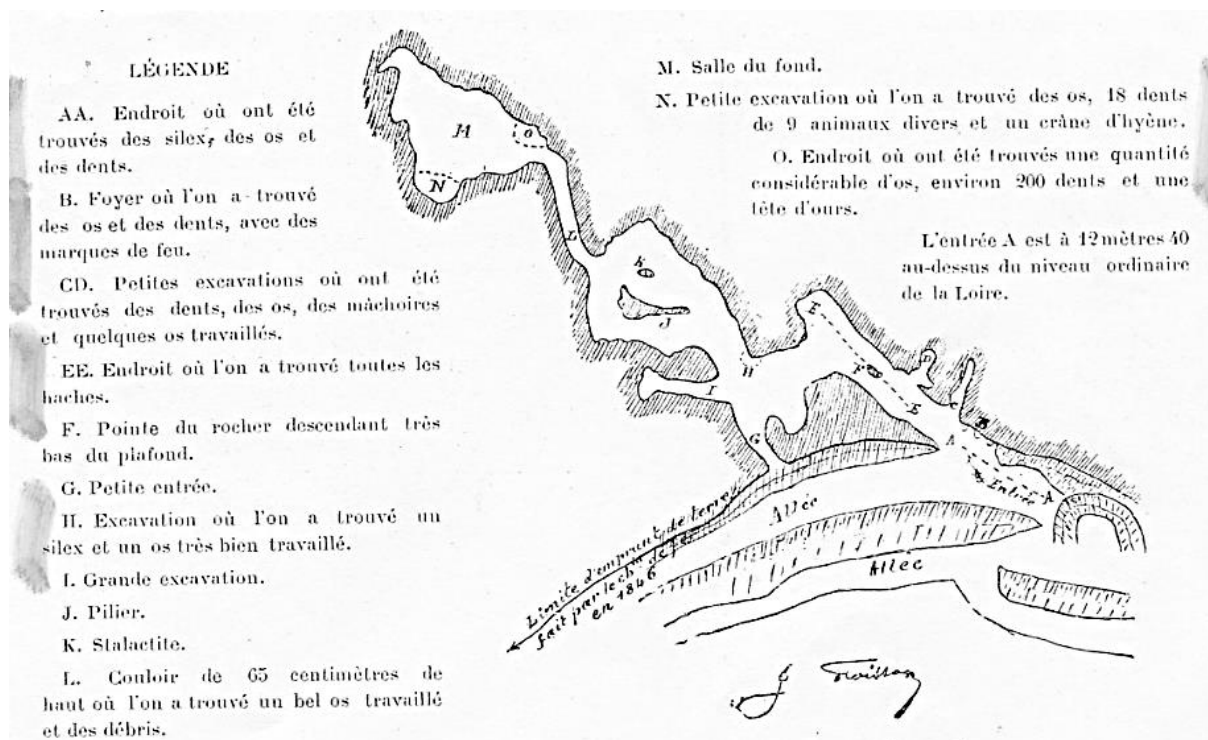


Figure 4: Plan de la grotte réalisé par M. J. Froisson (d'Achon, 1913)

On peut s'interroger sur la rapidité des excavations. La publication de Louis Dubreuil-Chambardel est datée du 1^{er} février 1912, soit 15 jours seulement après la découverte de la grotte bien qu'il mentionne que François d'Achon « poursuit avec méthode les fouilles de la grotte de La Roche-Cotard ». Cette observation est contredite trois ans plus tard par Marcellin Boule : « cette grotte a été fouillée par son propriétaire avec plus d'ardeur et de zèle que de science et de méthode », s'attristant du peu d'informations géologiques et archéologiques laissées dans le gisement, « un gisement à jamais perdu pour la science ! » (Boule, 1915).

Jean-Claude Marquet¹ a engagé des fouilles entre 1975 et 1978. Il s'agissait dans un premier temps de comprendre le contexte géologique et archéologique qui, selon Marcellin Boule, faisait défaut. Un nouveau plan de la grotte a été constitué et des fouilles ont été organisées dans les lambeaux de sédiments laissés dans la grotte par François d'Achon. Les quatre salles ont été concernées (Figure 5). Trois niveaux ont pu être identifiés grâce aux coupes réalisées dans la « Salle des Lemmings » et dans la « Galerie Moustérienne » (Figure 6). Ces niveaux ont pu être rapprochés des couches mentionnées par François d'Achon (Marquet, 1976).

¹ Doctorat d'Etat es Sciences naturelles soutenu en 1989 à l'Université de Dijon : « Paléoenvironnement et chronologie des sites du domaine atlantique français d'âge Pléistocène moyen et supérieur d'après l'étude des rongeurs »

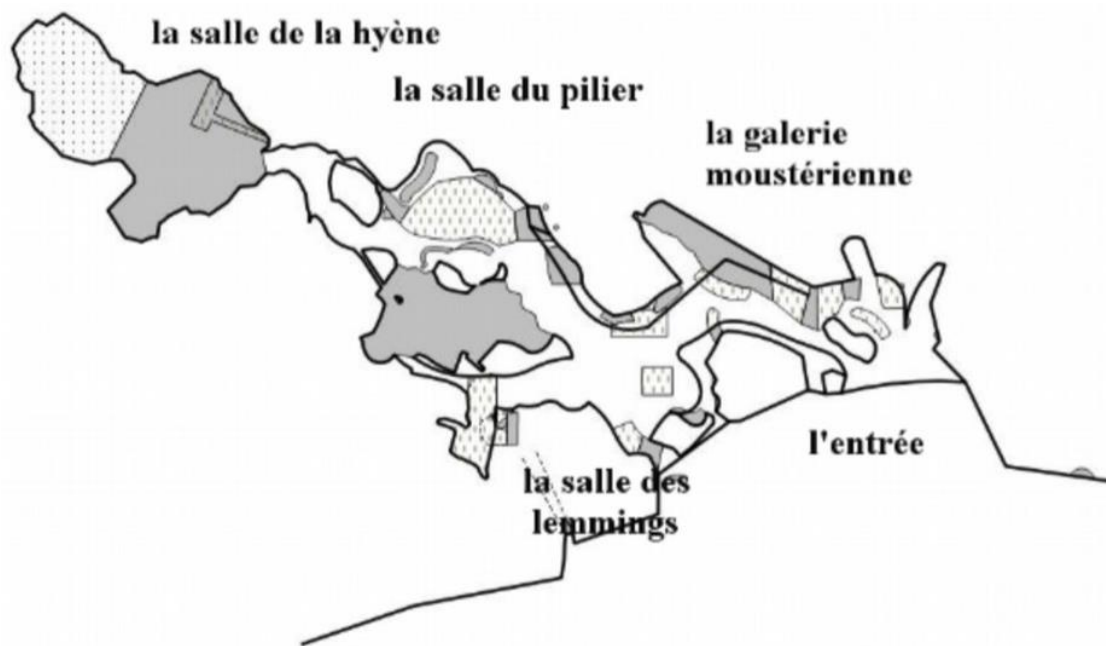


Figure 5: Plan des fouilles dans la grotte François d'Achon. En gris; les zones non fouillées depuis 1970. En tirets verticaux: les lambeaux fouillés entre 1975. En pointillé dans la salle de la Hyène: effondrement du plafond (Marquet, 2016).

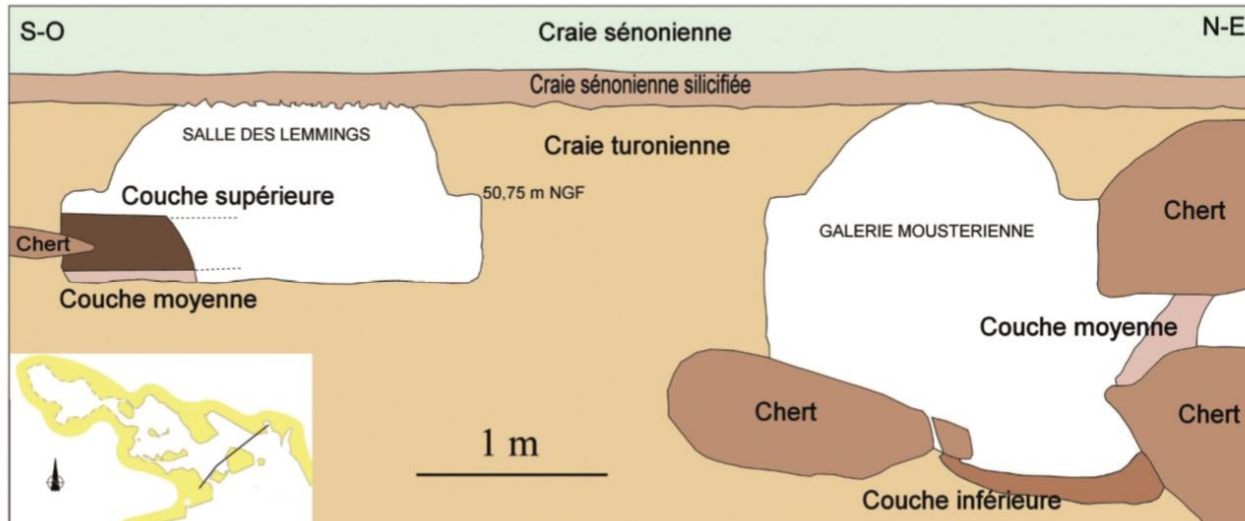


Figure 6: Stratigraphie des lambeaux de couches archéologiques dans la grotte François d'Achon (Marquet, 2014)

La couche inférieure a permis de repérer un niveau archéologique en place. C'est cette couche qui a livré l'ensemble de l'industrie lithique extraite du site. Elle a fourni une datation au ^{14}C à 42684 ± 804 ans calBP (CALPAL, version 1.5, courbe CalPal2007_HULU) (Lyon 7864 en [Tableau 1](#)).

La couche moyenne a été retrouvée dans la « Galerie moustérienne » et dans la « Salle des Lemmings ». Elle a livré en quantité des ossements de grands mammifères rongés et éclatés par les hyènes mais ne contenait pas d'industrie lithique. Le sédiment provenant de cette couche, prélevé dans la Salle des Lemmings, a été daté de 46964 ± 2574 ans calBP (CALPAL, version 1.5, courbe CalPal2007_HULU) (Lyon 6961 en [Tableau 1](#)).

La couche supérieure est riche en éléments cryoclastiques témoignant d'un climat froid. La microfaune et la faune confirment cet épisode climatique.

Une coupe a été réalisée à l'entrée de la grotte ([Figure 7](#)) (la Roche-Cotard II, LRC II sur le plan en [Figure 8](#)). Elle contribue à la compréhension géologique et géomorphologique du site (Marquet, 1976). Douze couches ont ainsi été identifiées. La stratigraphie montre des niveaux d'occupation anthropiques (couches 8 à 7a). Un foyer en cuvette a été creusé dans la couche 8. Les couches 7b et 7c présentent des informations et du matériel archéologique au sein de dépôts alluviaux bien stratifiés. Ce matériel est composé d'une industrie lithique attribuée au Moustérien (une pointe, et une dizaine de raclours), ainsi que des fragments osseux. On observe ensuite une succession de dépôts alluviaux de la moyenne vallée de la Loire (couches 6c à 6a) et une couche correspondant à un limon de pente contenant des éclats gélifractés de silex (couche 5). Ces niveaux sont couverts par un remblai holocène correspondant aux interventions et déblais de fouilles de 1912 (couches 4 à 1).

La richesse du niveau 7c tient à la découverte d'un objet composite particulier ([Figure 9](#)). L'âge obtenu par OSL de la couche dont il est issu est de $75,5 \pm 5,8$ ka (MFGI/136.1, voir [Tableau 1](#)) (Marquet, 2016). Il s'agit d'un bloc de silex présentant un trou naturel, dans lequel une esquille osseuse est fichée. L'analyse tomographique qui a été réalisée montre que cette esquille est fixée par des petits graviers ([Annexe 3](#)). Il semble avoir été volontairement aménagé, sa morphologie s'apparente à une représentation anthropomorphe, voire à un « masque » (Marquet et Lorblanchet, 2000 ; Marquet et Lorblanchet, 2003). Cet objet unique témoignerait alors d'une construction figurative et symbolique encore extrêmement rare dans des niveaux d'occupations moustériens.

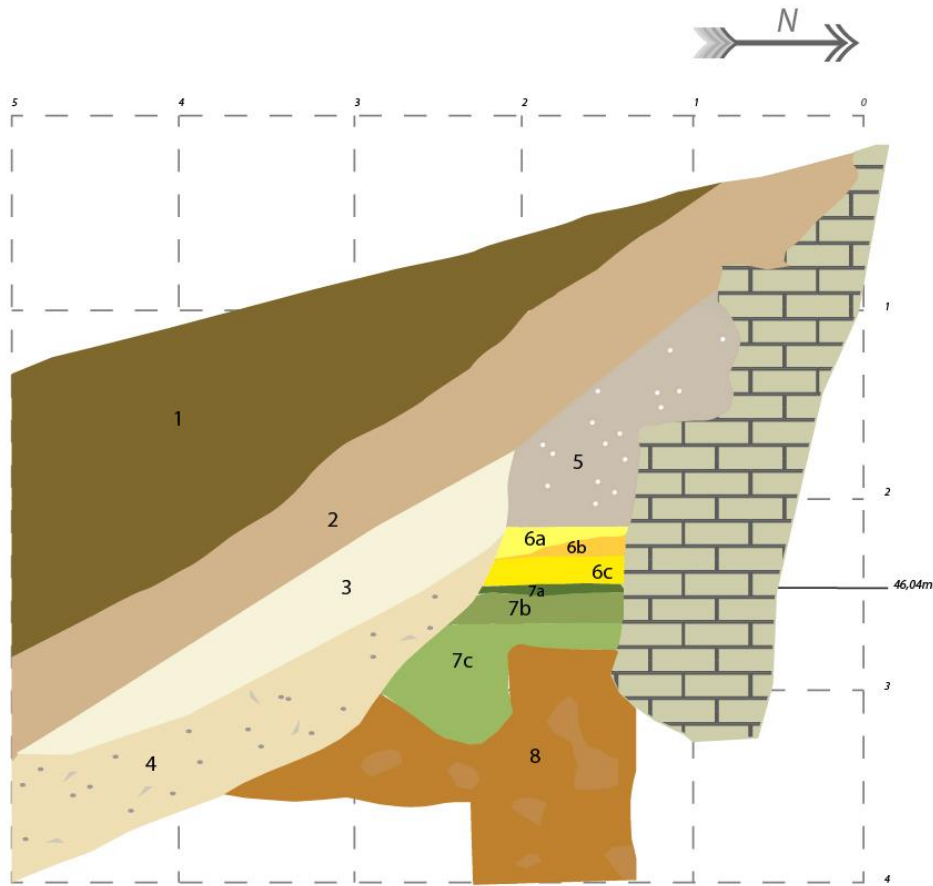


Figure 7: Coupe stratigraphique du sondage La Roche-Cotard II (M. Calligaro d'après Marquet, 1976)

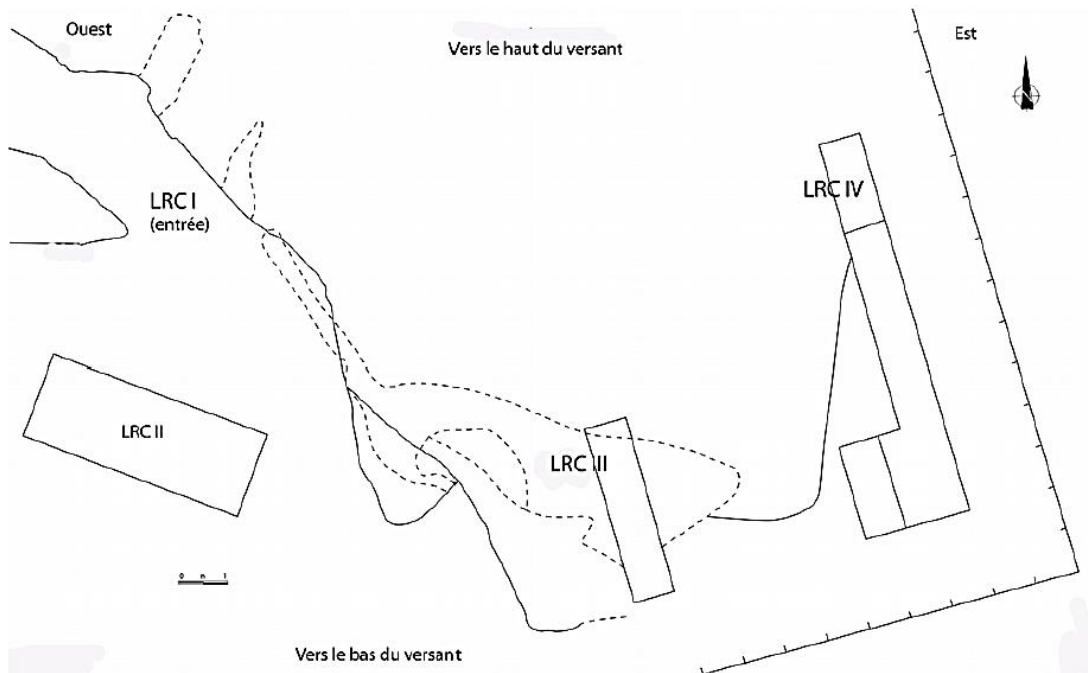


Figure 8: Plan de répartition des trois locus : LRC I : grotte François d'Achon. LRC II : coupe stratigraphique devant l'entrée de la grotte. LRC III : premier abri découvert. LRC IV : coupe stratigraphique et second abri (Marquet, 2016).

Néanmoins, le caractère symbolique de cet objet est discuté (Marquet, 2016). Francesco d'Errico en propose une interprétation fonctionnelle : "si l'on admet l'origine anthropique des modifications du bloc de silex, il est possible de considérer l'objet comme un poids ayant peut-être été utilisé pour fixer une tente, l'os enfoncé dans le trou facilitant la fixation d'une corde" (d'Errico, citation orale dans Nicoud, 2004). Paul Pettitt soulève aussi la question de l'intention de figuration d'un visage humain : « Nous pourrions également supposer que si la pièce avait une « fonction quotidienne » symbolique, elle aurait été brève compte tenu de la nature de l'occupation du site »², il conclut néanmoins : «Quoi que l'analyse en cours révèle, l'œuvre contribuera sans aucun doute à l'argument d'un comportement « moderne »»³ (Pettitt, 2003). Cet objet est considéré comme un *unicum* au Paléolithique Moyen interrogé encore sur son interprétation et sa fonction réelle.

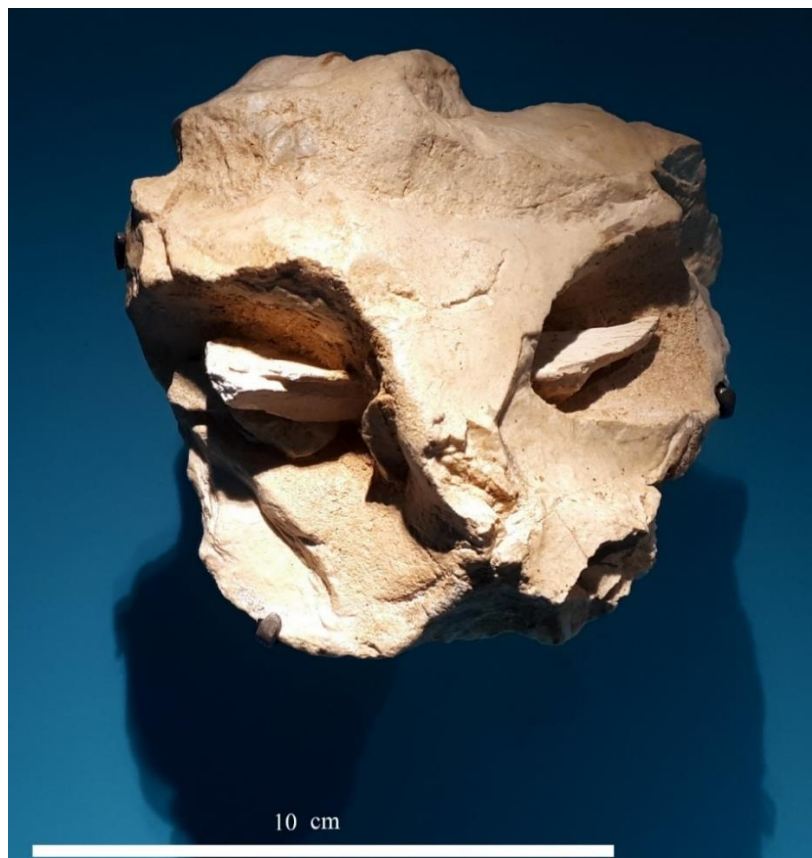


Figure 9: Présentation du "masque" de La Roche-Cotard dans l'exposition « Néandertal l'Expo » au Musée de l'Homme de Paris (Photo : M. Calligaro)

² « We might also assume that if the piece had some symbolic 'use life' this was very brief given the nature of the stay at the site »

³ « Whatever ongoing analysis will reveal, the piece will no doubt contribute towards the 'modern' behaviour argument »

La campagne de fouilles entre 1975 et 1978 a permis la découverte d'un abri à l'est de la grotte (La Roche-Cotard III, LRCIII en Figure 8). Cet abri présente également un niveau moustérien : 33 pièces d'industrie ont été mises au jour. Il s'agit d'éclats de silex et d'un nucléus partiellement remonté (remontage de 10 pièces) (Aubry, 1992). En outre des blocs rocheux de taille homogène (10 à 20 cm) ont été disposés en deux ensembles sur le sol de l'abri (Figure 10). Cette répartition tend à témoigner d'une volonté d'aménagement de l'espace (Marquet, 1989 et 1990).

Un second abri est découvert en 2008 à l'occasion de l'ouverture d'un sondage (LRC IV en Figure 8). Une puissante stratigraphie a mis en évidence des variations climatiques témoignant d'un paléo-environnement de type toundra pour les couches les plus profondes à un climat tempéré suivant les couches supérieures (Etheve et Perinot, 2010). Du matériel archéologique a été mis au jour dans la partie moyenne de la stratigraphie. Ce matériel contient des silex taillés, des os brisés, brûlés et parfois travaillés (Marquet, 2013). La couche d'occupation a été datée par OSL et donne un résultat à $86,2 \pm 6,5$ ka (MFGI/126.6, couche 12 c/d en *Tableau 1*).

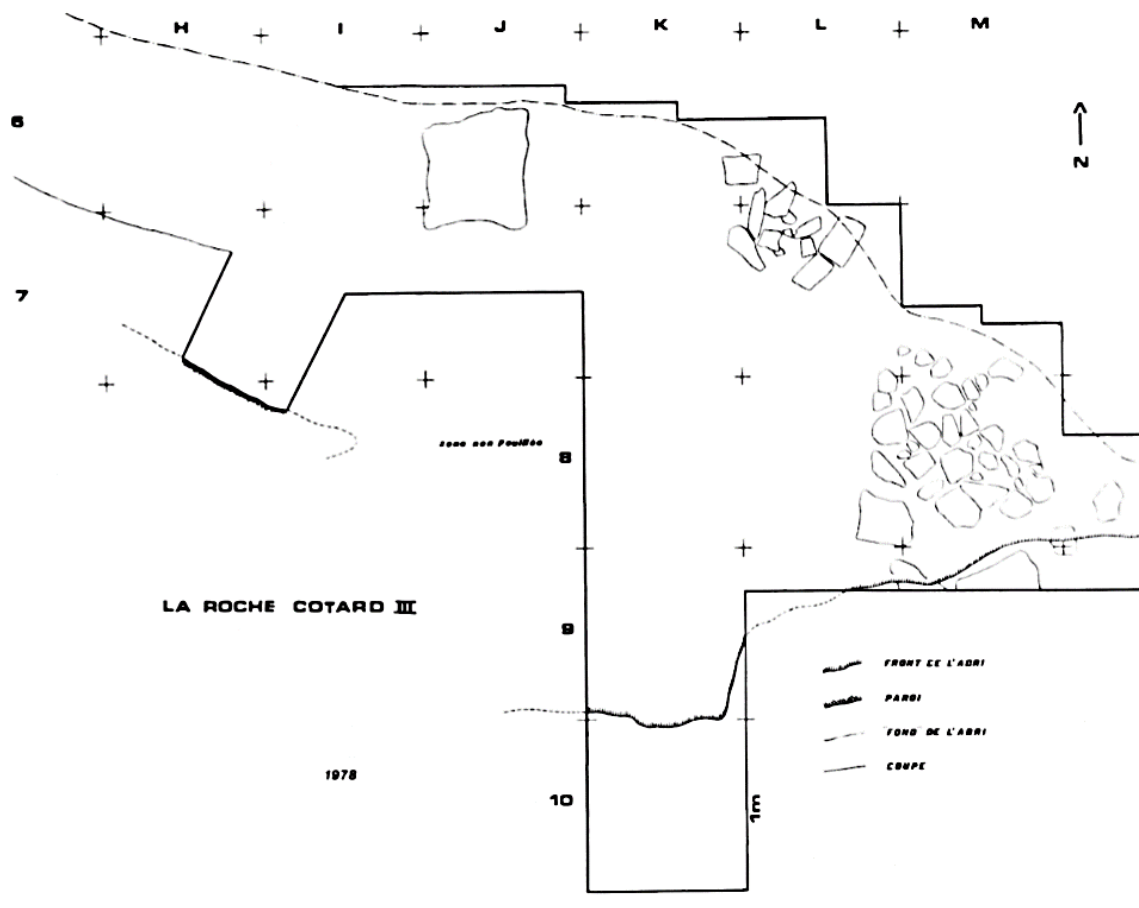


Figure 10: Relevé en plan des fouilles de l'abri La Roche-Cotard III (Marquet, 1990)

Cet état des lieux met en évidence le caractère exclusivement moustérien des occupations anthropiques du site de La Roche-Cotard. Les dates obtenues, 36305 ± 1167 calBP par ^{14}C (SaCA 28354) (CALPAL, version 1.5, courbe CalPal2007_HULU) à $189,4 \pm 14,9$ ka par OSL (MFGI/126.5), et la nature du matériel retrouvé, confirment l'occupation exclusive du site par Néandertal, aussi bien autour qu'à l'intérieur de la cavité.

C'est au cours de la campagne en 2008 que l'étude des parois de la grotte a été entreprise. Jean-Claude Marquet et Michel Lorblanchet (Lorblanchet, 2008 ; Marquet, 2013) ont observé différentes traces sur les parois friables de la cavité, notamment de passages d'animaux (griffades, frottements, litières). Les griffades ne sont jamais au niveau du sol actuel de la grotte. Leur emplacement semble lié à un remplissage antérieur de la cavité.

Des marques anthropiques ont été observées sur les parois de la grotte François d'Achon : un seul *graffito* moderne a été noté et est daté de 1992 selon son inscription. On a repéré aussi de probables traces d'outils certainement laissées par l'équipe de François d'Achon en 1912 et des empreintes de doigts isolées. Toutefois, ce sont surtout des « tracés digitaux organisés » (Lorblanchet, 2008), des « tracés, que nous qualifierons de digités » (Marquet, 2013) qui feront l'objet d'une attention particulière. Il semble que par l'organisation spécifique de ces traces, il s'agit d'une production à portée symbolique. Elena Man-Estier et Patrick Paillet sont venus examiner les parois en 2009. Ils ont découvert des traces similaires dans la Salle du Pilier ainsi que des taches rouges dans le boyau conduisant à la Salle de la Hyène.

2.2 Les traces anthropiques pariétales de la Salle du Pilier

Notre problématique consiste dans un premier temps à comprendre l'origine des traces pariétales observées. Ces traces semblent avoir été réalisées au doigt sur les parois tendres de la grotte. La question de leur intentionnalité est immédiatement soulevée car ces traces paraissent organisées, particulièrement soignées et donc intentionnelles.

La question de la qualification et de la désignation de ces réalisations sur les parois se pose. Traces digitales ? Tracés digitaux ? Tracés digités ? Nous avons sollicité le Service du Dictionnaire de l'Académie française à ce sujet. Patrick Vannier⁴ écarte l'utilisation de « digité », le terme faisant usage en botanique. Le terme de « digital » en revanche peut convenir,

⁴ Membre du service du dictionnaire de l'Académie française

néanmoins il semble favorable à l'utilisation d'une périphrase de type : de trace faite au doigt, tracé réalisé avec le doigt. Enfin, il conclut en distinguant la trace comme accidentelle et le tracé comme étant volontaire. Alors si ces marques sont bien intentionnelles et réalisées par le biais du doigt, nous pourrions les désigner par une formule du type « tracés réalisés avec les doigts ». Comme la question de leur intentionnalité fait partie de notre étude, nous avons souhaité garder le terme « trace » en attendant les résultats.

