



Année universitaire 2017.-2018.



LA QUESTION DE LA VISIBILITÉ DE L'ART PARIÉTAL PALÉOLITHIQUE EUROPÉEN : APPORTS MÉTHODOLOGIQUES INTERDISCIPLINAIRES APPLIQUÉS AU REGISTRE ANIMALIER DU ROC-AUX- SORCIERS (ANGLES-SUR-L'ANGLIN, FRANCE)

Présenté par Juliette Boudier--Blet

Sous la direction de Camille Bourdier, Maîtresse de conférences en art préhistorique à l'Université Toulouse Jean Jaurès, TRACES, UMR5608
et Alexandra Severac-Cauquil, Maîtresse de conférences à l'Université Paul Sabatier,
Centre de Recherche Cerveau et Cognition, UMR5549, CNRS

Mémoire présenté le 22/06/2018. devant le jury du Master

Mémoire de **Master 2** mention **Histoire, Arts et Archéologie**

Spécialité Arts et Cultures de la Préhistoire et de la Protohistoire : Europe, Afrique

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier mes deux directrices, Camille Bourdier pour son suivi durant les deux ans de ce Master, ses conseils, son implications sans faille ainsi que ses encouragements qui m'ont permis de réaliser mon rêve ; et Alexandra Severac-Cauquil, qui a accepté avec enthousiasme la curieuse demande d'une étudiante en archéologie préhistorique désireuse de croiser son champ d'étude avec les neurosciences. Merci à toutes les deux de votre temps, conseils et relectures avisées.

Je remercie également Emmanuel Demoulin pour l'accès au Parc de la Préhistoire, ainsi que Jacques Azéma ; Olivier Huard pour les photographies de la grotte des Combarelles I, Camille Bourdier pour celles de Cap Blanc et Bertrand Defois, directeur du développement touristique et culturel du centre de préhistoire du Pech Merle, pour le prêt de la lampe à graisse expérimentale.

J'ai une pensée pour Monique Veyret, guide de la grotte des Combarelles, qui m'a appris à lire les gravures et a contribué à me plonger dans cette passion dévorante qu'est l'art pariétal paléolithique.

J'envoie une pensée à mes parents et ma sœur pour leur soutien indéfectible ainsi qu'aux nombreuses relectures.

Un grand merci à mes participants, sans qui je n'aurais pu réaliser cette étude, ainsi qu'à l'équipe du laboratoire CerCo et plus spécifiquement à l'équipe ECO 3D qui m'a accueillie avec chaleur et enthousiasme lors de mes expérimentations. Je remercie particulièrement Maxime Rosito pour l'écriture du programme sur ©MatLab sans lequel l'expérimentation n'aurait pu être accomplie.

Enfin, je terminerais par mes amis qui ont su rendre cette année magique : Maude, Léa B et Marc pour la relecture assidue de ce travail, Louise et Gauthier mes compagnons de grotte, Justine, Marion, Morgane, Kevin, Caroline, Lamia, Aurélien, Jess.

La dernière pensée va à trois personnes particulières sans qui je n'aurai jamais fini ce mémoire ni cru en moi : Izalyne, pour son soutien infaillible et une amitié immédiate, Léa J qui me pousse au dépassement de moi-même, et Cédric, qui croit en moi. Merci d'être là.

La question de la visibilité de l'art pariétal paléolithique européen : apports méthodologiques interdisciplinaires appliqués au registre animalier du Roc-aux-Sorciers (Angles-sur-l'Anglin, France)