Jean-Claude Marquet émet l'hypothèse que ces stigmates aient pu être réalisés avec d'autres outils : « des tracés faits avec les doigts ou avec un instrument à extrémité souple et de la taille et de la forme d'une extrémité de doigt » (Marquet, 2013). Il observe que ces traces ont été effectués dans une couche superficielle de sédiment limono-argileux couvrant la paroi.

Les recherches conduites depuis 2008 ont permis d'établir un premier inventaire des traces géologiques, animales et anthropiques sur les parois de la grotte. Une couverture photographique, photogrammétrique et topographique complète des parois de la grotte a été réalisée. La « Galerie Moustérienne » et la « Salle des Lemmings » présentent uniquement des marques géologiques et animales, alors que le diverticule à l'ouest a montré des taches rouges pouvant être anthropiques, ainsi que dans le boyau conduisant à la « Salle de la Hyène ». Ces taches colorées feront l'objet d'une étude plus poussée dans les prochaines missions.

La « Salle du Pilier » est la plus riche en traces anthropiques, c'est pourquoi nous avons choisi d'étudier cet espace dans le cadre de ce mémoire. Les quatre principaux panneaux de cette salle ont fait l'objet d'une première étude (Marquet, 2014) : un panneau à représentation circulaire (*Figure 11* et *Figure 12*), un panneau triangulaire (*Figure 13* et *Figure 14*), un panneau rectangulaire (*Figure 15*) et un à ponctuations (*Figure 16* et *Figure 17*) (Marquet *et al.*, 2014).

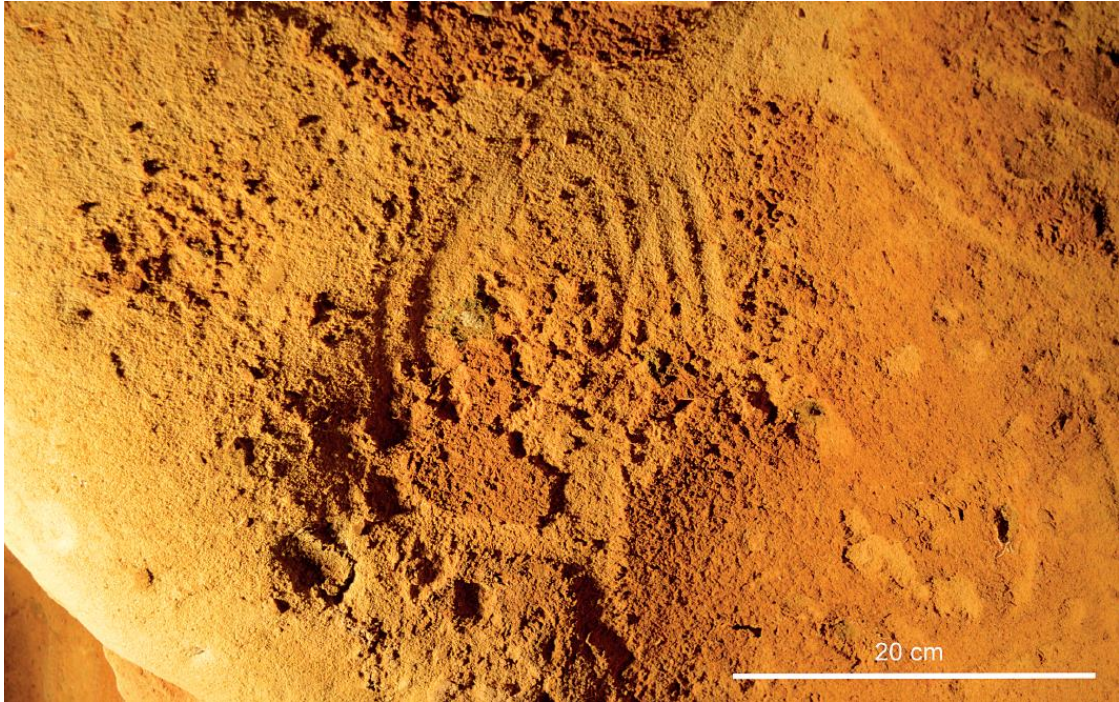


Figure 11: Panneau à représentation circulaire (Marquet, 2014)

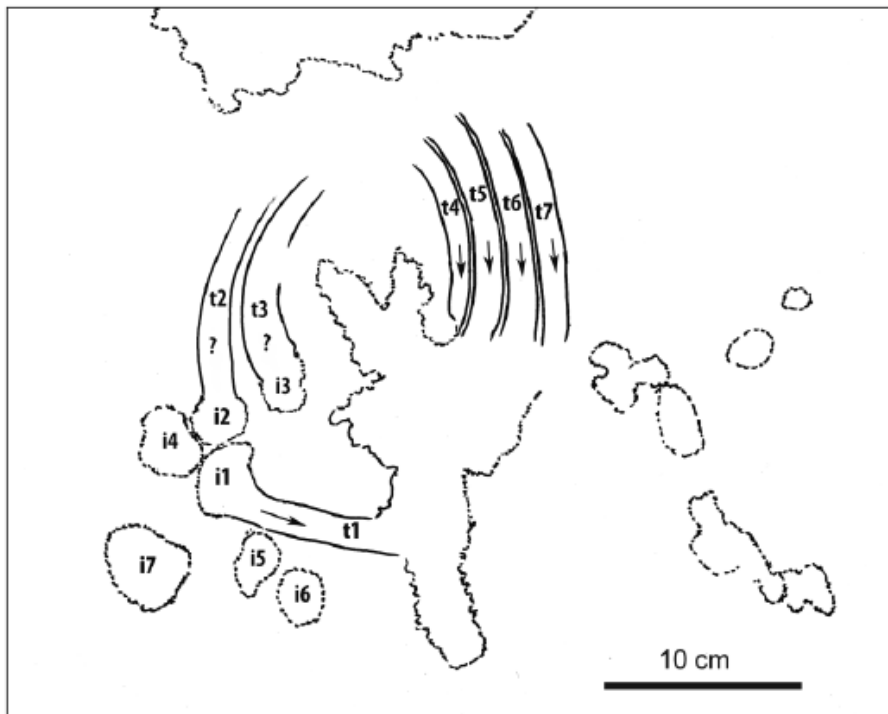


Figure 12: Essai d'interprétation des traces du panneau à représentation circulaire (Marquet, 2014)



Figure 13: Panneau à représentation triangulaire (Marquet, 2013)

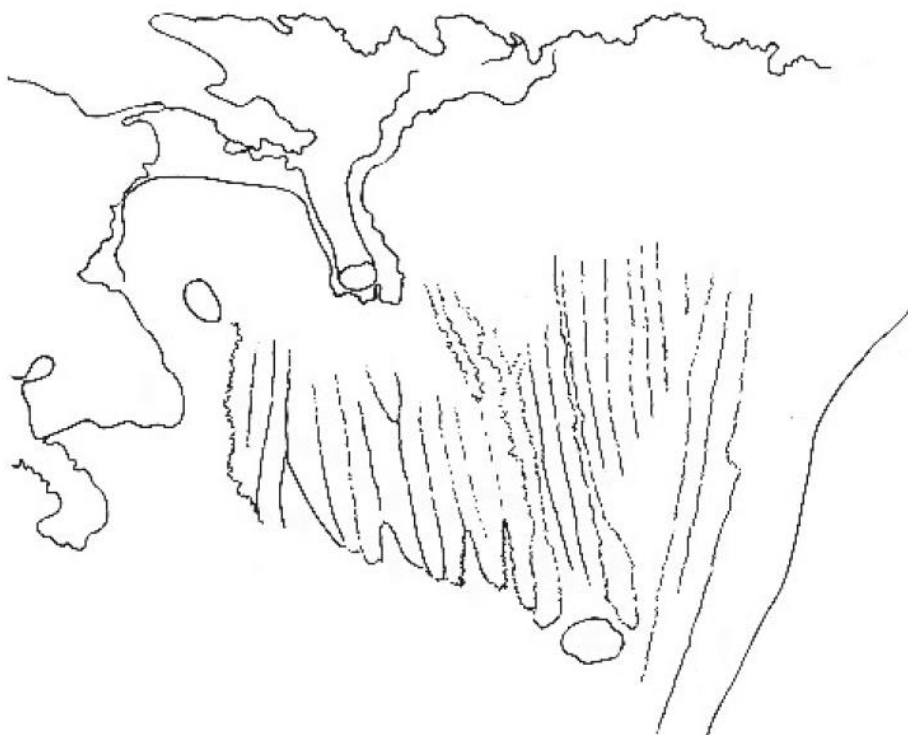


Figure 14: Relevé des traces du panneau triangulaire (Marquet, 2013; relevé J. Esquerre-Pourtere et S. Hesse)



Figure 15: Panneau de traces rectangulaire (Marquet, 2014)



Figure 16: Panneau de ponctuations (Marquet, 2014)

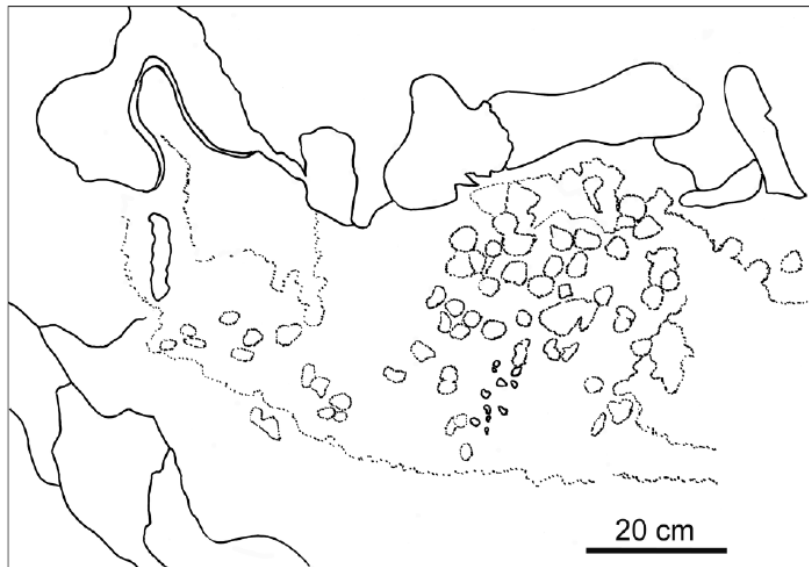


Figure 17: Relevé du panneau de ponctuations (Marquet, 2014)

L'originalité de ces marques tient à la géométrie de leur organisation mais aussi à leur contexte archéologique, attribué au Moustérien. Leur particularité tient aussi à la nature du support sur lequel elles ont été réalisées. La connaissance de ce support est déterminante pour appréhender l'intentionnalité du geste des auteurs de ces traces.

2.3 Contexte géologique de la grotte

Pour comprendre la manière dont ces marques anthropiques ont été mises en place, il est essentiel de détailler le contexte géologique et géomorphologique de la grotte. En effet, les marques sont le résultat de l'enlèvement d'une couche superficielle couvrant la paroi. La connaissance de l'environnement géologique est donc primordiale si l'on souhaite comprendre le geste qui a été réalisé et son intentionnalité. Cela permet également d'expliquer la répartition des traces, leur préservation et leur altération.

La grotte se situe en Touraine, une région formée de couches consécutives d'origine marine ou continentale déposées depuis 250 Ma sur un socle plus ancien (Paléozoïque) composé de schistes, granites et roches métamorphiques déformées pendant l'érection de chaînes de montagnes successives (Macaire, 2010 ; Nehlig, 2010). À partir du Mésozoïque, le Bassin Parisien subit des cycles de transgression-régression, la mer l'envahit et se retire à plusieurs reprises. L'étage correspondant au Cénomaniens est représenté en Touraine par des dépôts

sableux épais et marnes verdâtres, recouvert du Turonien au Campanien par des craies et calcaires sableux blanchâtres à jaunâtres contenant des silex (*Figure 18*).

L'étage du Turonien supérieur, aussi appelé « tuffeau jaune » présente des concrétions siliceuses à ciment de calcédonite. Cela forme des nappes de cherts au sein du dépôt (Marquet, 1997). Cet étage est couvert par un calcaire tendre, finement grenu, riche en quartz et glauconie issu de la mer sénonienne (*Figure 19*). Ces derniers étages géologiques forment l'environnement géologique de la grotte. Au-dessus, des formations argilo-siliceuses sont elles aussi riches en silex, mais non calcaires.

Au Cénozoïque, le Bassin est toujours sujet à des cycles marins et différents processus continentaux. Au Pliocène, la mer se retire et la grotte commence à se creuser. Au Quaternaire, les processus continentaux se poursuivent et sont sujets aux cycles glaciaires-interglaciaires. On observe la présence de limons majoritairement éoliens qui vont ruisseler sur les versants C'est aussi à cette période que la grotte François d'Achon est enfouie sous ces dépôts du versant.



Figure 18: Coupe de référence issue de la carrière Desruchy de Langeais et localisation de la grotte F. d'Achon (d'après Lecointre, 1947)

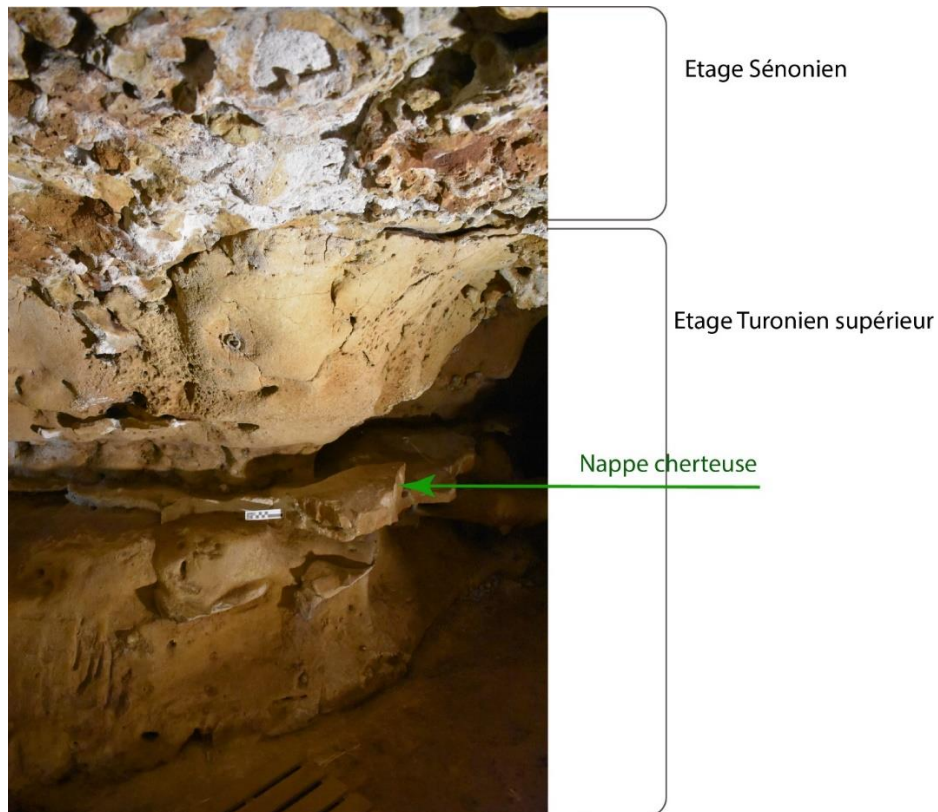


Figure 19: Etages géologiques représentés dans la grotte François d'Achon (Photo: M. Calligaro)

La grotte François d'Achon est le résultat d'autres phénomènes qui font d'elle un « pseudo-karst ». Elle a une morphologie ressemblant aux karsts mais qui a une prédominance de drainage sous la surface, à travers des vides qui évoluent par solution ou érosion physique sur le long terme (Kempe et Halliday, 1997 ; Halliday 604-608 dans Gunn, 2004).

La cavité est formée à l'interface des étages Turonien supérieur et Sénonien. Le Turonien supérieur, ou « tuffeau jaune » est un étage calcaire hétérogène et perméable (Couderc, 1968). Il présente, comme mentionné précédemment, des nappes de cherts (blocs siliceux principalement formés de calcédoine) au sein de bancs de calcaire dur et de craie sableuse (Figure 20: phase 1). Généralement la circulation de l'eau y est rare. L'eau est bloquée par ces différents bancs, notamment par les argiles et tables à silex (Figure 18) (Camus, 2017).

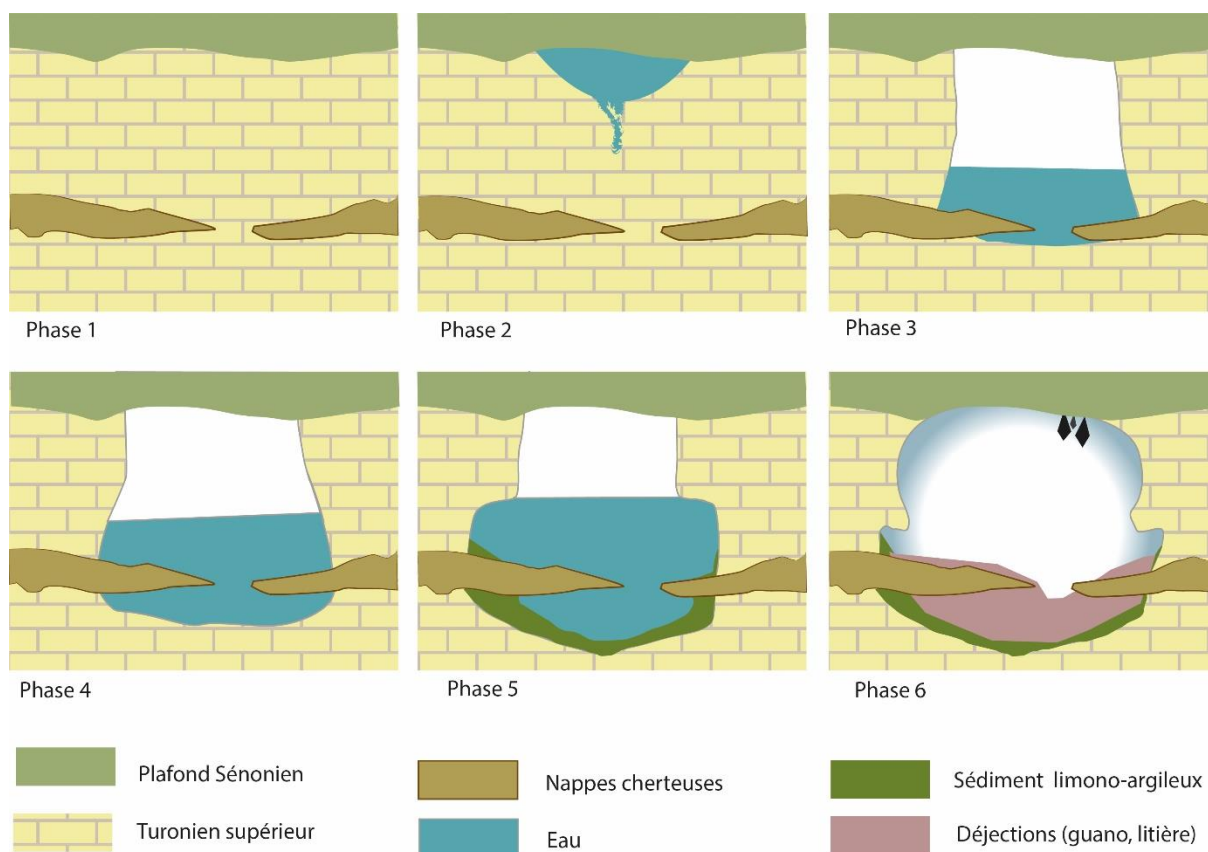


Figure 20: Formation de la grotte François d'Achon (schéma d'après Marquet, 1997, modifié Calligaro)

Lorsque l'eau parvient à circuler, c'est à l'interstice de l'étage Turonien et l'étage Sénonien (Figure 20: phase 2). Différents processus d'érosions sont observés ayant des origines internes ou externes: l'érosion mécanique, l'effet « chasse d'eau », l'érosion karstique (Couderc, 1968 ; Bourdet, 2014). L'érosion mécanique est provoquée par le frottement des particules fines transportées par l'eau au travers des fissures présentes dans le calcaire. Les fissures sont naturellement agrandies et les éléments siliceux présents dans l'eau se cimentent, laissant en place des lentilles cherteuses et rognons de silex (Figure 20: phase 3). La grotte est sujette à un processus de fantômisiation (Camus, 2017). Elle est affectée par des inondations prolongées de la Loire (Figure 20: phase 4), qui provoquent un surcreusement des niveaux d'eau, des coupoles et des anfractuosités dans le sol (Figure 20: phase 5). Les seuils sont ici probablement les nappes de cherts.

A cela s'ajoute des phénomènes de corrosions atmosphériques provoqués par des agents gazeux d'origine biologique (Bruxelles *et al.* 2018 ; Audra *et al.*, 2007 et 2016). Cette corrosion engendre une expansion des volumes de la grotte due à une saturation de l'atmosphère en agents

acides. Ce phénomène physico-chimique est appelé condensation-corrosion (Caihol, 2018). La faune (chauves-souris, hyènes, etc.) occupant la cavité rejette du dioxyde de carbone par la respiration, de l'azote et des acides sulfuriques et phosphoriques par les urines et déjections (guano, litières). Ces agents, combinés à la vapeur d'eau vont se condenser sur les parois de la cavité, et provoquer une corrosion et un retrait de la paroi (Figure 20: phase 6). La morphologie des volumes résultats de cette condensation-corrosion est caractéristique : les parois sont lissées et on observe la formation de coupes et absides concaves.

En résumé, la grotte de la Roche-Cotard est le résultat de phénomènes d'érosion mécanique issus du drainage de surface, des remplissages successifs de la Loire, limité par la présence d'un palier siliceux (nappes de chert), puis d'une occupation biologique (hyène et chauves-souris) provoquant des phénomènes de condensation-corrosion.

Les parois de la grotte sont majoritairement constituées de tuffeau, une roche sableuse particulièrement tendre qui est le support des traces pariétales anthropiques. Ces parois présentent aussi des altérations qui jouent un rôle prédominant dans la mise en place et la préservation des traces. C'est au sein de ces dégradations de la paroi que les traces ont été réalisées, et ce sont également des phénomènes d'altération qui nous permettent d'apprécier leur ancienneté et d'observer leur état de conservation. Son appellation « tuffeau » vient du latin *tofus* signifiant pierre spongieuse. C'est une roche blanchâtre à jaune particulièrement tendre. On le désigne par tuffeau blanc ou tuffeau jaune suivant sa qualité dans le domaine de la construction. Il résulte de la cimentation et du tassement d'organismes fossiles (lamellibranches, échinodermes, bryozoaires) et de fragments rocheux (quartz, micas, glauconie, opale cristobalite, argiles, tourmaline, staurotide, andalousite) (Platroz, 2006). La composition minéralogique a été déterminée grâce à l'utilisation de la diffraction des rayons X (Beck *et al.*, 2003). Les minéraux majeurs sont la calcite CaCO_3 ($49,6\% \pm 1,8\%$) et la silice SiO_2 sous forme micro-cristalline. Les minéraux minoritaires sont les argiles et les micas. Sa porosité (de l'ordre de 48 %) et sa capacité à capter l'humidité suivant les conditions environnementales sont l'une de ses propriétés physiques. Cette porosité du tuffeau induit une grande capacité de rétention d'eau. Cette capacité hydrique et mécanique rend le tuffeau est très sensible aux variations de l'humidité et des mouvements d'eau.

On distingue trois zones dans le tuffeau : le cœur qui reste inaltéré, la zone intermédiaire et la zone superficielle qui est la surface d'altération (Brunet-Imbault *et al.*, 1998). Ces zones sont

observables à différents endroits de la paroi sous forme de couches. Les traces analysées peuvent parfois traverser ces trois couches.

Les altérations du tuffeau sont généralement rencontrées sur des zones lessivées (Beck *et al.*, 2003) : patine, formation de plaques, phénomènes de dissolution ou d'encroûtements. La patine est la formation d'un épiderme superficiel plus ou moins induré. La formation de cet épiderme provoque un changement de couleur et de texture de la zone superficielle. Ce phénomène modifie la porosité de la roche et change la circulation de l'eau au sein de la zone intermédiaire. La seconde altération observée sur le tuffeau est la formation de plaques parallèlement à sa surface externe lorsque la roche est dans un environnement très humide et qu'elle est sujette à des cycles d'imbibition et d'évaporation intenses.

Le tuffeau étant une roche carbonatée, il est affecté par des phénomènes de dissolution par des transferts hydriques. La dissolution de calcite provoque un dessertissage mécanique des grains dans des zones humides à l'abri de changements rapides. Dans les zones abritées et humides, le tuffeau subit une altération atmosphérique, notamment par apport de dioxyde de soufre, cela provoque la formation d'un encroûtement gypseux qui cimente les poussières et particules contenues dans l'air (Janvier-Badosa, *et al.*, 2013) (Annexe 4).

Tous ces phénomènes d'altération du tuffeau sont observables à une échelle macroscopique ou microscopique et peuvent expliquer la morphologie des marques anthropiques dans la grotte.

3 Méthodes d'analyse des traces pariétales

Appréhender l'intentionnalité des traces pariétales de la grotte François d'Achon nécessite la mise en place d'un protocole d'observation et d'analyse détaillé et ambitieux. Nous avons, pour ce faire, initié en parallèle trois axes de recherche : l'analyse graphique des traces, celle de leur évolution et de leur altération, et enfin leur compréhension technique et gestuelle au travers d'un processus inédit d'expérimentation. Ce dernier, débuté dans le cadre de notre recherche et présenté dans le chapitre suivant.

L'enregistrement des informations observées est essentiel dans l'étude de représentations graphiques. Nous avons entrepris de réaliser différents types de relevés des traces anthropiques. Dans un premier temps, nous avons souhaité connaître leur répartition au sein de la grotte, à la fois pour identifier l'existence d'un dispositif pariétal, c'est-à-dire l'organisation de traces à des

emplacements sélectionnés dans l'espace souterrain, mais aussi sur les mécanismes d'altération et de conservation différentielle des traces.

Dans un second temps, une analyse plus fine de quatre groupes de traces a été pratiquée. Cette analyse met en avant l'organisation de traces en panneaux et permet une observation de la morphologie des traces dans le détail. Soucieux d'appréhender leur évolution et leur ancienneté dans le contexte géologique original, nous avons réalisé une étude taphonomique pour expliquer les facteurs d'altération de ces traces.

3.1 Répartition spatiale

Afin d'analyser la répartition spatiale des traces anthropiques, nous avons effectué une sectorisation tridimensionnelle de la « Salle du Pilier ». Le premier découpage est vertical, partant du sol vers le plafond. Le second découpage axial qui présente les différents groupes de traces en élévation et de manière horizontale. Le troisième découpage restitue la répartition des traces sur un plan.

Lors de l'inventaire général des traces de la grotte, la localisation et la quantification des différentes marques ont d'abord été réalisées sur un plan vertical. La paroi a été sectorisée en 6 registres superposés, définis suivant la morphologie et la géologie de la grotte (*Figure 21*) et numérotés de I à VI. Les registres IV et V, se trouvant entre l'encoche de niveau d'eau et le plafond Sénonien, portent la majorité des traces anthropiques. Nous avons souhaité reprendre cette structure afin de compléter l'inventaire déjà commencé.

Pour appréhender de manière exhaustive la répartition horizontale des différents groupes de traces, nous avons entrepris d'établir un plan directeur à partir du point topographique central (Station 8000, coordonnées Lambert II : X 455996.163 ; Y 261457.824 ; Z 49.900) de la Salle des Lemmings. Un axe métrique de référence est disposé au sol et traverse axialement la grotte. À l'aide d'un mètre ruban, nous mesurons les positions des différents ensembles de traces remarquables. Ces mesures et les différentes observations sont reportées sur un croquis en élévation des parois de la grotte. Le plan est ensuite numérisé et nous avons choisi de réaliser à partir de ces observations une infographie permettant de restituer le schéma du dispositif qui s'en dégage (*Figure 32* et *Figure 33*).