La nécessité d'une méthodologie adaptée pour étudier la visibilité de l'art pariétal paléolithique européen nous a poussés à entamer une recherche pluridisciplinaire croisant archéologie préhistorique et neurosciences. À l'aide de la méthode psychométrique, des tests ont été réalisés en laboratoire sur une cohorte de participants qui devaient répondre à une question devant une série d'images avec deux paramètres influant (technique et éclairage). Les résultats ont ensuite été appliqués sur l'abri du Roc-aux-Sorciers, qui a fait l'objet d'une précédente étude sur la perceptibilité des graphismes. Les résultats concernant la gravure corroborent ceux de l'étude précédente, tandis que ceux concernant la technique du bas-relief semblent la nuancer, il s'agit d'un apport quant aux techniques picturales qui n'avaient pas été prises en compte dans la première étude. La majorité des motifs semblent à destination d'un public occupant l'abri. Deux conditions d'éclairage opposées pour une vision optimale selon les techniques se détachent : certains motifs semblent être vus le jour et d'autres la nuit, ce qui indiquerait des usages variés de ces motifs, liés aux conditions d'éclairage.

Mots-clés : art pariétal, visibilité, public, neurosciences, tests psychométriques, abri du Roc-aux-Sorciers, techniques, éclairage

The question of visibility of European paleolithic rock art: interdisciplinary methodological contributions applied to the animal register of Roc-aux-Sorciers (Angles-sur-l'Anglin, France)

A pluridisciplinary research crossing archaeological prehistory and neuroscience was led by the need of a suitable methodology to study visibility of European paleolithic rock art. With the psychometric method, tests were conducted in laboratory on a cohort study of subjects. They had to answer a question facing a series of images with two influencing factors (technic and lightning). The results were then applied to Le Roc-aux-Sorciers rock-shelter, which had been the aim of a previous study about perceptibility. Concerning the engraving, the results are the same as the previous one, whereas they seemed to be nuanced for the *bas-reliefs*. The three pictorial technics were studied for the first time. Most of the graphisms seemed to aim an audience living under the rock-shelter. Two opposed lightning conditions for an optimal vision according to the technics are visible: some of the motifs are visible by day and some others by night. It would mean a variety of use of these motifs, linked to the lightning conditions.

Key words : parietal art, visibility, audience, neuroscience, psychometric tests, Roc-aux-Sorciers rock-shelter, technics, lightning

Mémoire de **Master 2** mention **Histoire, Arts et Archéologie**

Spécialité Arts et Cultures de la Préhistoire et de la Protohistoire : Europe, Afrique

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
I- CADRES CONCEPTUELS ET ENJEUX DE L'ETUDE.....	3
A - La réception de l'art pariétal paléolithique.....	3
1- Public(s) de l'art pariétal paléolithique	3
2- Fonction(s) des sites ornés	4
3- Usages sociaux de cette forme d'expression visuelle	4
B - Perception et visibilité de l'art pariétal paléolithique.....	5
C - Archéologie et neurosciences	9
II- METHODOLOGIE	11
A - La démarche expérimentale.....	11
B- Objectifs.....	12
C – La méthode psychométrique.....	13
D – Protocole expérimental.....	13
1- Paramètres considérés	13
2- Modalités	16
3- Déroulement de l'expérimentation	19
4- Traitements statistiques des données	20
4 – 1. Variables dépendantes.....	20
4 – 2. Variables indépendantes.....	21
4 – 3. Analyse de la variance	21
E - Limites de l'expérimentation.....	22
III – RÉSULTATS.....	23
A – Effet randomisation/image	23
B – Effet expertise/ordre	24
IV- APPLICATION ARCHEOLOGIQUE : LE ROC-AUX-SORCIERS (ANGLES-SUR-L'ANGLIN, France)	29
A- Présentation du site	29
B- Problématiques archéologiques.....	35
C- Précédente étude sur la perceptibilité de l'art pariétal.....	36

Mémoire de **Master 2** mention **Histoire, Arts et Archéologie**

Spécialité **Arts et Cultures de la Préhistoire et de la Protohistoire : Europe, Afrique**

D- Apports de l'expérimentation psychométrique.....	37
V- DISCUSSION.....	41
A – Intérêts de la démarche	41
B - Limites de l'étude et des résultats	41
C - Perspectives.....	43
CONCLUSION	45
BIBLIOGRAPHIE.....	47
TABLES DES FIGURES	54
TABLES DES ANNEXES.....	55

INTRODUCTION

Depuis la reconnaissance académique de l'art pariétal paléolithique européen en 1902, s'est développé un long parcours de questionnements qui continue de nos jours, sur l'attribution chrono-culturelle et la variabilité culturelle de ces témoignages, leur signification, leur but, leur valeur (culturelle, symbolique, sociale), abordés avec des méthodes et des outils toujours plus nombreux, puissants et rationnels ayant permis de profondes avancées des connaissances sur certains aspects de ce domaine de la culture matérielle des sociétés de chasseurs-collecteurs.

Essentiellement concentré dans la zone franco-cantabrique, entre Asturies et Ardèche, l'art pariétal paléolithique n'apparaît désormais plus comme un phénomène uniforme dans le temps ni dans l'espace. Des variations spatio-temporelles, des processus de continuité et de discontinuité ont été mis au jour, tant dans les techniques employées que dans les thèmes reproduits ou encore dans les codes formels utilisés. Cette variabilité touche également le contexte physique : l'art pariétal paléolithique n'est pas uniquement, comme on pourrait le croire, un art de profondeur, enfermé loin à l'intérieur des grottes. De nombreux abris-sous-roche, souvent des lieux de vie, sont aussi ornés. Ainsi, le cadre naturel, humain et social dans lequel s'insère l'art pariétal est divers, y compris au sein d'une même culture.

Quelle peut être la signification de ces motifs retrouvés en contexte si varié ? Y en a-t-il plusieurs ? De cela, nous ne pourrions jamais avoir de réponse. En revanche, ces motifs et ces lieux choisis pour les représentations sont des éléments qui offrent des clés de compréhension sur l'organisation sociale des groupes humains à cette époque.

Ces motifs constituent en effet l'un des principaux témoignages qui nous soient parvenus de la sphère spirituelle de ces populations, ainsi que de leur système de communication : ils doivent être étudiés avec le même sérieux que les écrits retrouvés dans d'autres sociétés. Nous devons ainsi analyser les signifiants de l'art pariétal, dont la signification nous échappe.

Nous avons choisi de considérer la visibilité des motifs pariétaux, autrement dit la « capacité de voir, pour une personne ou un groupe de personnes, quelque chose à une certaine distance » selon la définition du Larousse. La diversité techno-formelle des motifs, et des contextes physiques et archéologiques associés interroge directement sur la destination de ces productions, à savoir le public paléolithique, receveur des motifs. En effet, selon les espaces larges et publics d'un côté, ou espaces confinés et retirés de l'autre comme le Puits dans la grotte de Lascaux, différents publics semblent avoir été visés. Ainsi, tous les membres d'une même population paléolithique n'auraient pas eu accès aux mêmes représentations ni aux mêmes espaces, ce qui indique une organisation sociale certaine

ainsi que de potentiels usages sociaux à l'intérieur d'un même groupe culturel ou du moins des comportements hétérogènes face à l'iconographie pariétale. Les conditions de visibilité sont une traduction de ces choix faits par les populations paléolithiques (Bourdier *et al.*, 2017).

Quels sont la taille et la composition du public visé par l'art pariétal ? S'agit-il d'un public collectif, restreint ou individuel ? De novices ou d'initiés ? Quel(s) potentiel(s) usage(s) social(aux) de l'imagerie pariétale cela peut-il traduire pour un même groupe culturel ?

Ce travail s'effectue dans la continuité de notre Master 1, synthèse critique des diverses méthodologies appliquées à l'analyse de la visibilité de l'art pariétal paléolithique –critères et outils analytiques- qui mettait notamment en lumière plusieurs limites et manques (Boudier--Blet, 2017). Ce master 2 constitue un essai méthodologique visant à palier aux lacunes des travaux menés jusqu'alors en trouvant une méthodologie adaptée. La visibilité relevant de concepts de la perception, nous nous sommes tournés vers la discipline l'étudiant, les neurosciences.