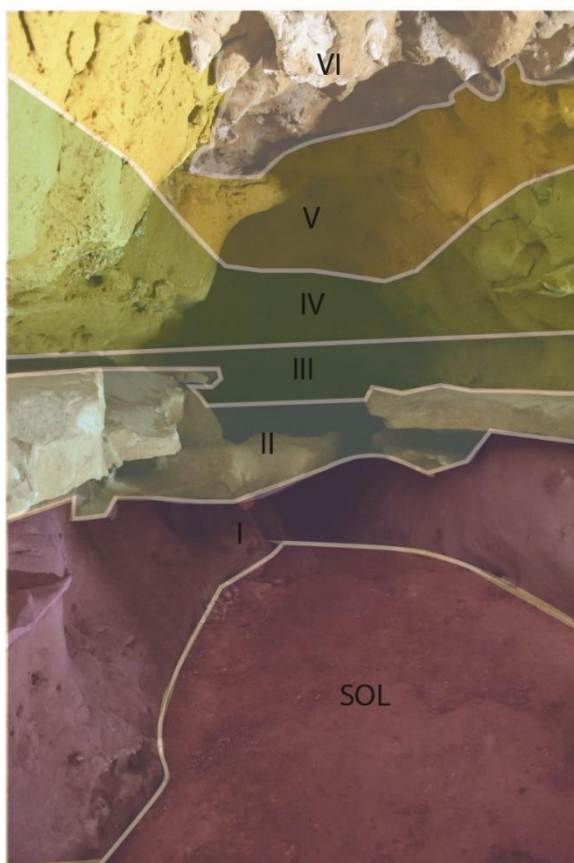


Figure 21: Répartition verticale de la paroi en différents registres. Registre I : paroi Turonienne sous la nappe cherteuse. Registre II : nappe cherteuse. Registre III : paroi Turonienne sous l'encoche de niveau d'eau. Registre IV : paroi Turonienne à faible altération. Registre V : paroi Turonienne à forte altération. Registre VI : plafond Sénonien.

3.2 Relevé morphologique et graphique

Certains panneaux ont fait l'objet d'une analyse plus approfondie. Il s'agit de comprendre leur morphologie afin de proposer une hypothèse de mise en place des traces et de construction en panneaux organisés. Ce travail consiste à faire une analyse des panneaux de traces anthropiques les plus pertinents dans le cadre de l'étude. Un relevé précis de chacun de ces panneaux est réalisé (description, croquis, mesures, relevé graphique) selon des protocoles habituels en contexte orné (Aujoulat, 1987 ; Fritz, Tosello, 2017).

Dans un premier temps une description, sous forme de prises de notes et croquis ([Annexe 5](#)), est effectuée pour replacer la figure sur la paroi de la grotte. Les prises de notes et croquis doivent rendre compte de la position de l'ensemble des traces étudiées : leur hauteur par rapport au sol, leur position sur la paroi, etc. Les mesures du panneau lui-même sont ensuite réalisées (la largeur, longueur de l'ensemble et des traces). Toutes ces prises de mesures sont

accompagnées de descriptions et d'observations de la taphonomie de la paroi, de la profondeur ou de l'érosion des traces. Ces observations sont aussi accompagnées de photographies qui vont servir de supports au relevé graphique, des photographies macroscopiques témoignant de la morphologie et de l'altération des traces.

Le relevé graphique nécessite ce type de support imprimé à l'échelle la plus proche des dimensions de la figure étudiée. Dans notre cas d'étude nous avons utilisé des photographies en format A3 pour tous les relevés. Par la suite, un dessin est réalisé sur un support transparent. Ce support est fixé sur l'impression photographique. Le dessin doit transmettre les informations (taphonomie du support, stigmates, chronologie relative des traces possible) qui ont été observées. Le relevé graphique est toujours réalisé sur le terrain (*Annexe 6*), face aux panneaux concernés pour retransmettre des observations directes. L'éclairage utilisé a été modulé afin de mettre en évidence chacun des détails.

Enfin, le support dessiné est numérisé (*Figure 22*) et travaillé informatiquement à l'aide des logiciels Adobe Illustrator et Photoshop afin de réaliser une infographie par panneau.

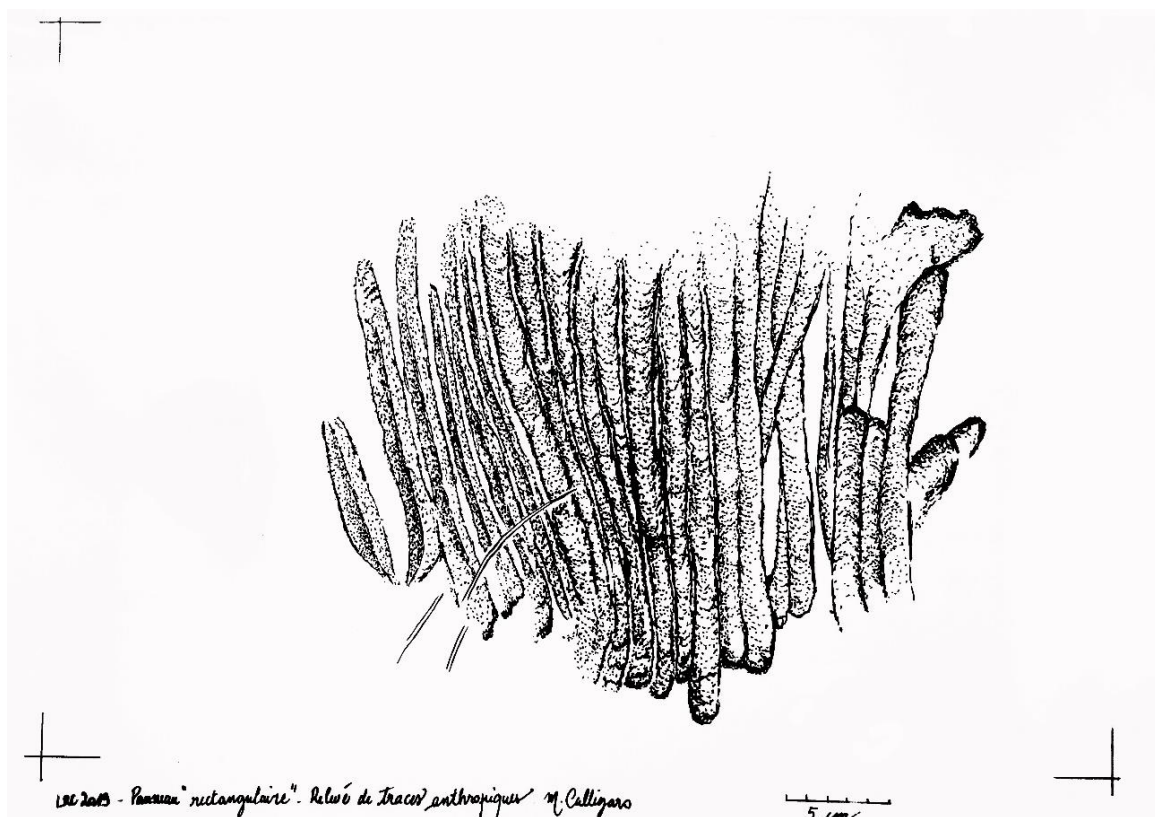


Figure 22: Relevé graphique de terrain numérisé (M. Calligaro)

Pour notre étude, nous avons choisi d'effectuer deux types de relevés : un relevé des traces et un relevé de l'état de surface qui permet d'apporter des informations taphonomiques (*Figure 23*).

Quatre panneaux (n°1, n°4, n°5 et n°6) ont fait l'objet d'un relevé au cours de cette recherche. Parallèlement, nous avons complété et finalisé l'étude par l'infographie de trois autres panneaux (n°2, n°3 et n°7) relevés au cours de la mission de 2018. Le mode de représentation de ces trois relevés se différencie de la méthode que nous avons employée au cours de ce stage. Toutefois, nous avons souhaité les insérer dans notre analyse afin d'obtenir une étude complète de la Salle du Pilier.

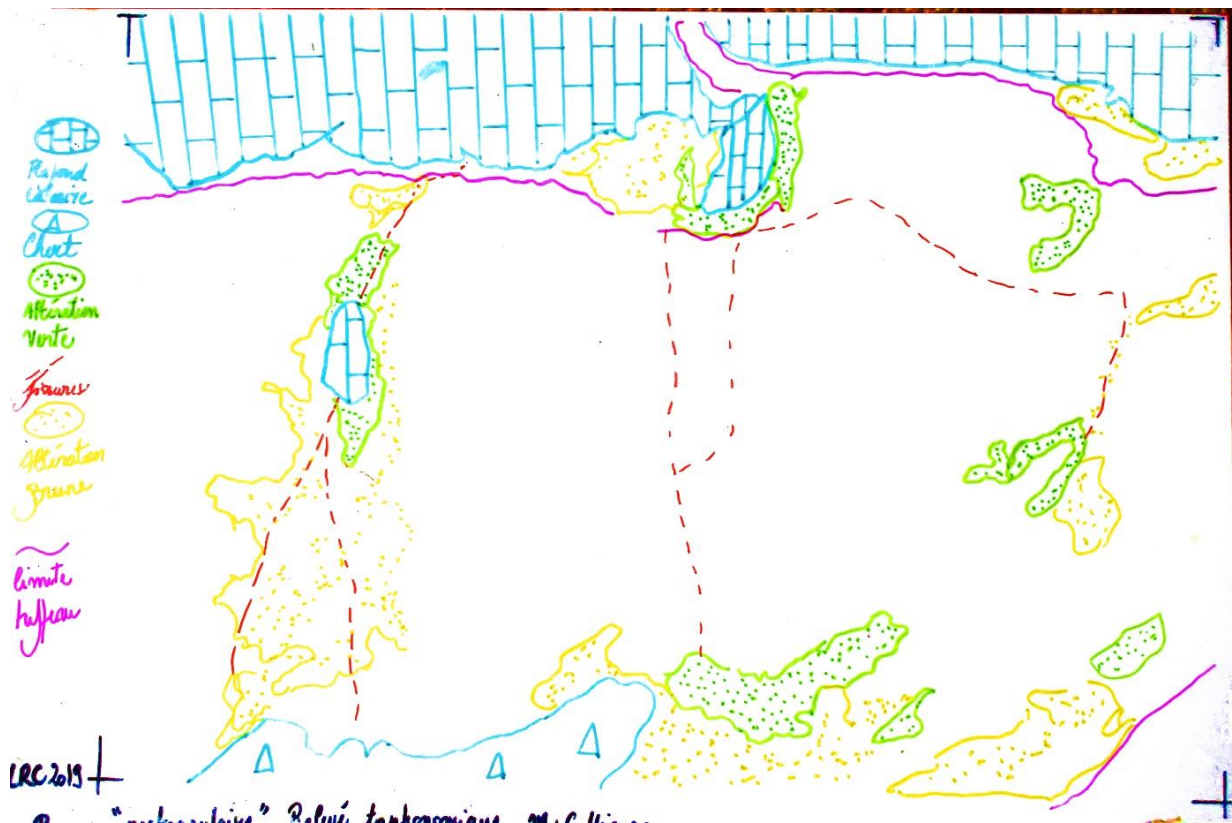


Figure 23: Exemple de relevé de terrain présentant la taphonomie du panneau rectangulaire (M. Calligaro)

3.3 Taphonomie des traces de doigts

L'étude taphonomique des grottes ornées est une discipline émergente dans la préhistoire (Berrouet, 2009 ; Kervazo *et al*, 2010 ; Ferrier *et al.*, dans Clottes, 2012 ; Paillet et Man-Estier dans Denys et Patou-Mathis, 2014). Elle cherche à comprendre l'évolution des parois au cours

du temps. Son objectif est de restituer l'état de la surface avant la réalisation des représentations et d'appréhender les phénomènes de dégradation ou de conservation qui interviennent par la suite. Nous souhaitons également comprendre ces mécanismes et processus pour saisir la morphologie initiale des panneaux. La nature de la paroi a-t-elle déterminé l'emplacement des traces ? A-t-elle été propice au choix de la technique de réalisation de ces panneaux ? L'état de conservation actuel nous permet-il d'envisager une ancienneté des traces ?

Nous avons, pour ce faire, utilisé les documents taphonomiques réalisés lors des phases de relevés et d'observations dans la grotte. Nous avons intégré dans nos relevés l'ensemble des observations géomorphologiques dont nous avons bénéficié à l'occasion des échanges précieux que nous avons eu avec Hubert Camus. Cette collaboration a été déterminante pour prendre la mesure de la diversité des phénomènes d'altérations liées au métabolisme de la grotte. Son importance tient aussi au contexte géologique singulier de la grotte François d'Achon par rapport aux formations calcaires plus traditionnelles des contextes souterrains ornés. Les documents que nous avons réalisés ont été comparés aux données recueillies dans la bibliographie sur l'environnement géomorphologique de la cavité.

De plus nous avons souhaité réaliser une analyse colorimétrique qui peut donner des indices de développement de patine sur les traces pariétales, cela peut témoigner d'un changement de composition du tuffeau au cours de son altération. Parallèlement à ces analyses de terrain, nous avons eu l'opportunité de faire analyser deux échantillons de la couche d'altération de la paroi par microscopie digitale, par spectroscopie infrarouge et par diffraction des rayons X pour tenter de caractériser la composition de l'altération des traces.

Spectrophotométrie

La méthode est restreinte dans l'objectif de conserver les traces et la taphonomie de la paroi. Elle doit donc être non-invasive et non-destructive. Par ailleurs, en considérant les problématiques d'accès à la cavité, il est nécessaire de faire appel à un appareil portatif et maniable dans l'environnement de la grotte. Nous avons également pris en compte les problèmes soulevés par la perception visuelle.

L'observation des traces montre une variation de coloration entre le fond de la trace et les bords, résultat de l'enlèvement de la couche d'altération qui s'est formée sur la partie externe du calcaire turonien supérieur. Le passage de doigt sur la surface altérée de la paroi provoque une

modification morphologique, que nous avons analysée précédemment. En résulte également une différenciation de couleur nettement visible à l'œil nu (*Figure 24*). Le fond du trait est plus clair et plus blanchâtre que la couche d'altération non-touchée. De plus, il apparaît que certains fonds de traces sont plus ou moins clairs. Cela témoignerait de la reprise de processus d'altération naturels de la paroi et ainsi de la formation d'une « patine ».

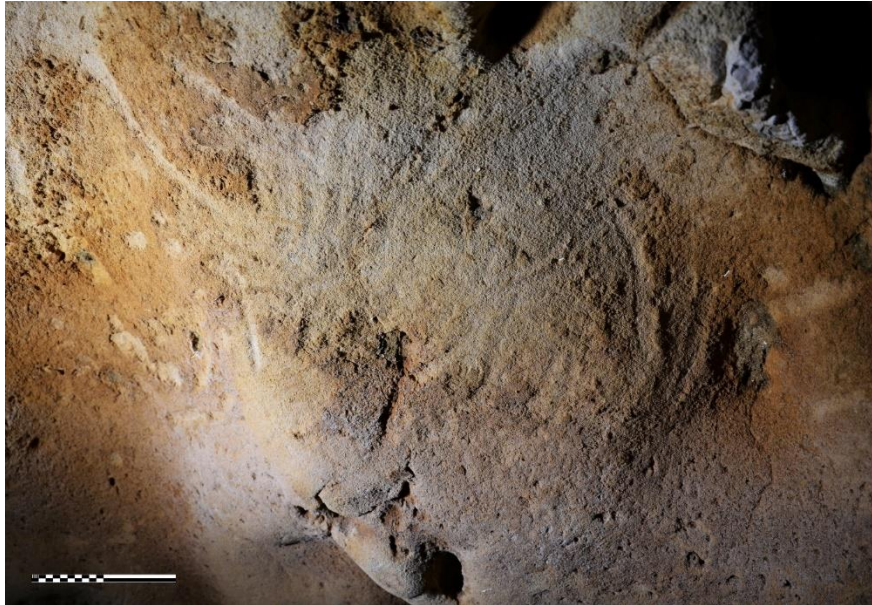


Figure 24: Exemple de panneau présentant des variations colorées de patine (Photo:A. NGuyen)

La patine est définie comme étant une modification de l'aspect des objets et particulièrement de leur couleur découlant de l'action de l'environnement sur des périodes plus ou moins longues (Aucouturier, 2007). Cette patine participerait à l'argumentation sur l'ancienneté relative de traces.

Nous avons choisi de mesurer les couleurs de différents points des panneaux, mais également d'autres traces tels que des griffades ou *graffiti* modernes. Cette démarche permet de décrire de manière objective les sensations subjectives de différences de couleurs (Dubois, 2006) et d'obtenir des écarts ou distances de couleurs. C'est pourquoi nous définirons dans un premier temps la couleur puis nous détaillerons ensuite l'analyse colorimétrique des traces.

La notion de couleur varie en fonction de deux critères subjectifs : la perception et l'interprétation de celle-ci. Différentes conditions affectent la perception de la couleur : la luminosité, le contraste (selon l'environnement colorimétrique de l'objet observé, par exemple un grain de silice sur un fond clair et un fond sombre), la position de l'objet par rapport à l'observateur (angle d'observation et angle d'illumination), la perception selon des observateurs

différents et enfin la taille de l'objet. La classification des couleurs est réalisée en fonction de trois critères : la teinte (couleur), la saturation (intensité) et la clarté (luminosité). La perception visuelle est le signal spectral qui atteint l'œil humain (ou un autre capteur) (Trémeau, 2004). Le *stimulus* $S(\lambda)$ est ce signal. Il est le résultat du produit du spectre d'une source lumineuse $I(\lambda)$ avec le spectre de réflectance d'un objet $R(\lambda)$. La perception visuelle peut donc être établie par la formule $S(\lambda) = I(\lambda) \times R(\lambda)$.

La colorimétrie est définie comme la science de la mesure de la couleur (Trémeau, 2004). Cette mesure est obtenue grâce à l'association de trois valeurs. La Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) a mis au point un espace de couleur $L^*a^*b^*$ (Commission Internationale de l'Eclairage. Colorimetry. Rapport technique, Bureau Central de la CIE, 1986. 2nd edition). L^* est défini par l'axe des luminances, a^* et b^* la chrominance (construits sur deux oppositions : le rouge et le vert, et le bleu et le jaune). Le système est appelé CIEL $^*a^*b^*$.

En 1905, A.H. Munsell a mis au point une charte de couleurs qui exprime la teinte (H), la clarté (V), et la saturation (C) (Nickerson, 1976). Nous avons prévu dans un premier temps d'utiliser un nuancier de Munsell pour définir les couleurs des panneaux analysés dans notre étude. Cependant, différents facteurs ont été source de problèmes. D'abord les lampes utilisées sont mobiles et varient en intensité, ici la source $I(\lambda)$. Ensuite, les observateurs n'ont jamais le même angle de perception, ou *stimulus* $S(\lambda)$. De plus, la paroi n'est pas lisse et a une morphologie particulière en courbes et creux (objet $R(\lambda)$), ce qui modifie également l'angle d'incidence de la source lumineuse. Enfin, la maniabilité du nuancier (un feuillet cartonné percé) empêche d'approcher convenablement de la paroi. La trop grande différence entre chacune des variables autorisant l'établissement d'une perception visuelle selon la formule $S(\lambda) = I(\lambda) \times R(\lambda)$ rend donc la prise de mesure instable et la provoque une disparité entre les perceptions des observateurs. Nous avons donc choisi de nous tourner vers une autre méthode de colorimétrie.

Grâce à la collaboration du laboratoire Laboratoire GéoHydrosystèmes COntinentaux de Tours nous avons choisi d'appliquer une autre méthode d'analyse de la couleur. Nous avons utilisé l'appareil portable de Spectrophotométrie portable CM700d/600d Konica Minolta (*Annexe 7*). C'est un appareil de mesure non-invasif idéal dans le cadre de notre étude. L'ouverture de mesure de l'appareil est entre Ø8mm et Ø3mm donne une mesure précise sur les panneaux. De plus, il est doté d'un système d'éclairage, palliant ainsi à la variation de source lumineuse $I(\lambda)$. Son système à sphère d'intégration et à ergonomie verticale s'adapte à des surfaces variables

(concaves, convexes, planes) et donc à l'objet $R(\lambda)$. Les résultats exprimés par le spectrophotomètre utilisent le système CIEL*a*b*.

Pour cette étude nous avons sélectionné 244 points de mesure sur différents panneaux. Tous les panneaux anthropiques ont été concernés. Ces points ont été choisis selon différents critères : le bord de la trace et le fond de la trace. Dans le groupe de mesures de fonds de traces, nous avons distingué les traces patinées et les traces interprétées comme modernes : un *graffito* moderne daté selon son inscription de 1992 (*Figure 25*). Il constitue un bon référentiel pour comparer les différences de patine avec les traces anthropiques estimées comme plus anciens.

Nous avons procédé à une comparaison des mesures obtenues en L*a*b* pour établir une différence colorimétrique entre les différentes zones des panneaux. La mesure de l'écart de couleur nécessite une couleur de référence. Or il n'existe pas un tel référentiel du Turonien supérieur car celui-ci peut varier. Nous avons donc comparé groupes de données « bord », « fond patiné » et « fond moderne ».



Figure 25: Répartition des points de mesure en spectrophotométrie (Photo A. NGuyen)

Caractérisation de l'altération

Les échantillons

Un protocole a été mis en place en 2017 pour la surveillance de l'érosion des parois (*Figure 26*). Ce protocole consiste à disposer des plaques de PVC de 90 x 60 cm à l'horizontal sous les panneaux les plus importants (*Annexe 14*). Chacune des plaques est divisée en 24 carrés numérotés de 15 cm de côté. Les particules tombant de la paroi sont enregistrées par photographie, ensuite ramassées et pesées par carré. Afin de ne pas prélever de matière dans les panneaux encore en place nous avons prélevé deux échantillons provenant de la plaque de surveillance du Panneau n°4 (carrés C3 et C5). Ces échantillons ont été récoltés en septembre 2018.

Microscope digital Hirox et Spectroscopie Infrarouge

Nous avons collaboré avec Matthieu Lebon (MNHN, UMR 7194 CNRS) au sein du plateau 2D-3D du Musée de l'Homme pour analyser les deux échantillons. Les échantillons ont été observés avec un microscope digital Hirox modèle KH-3000 avec objectif MXB-5000REZ. Le microscope permet une mesure précise de la granulométrie des échantillons. Cette méthode permettra d'observer la morphologie des minéraux résultants des altérations.

Nous avons également procédé à une spectroscopie infrarouge des échantillons, et à ce jour nous sommes dans l'attente des résultats.



Figure 26: Photographie de la surface altérée du panneau n°4, à présentation circulaire (Photo M. Calligaro)

Diffraction des Rayons X

L'analyse de la diffraction des rayons X permet de connaître la composition minéralogique des échantillons. Pour aller plus loin dans l'analyse des échantillons, nous avons collaboré avec Simon Puaud (MNHN, UMR 7194 CNRS) et Sylain Pont (UMR 7245 MCAM) pour l'utilisation de cette méthode. Les résultats obtenus sont d'ordre qualitatif et semi-quantitatif. Cette technique permet de calculer la distance réticulaire, soit l'espacement entre les plans d'atomes caractéristiques à chaque minéral. Les résultats du spectre de diffraction sont donnés sous forme graphique. La totalité de ces distances réticulaires correspondent à une espèce cristalline que l'on peut comparer à un référentiel de fiches.

La mise en œuvre de ce protocole méthodologique sur les traces et leur contexte vise à prendre la pleine mesure des caractéristiques formelles, techniques et d'évolution des traces en paroi. Elle a été d'autant plus déterminante en l'absence de référentiel équivalent dans un contexte souterrain. En effet, les traces de doigts connues relèvent pour l'essentiel de contextes calcaires classiques de période plus récente (Paléolithique supérieur).

Face au caractère potentiellement inédit des traces pariétales de la grotte François d'Achon, nous avons développé une approche expérimentale, entièrement nouvelle en contexte orné, afin d'appréhender toutes les options envisageables dans la production de ces traces pariétales.

4 Archéologie expérimentale

Nous avons souhaité mettre en place une expérimentation afin de proposer une hypothèse sur l'outil qui a permis la réalisation des traces anthropiques. De plus, cette approche expérimentale nous permet de proposer une interprétation sur l'altération des panneaux, en associant ses données, avec les données géologiques et géomorphologiques. La comparaison de traces « fraîches » et de traces altérées permet de mettre en avant des stigmates résiduels. Elle s'effectue d'un point de vue statistique et qualitatif, en comparant à la fois les différentes mesures des traces, et les morphologies permettant de caractériser un type de trace.

L'archéologie expérimentale est une branche de l'archéologie qui émerge avec les concepts d'André Leroi-Gourhan et de François Bordes. Son objectif est de décrire les usages, les gestes et modes de fabrication observés au travers des vestiges archéologiques (Mohen, 1999). Le

champ de l'archéologie expérimentale est rare dans les études d'art pariétal. Il en existe néanmoins pour l'art mobilier (Rivero, 2016). De plus, le tuffeau n'a jamais été expérimenté dans ce cadre comme support de représentation. C'est une opportunité inédite de réaliser une expérience dans le domaine des comportements symboliques et de l'art préhistorique sur ce support.

Dans notre cas, il s'agit de comprendre comment les traces pariétales ont été réalisées. Cette reconstitution est produite selon une méthode et un protocole scientifique (De Beaune, 2000). Les résultats sont confrontés et comparés aux données archéologiques observées sur le terrain. Le protocole employé doit permettre de valider une hypothèse, mais il doit également être transmis et reproductible (Allios *et al.*, 2016). Les différentes étapes de l'expérimentation sont donc détaillées.

4.1 Problématique

La première étape est la définition de la problématique. Dans notre étude, nous souhaitons déterminer l'origine des traces observées sur les parois de la grotte François d'Achon grâce à l'étude approfondie de leur morphologie. De nombreuses traces organisées en panneaux ont été attribuées à des tracés digitaux (Marquet *et al.*, 2014). Nous souhaitons déterminer s'il s'agit bien du résultat de passages au doigt sur les parois et discriminer l'usage d'un autre outil. Ainsi, nous avons observé les stigmates de passage de doigts, d'outils à bout rond et anguleux sur une matière tendre. Par la suite, ces stigmates obtenus seront comparés aux données analysées sur les parois de la grotte de La Roche-Cotard.

4.2 Protocole

Afin de permettre la reproductibilité de l'expérimentation, un maximum de paramètres a été recueilli. La trace d'un outil, ou du passage d'un doigt sur la paroi, correspond à une modification de l'aspect de la paroi et à un enlèvement de matière. Ce sont les stigmates de ces traces que nous souhaitons observer.

Le calcaire Turonien supérieur présente une granulométrie fine (125 μm à 250 μm). L'observation de la morphologie des traces réalisées durant l'expérimentation nécessite d'abord l'obtention de celles-ci sur une surface la plus lisse possible pour aller vers le matériau le plus proche de celui des parois de la grotte en termes de granulométrie. Les stigmates du passage

d'un outil sur une matière sont plus lisibles lorsque la granulométrie est très fine. Plus la taille des grains de la roche augmente, plus il est difficile de récupérer ces observations.

Nous avons donc choisi de scinder l'expérimentation en deux temps : d'abord la réalisation de traces sur de l'argile. Nous avons pour cela choisi une argile naturelle de potier vendue dans le commerce. Ensuite, nous avons réalisé les traces sur les parois d'une cavité du même étage géologique et offrant une altération la plus proche possible de celle de La Roche-Cotard. Les expérimentations sont toujours en place en vue d'une prochaine étude sur le long terme.

Une prospection de cavités disponibles pour l'expérimentation a été réalisée en amont par José Esquerre-Pourtère⁵ pendant plusieurs mois sur la base de l'ouvrage *les cavités souterraines du Bassin de la Claise Tourangelle* (Moreau et al., 2007). Nous avons choisi l'habitat troglodyte « Les Roches » qui se situe au Grand Pressigny. Cette cavité a l'avantage d'être du même étage géologique que celui dans lequel est creusée la grotte de La Roche-Cotard. Elle dispose de deux pièces non habitées, où le tuffeau présente une altération de surface proche de celle observée à La Roche-Cotard (*Annexe 8*). Il est à noter que cette altération n'est pas tout à fait la même car il s'agit d'abord d'une cavité creusée par l'homme et non par une diversité de phénomènes naturels comme celle de La Roche-Cotard. L'altération est ici sans doute provoquée en grande majorité par les conditions thermiques et hygrométriques qui font suite aux premiers aménagements troglodytiques datés vraisemblablement du XVIII^e siècle.