Nous avons choisi d'appliquer une méthode empruntée au domaine de la psychologie expérimentale, la méthode psychométrique : une série de tests est conduite sur un panel de personnes en laboratoire, afin de quantifier le lien entre des propriétés physiques objectives et ce qu'elles évoquent en termes psychologiques de sensation ou de perception. L'objectif de cette démarche expérimentale est de qualifier et de quantifier l'impact de paramètres préalablement définis quant à la visibilité des motifs pariétaux : les techniques de réalisation des motifs (peinture noire, peinture rouge, bichromie, gravure et bas-relief) et différents types d'éclairages (naturel : matin à 7h, midi, soir à 18h, et éclairage artificiel à la lampe à graisse).

Pour vérifier la pertinence de la méthode et son intérêt, les résultats doivent être mis en perspective avec la réalité archéologique. Nous avons choisi de les confronter à ceux d'une récente étude sur la perceptibilité du dispositif pariétal de l'abri-sous-roche du Roc-aux-Sorciers (Angles-sur-l'Anglin, France) (Bourdier *et al.*, 2017). Daté du Magdalénien moyen, ce décor pariétal a l'avantage de renfermer une large gamme de procédés techniques soumis aux tests psychométriques : bas-relief, gravure, peinture monochrome noire et peinture monochrome rouge. De plus, son ouverture sur le paysage ainsi que sa position plein Sud implique une variété de conditions d'éclairage, testables dans cette étude. L'enjeu est ainsi de comparer les résultats obtenus et de voir dans quelle mesure ils viennent les corroborer, les nuancer ou les infirmer, en vue d'affiner l'étude de la visibilité de l'art pariétal paléolithique et des publics associés.

Après un état de l'art sur la question de la visibilité, nous expliquerons la méthodologie employée, centre de notre travail, ainsi que les résultats obtenus. Une application archéologique sur l'abri-sous-roche du Roc-aux-Sorciers suivra, afin d'apercevoir les possibles implications archéologiques apportées par cette méthode. Enfin, une dernière partie sera consacrée à l'intérêt et aux limites de cette démarche ainsi qu'aux perspectives qu'ouvre une telle étude interdisciplinaire.

I- CADRES CONCEPTUELS ET ENJEUX DE L'ETUDE

A - La réception de l'art pariétal paléolithique

Depuis les années 1970, sous l'impulsion de la *New Archaeology* (Ucko et Rosenfeld, 1966 ; Layton, 1985 ; Conkey, 1990), s'est opéré un changement dans les problématiques de la production graphique paléolithique européenne, délaissant l'aspect interprétatif au profit de perspectives socio-culturelles (Vialou, 1991 ; Lorblanchet, 1995 et Clottes, 1998). De nombreux travaux se sont ainsi développés autour de la question des auteurs et de leur statut social, particulièrement pour la production graphique mobilière. Cette question a particulièrement été abordée à travers les analyses technologiques (D'Errico, 1994; Fritz, 1996 ; Rivero, 2011 ; Aurière, 2012) qui révèlent des degrés de savoir-faire divers interrogeant les processus d'apprentissage.

1- Public(s) de l'art pariétal paléolithique européen

Existe-il un ou plusieurs types de publics ? À travers les différentes stratégies de visibilité mises en place par les Hommes du Paléolithique, des catégories de publics semblent se dégager dont l'identité sociale, intrinsèquement liée à la fonction du site, est bien spécifique. Le public peut être collectif, c'est-à-dire un ou plusieurs groupes culturels (soit plus de 20 personnes selon Gamble, 1998), restreint (quelques individus d'un groupe humain, le noyau nucléaire par exemple, Gamble, 1998) ou individuel (Villeneuve, 2008 ; Bourdier *et al.*, 2017). Placer un motif au fond d'une cavité, dans un endroit difficile d'accès ou nécessitant une bonne condition physique indique un choix préalable des exécutants vis-à-vis du public visé. Ces différences en termes d'accessibilité et d'autorisation de visibilité des motifs indiquent diverses identités sociales au sein d'un même groupe culturel.