Par ailleurs, la variation de l'orientation du support touche aussi la celle de la trace. Nous avons donc procédé à l'expérimentation sur trois types de surface : convexe, concave, et le plus plan possible. Pour ce faire, nous avons réalisé un carroyage sur la paroi disponible et évalué en amont les surfaces planes, concaves, convexes (*Figure 27*). Avec l'argile, nous avons donc 4 types de surfaces.

Il a été décidé de constituer deux équipes : une équipe d'expérimentateurs et une équipe d'observateurs.

Les expérimentateurs doivent suivre un protocole précis. Deux expérimentateurs ont été choisis. L'individu de l'équipe à l'index le plus large (diamètre de 1,7 cm) et l'individu au majeur le plus fin (diamètre de 1,3 cm). Les informations concernant l'expérimentateur sont enregistrées dans une fiche créée pour l'expérimentation (*Annexe 9*). Différentes mesures y sont reportées

⁵ Professeur de S.V.T., FR-59239 Thumeries

afin de permettre toujours la reproductibilité de l'expérimentation. Le choix de l'outil y est aussi précisé. Chacun des deux expérimentateurs réalisent des tracés avec tous les outils.



Figure 27: Carroyage de la paroi expérimentale "Les Roches" (Photo: Calligaro)

Chaque expérimentateur utilise 5 outils pour la réalisation de traces. Tous les outils ont été enregistrés, mesurés et photographiés. Les 5 outils sont utilisés sur les 4 types de surface (argile, tuffeau concave, tuffeau convexe, tuffeau plan). Nous avons choisi deux types d'outils : outils à bout rond, outils à bout anguleux. Tous les outils sont mesurés et photographiés.

Dans les outils à bout rond nous incluons le doigt humain, un bois végétal, un os. Pour rester en cohérence avec le contexte paléo-environnemental et archéologique du site de La Roche-Cotard, nous avons sélectionné une branche d'épicéa commun (*Picea abies*) pour le bois végétal et une côte de biche (*Cervus elaphus*). Dans les outils à bout anguleux, nous avons choisi un outil en silex (un éclat), ainsi qu'un objet métallique (tournevis) pour les traces historiques.

Chaque expérimentateur réalise un lot de 5 traces par outil et par surface (Figure 28), ce qui donne un total de 100 traces par expérimentateur. Chaque lot est numéroté. Au final sont donc 200 traces qui sont mesurées et analysées par les observateurs. Afin d'optimiser les surfaces et de limiter les erreurs de compréhension, chaque trace est linéaire et verticale et d'une longueur d'environ 10 cm afin de réussir à distinguer le point d'attaque du trait, le corps du trait et son arrêt.

L'analyse des traces obtenues est effectuée par l'équipe des observateurs, ceux-ci ne doivent pas participer à l'expérience. Afin de limiter les biais dans la prise de mesure, trois observateurs réalisent chacun la totalité des mesures. La prise de mesure s'effectue dans les mêmes conditions que sur le site archéologique, à l'aide d'un mètre ruban sans toucher le support (*Annexe 10*). Les mesures prises concernent la forme de la section (en U, en U incertain, en V, en V incertain, ou Autre), et la largeur de la trace (zone la plus large). Les observateurs peuvent ajouter d'autres commentaires (stigmates d'attaque, de corps, de fin de trait). Enfin, ils peuvent proposer une hypothèse concernant l'outil utilisé sur la fiche établie (*Annexe 11*).



Figure 28: Exemple de réalisation de trace expérimentale faite au doigt (Photo : M. Calligaro)

4.3 Enregistrement des expériences

Lors des expérimentations nous avons utilisé différentes méthodes d'enregistrement. Un tableau de répartition des lots de traces est réalisé selon le carroyage mis en place sur la paroi expérimentale (*Annexe 12*). Chaque carré présente ces caractéristiques : un outil, un expérimentateur, un type de surface.

Une photogrammétrie complète de la paroi avant et après les expérimentations a été effectuée. Des photographies de la paroi vierge, des photographies de chaque carré vierge et des photographies de détails (*Figure 29*) ont également été prises après chaque expérimentation. Toutes les traces ont ainsi été documentées.

De plus le geste a lui aussi été enregistré par des prises de notes, et filmé par lot de 5 traces. Afin d'être exhaustif dans l'enregistrement du geste, nous avons également chronométré chaque expérimentation. L'ensemble de ces données, volume considérable, est encore en partie en cours de traitement et sera exploité ultérieurement.



Figure 29: Exemple de photographie de détail réalisée sur les tracés expérimentaux (Photo : M. Calligaro)

À la manière d'une enquête anthropologique, nous avons enfin recueilli des informations concernant les phases d'initiation, d'apprentissage, d'amélioration, et de transmission au cours des expérimentations et des observations. Ces informations ont été récupérées en captation audio, en prise de notes ou en vidéo. Afin de ne pas influencer les remarques des expérimentateurs et des observateurs, ceux-ci n'ont pas été informés de cette phase. Différentes observations sont récupérées : les difficultés et problèmes rencontrés, le partage d'information, la manière dont ces informations sont transmises, les différents ressentis, la mise en place de stratégies pour proposer des hypothèses.

4.4 Confrontation et préparation des données statistiques

Une fois toutes les expérimentations réalisées, nous avons organisé une confrontation entre le groupe des expérimentateurs et celui des observateurs afin qu'ils puissent échanger sur leurs

expériences observations, analyses, et remarques. Cet échange a été réalisé devant la paroi (*Annexe 13*) et les bacs d'argile qui ont servi à l'expérimentation. Le tableau récapitulatif des traces expérimentées était un outil central pour l'échange et la confrontation. Il en est sorti que les observateurs avaient eu de bonnes intuitions en général, même pour les tracés les moins lisibles. Lors de doutes concernant certains stigmates, les deux équipes ont échangé devant la trace pour expliquer soit le mouvement, ou l'événement qui a pu produire le stigmate (la reprise d'un tracé par exemple). Les expérimentateurs ont également émis la préférence d'utilisation du doigt et de l'os.

La largeur des traces faites au doigt se détache des autres lors de l'observation de la statistique descriptive (*Figure 30*). La médiane des mesures des traces faites doigt se trouve à 15,3 mm tandis que les outils en métal, végétal et os ont une médiane se trouvant entre 9 et 10,7 mm. Celle du silex à 3 mm est encore bien plus basse.

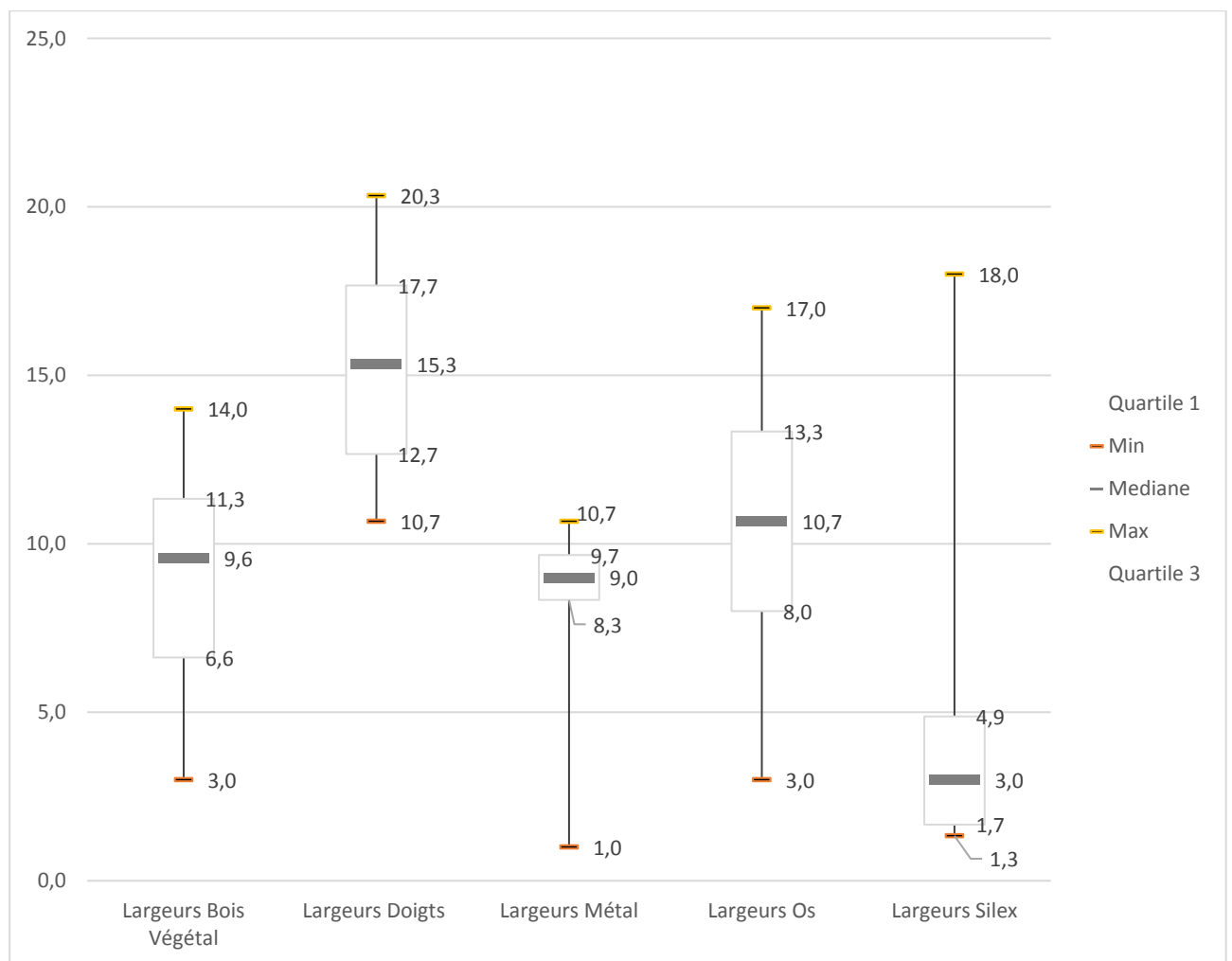


Figure 30: Largeurs des traces expérimentales classées par outils (M. Calligaro via Excel)

Si on observe la statistique descriptive de la totalité des largeurs des traces mesurées dans la grotte (442 mesures), on obtient une médiane de 14 mm (*Figure 31*), ce qui les rapproche indubitablement de la médiane des tracés faits au doigt dans l'expérimentation.

<i>Statistique</i>	<i>largeur (mm)</i>
Nb. d'observations	442
Minimum	1,000
Maximum	72,000
1er Quartile	10,000
Médiane	14,000
3ème Quartile	19,000
Moyenne	15,153
Variance (n-1)	60,682
Ecart-type (n-1)	7,790

Figure 31: Statistique descriptive de la totalité des traces mesurées dans la grotte François d'Achon

Compte tenu du temps imparti pour le stage de master, nous avons choisi d'effectuer des tests statistiques sur les tracés faits au doigt, et ceux faits avec l'outil en os. Nous réaliserons en parallèle des tests sur les tracés faits avec l'outil ayant les largeurs les plus proches de celles faites au doigt en statistiques descriptives.

Lors de la préparation des données pour réaliser une comparaison avec les mesures récupérées sur les panneaux de la grotte François d'Achon, nous nous sommes confrontés à un problème. Les mesures des observateurs consistaient à prendre la largeur des traces (en mm) et d'identifier leur section (en U, en U incertain, en V, en V incertain et Autre).

Nous avons trois observateurs, chaque mesure a donc été prise trois fois afin de réduire la marge d'erreur lors de la prise de mesure. Pour utiliser les données, il faut faire une moyenne des 3 mesures observées pour une trace. Cependant, il est impossible de faire une moyenne avec les sections observées car il s'agit de données qualitatives. De plus, il arrive que certaines traces n'aient pas été interprétées de la même manière. Au niveau méthodologique nous avons fait le choix de ne prendre en compte qu'un seul observateur pour comparer les mesures des traces faites au doigt. Nous avons d'abord pensé à prendre l'observateur le plus expérimenté. Ce choix étant trop subjectif, nous avons préféré prendre les observations ayant la plus faible quantité d'erreur. Pour ce faire il faut calculer le pourcentage d'erreur de chaque observateur pour ne garder les mesures de l'observateur ayant un pourcentage d'erreur le plus faible.

Dans notre expérimentation, 3 observateurs ont émis chacun une hypothèse concernant l’outil utilisé sur chaque lot. L’expérimentation compte 40 lots de 5 traces. 120 hypothèses ont donc été émises. Toutefois, pour 2 lots, les observateurs avaient connaissance de l’outil utilisé (des problématiques logistiques de terrain et contraintes de temps ont conduit à réaliser les traces en présence des observateurs). Nous écartons donc ce biais dans nos calculs (6 hypothèses écartées).

- Nombre d’hypothèses émises (40 x 3) : 120
- Nombre d’hypothèses biaisées et écartées : 6
- Nombre d’hypothèses prises en compte : 114
- Nombre d’hypothèses erronées : 27
- Nombre d’hypothèses justes : 87

Nous souhaitons calculer le pourcentage d’erreur, qui permet d’estimer la pertinence des hypothèses émises par les observateurs lors des observations et participe à la confrontation entre expérimentateurs et observateurs.

Le pourcentage d’erreur est une expression quantitative simple de l’écart entre la valeur expérimentale (ici le nombre d’hypothèses prises en compte justes) et la valeur réelle (ici le nombre d’hypothèses prises en compte). Il est égal à la valeur absolue multipliée par 100. Celle-ci est toujours exprimée comme valeur positive. Le pourcentage d’erreur est donc calculé comme suit :

$$\text{pourcentage d'erreur} = \text{valeur absolue} \times 100$$

$$\text{pourcentage d'erreur} = \left(\frac{\text{valeur expérimentale} - \text{valeur réelle}}{\text{valeur réelle}} \right) \times 100$$

$$\text{pourcentage d'erreur} = \left(\frac{87 - 114}{114} \right) \times 100$$

$$\text{pourcentage d'erreur} = 23,6842105263 \%$$

Le pourcentage d’erreur d’interprétation des outils utilisés est d’environ 23,68 %. Dans notre expérimentation, la justesse des hypothèses émises par les observateurs est d’environ 76,32 %. Le calcul est réalisé pour chacun des observateurs. Nous obtenons donc les résultats suivant :

- Observateur 1 : $(30-38/38)*100= 21,05\%$
- Observateur 2 : $(32-38/38)*100= 15,78\%$
- Observateur 3 : $(25-38/38)*100= 34,21\%$

Suite à la comparaison de ces résultats nous avons sélectionné les mesures de l'observateur ayant le plus faible pourcentage d'erreur : 15,78%. Pour toutes les observations des traces de doigts que l'observateur 2 a interprété comme U ou U incertain, nous avons comparé ces données avec les celles de la grotte qui présentait la même section.

Comme il s'agit de données quantitatives indépendantes, la comparaison des deux lots de données (ou échantillons) suit deux tests statistiques :

- Test de normalité des échantillons Shapiro-Wilk
- Test de comparaison de variables quantitatives Mann-Whitney

Cette approche expérimentale nous a permis de constituer un référentiel de comparaison, là où l'archéologie n'en présente actuellement aucun, pour le tuffeau en particulier. Cette approche inédite vient compléter notre protocole méthodologique d'analyse des traces autant graphique que taphonomique. Ce double regard est précieux pour comprendre les différents phénomènes à l'œuvre. Examinons à présent les résultats issus de notre étude.

5 Résultats

5.1 Position des panneaux dans l'espace

Les marques à caractère anthropique observées sur les parois de la Salle du Pilier sont de trois types : les marques modernes (*graffito*, coup de piochon), les traces isolées, et traces en groupes et d'apparence structurée. Ce sont ces groupes que nous avons désigné par le terme « panneau ». La délimitation des panneaux est parfois arbitraire, elle n'empêche pas de déterminer s'il existe une relation entre les groupements de traces et celles qui sont isolées. Néanmoins, nous avons choisi de déterminer 7 panneaux sur la paroi nord ou paroi droite par rapport à l'entrée de la grotte (Rouzaud, dans Delporte 1994) dans la Salle du Pilier (*Figure 32*).

Il semble bien qu'apparaisse un dispositif pariétal à part entière. Il se constitue en une bande horizontale entre les registres IV et V de la paroi. Les panneaux n°1, 2 et 7 sont dans le registre IV, soit juste au-dessus de l'encoche de niveau d'eau. Les panneaux 3, 4, 5 et 6 sont dans le registre supérieur (V). Il se dégage une rythmicité dans la disposition horizontale des panneaux. Les panneaux n°1, 2, 3, 4 et 5 se trouvent tous entre 119 cm à 162 cm par rapport au sol. C'est une information intéressante car le sol de la grotte est fortement bosselé du fait de ses conditions

de formation. Malgré ces variations du niveau du sol, le positionnement des panneaux crée un jeu visuel puisqu'ils semblent être tous placés sur la même ligne d'horizon, peu importe l'endroit où on se positionne pour les observer. Seuls les panneaux 6 et 7, au fond de la Salle du Pilier font exception (*Figure 33*). Le panneau ponctué est lui en partie basse (entre 70 et 146 cm par rapport au sol), le panneau rectangulaire plus haut (163 à 186 cm).

La répartition des différents panneaux est également observable dans les volumes de la grotte (*Figure 34*). Sa géomorphologie présente une alternance de voûtes et alcoves, pendentifs, scandés par des arêtes en saillie. Depuis l'entrée de la Salle du Pilier, lorsque le regard se porte vers le fond, la quasi-totalité des panneaux sont visibles. 1, 2, 4, 5 sont positionnés des surfaces convexes semblables à des pendentifs. 6 et 7 sont eux au fond et viennent clore la perspective. Seul le panneau 3 n'est pas visible depuis l'entrée de la salle.

Par ailleurs, la répartition en plan témoigne aussi d'une structuration dans l'espace. À chaque mètre progressé suivant la paroi droite (*Figure 35*), un nouveau panneau ou groupe de panneaux apparaît. Le dispositif pariétal est à nouveau rythmé dans l'espace de la cavité et suit le cheminement au sein de la grotte qui part de la Salle des Lemmings vers la Salle de la Hyène. On peut noter également que dans la structuration géologique de la grotte, ce cheminement est marqué par un passage ouvert dans la nappe chertreuse. Cette nappe de chert est brisée et pose la question de savoir s'il s'agit de destruction naturelle ou anthropique.

Il est envisageable que ce dispositif soit en lien avec la circulation des individus dans l'espace. Les panneaux constitueraient des sortes de points de repère dans la progression vers le fond de la grotte. La rythmicité peut s'expliquer avec les modes d'éclairage lors de l'accès aux différentes salles. Nous avons tenté de trouver des indices d'usage de lampe mais pour le moment aucune autre indication ne peut étayer cette hypothèse. Cela pourrait faire l'objet dans l'avenir d'un nouvel axe de recherche.

Après avoir observé l'organisation générale des panneaux, examinons en détail chacun des panneaux de traces faites aux doigts, à la fois au travers de leur structuration graphique, mais aussi des phénomènes d'altération qui les ont affectés.

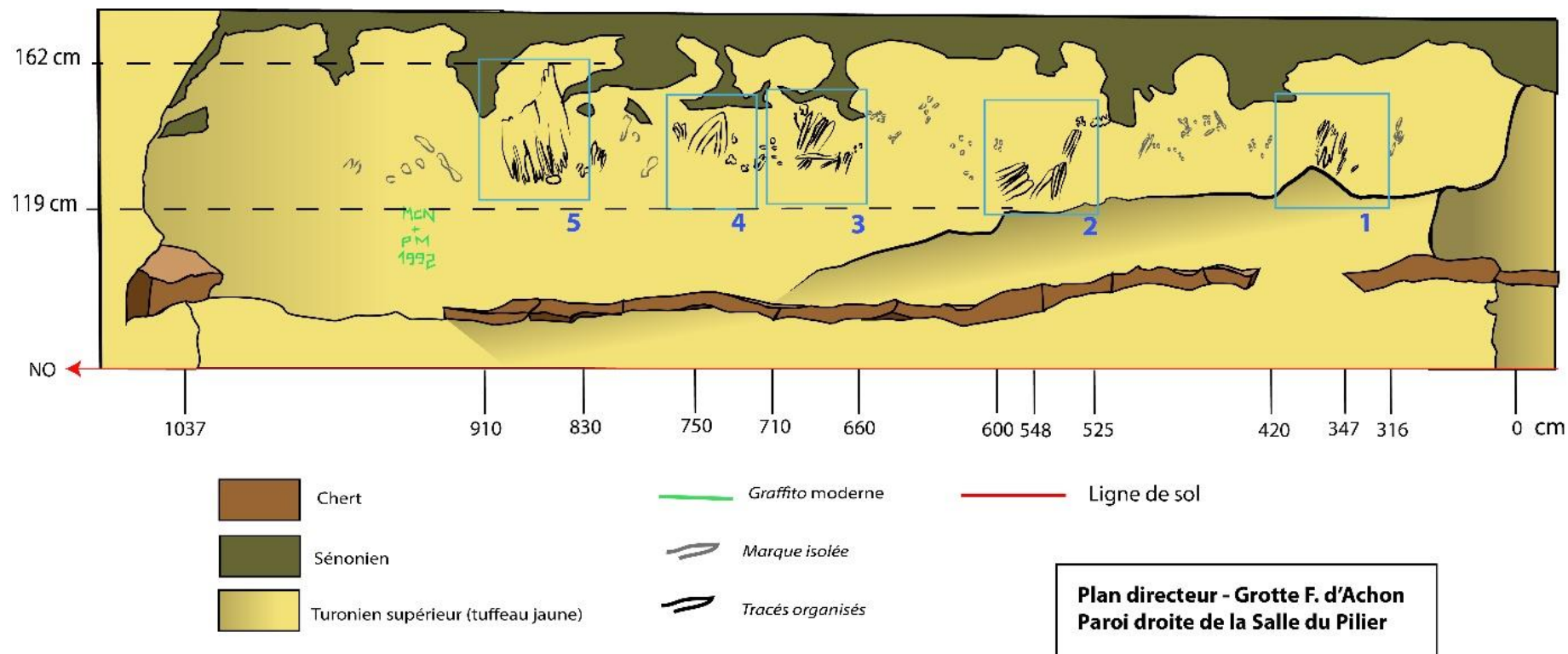


Figure 32: Plan directeur de la paroi nord de la Salle du Pilier (M. Calligaro)

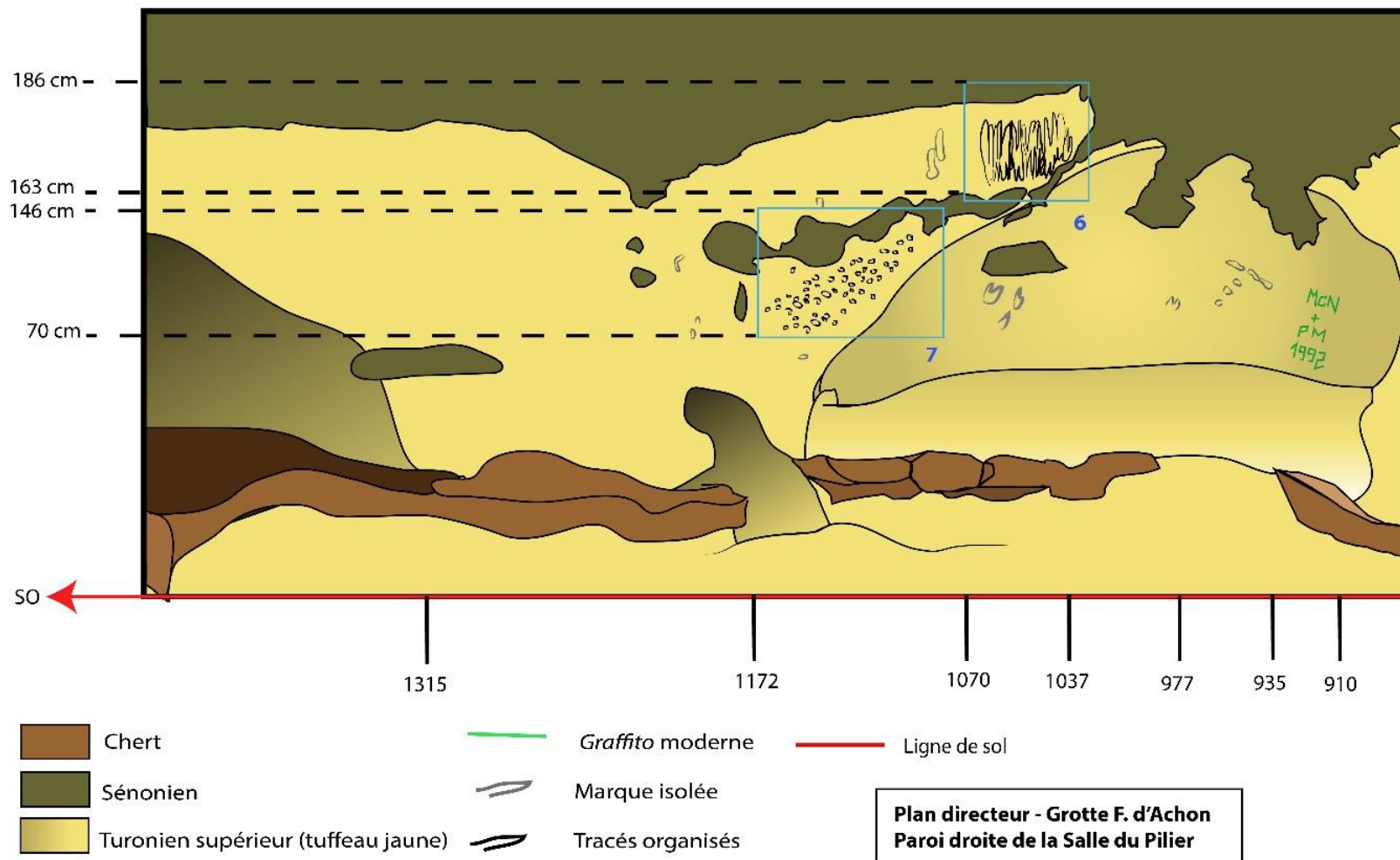


Figure 33: Suite du plan directeur de la paroi nord de la Salle du Pilier (M. Calligaro)



Figure 34: Vue de la répartition des panneaux depuis l'entrée de la Salle du Pilier. Les voûtes et arêtes sont représentées par les lignes rouges. Les panneaux sont localisés par les plages bleues (Photo et infographie : Calligaro).

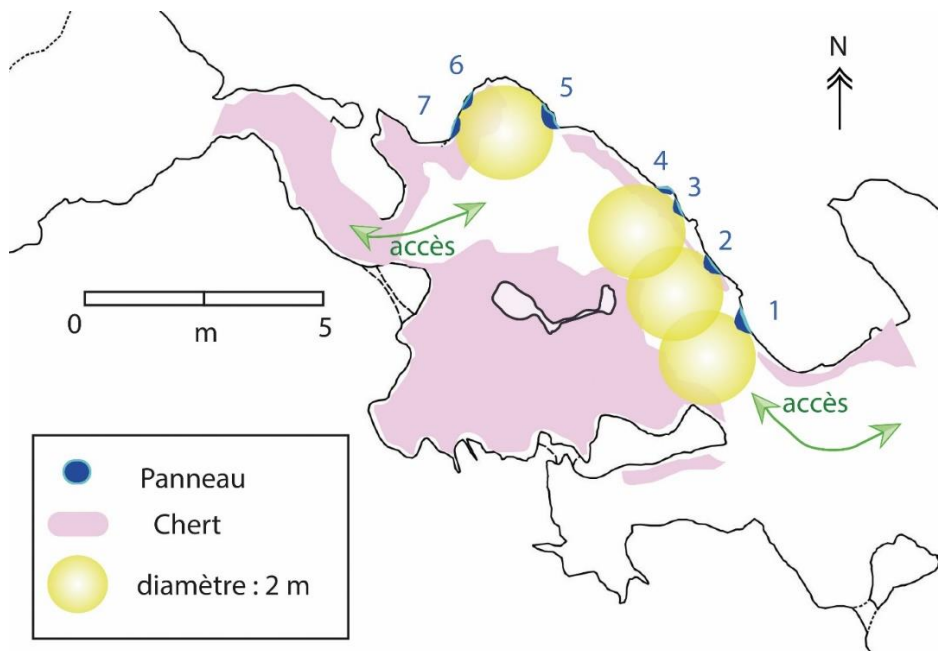


Figure 35: Répartition en plan des différents panneaux (Infographie : M. Calligaro)

5.2 *Relevés graphique des traces*

Le panneau n°1 (L. 36 x l. 25 cm) (*Figure 36, Figure 37*) de notre étude se situe à l'entrée de la Salle du Pilier. Il est présent sur une zone légèrement convexe de la paroi. Il est très érodé et les traces sont difficilement lisibles. Il s'organise en 15 traces larges (de 14 mm à 25 mm) quasiment parallèles entre elles. Elles sont rectilignes et légèrement obliques. Cela forme une série de bandes allant du plafond de la grotte vers le sol. La profondeur des traces est très faible (moins de 1mm) et leur fond est un peu plus clair que les bords donnant ainsi une luminosité au panneau. La section des traces est légèrement courbe voire quasiment plane compte tenu de l'érosion du panneau. Toutefois la partie supérieure est mieux conservée : on distingue plus nettement le départ arrondi de chacune des traces.

Quatre traces semblent plus isolées en bas à droite du panneau. Deux d'entre elles ont la même morphologie que le groupe qui occupe la majorité de la surface du panneau. Un peu plus bas, on observe deux autres traces plus fines (1mm à 2mm). Elles se distinguent nettement du reste de l'organisation du panneau. Leurs sections en V paraissent indiquer l'utilisation à cet endroit d'une autre technique ou d'un autre outil.

Ce panneau n°1 présente une fine couche d'altération de la paroi. Les traces traversent la zone superficielle et atteignent le cœur du tuffeau. La zone superficielle semble toutefois complètement érodée. Sa position à l'entrée de la salle peut expliquer son érosion par les courants aériens, et par des frottements lors de passages répétés. Dans ce cas, la surface ne portant pas de traces pourrait constituer un reliquat de la zone superficielle, voir être uniquement la zone intermédiaire de la roche. On note la présence de fossiles en saillie dans ces zones d'altération. La partie basse du panneau, la plus érodée présente des concrétions blanches de calcite. Toujours en bas du panneau, les deux traces à sections en V semblent avoir une couleur de fond de trace plus claire.

Pour permettre la profondeur, la succession des traces verticales a été réalisée sur une surface déjà altérée de la paroi. Il s'en dégage un panneau losangique en volume et formé de zébrures. La position du panneau dans l'espace de la cavité peut expliquer son érosion avancée.

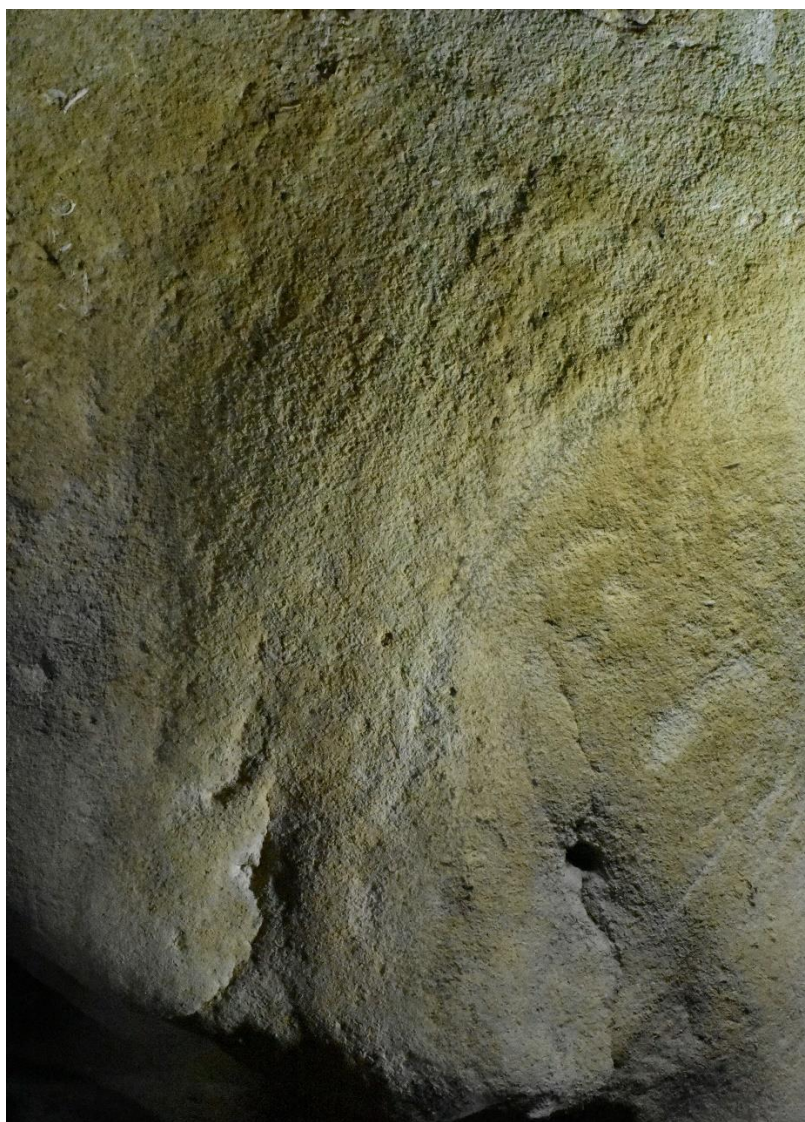


Figure 36: À gauche : photographie en lumière rasante du Panneau n°1 à l'entrée de la Salle du Pilier. À droite : relevé graphique des traces anthropiques. (Photo et relevé: M. Calligaro)

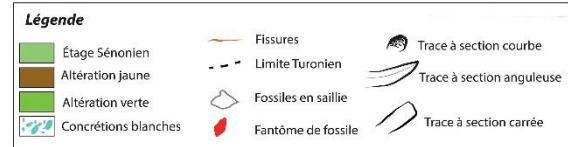
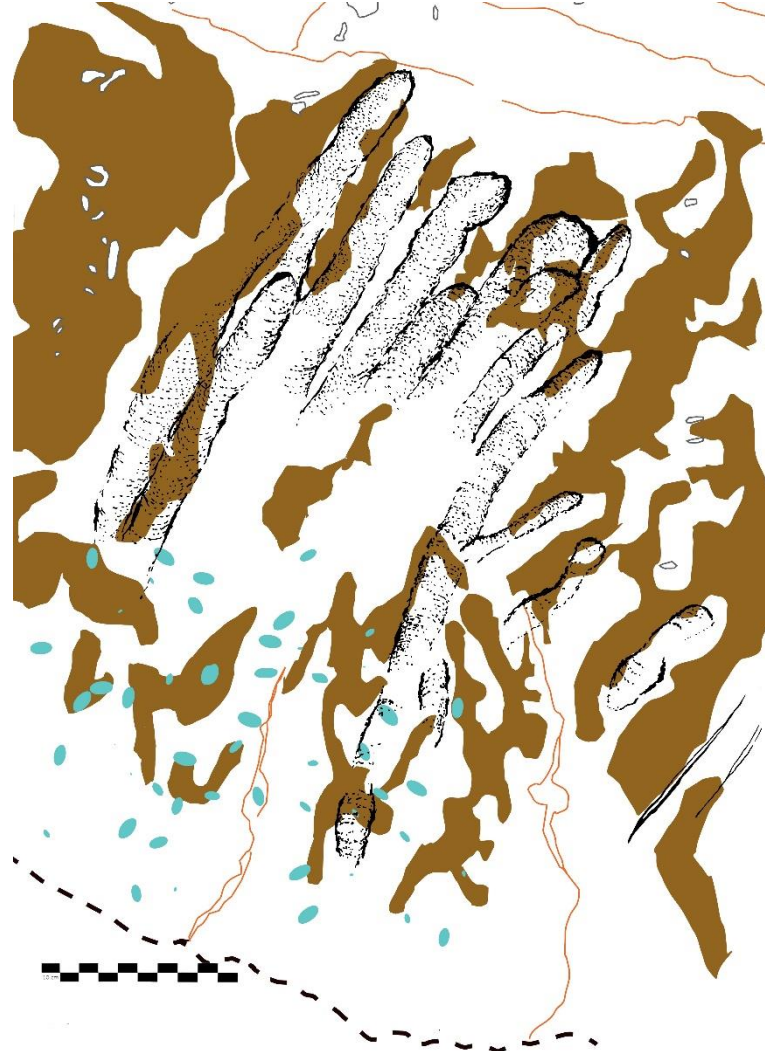
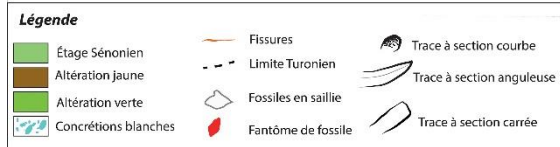


Figure 37: Relevés taphonomiques du panneau n°1 (Infographies et relevés M. Calligaro)

Le panneau n° 2 (L. 21 x l. 96 cm) est disposé sur une surface irrégulière de la paroi : convexe en partie haute et plane en partie basse. Il se compose en plusieurs groupes de traces (*Figure 38* et *Figure 39*). Un premier ensemble de 4 longues traces est positionné à l'horizontal, créant une figure linéaire dans l'organisation graphique du panneau. On retrouve cette disposition dans un groupe plus court en-dessous de ce premier ensemble, et à droite avec un autre groupe de longues traces parallèles. Ces traces ont une section bien courbe et facilement lisible dans la partie haute du panneau. En effet, la partie basse est beaucoup plus érodée et les traces deviennent fantomatiques. On note la présence de nombreux petits enlèvements punctiformes de matière.

Les traces paraissent là aussi réalisées dans une couche d'altération épaisse qui existait sur la surface originelle de la paroi. L'altération qui vient dans un second temps affecte l'épaisseur de la zone superficielle du bas du panneau.

On remarque le dynamisme donné par ces longues stries parallèles qui émane du panneau. Les ponctuations qui les entourent semblent être en relation avec ces longues bandes.



Figure 38: Photographie du panneau n°2 à représentation linéaire (Photo: A. NGuyen)

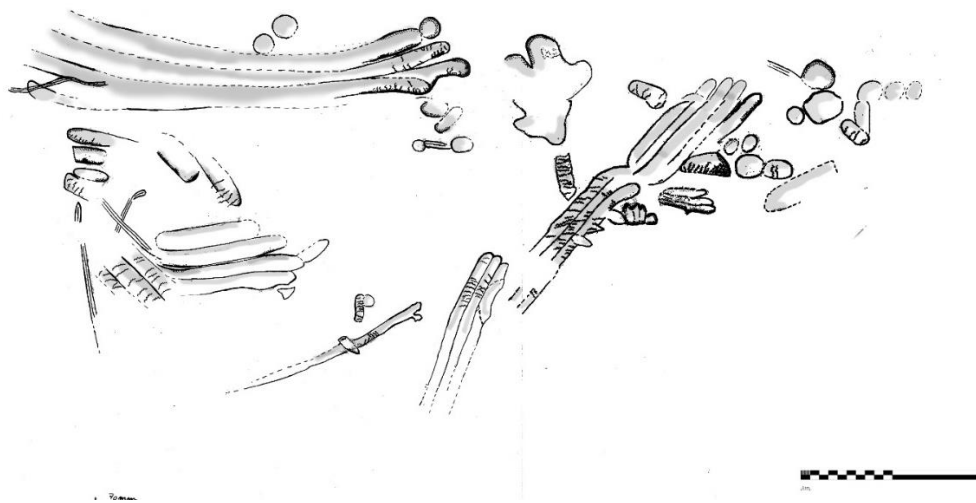


Figure 39: Relevé graphique du panneau n°2 à représentation linéaire (Relevé H. Lombard et J. Esquerre, infographie M. Calligaro)

Le panneau n° 3 (L. 50 x l. 60) (*Figure 40* et *Figure 41*) est sur une surface plane de la paroi. Il est organisé en une succession de traces linéaires et verticales pour la majorité d'entre eux. Les traces se recoupent abondamment, rendant parfois difficile la lecture des bords qui permettent de distinguer une trace par rapport à l'autre. Toutefois, on peut observer que les traces ont une section bien courbe allant de 5 mm à 28 mm. Par ailleurs, deux traces, situées en haut à gauche viennent traverser perpendiculairement le grand groupe vertical. On retrouve à nouveau la présence de ponctuations notamment au bas du panneau.

Comme dans le panneau n°1, on retrouve cet effet de zébrures serrées pour former une plage homogène. Il existe aussi une récurrence des bandes dynamiques déjà constatées sur le panneau n°2. Ces bandes vont d'ailleurs en direction du panneau n°4. Il existe peut-être une relation de mouvement entre ces différents panneaux qui suit le cheminement proposé dans la Salle du Pilier.



Figure 40: Photographie du panneau n°3 à représentation ondulée (Photo: A. NGuyen)

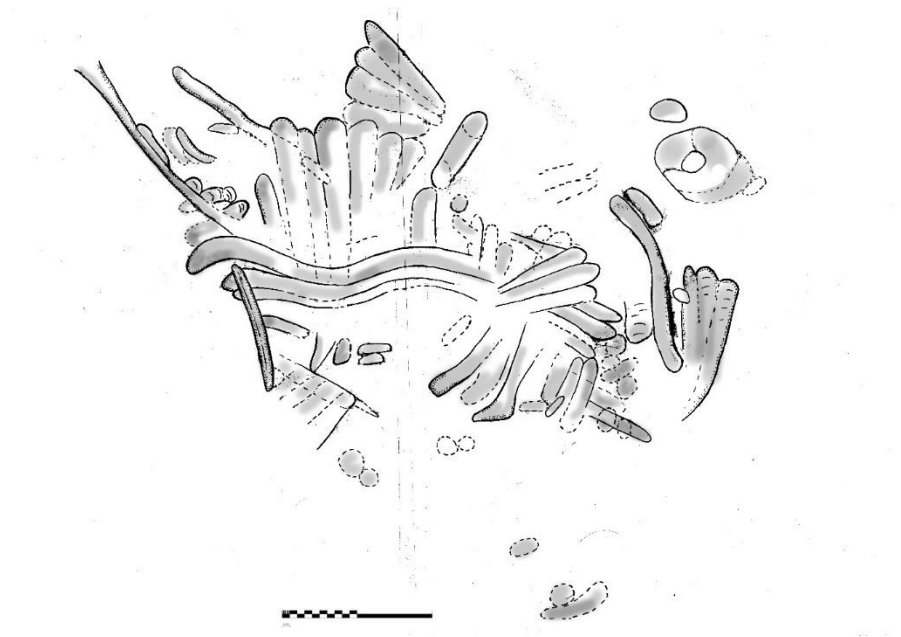


Figure 41: Relevé du panneau n°3 à représentation ondulée (Relevé G. Alain et O. Spaey, infographie M. Calligaro)

Le panneau n°4 (L. 33 x 54 cm) ([Figure 42](#), [Figure 43](#)) se positionne à droite d'un épaulement de la paroi dans une zone légèrement concave. Les traces profondes (1 à 4 mm) sont réalisées dans une matière épaisse. Il présente deux groupes de quatre traces parallèles jointes en haut du panneau. Ces deux groupes sont légèrement courbes, de même que la large trace qui vient clore le bas de la figure. Il s'en dégage une allure générale circulaire de l'ensemble. On note la présence de deux traces fines à section anguleuse qui traverse diagonalement le panneau. L'une

est très longue (30 cm) tandis que la seconde est plus courte (8 cm) et se situe au centre du panneau.

Le panneau présente une couche d'altération épaisse (*Figure 44, Figure 45*). Cette épaisseur permet une meilleure lisibilité des traces. Toutefois, c'est aussi ce qui met en danger la conservation de ce panneau. En effet, les traces ont été réalisées dans la zone superficielle du tuffeau pour atteindre le cœur, en traversant la zone intermédiaire. Or, il semble qu'à certains endroits, les phénomènes d'altération de la paroi aient continué d'agir, transformant le cœur en une zone intermédiaire et la zone intermédiaire en zone superficielle. Cela crée une sorte « d'avancée du panneau ». Ce changement taphonomique de la paroi repousse petit à petit les traces vers l'extérieur de la paroi, contribuant à leur désagrégation. Ce phénomène est aussi indiqué par la présence de fossiles qui dépassent de la surface de la paroi (*Figure 46*).

La succession des traces parallèles forme à nouveau une plage unifiée. Les stries en relief sont adoucies par un mouvement général plus circulaire. Comme nous l'avions remarqué précédemment, deux lignes dynamiques, et la nappe de points à droite du panneau les lie avec le précédent panneau.



Figure 42: Panneau n°4 à représentation circulaire (Photographie : A. NGuyen)

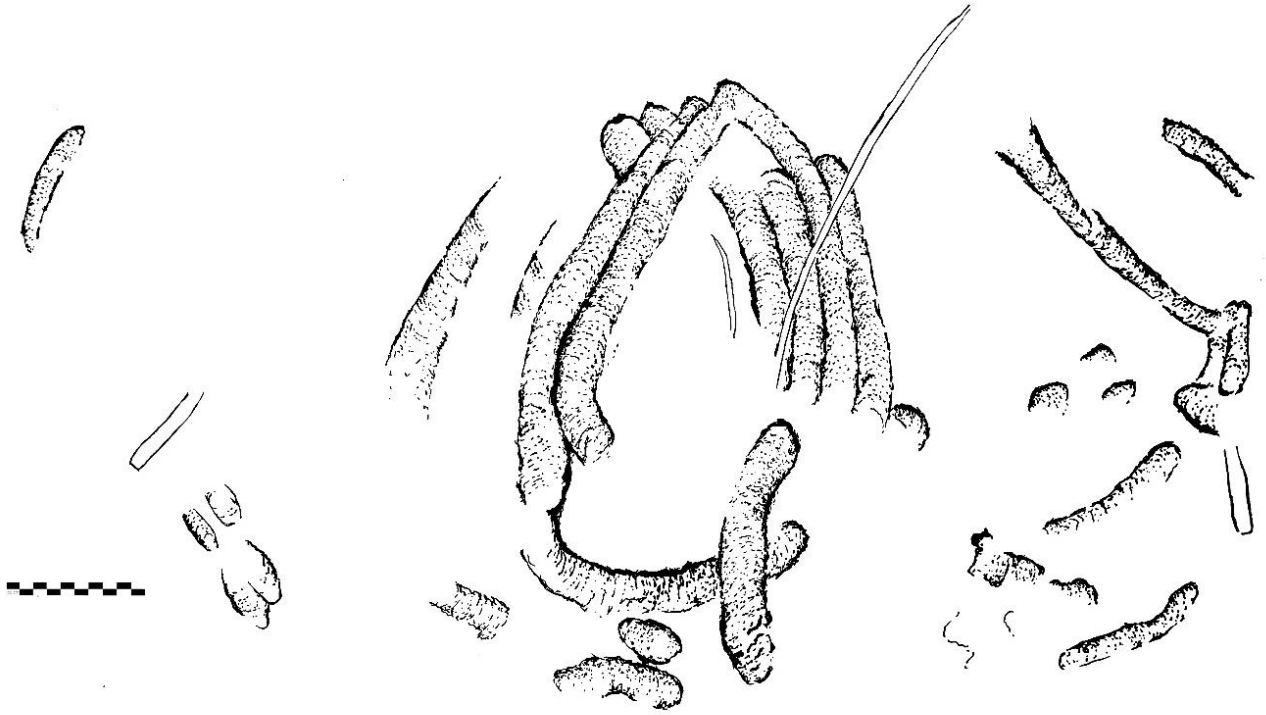


Figure 43: Relevé de traces du Panneau n°4 à représentation circulaire (relevé M. Calligaro)

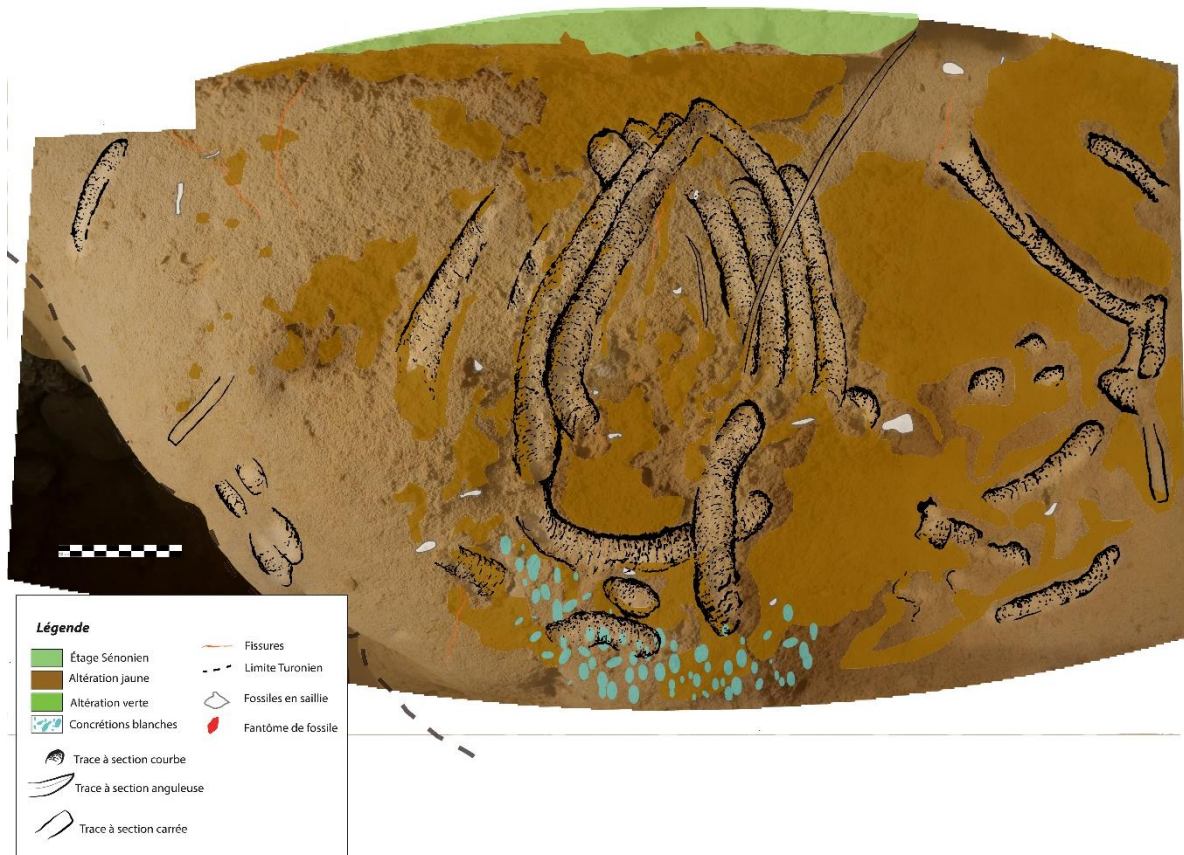


Figure 44: Infographie du panneau n° 4 (M. Calligaro)



Figure 45: Relevé de la taphonomie du panneau n°4 (M. Calligaro)



Figure 46: Fossiles sortant de la paroi suite à des chutes de matières de la zone superficielle (Photo: M. Calligaro)

Le panneau n° 5 (L. 48 x 27 cm) se situe sur une partie relativement convexe et en saillie de la paroi nord de la Salle du Pilier (*Figure 47, Figure 48*). Il est composé de traces verticales à section en U, et sont parallèles entre eux. Une certaine symétrie et un rythme émanent du panneau : les réserves de film d'altération entre les différents groupes de traces laissent apercevoir des formes triangulaires. Un caractère répétitif se dégage dans la quantité de traces par groupes (chaque groupe est constitué de 3 à 4 traces). Par ailleurs, le groupe en partie centrale du panneau se démarque des autres par des bords saillants procurant un effet de symétrie de l'ensemble. Trois traces se distinguent : elles ont une section en V et sont beaucoup plus fines que les autres. Tout à droite du panneau, on remarque aussi la présence d'une trace d'un type qui n'a pas été décrit jusque-là. Il s'agit d'un écrasement de matière qui forme une section plate, voire rectangulaire. Ces dernières traces peuvent avoir été réalisées par une autre technique ou un autre outil que sur l'ensemble du panneau.

Le panneau 5 (*Figure 49 et Figure 50*) est bien conservé : il présente les trois zones d'altération de la roche. Au bord des traces la couche superficielle est mousseuse et sombre, au fond des traces, le cœur du tuffeau est bien visible et plus clair. A l'interface entre ces deux couches, on peut observer la zone intermédiaire qui est parfois découverte lorsque la surface est tombée en petites plaques (*Figure 51*).



Figure 47: Photographie du panneau n°5 à représentation triangulaire (Photo: A. NGuyen)

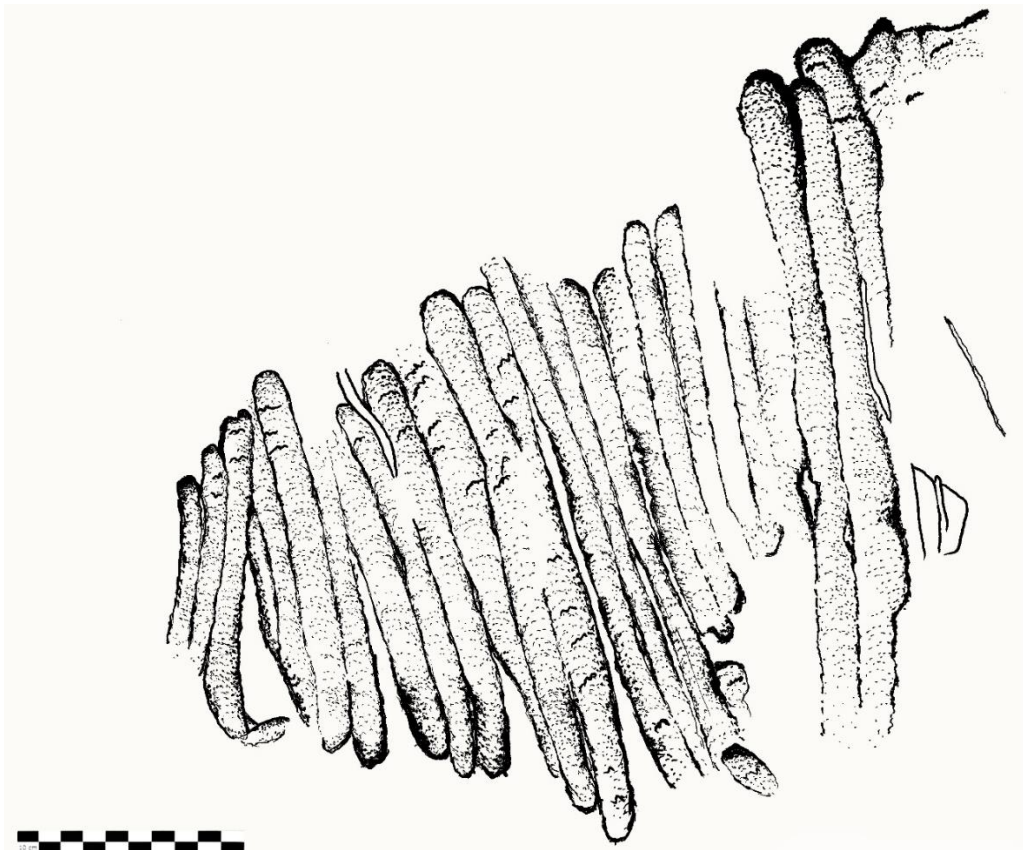


Figure 48: Relevé des traces du panneau n°5 à représentation triangulaire (relevé M. Calligaro)



Légende			
	Étage Sénonien	 Fissures	 Trace à section courbe
	Altération jaune	 Limite Turonien	 Trace à section anguleuse
	Altération verte	 Fossiles en saillie	 Trace à section carrée
	Concrétions blanches	 Fantôme de fossile	

Figure 49: Infographie de la taphonomie du panneau n°5 (M. Calligaro)














Légende		
	Étage Sénonien	 Fissures
	Altération jaune	 Limite Turonien
	Altération verte	 Trace à section courbe
	Concrétions blanches	 Trace à section anguleuse
	 Fossiles en saillie	 Trace à section carrée
	 Fantôme de fossile	

Figure 50: Infographie du panneau n°5 (M. Calligaro)



Figure 51: Détail du Panneau n°5: on observe les trois zones d'altération de la paroi.