2- Fonction(s) des sites ornés

L'identité sociale du public de l'art pariétal paléolithique dépend de la fonction des sites ornés au sein de la structuration socio-économique de ces populations et de l'organisation de leur mobilité. Les sites ornés possèdent-ils une fonction unique partagée par l'ensemble des sociétés du Paléolithique supérieur, ou au contraire, font-ils preuve d'une plurifonctionnalité ? Différentes interprétations concernant les fonctions des sites peuvent être émises par l'étude archéologique. Un site de grandes dimensions laisse la possibilité qu'un nombre important de personnes voit les motifs simultanément, indiquant un site collectif, probablement un lieu de rassemblement, un camp de base ou un super-site (Clottes, 1996). Les camps de base sont caractérisés par des vestiges fauniques, un outillage osseux et lithique abondants ainsi qu'associés à de l'art mobilier et de la parure en quantité (Clottes, 1996). Une capacité d'accueil collective peut même indiquer un lieu d'agrégation où plusieurs groupes humains ne vivant pas dans le même territoire se regroupent de manière temporaire et régulière afin de resserrer et d'entretenir les liens sociaux (Bahn, 1984 ; Moure Romanillo, 1994 ; Bourdier, 2013). Ces lieux, de grandes dimensions et d'accessibilité aisée, sont caractérisés par un matériel abondant et de qualité, parsemé d'une riche production d'art mobilier à innovations techniques (Conkey, 1988). De petites dimensions et un accès plus difficile mettent en évidence un lieu à vocation privé où peu de personnes se retrouvent en même temps (Lorblanchet, 2010). Les lieux dépourvus de traces d'habitation sont appelés « sanctuaires » et les parois ornées interprétées symboliquement (Clottes, 1999). Dans la région quercynoise, M. Lorblanchet (2010) distingue trois types de sites ornés : un habitat orné qui est un site d'occupation caractérisé par la présence d'art pariétal (grotte de Sainte-Eulalie), un sanctuaire privé qui est un site orné sans occupation associée avec une petite capacité d'accueil de public (grotte de Pergouset) et un sanctuaire public qui est un site sans occupation associée avec une grande capacité d'accueil de public (grotte du Pech-Merle). Pareillement, dans la région cantabrique, F. J. Forzea Perez (1994) distingue les sanctuaires extérieurs, qui sont des lieux ouverts publiquement à l'instar des abris-sous-roche, des sanctuaires dits intérieurs, qui ne peuvent accueillir qu'un nombre réduit d'individus comme certaines grottes.

3- Usages sociaux de cette forme d'expression visuelle

Enfin, analyser la réception de l'art pariétal interroge la ou les usages socioculturels de cette production visuelle chez les populations du Paléolithique supérieur européen (Domingo Sanz *et al.*, 2008 ; Bourdier *et al.*, 2017). L'art pariétal joue un rôle crucial dans la construction des stratégies sociales du fait de sa dimension symbolique, religieuse, spirituelle, historique, mythique ou encore éthique. Il est l'élément majeur des systèmes de communication entre et à l'intérieur des groupes

humains (Bourdier, 2013). L'art pariétal fut-il secret ou public, théâtralisé ou confidentiel, éphémère ou pérenne (Bourdier *et al.*, 2015) ? À un dernier niveau, il s'agit donc de questionner comment la production visuelle a participé aux constructions et relations sociales à l'intérieur des groupes et entre les groupes humains. A-t-elle notamment joué un rôle de médiateur entre groupes culturels ? Selon C. Gamble (1998), la production graphique vise essentiellement à envoyer un message à un groupe social précis d'une aire géographique distante et définie. Si elle construit les relations sociales au sein d'un même groupe culturel, elle a avant tout un but communicatif entre différents groupes préalablement définis (Gamble, 1998). B. Hayden propose une approche de la production graphique un peu différente. Il voit dans celle-ci la matérialisation des inégalités sociales qui se développent au Paléolithique supérieur, principalement dans grands sites d'art pariétal comme Lascaux, Font-de-Gaume, Altamira ou Cap-Blanc qui seraient des étalages de prestiges de spécialistes (Hayden, 2013). En outre, il considère les grottes à l'opulente ornementation du Paléolithique supérieur comme pouvant être le lieu de réunion des sociétés secrètes, caractéristiques de la plupart des sociétés transégaliennes complexes (Hayden, 2013). Certains de ces lieux pourraient être « des sources d'aspiration au pouvoir » (salle des Taureaux à Lascaux ou salle des Félines aux Trois-Frères) (Hayden, 2013, p. 103).