Le panneau n°6 (L. 32,5 x 23 cm) (*Figure 52, Figure 53*) est positionné sur une surface plano-convexe au fond de la Salle du Pilier. Il est niché juste sous le plafond Sénonien et se compose de 27 traces. Elles quasiment toutes verticales et parallèles entre elles. La partie supérieure est érodée et ne permet pas d'observer dans la majorité des cas du début de la trace. Leur juxtaposition et leur densité donne une impression forte de régularité. Il s'en dégage une organisation nettement rectangulaire. Les traces tout à gauche ont une section anguleuse qui donne au panneau un aspect incisif général. Toutefois, après une observation fine, la majorité des traces ont en réalité une section courbe. On peut toutefois noter que de fines traces à section en V sont là aussi présentes au bas du panneau.

Ce panneau (*Figure 54 et Figure 55*) n'a quasiment aucune couche d'altération en son centre. Toutes les zones de surfaces encadrent les traces. Les traces sont donc constituées uniquement du cœur du tuffeau et les bords de traces sont donc quasiment invisibles car complètement érodés. On observe le même phénomène de sortie des fossiles, certains sont parfois déchaussés et ou tombés (*Figure 56*).

À la manière des panneaux précédents, les bandes serrées de hachures réalisées sur la zone superficielle de la paroi ont formé une surface bien délimitée. Cette zone superficielle est pourtant quasiment absente ici. On peut imaginer que sa position dans l'espace ait favorisé son érosion, ne laissant que le cœur de la roche.



Figure 52: Photographie du panneau n°6 à représentation rectangulaire (Photo: A. NGuyen)

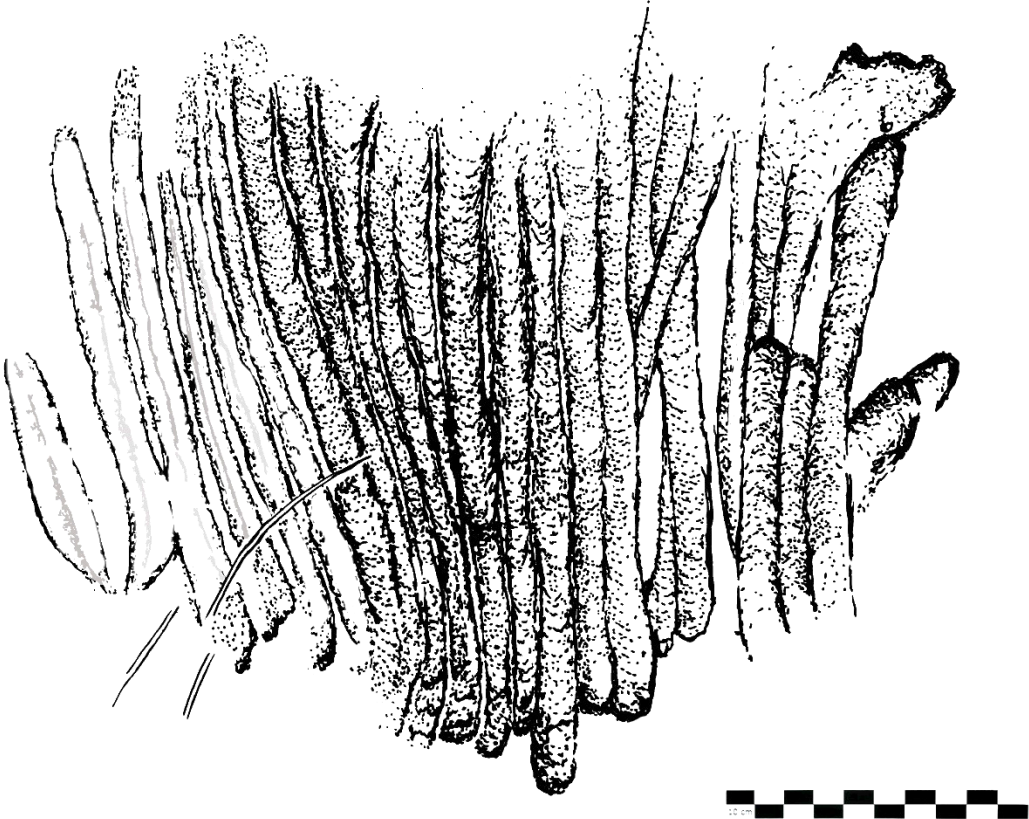


Figure 53: Relevé des traces du panneau n°6 à représentation rectangulaire (Relevé M. Calligaro)

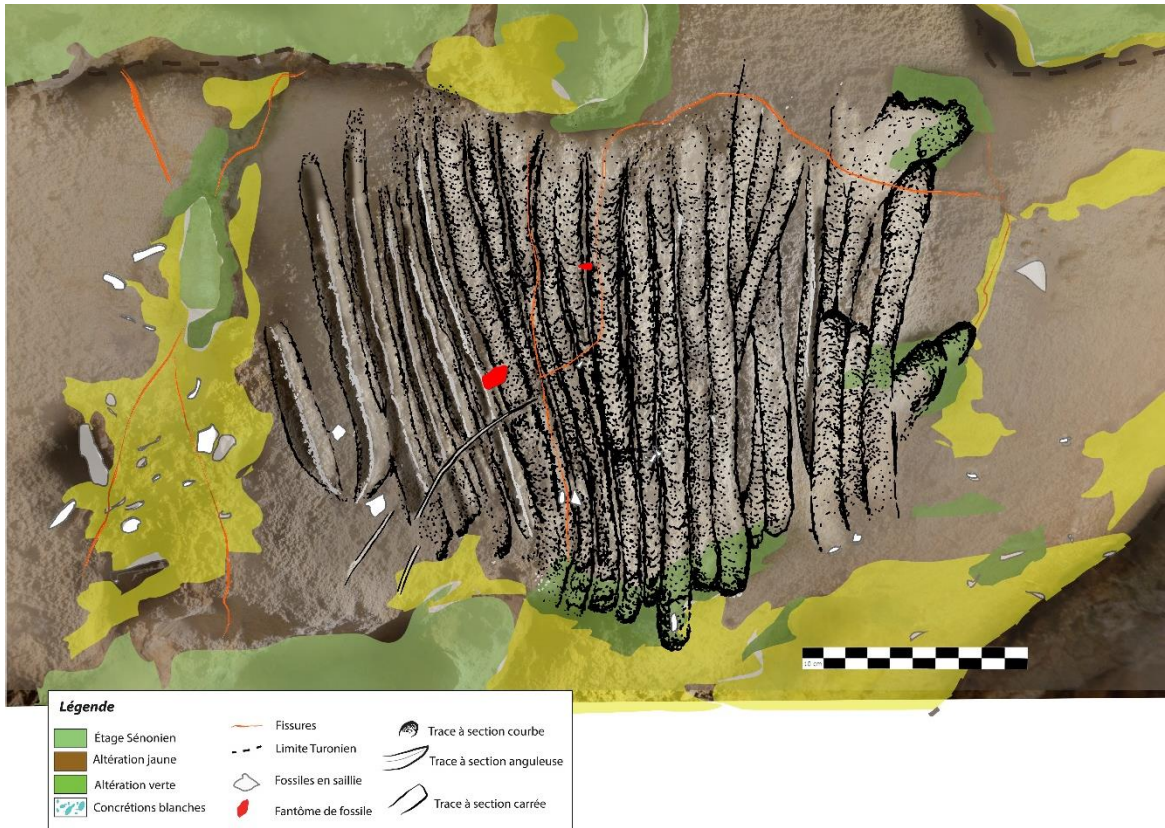


Figure 54: Infographie du panneau n°6 (M. Calligaro)

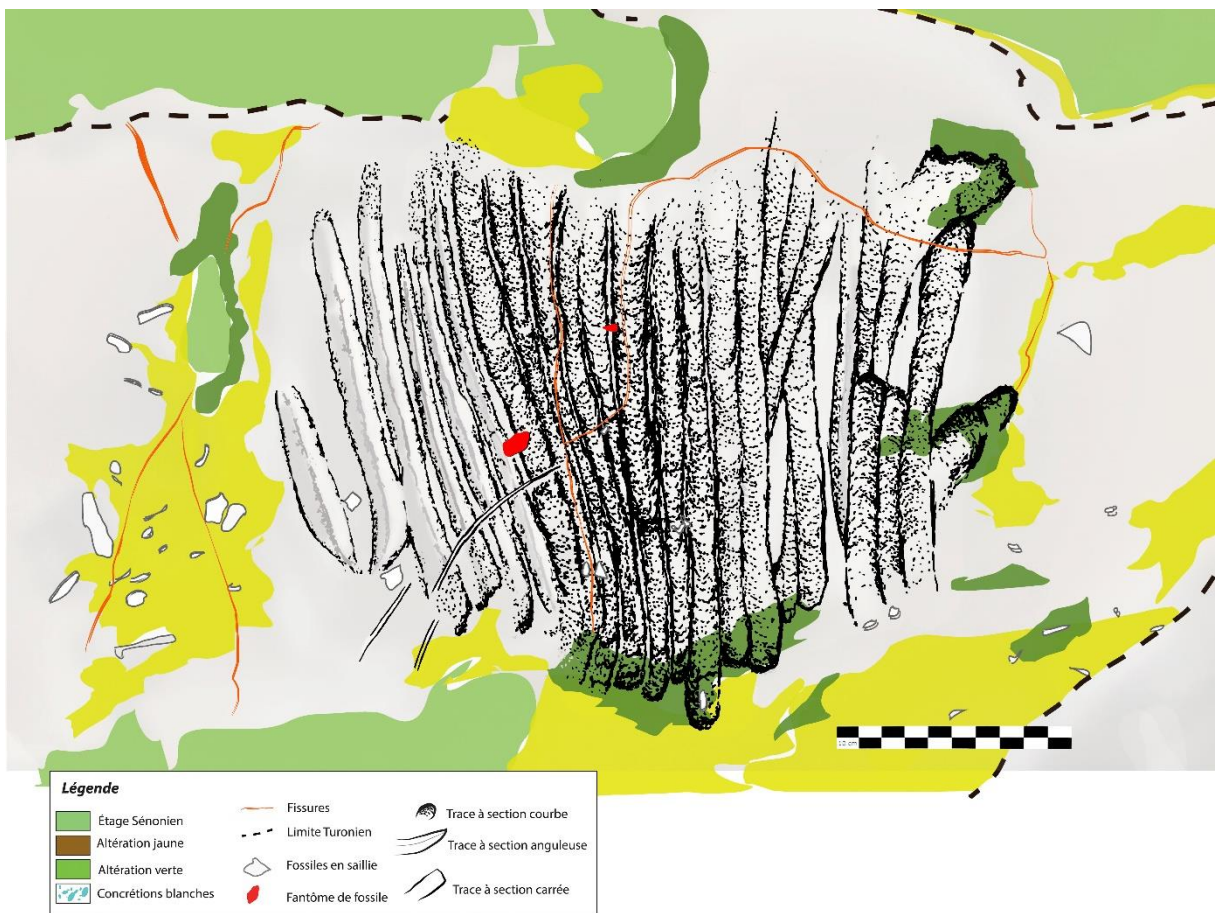


Figure 55: Infographie du relevé taphonomique du panneau n°6 (M. Calligaro)

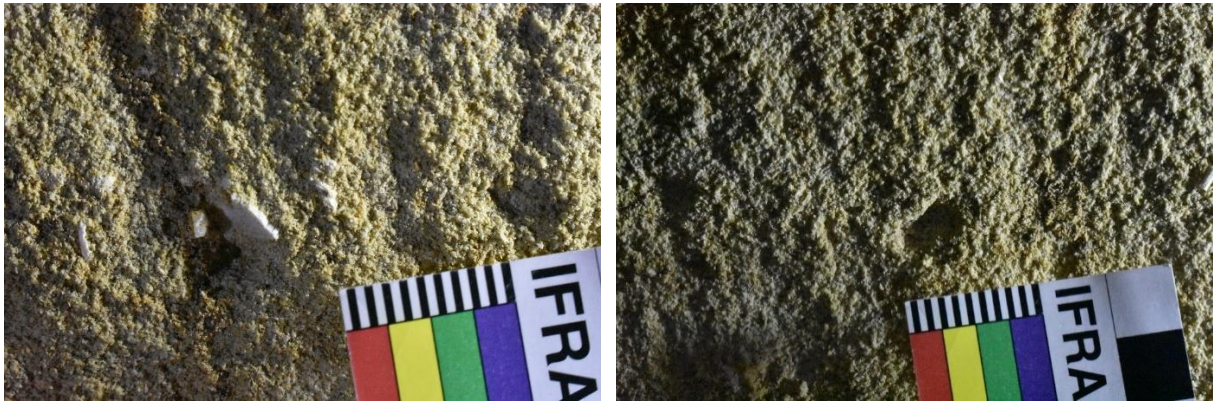


Figure 56: À gauche : La disparition des zones superficielles et intermédiaire font « sortir » les fossiles du tuffeau. À droite : Déchaussement de fossiles (Panneau n° 6, Photo : M. Calligaro)

L'ensemble de traces qui vient clore le cheminement est le panneau n°7 (L. 76 x l. 102,5 cm) (Figure 57 et Figure 58). Il est situé en partie basse de la paroi mais toujours dans le registre IV. Il témoigne d'une organisation très différente de ceux préalablement cités. Il comprend un total de 156 traces. Ce sont des traces que nous avons déjà repérées dans des panneaux précédents. Il s'agit pour chacune de ponctuations réalisées dans la matière. Cette nappe de points est très concentrée vers le haut du panneau et se diffuse en direction du sol.



Figure 57: Photographie du panneau n°7 à ponctuations (Photo: A. NGuyen)



Figure 58: Relevé des traces du panneau n°7 à ponctuations (Relevé G. Alain, O. Spaey, infographie M. Calligaro)

Si on considère l'ensemble de ces sept panneaux, il est évident que la majorité des traces ont une section courbe et forment des lignes parallèles en différents groupes. La présence de traces très courtes et circulaire crée des nappes de ponctuations dispersées dans les panneaux. Ces plages de points sont aussi représentées par un panneau à lui tout seul qui vient fermer la circulation au fond de la salle. L'organisation graphique qui se dégage de chacun des panneaux est indiscutable. Les ensembles forment de manière générale des successions parallèles de traces verticales et linéaires en zébrures denses. La courbure et la circularité sont elles aussi représentées par les ponctuations, les quelques vagues au sein panneau (comme pour le panneau n°3), et la silhouette générale du panneau n°4.

Il existe un premier lien technique dans la réalisation des panneaux : le geste répété pour former des bandes dans le creux de la matière altérée est présent sur 6 de nos panneaux (n°1, 2, 3, 4, 5 et 6). Le second geste technique est celui de la formation de la ponctuation qui se disperse comme un fil conducteur jusqu'au dernier panneau.

Autre fil conducteur, la présence de bandes dynamiques et plus horizontales, elles ont peut-être une fonction de lien entre les différentes étapes de cheminement.

De manière formelle, on note cependant des choix différents dans l'organisation propre à chaque panneau. Leur silhouette générale présente une allure géométrique à chaque fois différente, elle peut être losangique, triangulaire, circulaire ou rectangulaire. Cela soulève la question de la connaissance des formes géométriques classiques et de leur utilisation.

5.3 *Observation par microscopie*

Différents phénomènes d'altération sont à l'œuvre sur les parois. En effet, il apparaît que les traces aient été réalisées dans la zone superficielle altérée du tuffeau. À certains endroits, cette couche est bien préservée. Or, dans d'autres panneaux, leur position dans la grotte va plus ou moins changer leur environnement climatique, hydrique voire chimique. Cela va affecter la paroi à petite échelle au cours du temps. Les traces présentent alors des altérations différentes, même parfois au sein d'une seule d'entre elles. Dans la plupart des cas, on note un phénomène d'avancée ou de recul de la paroi, visible soit en micro stratigraphie dans les bords de traces, soit par la saillie de fossiles présents au sein de la paroi.

Le fait que la zone superficielle de la paroi, et donc des traces, tombe, s'explique par l'érosion et la friabilité de la paroi. Cette friabilité est provoquée par un dessertissage des minéraux constitutifs du tuffeau. Nous avons pu observer ce phénomène sur les échantillons C3 et C5 du panneau n° 4 par microscopie (*Figure 59* et *Figure 60*).



Figure 59: Photographie microscopique (Hirox) de l'échantillon C3 (M. Lebon)



Figure 60: Photographie microscopique (Hirox) de l'échantillon C5 (M. Lebon)

5.4 Surface altérée et patine

Les résultats des mesures colorimétriques témoignent d'une variation notable entre les bords de traces et les fonds de traces patinés. Les bords de traces (Figure 61) ont une tendance à se concentrer en direction du rouge (valeurs positives de a^*) et à se décaler vers le jaune-vert (valeurs négatives de a^* - valeurs positives de b^*). Les fonds patinés ont une chromaticité ayant plus tendance à aller vers le jaune et le vert (Figure 62).

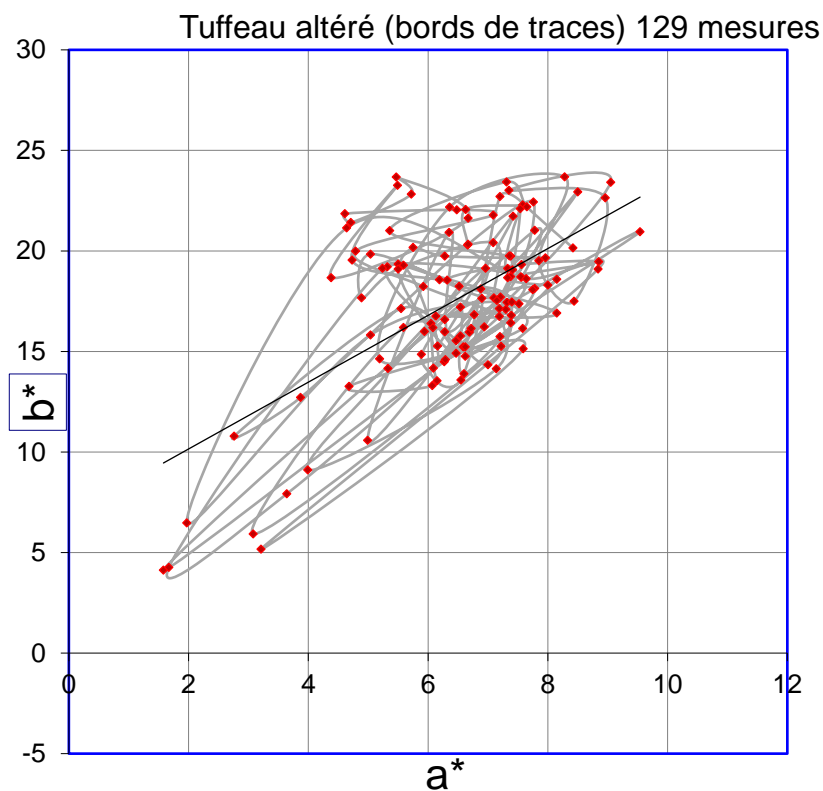


Figure 61 : Espace CIE L*a*b* des bords de traces .Toutes les mesures sont positives, nous avons donc retiré les axes négatifs (Graphique obtenu grâce à Color ID 2019)

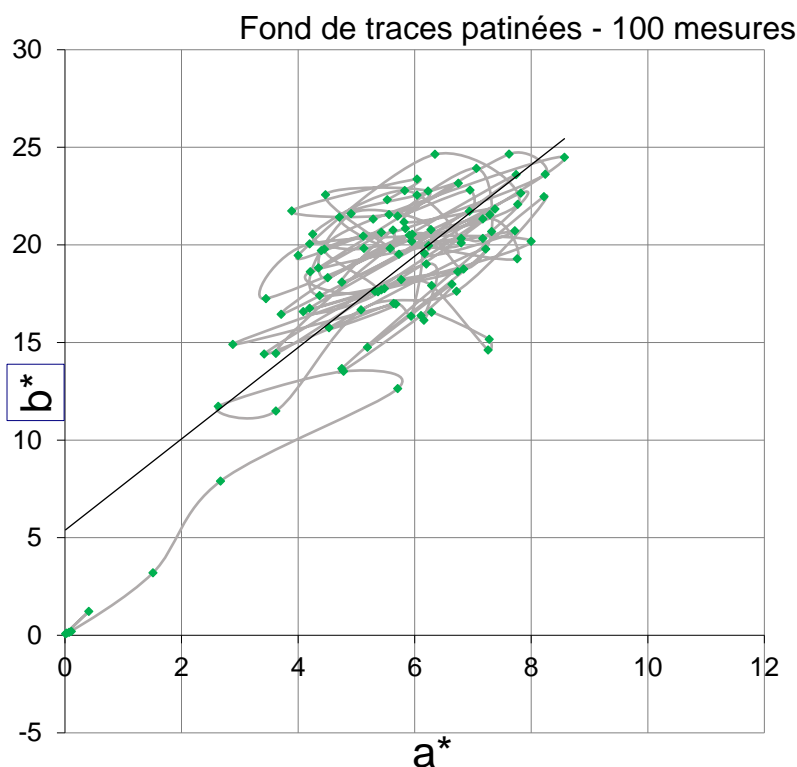


Figure 62: Espace CIEL*a*b* des fonds de traces patinées. Toutes les mesures sont positives, nous avons donc retiré les axes négatifs (Graphique obtenu grâce à Color ID 2019)

En revanche, la distinction entre les fonds patinés et les fonds de traces modernes (Figure 63) est difficile à établir, la courbe de tendance restant quasiment la même pour les deux ensembles de mesures. Nous avons donc comparé les données clartés des deux groupes de fonds de traces.

La clarté (Tableau 2) définie par L^* montre qu'il y a une progression vers le blanc (100) pour les traces modernes et une régression vers le noir (0) de manière générale. Les traces patinées se trouvent au milieu de la tendance. On peut donc considérer que les traces modernes sont plus claires, et que les traces patinées sont plus sombres. Cela peut être un indicateur d'altération et donc d'ancienneté.

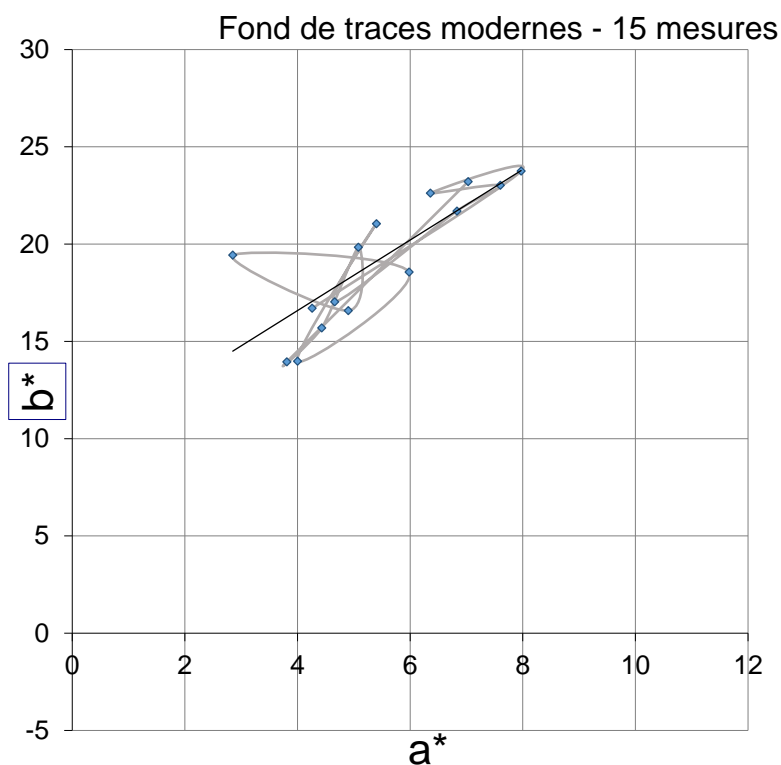


Figure 63: Espace CIE L*a*b* des fonds de traces modernes. Toutes les mesures sont positives, nous avons donc retiré les axes négatifs (Graphique obtenu grâce à Color ID 2019)

Statistique	L*(Bords)	L*(Traces patinées)	L*(Traces modernes)
Nb. d'observations	129	100	15
Minimum	28,180	21,890	42,000
Maximum	69,520	71,220	67,650
1er Quartile	50,630	49,790	53,415
Médiane	55,120	55,235	57,900
3ème Quartile	58,960	58,420	61,075
Moyenne	54,082	53,111	57,225
Variance (n-1)	58,219	86,471	41,271
Ecart-type (n-1)	7,630	9,299	6,424

Tableau 2: Statistique descriptive des différentes mesures en clarté L* (M. Calligaro via Xlstat)

Les deux échantillons de surface altérée C3 et C5 que nous avons analysés en DRX (Figure 64 et Figure 65) confirment la présence des minéraux majeurs majoritaire dans le tuffeau, la calcite et le quartz. La proportion en calcite est légèrement plus haute que celle mentionnée dans la partie 3.2 qui est de l'ordre de $49,6\% \pm 1,8\%$ (Beck *et al.*, 2003). Toutefois il faut rester prudent car s'agit d'une analyse semi-quantitative. En revanche, on note la présence d'argiles ici identifiées comme de la montmorillonite. La présence de ces argiles peut être la source d'altération de la paroi qui permet une malléabilité et donc une réalisation de traces de doigts.

Par ailleurs, la diffraction a permis la détection de la présence bien que minime de gypse. La croissance du gypse dans les zones d'altération du tuffeau peut témoigner d'un apport corrosif en dioxyde de soufre.

(Coupled TwoTheta/Theta)

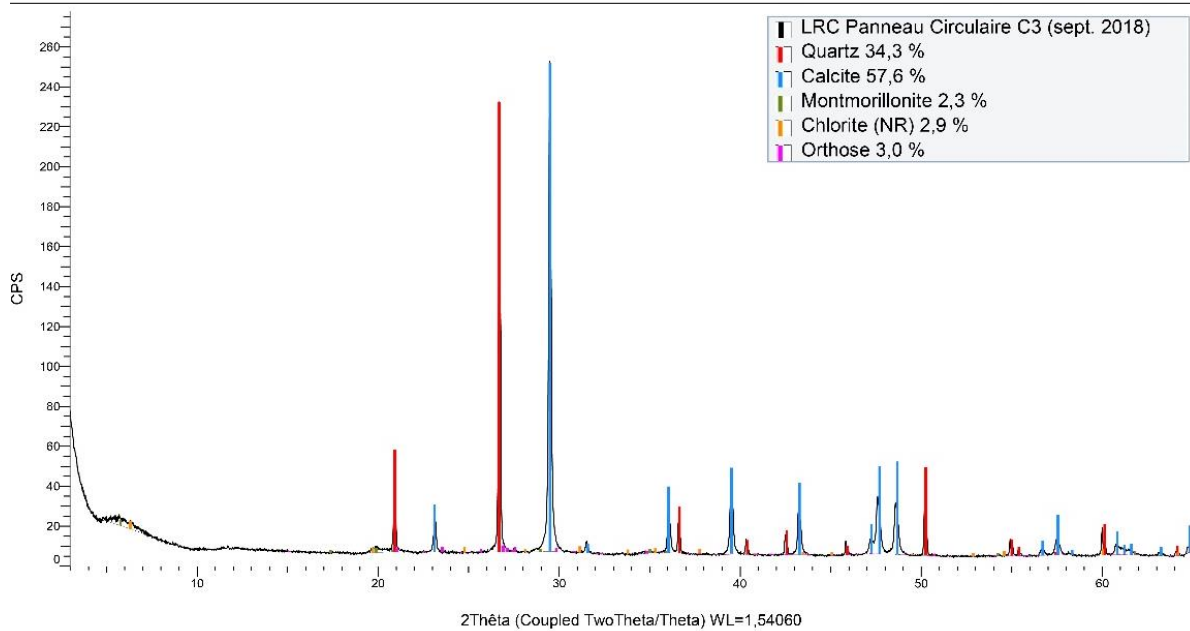


Figure 64: Spectre de diffraction aux rayons X de l'échantillon C3

(Coupled TwoTheta/Theta)

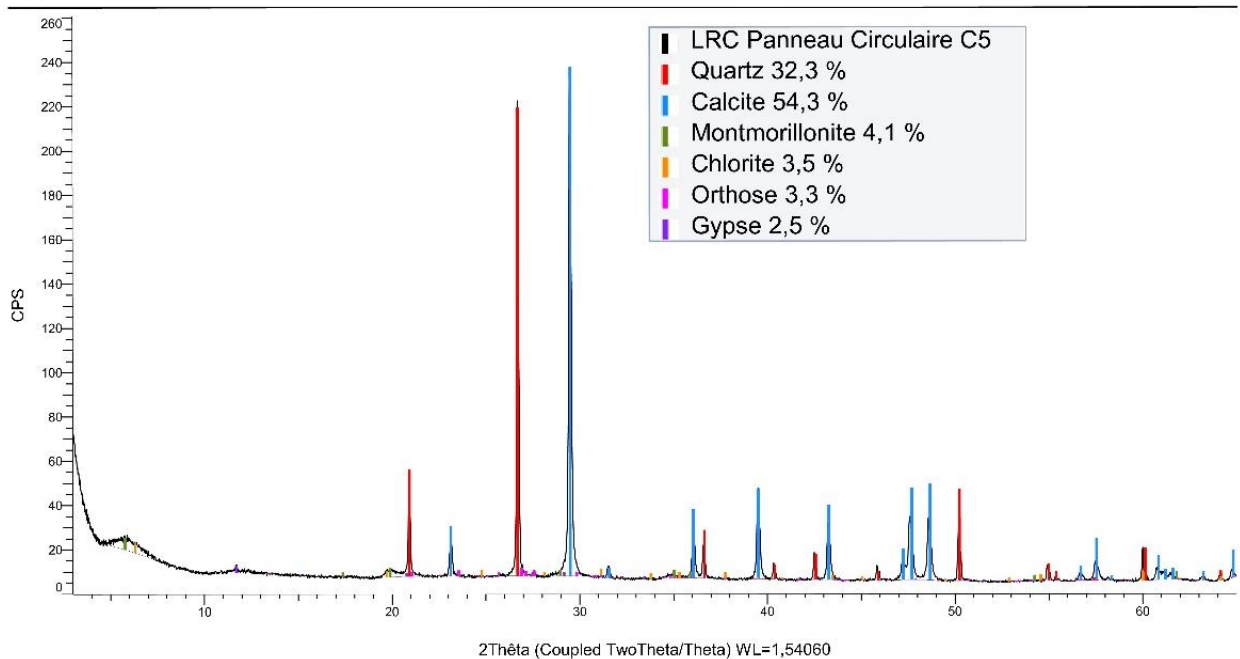


Figure 65 : Spectre de diffraction aux rayons X de l'échantillon C5

Les différences d'infiltration d'eau dans la paroi (au sein de la roche, présente dans l'atmosphère et condensée sur les paroi, etc.) provoquent un dessertissage des grain et rendent la paroi tendre et friabilité La différence de couleur est possiblement provoquée par cette modification de structure, mais aussi par la présence d'argiles et de gypse. Cela pourrait témoigner de l'ancienneté relative des traces et donc de la présence effective d'une patine.

5.5 Comparaison des tracés expérimentaux et des traces archéologiques

Dans notre étude nous avons souhaité comparer les données issues des panneaux de traces de la grotte François d'Achon avec celles issues de l'expérimentation. Les opérations ont été réalisées à l'aide du logiciel Xlstat utilisant l'interface Excel. Nous avons choisi de comparer les mesures des traces à section U des panneaux archéologiques et des tracés expérimentaux faits au doigt ayant une section U et U incertain de l'Observateur n°2. Puis de comparer les mesures des traces à section U archéologiques avec les tracés expérimentaux faits à l'os ayant une section U et U incertain. Notre hypothèse est celle que les traces à section en U soient bien des traces réalisées au doigt. Nous souhaitons donc savoir s'il existe une proximité entre les médianes des traces archéologiques, des tracés expérimentaux faits à l'os et des tracés expérimentaux faits au doigt.

Il a été nécessaire de réaliser dans un premier temps un test de normalité sur trois deux échantillons de mesures. L'échantillon 1 correspond aux largeurs des traces à section U des panneaux de la grotte. L'échantillon 2 correspond aux largeurs des traces expérimentales faites au doigt, analysées par l'Observateur 2. L'échantillon 3 correspond aux largeurs des traces faites à l'os, analysées par l'Observateur 2.

Test de normalité

Interprétation du test :

H0 : La variable dont provient l'échantillon suit une loi Normale.

Ha : La variable dont provient l'échantillon ne suit pas une loi Normale.

Test de normalité de l'échantillon 1 :

Variabl e	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart- type
Éch. 1	381	0	381	1,000	45,000	16,152	6,739

Test de Shapiro-Wilk (Échantillon 1) :	
W	0,964
p-value (bilatérale)	< 0,0001
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_a .

L'échantillon 1 ne suit pas une loi Normale.

Test de normalité de l'échantillon 2 :

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Éch. 2	40	0	40	8,000	22,000	15,425	3,478

Test de Shapiro-Wilk (Échantillon 2) :	
W	0,955
p-value (bilatérale)	0,116
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 .

L'échantillon 2 suit une loi Normale.

Test de Normalité de l'Échantillon 3 :

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Ech 3	35	0	35	3,000	18,000	9,729	3,551

Test de Shapiro-Wilk (Échantillon 3) :	
W	0,980
p-value (bilatérale)	0,746
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 .

L'échantillon 3 suit une loi Normale.

Suivant ces résultats, les échantillons ne suivent pas tous une loi Normale, nous avons donc procédé à un test non-paramétrique pour comparer ces échantillons. Le test de Mann-Whitney a été appliqué à nos données. Ce test permet d'examiner la proximité des médianes des échantillons.

Test de Mann-Whitney / Test bilatéral :

Interprétation du test :

H0 : La différence de position des échantillons est égale à 0. Il existe une corrélation entre les deux échantillons.

Ha : La différence de position des échantillons est différente de 0. Il n'existe pas de corrélation entre les deux échantillons.

Corrélation des échantillons 1 et 2 :

U	7563
U (normalisé)	-0,077
Espérance	7620,000
Variance (U)	533996,086
p-value (bilatérale)	0,938
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H0.

Corrélation des échantillons 1 et 3 :

U	2604
U (normalisé)	-5,978
Espérance	6667,500
Variance (U)	461915,007
p-value (bilatérale)	< 0,0001
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.

Il existe donc une relation entre les mesures des sections en U issues des données archéologiques et celles issues de l'expérimentation au doigt. En revanche il n'existe pas de relation statistique avec les traces de section U réalisées à l'os. Ces résultats tendent donc à montrer que les traces à section en U observées dans la grotte ont bien été réalisées au doigt.

Il est important néanmoins de garder une certaine distance, car les mesures récupérées n'ont pas été toutes traitées ni comparées. Il s'agit d'un travail encore exploratoire et sur le long terme qui vise à être renouvelé très prochainement. Néanmoins, il apporte de premières indications importantes et inédites, qui associées aux données sur la largeur des traces produites dans le cas de notre expérimentation (comparables à celles du site archéologique), confirmeraient que les traces observées sur les parois de la grotte François d'Achon ont bien été faites au doigt.

5.6 Approche anthropologique

Lors des expérimentations archéologiques, les observateurs et les expérimentateurs ont eu des relations légèrement différentes avec la paroi et les différents outils ou stigmates. Toutefois, nous avons pu noter des réactions récurrentes.

Lors du premier contact avec la paroi, chacun des protagonistes tente seul d'appréhender la matière. Des problèmes de vocabulaire se posent pour décrire leurs observations puis partagent leurs observations afin de se mettre d'accord sur l'emploi d'un vocabulaire. Par exemple, malgré notre proposition de définir la section par U/U incertain V/V incertain ou Autre dans les fiches observateurs, ceux-ci ont établi le propre langage « bi-angulaire », « dessin carré », « presque U » (captation vidéo). L'élaboration du vocabulaire sert surtout à se mettre d'accord sur les stigmates observés. Il permet de dire « je vois ce que tu vois ».

Un autre exemple est celui des expérimentateurs. Après leur phase d'apprentissage qui compte une cinquantaine de traces, les expérimentateurs ont de manière inattendue fait moins de remarques sur leurs observations visuelles. En revanche, un nouveau vocabulaire est élaboré autour des sensations tactiles : « sensation plus agréable au toucher, matière plus fragile, on maîtrise moins » (Fiche expérimentateur lot n°13), « la réponse de la matière est plus souple ». Le terme *agréable* s'opposant à celui de *gêne* s'est rapidement imposé. Il a été utilisé 6 fois dans les fiches.

Le vocabulaire tactile prend à certains moments le pas sur la description des autres données et on le retrouve aussi dans les descriptions des observateurs. L'usage du vocabulaire évoque d'autres intuitions tactiles « plus d'appui », « écrasement ».

6 Discussion

Si la présence de traces faites au doigt n'est pas inédite en contexte préhistorique, à Rouffignac, Montespan, Chauvet notamment, et le plus souvent en contexte argileux (Jaubert, 2010 ; Van Gelder, dans Clottes, 2012), celles de la grotte François d'Achon sont véritablement originales tant par leur structures, leur organisation que par leur support.

Les résultats de l'analyse spatiale montrent qu'il existe une régularité dans la disposition des traces. Il semble même qu'un cheminement se dégage au sein même de la structure de la grotte. L'aménagement de l'espace, en contexte moustérien, a déjà été observé comme à Bruniquel (Jaubert *et al.*, 2016), ou même à La Roche-Cotard III (Marquet, 1990). Ici l'espace semble rythmé par un dispositif pariétal utilisant les volumes et la matière de la grotte.

Ce dispositif est organisé en panneaux. La régularité des panneaux se voit dans l'espace de la grotte, suivant l'architecture et la morphologie naturelle de la grotte, scandant l'espace dans un cheminement bien délimité. L'espace d'une grotte peut être décrite comme une matrice influant sur la disposition des expressions graphiques (Sacco dans Robert et Sacco, 2016) et peuvent solliciter leur organisation. L'ordonnancement géométrique des panneaux de traces utilise deux types de graphies : la ligne, la courbe. La ligne est représentée par les traces verticales mais aussi les compositions angulaires (panneau n°6) ou en bandes juxtaposées (panneau n°5). La courbe peut être représentée par les ponctuations (panneau n°7) ou par l'aspect d'une composition en lignes légèrement obliques comme dans le panneau n°4. Les formes géométriques sont souvent les tout premiers indices de conception graphique, la ligne est retrouvée par exemple dans la grotte de Gorham (Rodríguez-Vidal et al. 2014) dans un contexte moustérien. Seules les quelques traces isolées questionne l'intentionnalité de leur présence.

La comparaison des tracés expérimentaux avec les traces archéologiques semblent suivre l'hypothèse de tracés réalisés au doigt et non avec un autre outil. Toutefois, malgré l'emploi d'un protocole rigoureux, de nombreux facteurs peuvent questionner ces premiers résultats. La problématique des variables qualitatives s'est posé et nécessite un réajustement. Les données peuvent aussi être traitées de manière plus approfondie étant donné que nous avons réalisé une

photogrammètrie de la paroi expérimentale. Ces enregistrements ont généré un volume de données très conséquent, qui nécessite un temps de traitement long. Une nouvelle mission mériterait d'être organisée dans un futur proche.

Néanmoins, avec ces résultats il est d'ores et déjà possible de valider l'hypothèse de tracés intentionnels par leur organisation au sein de la grotte et leur structuration par panneaux, et que ces tracés sont réalisés au doigt, par comparaison morphologique.

L'altération de ces tracés faits dans du tuffeau déjà altéré aussi est une donnée inédite. À ce jour, aucune autre étude n'a été réalisée sur de telles observations dans ce contexte particulier. Bien que les résultats obtenus soit intéressants, ils posent la limite de la comparaison.

Les observations de l'altération du tuffeau sont généralement réalisées en contexte historique (Beck et al. 2003). Toutefois les résultats de la composition de la surface altérée des panneaux donnent des clés sur certains phénomènes. La présence d'argiles, le dessertissage des grains de quartz témoigne d'une circulation de l'eau différentielle au sein de cette matière. Il serait intéressant de comparer le tuffeau sain de la grotte et ces résultats. Il s'agissait de notre intention initiale, mais des raisons logistiques ont contredit nos projets. La possibilité de l'ancienneté des tracés a été aussi mise en question avec les résultats de la colorimétrie. Toutefois, pour valider l'hypothèse de la présence d'une patine, il faudrait effectuer une comparaison du matériau d'un point de vue qualitatif.

L'utilisation des doigts sur une surface altérée est une question intéressante. Les expérimentations ont témoigné de stigmates de traces, mais également d'une relation plus personnelle à la paroi, une relation qui passe du visuel au tactile. Lorsqu'André Leroi-Gourhan évoque la naissance du graphisme, «la vision tient la place prédominante dans les couples face-lecture et main-graphie» (Leroi-Gourhan, 1964). Il utilise le terme graphisme, comme une technique de représentation et évoque l'importance de la vision. Si nous nous penchons sur le couple « main-graphie » alors d'autres perspectives s'ouvrent. En effet, nous avons tendance à considérer le symbolique comme ce que l'on voit, David Le Breton (Le Breton, 2007) que la vue prend l'ascendant sur les autres sens dans nos sociétés : « elle est la première référence. Mais d'autres sociétés, plutôt que de « vision » du monde, parleraient de « gustation », de « tactilité », d'« audition » ou d' « olfaction » du monde pour rendre compte de leur manière de penser ou de sentir leur relation aux autres et à l'environnement. » (Le Breton, 2007 ; de Beaune 2018). L'image est donc porteuse du symbole. Or dans le couple « main-graphie » d'André

Leroi-Gourhan, il s'agit là du geste. Nous savons l'importance du geste dans les manifestations symboliques humaines. Cette approche anthropologique mériterait d'être développée et approfondie, d'autant plus que l'on connaît l'importance du lien entre image et support dans les grottes ornées. Elle ouvre probablement de nouvelles pistes d'investigation.

7 Conclusion

Les tracés pariétaux de la grotte François d'Achon apportent un matériau nouveau, mais certainement majeur, aux débats scientifiques actuels autour de l'expression symbolique de Néandertal, tout particulièrement en contexte souterrain.

Nous avons tenté de comprendre si les manifestations symboliques pouvaient donner des indices dans la structuration de l'espace, dans l'organisation géométrique des tracés. Si on suit un schéma visuel, ils paraissent en effet exister dans un dispositif pensé et élaboré au préalable. Or, nous avons vu aussi la possibilité d'une dominante tactile plutôt que visuelle, susceptible d'ouvrir un autre champ de perception. À ce stade, nous n'avons inclus dans le dispositif pariétal que les tracés réalisés aux doigts, or nous l'avons vu, des taches colorées ont également été découvertes sur les parois. Il serait pertinent de mettre en parallèle notre étude et une analyse de ces taches.

La friabilité de la paroi, relative aux phénomènes d'altérations, a pu être détectée par la présence de minéraux comme la calcite, la montmorillonite ou le gypse. Des phénomènes chimiques semblent influencer la mécanique structurelle de la roche. C'est cette mécanique qui peut pourtant avoir intéressé les « traceurs ». La malléabilité de la surface altérée rend facile la marque au doigt ou avec un autre outil comme ceux utilisés lors de l'expérimentation.

La fragilité des tracés doit être prise en considération à la fois pour la conservation et l'étude de cette cavité. Il est impossible du fait de la fragilité des panneaux, de réaliser d'autres approches que par des méthodes non-invasives. Une plus grande précision sera observée sans doute avec l'utilisation de modèles numériques, qui pourrait d'ailleurs être mise en comparaison avec la photogrammétrie de la paroi expérimentale que nous avons réalisée.

L'analyse de l'altération des traces a enfin donné des pistes sur la présence d'une patine et sur l'ancienneté des tracés.

Autant d'informations issues de l'étude du matériau de la paroi exploité pour les tracés, qui témoignent de la richesse des approches taphonomiques, et de leur caractère déterminant aussi bien pour comprendre leur conservation, que les choix techniques et gestuels de leurs auteurs.

Inédit dans ce contexte elle met en lumière un aspect essentiel des approches pariétales en contexte orné : une voie d'analyse entre archéologie, géologie et étude des matériaux, au potentiel considérable, à la frontière entre recherche et conservation.

La grotte François d'Achon porte donc des tracés faits aux doigts parfaitement inédits en contexte moustérien. Leur organisation au sein de la grotte tend à montrer qu'il existe bien un fil conducteur dans ce dispositif, et ce fil est peut-être le sens qui lui est attaché. Si l'art préhistorique a pour intention de signifier, de transmettre, de donner un sens, alors on est en droit de se demander si la grotte François d'Achon porte bien des traces de cet art préhistorique.

8 Bibliographie

[Sans auteur] (1847). Chemin de fer de Tours à Nantes, Assemblée générale des actionnaires du 17 décembre 1847, Rapport. *Journal des chemins de fer* n°6, 934-936.

Allios, D., Cornet, L., Guerneur, N., Cocoual, A., Sciuto, C., (2016). Archéologie expérimentale : le mythe d'Orphée, *L'expérimentation, un matériau pour l'histoire?*, mai 2016 (consulté le 12 mars 2019) [<https://exphist.hypotheses.org/372>]

Aubert, M., Brumm, A., Huntley, J. (2018), Early dates for 'Neanderthal cave art' may be wrong, *Journal of Human Evolution*, <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2018.08.004> [consulté juin 2019]

Aubry, T. (1992). Etude des matières premières siliceuses et de leur utilisation sur les gisements de la Roche-Cotard II et III (Langeais, I-et-L). *Bull. A.M.G.P.*, n° 43, p. 19-29.

Aubry, T., Walter, B., et Peyrouse, J. B. (2014). Paléolithique moyen et supérieur de la vallée de la Claise: bilan de vingt ans d'études et nouvelles perspectives. *Bulletin des Amis du Musée de Préhistoire du Grand-Pressigny*, 65, 9-29.

Aucouturier, M. (2007), « Patinage et patines », *Techniques de l'ingénieur COR*, vol. COR3 (Trimestriel), 16 p.

Audra, P., Hoblea, F., Bigot, J. Y., & Nobecort, J. C. (2007). The Role of Condensation Corrosion in Thermal Speleogenesis. Study of a Hypogenic Sulfidic cCve in Aix-les-Bains, France. *Acta carsologica*, 36(2).

Audra, P., Barriquand, L., Bigot, J. Y., Cailhol, D., Caillaud, H., Vanara, N., Nobecourt, J.-C., Madonia, G., Vattano, M, Renda, M. (2016). L'impact méconnu des chauves-souris et du guano dans l'évolution morphologique tardive des cavernes. *Karstologia*.

Aujoulat, N. (1987). Le relevé des œuvres pariétales paléolithiques. Enregistrement et traitement des données, *DAF* 9, 122 p.

Beauval, C., Maureille, B., Lacrampe-Cuyaubere, F., Serre, D., Peressinotto, D., Bordes, J. G., Cochard, D., Couchoud, I., Dubrasquet, D., Laroulandie, V., Lenoble, A., Mallye J.-B., Pasty, S., Primault, J., Rohland, N., Pääbo, S., (2005). A late Neandertal femur from les Rochers-de-Villeneuve, France. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(20), 7085-7090.

Beck, K., Al-Mukhtar, M., & Rozenbaum, O. (2003). Pierres des Monuments Historiques: Caractérisations et mécanismes d'altération du Tuffeau. In Colloque de l'Association Française de Génie Civil: Environnement, Sécurité, Patrimoine (pp. 1-16). AFGC.

Berrouet, F. (2009). *Les altérations d'origine biologique dans l'art pariétal: exemple des relations structurales et conceptuelles entre le mondmilch et les représentations paléolithiques: cas particulier de la grotte de Lascaux et enjeux conservatoires*. Thèse, Bordeaux 1.

Bourdet, A. 2014. « Formation des karsts et paléokarsts ». *Datation des systèmes karstiques étagés et incision des vallées dans la moitié orientale des Pyrénées : Le cas de l'Ariège dans la région de Tarascon*. Mémoire. Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris et Université de Perpignan Via Domitia.

Bordes, F., & Fitte, P. (1950). Un abri solutréen à Abilly (Indre-et-Loire). Note préliminaire. *Bulletin de la Société préhistorique de France*, 47(3/4), 146-153.

Bruxelles, L., Jarry, M., Bigot, J. Y., Bon, F., Cailhol, D., Dandurand, G., & Pallier, C. (2016). La biocorrosion, un nouveau paramètre à prendre en compte pour interpréter la répartition des œuvres pariétales: l'exemple de la grotte du Mas d'Azil en Ariège. *Karstologia*.

Camus, H. (2017). Approche hydrogéologique préliminaire du site de la Roche-Cotard, Commune de Langeais, Indre-et-Loire. Rapport d'expertise, Note technique PRO-N-2017-08.

Couderc J.-M. Les phénomènes d'hydrologie karstique en Touraine. In: *Norois*, n°58, Avril-Juin 1968. pp. 227-251.

D'Achon, F. (1913). Au pays des châteaux, la Roche Cotard. Sa grotte préhistorique. *La Touraine*, 1ère année, (4), 15, 125-131.

De Beaune A., S. (2000). Méthode. *Pour une archéologie du geste. Broyer, moudre, piler, des premiers chasseurs aux premiers agriculteurs*, Paris, CNRS Éditions, 25-42.

De Beaune A., S. (2018). Le proche et le lointain. La perception sensorielle en préhistoire, *L'Homme*, 227 à 228, p.69 -100.

De Clérambault, G. (1912a). Excursion à la grotte de La Roche-Cotard. *Bulletin de la Société archéologique de Touraine*, Tome XVIII, 436-438.

De Clérambault, G. (1912b). Grotte préhistorique de La Roche-Cotard. *Bulletin de la Société archéologique de Touraine*, Tome XVIII 351-352.

Denys, C., et Patou-Mathis, M. (Eds.), (2014). *Manuel de taphonomie*. Editions Errance, Arles, 284 p.

d'Errico, F., Bouillot, L. D., García-Diez, M., Martí, A. P., Pimentel, D. G., & Zilhão, J. (2016). The technology of the earliest European cave paintings: El Castillo Cave, Spain. *Journal of Archaeological Science*, 70, 48-65.

Dubois, D. (2006). De l'expérience subjective des catégories de couleurs à l'objectivité de la couleur : approches cognitives, *Cahiers du LCPE*, n°7.

Dubreuil-Chambardel, L. (1912). La station moustérienne de Langeais(Indre-et-Loire). *Revue Anthropologique*. Mai 1912. 211-212.

Efremov, J.A. (1940). Taphonomy : new branch of paleontology. *Pan-American Geologists*, 74, p.81-93.

Etheve N., Perinot A., 2010 - Contexte géologique du site préhistorique de la Roche-Cotard, Mémoire d'Aptitude à la Géologie n° 502 - Institut Polytechnique LaSalle Beauvais. 106 p.

Ferrier, C., Debard, E., Kervazo, B., Aujoulat, N., Baffier, D., Feruglio, V., Fritz, C., Gély, B., Geneste, J.-M., Konic, S., Lacanette, D., Lastennet, R., Maksud, F., Maleurent, P., Plassard, F., Tosello, G., (2010). Approche taphonomique des parois des grottes ornées. *L'art préhistorique dans le monde*, Actes du Congrès Ifrao, Tarascon-sur-Ariège, 192. Dans : Clottes J. (dir.) (2012). *L'art pléistocène dans le monde*. Actes du Congrès IFRAO, Tarascon-sur-Ariège, septembre 2010 – Symposium « Datation et taphonomie de l'art pléistocène ».

Fritz, C., Tosello, G. (2007) The hidden meaning of forms: methods of recording Palaeolithic parietal art. *Journal of Archaeology Method and Theory*, vol. 14-1, 48-80.

Gunn, J. (2004). *Encyclopedia of caves and karst science*. Taylor & Francis. 902 p.

Hoffmann, D.L., Standish, C.D., García-Diez, M., Pettitt, P.B., Milton, J.A., Zilh~ao, J., Alcolea-Gonzalez, J.J., Cantalejo-Duarte, P., Collado, H., de Balbín, R., Lorblanchet, M., Ramos-Munoz, J., Weniger, G.-Ch., Pike, A.W.G., (2018). U-Th dating of carbonate crusts reveals Neandertal origin of Iberian cave art. *Science* 359, 912-915.

Janvier-Badosa, S., Beck, K., Brunetaud, X., & Al-Mukhtar, M. (2013). Les desquamations en plaques du tuffeau: simulation expérimentale du mode de pénétration du gypse. *31èmes Rencontres de l'AUGC*, E.N.S. Cachan, 29 au 31 mai 2013

Jaubert, J., Aujoulat, N., Courtaud, P., Deguilloux, M.-F., Delluc M., Denis, A., Duda, H., Dutailly, B., Ferrier, C., Feruglio V., Fourment, N., Geneste, J.-M., Genty, D., Goutas, N., Henry-Gambier, D., Kervazo, B., Klaric, L., Lastennet, R., Lévêque, F., Malaurent, P., Mallye, J.-B., Mora, P., Pemonge, M.-H., Peyraube, N. Peyroux, M., Plisson, H., Portais, J.-C., Valladas, H., Vergneux, R., Villotte, S., (2010). Le projet collectif de recherche “ Grotte de Cussac ” (Dordogne, France) : étude d'une cavité ornée à vestiges humains du Gravettien. Congrès IFRAO *L'art pléistocène dans le monde*, Sep 2010, Tarascon sur Ariège, France.

Jaubert, J., Verheyden, S., Genty, D., Soulier, M., Cheng, H., Blamart, D., Burlet, C., Camus, H., Delaby, S., Deldicque, D., Edwards, R., L., Ferrier, C., Lacrampe-Cuyaubère, F., Lévêque, F., Maksud, F., Mora, P., Muth, X., Régner, E., Rouzard, J.-N., Santos, F., (2016). Early Neanderthal constructions deep in Bruniquel Cave in southwestern France. *Nature*, 534 (7605), 111-114.

Kempe, S., et Halliday, W. R. (1997). Report on the discussion on pseudokarst. *Proceedings of the 12th International Congress of Speleology*, Vol. 6.

Kervazo, B., Feruglio, V., Baffier, D., Debard, É., Ferrier, C., Perroux, A.-S., Aujoulat N., Delannoy J.-J. Perrette, Y. (2010). Parois et art pariétal : approche taphonomique. L'exemple de la grotte Chauvet-Pont d'Arc. Dans : Thiébaud, C., Coumont, M.-P., Averbouh, A. (dir.), *Mise en commun des approches en taphonomie : actes du workshop n° 16*, XVe Congrès international de l'UISPP, Lisbonne, septembre 2006, 43-52. Les Eyzies-de-Tayac : Société des amis du Musée national de Préhistoire. *Paleo, Revue d'archéologie préhistorique* ; suppl. n° 3.

Le Breton, D. (2007). Pour une anthropologie des sens. *ERES. Vie Sociale et traitements*, n° 96, 45-33.

Lecointre G. (1947). *La Touraine*. Hermann et Cie Ed, Paris, 250 p.

Leroi-Gourhan, A., (1964). *Le Geste et la parole. I, Technique et langage*. Albin Michel, Paris, 320 p.

Lorblanchet, M. (2008). Visite à la grotte de La Roche-Cotard (Indre-et-Loire). Rapport de visite. 5 p. 13 octobre 2008

Macaire, J.-J. (1983). Evolution du réseau hydrographique dans le Sud-Ouest du Bassin de Paris pendant le Pliocène et le Quaternaire. *Quaternaire*, 20(20), 183-195.

Macaire, J.-J. (2010). Géologie, in : Zadora-Rio É. (dir.) - *Atlas Archéologique de Touraine, 53e Supplément à la Revue Archéologique du Centre de la France*, FERACF, Tours, 2014 <http://a2t.univ-tours.fr/notice.php?id=139>. [consulté en février 2019]

Majkic, A., Evans, S., Stepanchuk, V., Tsvelykh, A., d'Errico, F. (2017). A decorated raven bone from the Zaskalnaya VI (Kolosovskaya) Neanderthal site, Crimea. *PLoS One* 12, e0173435.