B - Perception et visibilité de l'art pariétal paléolithique

Jusqu'à récemment, la problématique des publics de l'art pariétal paléolithique européen était presque uniquement considérée à travers le « contexte archéologique interne et externe » (Clottes, 1993a et 1993b). Le « contexte archéologique interne » est défini par J. Clottes comme « les vestiges et traces laissés par les activités des hommes et des animaux dans la caverne » (Clottes, 1993b, p. 49). Le « contexte archéologique externe » correspond à tout le contexte socio-culturel dans lequel s'insère la caverne, dont elle est une des multiples manifestations (Clottes, 1993a). La question de la perception de l'art pariétal en termes de conditions offertes est un autre moyen d'aborder son ou ses public(s). La perception est « l'ensemble des mécanismes et des processus par lesquels l'organisme prend connaissance du monde et de son environnement sur la base des informations élaborées par ses sens. » (Bonnet *et al.*, 1989, p. 3). Alors que la sensation est la détection d'un stimulus dans l'environnement, la perception est quant à elle la manière d'interpréter les informations collectées par les sens (Levine, 2000). Les perceptions sont donc effectuées à partir des sensations (Levine, 2000). La perception comporte ainsi une part de subjectivité propre à chaque être humain d'une part, soumises aux influences culturelles d'autre part.

Dans le cas de l'art pariétal paléolithique européen, considérer sa perception renvoie plus précisément à sa « perceptibilité ». Cette dernière notion intègre deux qualités complémentaires : la visibilité et la lisibilité (Bourdier *et al.*, 2017). Dans le champ des Systèmes d'Information Géographique appliquées à l'archéologie, M. Gillings et D. Wheatley définissent ainsi la visibilité :

“the term visibility refers to *past* cognitive/perceptual acts that served to not only inform, structure and organize the location and form of cultural features, but also to choreograph practice within and around them” (Wheatley & Gillings, 2000, p. 2). La lisibilité est l'identification de l'objet observé, « qui peut être déchiffré sans peine » (définition du Larousse), ce qui diffère légèrement de la visibilité qui requiert uniquement le fait de voir l'objet et non de l'identifier.

Le champ d'étude de la visibilité de l'art pariétal paléolithique européen est encore peu exploré. Des 2003, P. Bahn souligne pourtant l'importance de la prise en compte de cette notion pour étudier le public de l'art pariétal paléolithique. Depuis 2007, moins d'une dizaine d'ouvrages, articles et manuscrits s'y sont intéressés, même si cette thématique connaît un essor notable depuis 2015 avec une session dédiée lors du dernier congrès de l'IFRAO (Bourdier *et al.*, 2015). Ces travaux se sont surtout focalisés sur les aspects méthodologiques à mettre en place.

Le premier écrit à s'y intéresser est le Master de S. Villeneuve réalisée en 2008 à l'Université de Victoria au Canada intitulée *Looking at caves from the bottom-up: a visual and contextual analysis of four Paleolithic painted caves in southwest France (Dordogne)*. L'auteur conclut de son étude sur les dispositifs pariétaux à tectiformes du Magdalénien moyen périgourdin, qu'il semble exister des groupes bien distincts, allant du collectif à l'individuel, dont les aires d'occupation et d'activité sont bien définies. La grotte des Combarelles I, de par sa morphologie, est destinée à un public très restreint. Les grottes de Bernifal, Font-de-Gaume et Villars sont divisées en 4 ou 5 zones bien spécifiques, alliant tour à tour espace public et espace privé. Elle est l'une des premières à mettre en place des critères méthodologiques pour l'analyse de la visibilité de l'art pariétal paléolithique (fig. A1). La visibilité des motifs seuls doit être prise en compte pour cette analyse, afin d'obtenir des informations sur leur potentielle fonction sociale (Villeneuve & Hayden, 2007). Des manques apparaissent cependant : l'étude ne prend pas en compte l'éclairage ni l'inscription dans le paysage des sites (cf. fig. A1), pourtant essentiels à l'analyse de la visibilité de l'art pariétal paléolithique européen.

Un article fondamental dans ce domaine de recherche est celui d'A. Pastoors et G-C. Weniger « Cave art in its context : methods for the analysis of the spatial organisation of caves sites », paru en 2011. L'intérêt est mis sur la caractérisation de la spatialisation de l'intérieur des cavités de Bèdeilhac,

Fontanet et Le Portel (Magdalénien) (fig. A1). Le motif est ici abordé sous l'angle de l'éclairage ainsi que de sa position dans les différentes zones d'ombre et de lumière de la cavité, cela semble influencer sur la répartition des motifs. Les critères sont la structure naturelle de la grotte, la capacité de l'œil humain à réagir à l'obscurité et à la lumière naturelle puis la classification des différents vestiges, laissant de côté le motif et son support. Cette étude montre qu'il existe une partition des cavités en fonction des activités réalisées : zones d'expression graphique, zones d'approvisionnement, zones d'expression avec des activités d'approvisionnement et des zones d'expression avec des activités de consommation. Si cet article apporte d'importantes précisions sur les critères d'éclairage, il laisse de côté l'inscription dans le paysage du gisement ainsi que les caractéristiques intrinsèques de l'art pariétal, objet de l'analyse (fig. A1).

Un mémoire de Master 2 de l'Université de Bordeaux, *Grotte de Cussac. Élection des supports des panneaux ornés : déterminisme géologique, déterminisme culturel ?*, réalisé par A. Jouteau en 2016, s'intéresse aux conditions d'accessibilité et de visibilité pour un éventuel public en étudiant 31 panneaux de la grotte de Cussac (Le Buisson de Cadouin, France) datée du Gravettien. Cette chercheuse choisit d'étudier ce critère à travers les éléments présentés dans le tableau en Annexes (fig. A1), elle est la première à effectuer des modélisations de l'éclairage, en indiquant toutefois l'incomplétude de ce travail.

Trois groupes de panneaux se distinguent et révèlent les choix opérés par les Hommes du Paléolithique. Le premier groupe est constitué de panneaux de petites dimensions pour lesquels leur topographie, leurs relations visuelles, le confort du graveur et la proximité du cheminement sont les critères privilégiés. Le deuxième groupe est caractérisé par l'isolement, la localisation et la proximité du cheminement. Il est beaucoup plus hétérogène que les deux autres. Pour le troisième groupe de panneaux, c'est la surface régulière, de grandes dimensions et une grande capacité d'accueil qui ont été privilégiées. Des facteurs influençant la construction du dispositif pariétal sont ainsi mis en évidence. Si ce mémoire est pionnier dans la prise en compte de l'éclairage comme critère discriminant de la visibilité de l'art pariétal, il ne tient en revanche pas compte de l'inscription du site dans le paysage ainsi que très peu des conditions de l'espace physique dans lesquelles s'inscrivent les panneaux (fig. A1).

Un article très récent et fondamental s'intéresse à l'analyse de la visibilité de l'art pariétal paléolithique européen : « Methodological contribution to the integrated study of European Palaeolithic rock art : the issue of the audience and the perceptibility of Roc-aux-Sorciers rock art (Angles-sur-l'Anglin, France) », réalisé par C. Bourdier, O. Fuentes et G. Pinçon en 2017. Il propose une méthodologie affinée basée sur la distinction entre « visibilité » (qualité nécessaire pour être vu) et