Marquet, J.-C. (1976), Un niveau moustérien en place dans une formation alluviale de la Loire à Langeais (Indre-et-Loire), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 73(73), 270-272.

Marquet, J. C., Aubry, T., Chillou, B., Barreau, S. (1995). *Le site préhistorique de la Roche-Cotard à Langeais (Indre-et-Loire)*. Patrimoine vivant en Claise tourangelle, CLD, 2^e éd., 128 p. Marquet, J. C. (1990). Organisation de l'espace et habitat moustérien de la Roche Cotard à Langeais (Indre-et-Loire). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 87(10/12), 317-320.

Marquet, J. C., Lorblanchet, M. 2000. Le " masque " moustérien de la Roche-Cotard, Langeais (Indre-et-Loire). *Paléo, Revue d'Archéologie Préhistorique*, 12 (1), 325-338.

Marquet, J. C., & Lorblanchet, M. (2003). A Neanderthal face? The proto-figurine from La Roche-Cotard, Langeais (Indre-et-Loire, France). *Antiquity*, 77(298), 661-670.

Marquet, J.-C. (2011). *La préhistoire en Touraine*. Presses Universitaires François-Rabelais, Tours, 2^e éd., 380 p.

Marquet, J.-C., (2013) – Les manifestations à caractère symbolique du site de La Roche-Cotard à Langeais sont-elles dues à l'homme de Néandertal ?, *Mémoires de l'Académie des Sciences, Arts et Belles-Lettres de Touraine*, tome 26, 1-21.

Marquet, J. C., Lorblanchet, M., Egels, Y., Esquerre-Pourtère, J., Hesse, M. S. 2014. Les productions à caractère symbolique du site moustérien de La Roche-Cotard à Langeais (Indre-et-Loire, France) dans leur contexte géologique. *Paléo, Revue d'archéologie préhistorique*, (25), 169-194.

Marquet, J.-C., Lorblanchet, M., Oberlin, C., Thamo-Bozso, E., & Aubry, T. (2016). Nouvelle datation du «masque» de La Roche-Cotard (Langeais, Indre-et-Loire, France). *PALEO. Revue d'archéologie préhistorique*, (27), 253-263.

Mohen, J.-P. (1999) Archéologie expérimentale. *Dictionnaire de la Préhistoire*, Encyclopédia Universalis et Albin Michel, Paris, 164.

Moreau, D., Del Prete, A., Gay, F., Marquet, J.-C., Vaumoron, H., (2007). Les cavités souterraines du Bassin de la Claise Tourangelle. Patrimoine vivant en Claise Tourangelle, Les Cahiers de la Claise, n°11, 240 p.

Nehlig, P. (2010). Géologie du Bassin de la Loire, *Géosciences*, 2010.

Nicoud, L. (2004). L'art néandertalien : réalité et énigme. *Archéologia*, 407, janvier 2004.

Nickerson, D. (1976). History of the Munsell Color System, Company, and Foundation. II. its scientific application. *Color Research & Application*, 1, 69-77.

Pearce, D.G., Bonneau, A., (2018). Trouble on the dating scene. *Nature Ecology & Evolution* 2, 925-926.

Pettitt, P. (2003). Is this the infancy of art? Or the art of an infant? A possible Neanderthal face from La Roche-Cotard, France. *Before Farming (Western Academic & Specialist Press)*, 2003(4), 1-3.

Radovic, D., Srsen, A.O., Radovic, J., Frayer, D.W. (2015). Evidence for Neandertal jewelry: Modified white-tailed eagle claws at Krapina. *PLoS One* 10, e0119802.

Rivero, O. (2016). Master and apprentice: evidence for learning in Palaeolithic portable art. *Journal of Archaeological Science*, 75, 89-100.

Rodríguez-Vidal, J., d'Errico, F., Pacheco, F. G., Blasco, R., Rosell, J., Jennings, R. P., ... & Carrión, J., Queffelec A., Finlayson G., Fa D. A., María Gutiérrez López J., Carrión J.S., Negro J.J, Finlayson,S., Cáceres, L.M. Bernal M. A , Fernández Jiménez S., and Finlayson C. (2014). A rock engraving made by Neanderthals in Gibraltar. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(37), 13301-13306.

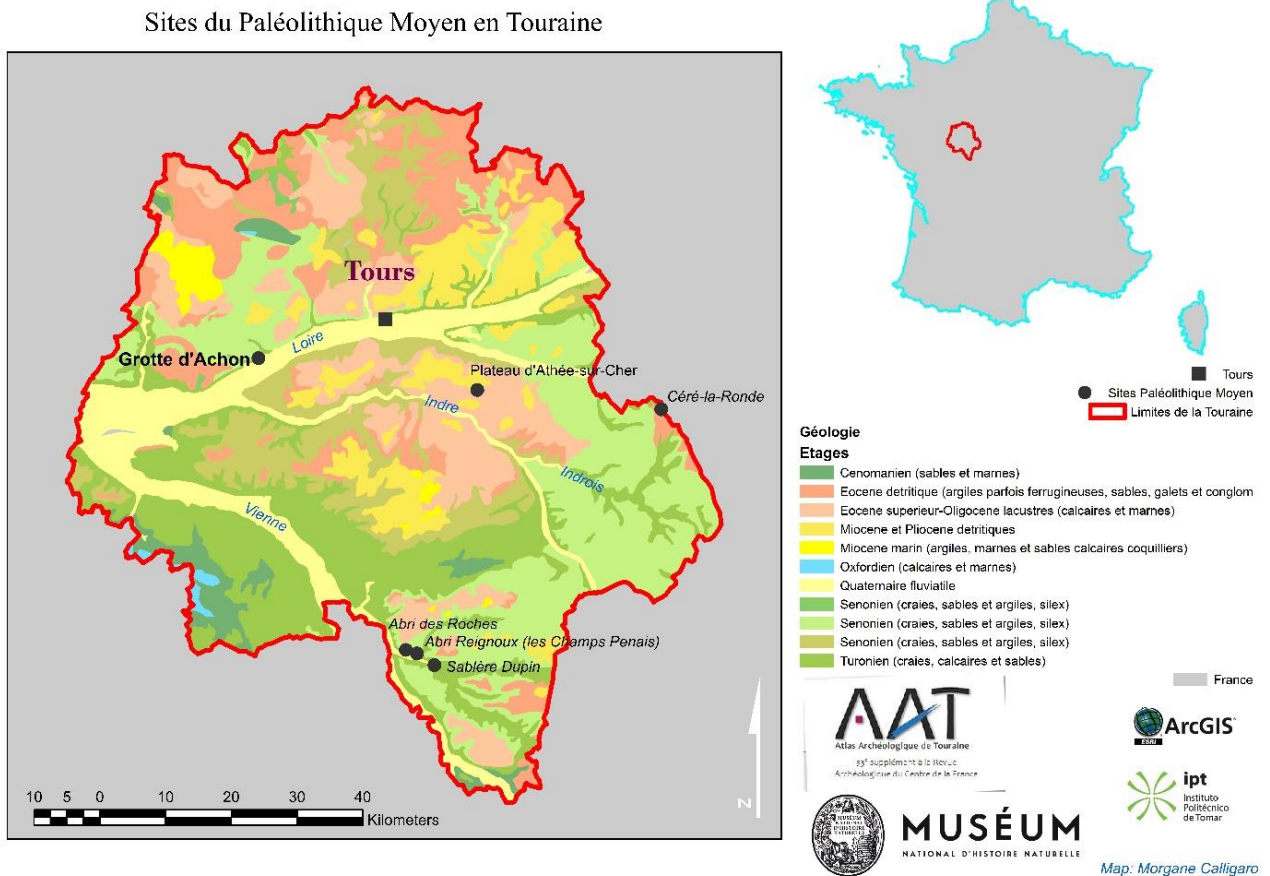
Rouzaud, F., Topographie interne. Dans : Groupe de réflexion sur l'art pariétal paléolithique (France), & Comité des travaux historiques et scientifiques (France),. (1993). *L'art pariétal paléolithique: Techniques et méthodes d'étude*. Paris: Ed. du Comité des travaux historiques et scientifiques

Sacco F. L'origine du monde dans Robert, É. & Sacco, F. (2016). *L'origine des représentations - Regards croisés sur l'art préhistorique*, Éditions d'Ithaque, Paris, 15-24.

Trémau, A. (2004). *Eléments de base de la colorimétrie*. Tech. rep., Laboratoire LIGIV-Université Jean Monnet, tremau@ligiv.org.

Verneau, R. (1912). Découverte d'une grotte préhistorique en Touraine. *L'Anthropologie*, tome XXIII, 516.

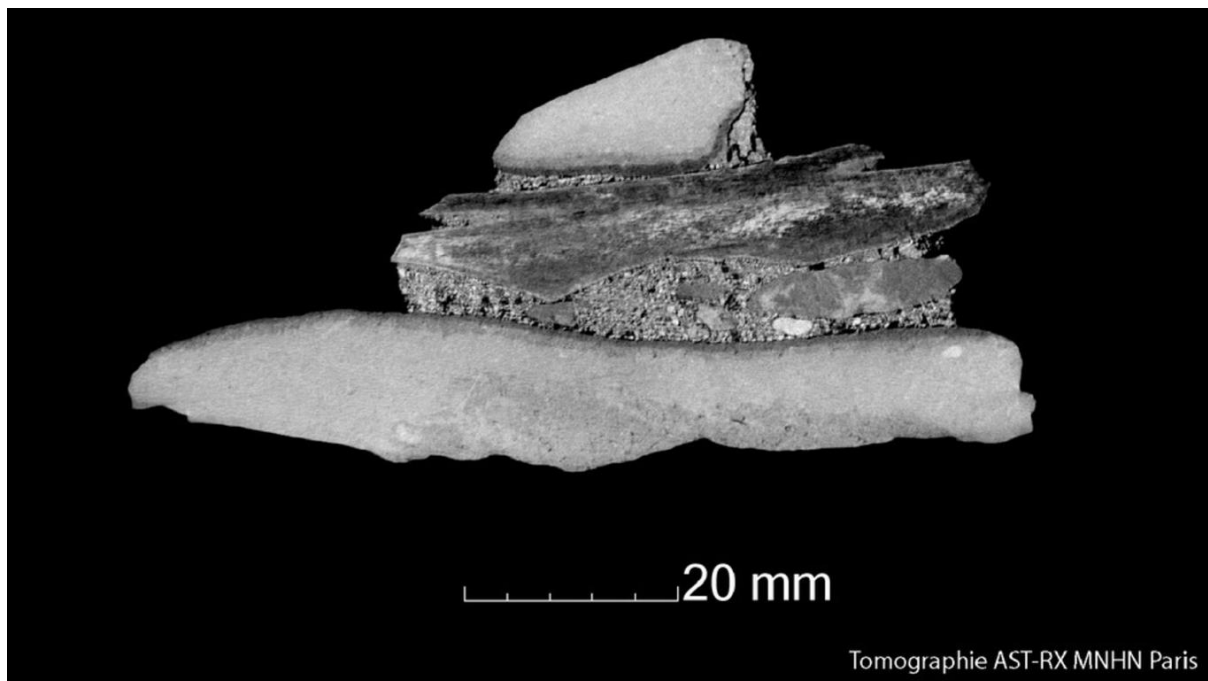
9 Annexes



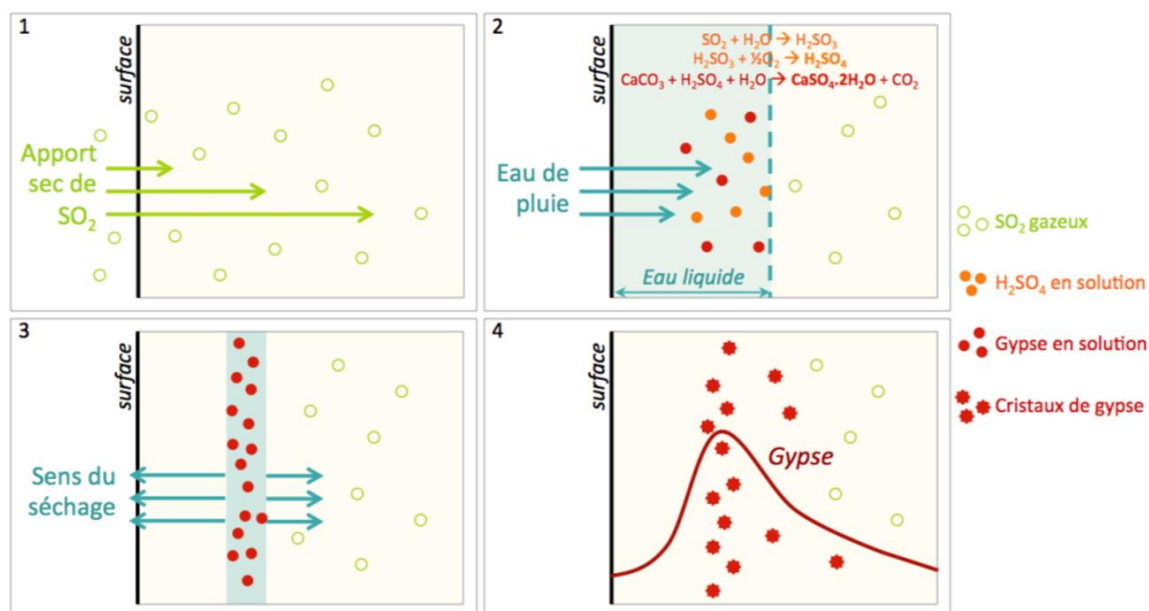
Annexe 1: Sites attribués au Paléolithique Moyen dans la région Touraine et contexte géologique, Carte réalisée avec ArcGIS et Atlas Archéologique de Touraine (Carte : M. Calligaro)



Annexe 2: Photographie de François d'Achon et son équipe à l'entrée de la grotte (Photo : Vicomte d'Orval) (d'Achon, 1913)



Annexe 3: Coupe tomographie du "masque" de La Roche-Cotard. Une esquille osseuse est bloquée par du sédiment et des petits galets dans le trou naturel du bloc de silex (Marquet, 2016).



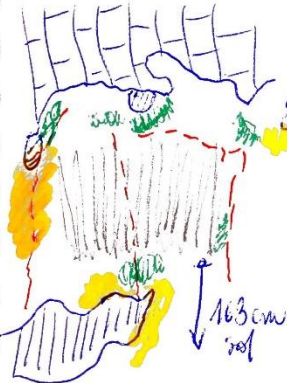
Annexe 4: Mécanisme de formation du gypse au sein du tuffeau à partir d'un apport sec de SO_2 gazeux (Janvier-Badosa et al., 2013)

LFC - 2019 - Panneau "rectangulaire" (9)

Situation du panneau : paroi N(?) fond salle du plicier
à 163 cm du sol (point le ⊕ bas du panneau)
directement sous le plafond calcaire

Description topog: surface particulièrement claire de la
paroi (traces) code Furnell →
présence d'altération en volume de couleur
verdâtre code Furnell - en partie supérieure
gauche/droite, en partie supérieure, sur le côté
droit et en partie basse. Cette matière
n'affecte pas le centre du panneau.
Très grandes fissures sont présentes sur
le panneau. (di latat°) A gauche, la fissure
est couverte d'un film d'altération brun
d'env. 2 à 3 mm d'épaisseur qui n'a pas
été touché couleur Furnell.

-- fissures altérat° verdâtre film brun ⊕ chert? calcaire



Annexe 5: Exemple de description préliminaire du panneau "rectangulaire" (M. Calligaro)



Annexe 6: Travail de relevé en observation directe dans la grotte (Photo : O. Marquet)



Annexe 7: Utilisation du spectrophotomètre portable dans la Salle du Pilier (Photo M. Calligaro)



Annexe 8: Surface altérée de la cavité d'expérimentation (Photo: M. Calligaro)

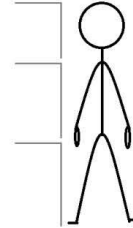
EXPERIMENTATION TRACES - FICHE EXPERIMENTATEUR

Date :

Expérimentateur :

Mesure de l'expérimentateur :

- Pied- tête :
- Pied- épaule :
- Pied- main :



Outil et mesures (en mm) :

Main :

- 1- Diamètre phalange distale :
- 2- Longueur 3 phalanges :

Bois :

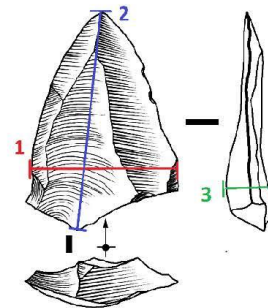
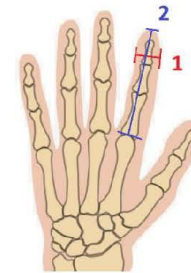
- 1- Diamètre de l'extrémité :
- 2- Longueur de l'outil :

Eclat silex :

- 1- Largeur maximale :
- 2- Longueur maximale :
- 3- Epaisseur maximale :

Outil en métal :

- 1- Largeur maximale :
- 2- Longueur maximale :
- 3- Epaisseur maximale :



Numéros de photographies de l'outil (avec échelle)

- Support :

- Argile
- Paroi de la cavité Grand Pressigny « Les Roches »

- Localisation de la zone choisie :

- Surface convexe
- Surface concave
- Surface plane

- **Temps d'expérimentation (chronomètre) pour 10 traces individualisées :**

- **N° vidéo :**

- **N° photos :**

n° de lot	1	2	3	4	5	6	7	8
support	argile	argile	argile	argile	argile	argile	argile	argile
surface	plane	plane	plane	plane	plane	plane	plane	plane
outil	doigt	doigt	métal (tournevis)	bois végétal	bois végétal	silex	métal (tournevis)	silex
expérimentateur	Hélène	José	Hélène	José	Hélène	José	José	Hélène
n° de lot	9	10	11	12	13	14	15	16
support	tuffeau	tuffeau	tuffeau	tuffeau	tuffeau	tuffeau	tuffeau	tuffeau
surface	plane	convexe	concave	plane	convexe	plane	convexe	plane
outil	doigt	bois végétal	doigt	métal (tournevis)	doigt	bois végétal	doigt	silex
expérimentateur	Hélène	Hélène	Hélène	Hélène	Hélène	José	José	José
n° de lot	17	18	19	20	21	22	23	24
support	tuffeau	tuffeau	tuffeau	tuffeau	tuffeau	tuffeau	tuffeau	tuffeau
surface	plane	plane	concave	plane	convexe	concave	concave	plane
outil	bois végétal	silex	bois végétal	doigt	silex	doigt	bois végétal	métal (tournevis)
expérimentateur	Hélène	Hélène	Hélène	José	Hélène	José	José	José
n° de lot	25	26	27	28	29	30	31	32
support	Non utilisé	Non utilisé	tuffeau	tuffeau	tuffeau	tuffeau	tuffeau	tuffeau
surface			concave	plane	convexe	concave	plane	concave
outil			silex	os	métal (tournevis)	silex	os	os
expérimentateur			Hélène	Hélène	Hélène	José	José	José
n° de lot	33	34	35	36	37	38	39	40
support	Non utilisé	Non utilisé	tuffeau	Non utilisé	tuffeau	tuffeau	tuffeau	tuffeau
surface			concave		convexe	concave	convexe	convexe
outil			métal (tournevis)		bois végétal	métal (tournevis)	silex	métal (tournevis)
expérimentateur			Hélène		José	José	José	José
n° de lot	78	79	80	81	82	83	84	85
support	Non utilisé	Non utilisé	Non utilisé	Non utilisé	Non utilisé	tuffeau	tuffeau	tuffeau
surface						concave	convexe	convexe
outil						os	os	os
expérimentateur						Hélène	Hélène	José
n° de lot	95	96						
support	argile	argile						
surface	plane	plane						
outil	os	os						
expérimentateur	José	Hélène						

Annexe 12: Tableau récapitulatif des lots de traces expérimentées (M. Calligaro)



Annexe 13: Confrontation des expérimentateurs et des observateurs face à la paroi (Photo: M. Calligaro)



Annexe 14: Exemple de plaque en PVC où ont les échantillons ont été ramassés (Marquet, 2017)

10 Table des illustrations

Figure 1: Plan du site archéologique La Roche-Cotard (Marquet, 2014)	3
Figure 2: Entrée principale de la grotte François d'Achon (Photo : M. Calligaro)	6
Figure 3: Localisation de la zone d'emprunt qui a permis la découverte de la grotte (plan topographique M. Calligaro d'après Camus, 2017)	6
Figure 4: Plan de la grotte réalisé par M. J. Froisson (d'Achon, 1913)	7
Figure 5: Plan des fouilles dans la grotte François d'Achon. En gris; les zones non fouillées depuis 1970. En tirets verticaux: les lambeaux fouillés entre depuis 1975. En pointillé dans la salle de la Hyène: effondrement du plafond (Marquet, 2016).	8
Figure 6: Stratigraphie des lambeaux de couches archéologiques dans la grotte François d'Achon (Marquet, 2014)	8
Figure 7: Coupe stratigraphique du sondage La Roche-Cotard II (M. Calligaro d'après Marquet, 1976).....	10
Figure 8: Plan de répartition des trois locus : LRC I : grotte François d'Achon. LRC II : coupe stratigraphique devant l'entrée de la grotte. LRC III : premier abri découvert. LRC IV : coupe stratigraphique et second abri (Marquet, 2016).	10
Figure 9: Présentation du "masque" de La Roche-Cotard dans l'exposition « Néandertal l'Expo » au Musée de l'Homme de Paris (Photo : M. Calligaro)	11
Figure 10: Relevé en plan des fouilles de l'abri La Roche-Cotard III (Marquet, 1990).....	12
Figure 11: Panneau à représentation circulaire (Marquet, 2014).....	15
Figure 12: Essai d'interprétation des traces du panneau à représentation circulaire (Marquet, 2014).....	15
Figure 13: Panneau à représentation triangulaire (Marquet, 2013).....	16
Figure 14: Relevé des traces du panneau triangulaire (Marquet, 2013; relevé J. Esquerre-Pourtere et S. Hesse)	16
Figure 15: Panneau de traces rectangulaire (Marquet, 2014).....	17
Figure 16: Panneau de ponctuations (Marquet, 2014)	17
Figure 17: Relevé du panneau de ponctuations (Marquet, 2014)	18
Figure 18: Coupe de référence issue de la carrière Desruchy de Langeais et localisation de la grotte F. d'Achon (d'après Lecointre, 1947)	19
Figure 19: Etages géologiques représentés dans la grotte François d'Achon (Photo: M. Calligaro).....	20

Figure 20: Formation de la grotte François d'Achon (schéma d'après Marquet, 1997, modifié Calligaro).....	21
Figure 21: Répartition verticale de la paroi en différents registres. Registre I : paroi Turonienne sous la nappe cherteuse. Registre II : nappe cherteuse. Registre III : paroi Turonienne sous l'encoche de niveau d'eau. Registre IV : paroi Turonienne à faible altération. Registre V : paroi Turonienne à forte altération. Registre VI : plafond Sénonien.....	25
Figure 22: Relevé graphique de terrain numérisé (M. Calligaro)	26
Figure 23: Exemple de relevé de terrain présentant la taphonomie du panneau rectangulaire (M. Calligaro).....	27
Figure 24: Exemple de panneau présentant des variations colorées de patine (Photo:A. NGuyen)	29
Figure 25: Répartition des points de mesure en spectrophotométrie (Photo A. NGuyen).....	31
Figure 26: Photographie de la surface altérée du panneau n°4, à présentation circulaire (Photo M. Calligaro)	32
Figure 27: Carroyage de la paroi expérimentale "Les Roches" (Photo: Calligaro)	36
Figure 28: Exemple de réalisation de trace expérimentale faite au doigt (Photo : M. Calligaro)	37
Figure 29: Exemple de photographie de détail réalisée sur les tracés expérimentaux (Photo : M. Calligaro)	38
Figure 30: Largeurs des traces expérimentales classées par outils (M. Calligaro via Excel) ..	39
Figure 31: Statistique descriptive de la totalité des traces mesurées dans la grotte François d'Achon	40
Figure 32: Plan directeur de la paroi nord de la Salle du Pilier (M. Calligaro)	44
Figure 33: Suite du plan directeur de la paroi nord de la Salle du Pilier (M. Calligaro)	45
Figure 34: Vue de la répartition des panneaux depuis l'entrée de la Salle du Pilier. Les voûtes et arêtes sont représentées par les lignes rouges. Les panneaux sont localisés par les plages bleues (Photo et infographie : Calligaro).	46
Figure 35: Répartition en plan des différents panneaux (Infographie : M. Calligaro).....	46
Figure 36: À gauche : photographie en lumière rasante du Panneau n°1 à l'entrée de la Salle du Pilier. À droite : relevé graphique des traces anthropiques. (Photo et relevé: M. Calligaro)	48
Figure 37: Relevés taphonomiques du panneau n°1 (Infographies et relevés M. Calligaro)...	49
Figure 38: Photographie du panneau n°2 à représentation linéaire (Photo: A. NGuyen)	50

Figure 39: Relevé graphique du panneau n°2 à représentation linéaire (Relevé H. Lombard et J. Esquerre, infographie M. Calligaro).....	51
Figure 40: Photographie du panneau n°3 à représentation ondulée (Photo: A. NGuyen)	52
Figure 41: Relevé du panneau n°3 à représentation ondulée (Relevé G. Alain et O. Spaey, infographie M. Calligaro).....	52
Figure 42: Panneau n°4 à représentation circulaire (Photographie : A. NGuyen)	53
Figure 43: Relevé de traces du Panneau n°4 à représentation circulaire (relevé M. Calligaro)	54
Figure 44: Infographie du panneau n° 4 (M. Calligaro).....	54
Figure 45: Relevé de la taphonomie du panneau n°4 (M. Calligaro).....	55
Figure 46: Fossiles sortant de la paroi suite à des chutes de matières de la zone superficielle (Photo: M. Calligaro)	55
Figure 47: Photographie du panneau n°5 à représentation triangulaire (Photo: A. NGuyen)..	56
Figure 48: Relevé des traces du panneau n°5 à représentation triangulaire (relevé M. Calligaro).....	57
Figure 49: Infographie de la taphonomie du panneau n°5 (M. Calligaro)	57
Figure 50: Infographie du panneau n°5 (M. Calligaro).....	58
Figure 51: Détail du Panneau n°5: on observe les trois zones d'altération de la paroi.	58
Figure 52: Photographie du panneau n°6 à représentation rectangulaire (Photo: A. NGuyen)60	
Figure 53: Relevé des traces du panneau n°6 à représentation rectangulaire (Relevé M. Calligaro).....	60
Figure 54: Infographie du panneau n°6 (M. Calligaro).....	61
Figure 55: Infographie du relevé taphonomique du panneau n°6 (M. Calligaro)	61
Figure 56: À gauche :La disparition des zones superficielles et intermédiaire font « sortir » les fossiles du tuffeau. À droite : Déchaussement de fossiles (Panneau n° 6, Photo : M. Calligaro)	62
Figure 57: Photographie du panneau n°7 à ponctuations (Photo: A. NGuyen)	62
Figure 58: Relevé des traces du panneau n°7 à ponctuations (Relevé G. Alain, O. Spaey, infographie M. Calligaro).....	63
Figure 59: Photographie microscopique (Hirox) de l'échantillon C3 (M. Lebon).....	64
Figure 60: Photographie microscopique (Hirox) de l'échantillon C5 (M. Lebon)	65
Figure 61 : Espace CIEL*a*b* des bords de traces .Toutes les mesures sont positives, nous avons donc retiré les axes négatifs (Graphique obtenu grâce à Color ID 2019).....	65

Figure 62: Espace CIEL *a*b* des fonds de traces patinées. Toutes les mesures sont positives, nous avons donc retiré les axes négatifs (Graphique obtenu grâce à Color ID 2019)	66
Figure 63: Espace CIEL *a* b* des fonds de traces modernes. Toutes les mesures sont positives, nous avons donc retiré les axes négatifs (Graphique obtenu grâce à Color ID 2019)	67
Figure 64: Spectre de diffraction aux rayons X de l'échantillon C3	68
Figure 65 : Spectre de diffraction aux rayons X de l'échantillon C5	68