« lisibilité » (qualité nécessaire pour être reconnu et identifié), deux vocables relevant d'échelles d'analyse différentes. L'étude du dispositif pariétal du Magdalénien moyen du Roc-aux-Sorciers (Angles-sur-l'Anglin, France) apporte des résultats intéressants. Le site est à vocation collective avec une grande capacité d'accueil (75 à 100 personnes), accessible facilement et aisément visible dans le paysage. Deux stratégies de visibilité se dégagent suivant la localisation des motifs sur le plafond ou la paroi. Certains outils analytiques sont pertinents alors que d'autres restent à approfondir, en particulier les calculs de distances empruntés au champ de l'optique. Trois critères sont déterminés, chacun à leur tour subdivisé en plusieurs variables : l'espace physique, les caractéristiques de l'art pariétal et les conditions de visibilité (fig. A1). L'éclairage n'est pas abordé dans cet article. Il est néanmoins mentionné qu'il s'agit d'un critère indispensable pour les études futures concernant cette thématique de recherche.

Enfin, nous avons réalisé une étude sur ce sujet lors de notre Master 1 à l'Université de Toulouse Jean Jaurès en 2017 intitulée *La question de la visibilité dans l'art pariétal paléolithique européen. Regard comparé sur la figure du cheval à Combarelles I (LES-EYZIES-DE-TAYAC, France) et Cap Blanc (MARQUAY, France)*. Nous avons déterminé une grille analytique de la visibilité applicable à tous les sites d'art pariétal paléolithique organisée en quatre critères : l'inscription dans le paysage, le contexte physique du site, les caractéristiques intrinsèques de l'art pariétal, et l'éclairage (fig. A1 et A2). En appliquant cette grille d'analyse aux deux sites précédemment cités, datés du Magdalénien moyen périgourdin, nous concluons qu'il semble exister différents types de publics associés à différents types d'espaces souterrains, et donc différentes fonctions sociales de l'art pariétal paléolithique. La grotte des Combarelles I est destinée à un public restreint voir individuel dans le fond de la cavité, de par son inscription dans le paysage dans un endroit reculé de la vallée, par sa morphologie de grotte-couloir qui ne permet la tenue que de 2-3 personnes maximum simultanément, ainsi que par la technique de la gravure, très peu visible et en constante juxtaposition. L'abri-sous-roche de Cap Blanc est, par contre, à vocation collective (plus de 20 personnes) car il s'inscrit de façon visible dans le paysage. De plus, sa surface d'accueil avoisine les 50m², permettant ainsi l'accueil de groupes humains. La technique utilisée, la sculpture, permet une visibilité aisée des motifs. Son orientation plein Sud permet l'éclairage de la frise par la lumière naturelle une grande partie de la journée. À l'instar de C. Bourdier, O Fuentes et G. Pinçon, nous constatons des limites à certaines variables utilisées (notamment dans le calcul des distances de visibilité maximale et dans la connaissance limitée de l'éclairage au Paléolithique), limites auxquelles nous tentons de trouver des solutions dans la présente étude.

C - Archéologie et neurosciences

L'archéologie préhistorique a tissé des liens étroits avec les neurosciences depuis les années 1990, axés sur des travaux interdisciplinaires autour de la modernité biologique et comportementale, notamment quant à la question des facteurs à l'œuvre dans la naissance de l'expression graphique. Les hypothèses émises ont suscité d'importants débats à l'échelle internationale, encore d'actualité de nos jours. D'après les expériences de D. Morris, « les gestes instinctifs, les structures récurrentes et la sensibilité intuitive à la figuration potentielle que partagent les grands singes et les hominidés définissent les fondements biologiques et la base de l'art » (Lorblanchet, 1999, p. 22). Selon D. Lewis-Williams et A. Dowson, le comportement psychologique de nos ancêtres, supposé identique au nôtre, pourrait être analysé grâce à l'étude du système nerveux mammalien. Par là même, nous comprendrions l'origine des images représentées (Lewis-Williams & Dawson, 1988 ; *in* Lorblanchet, 1999, p. 23). Cependant, les motifs entoptiques correspondent uniquement à de basiques formes géométriques pour les Hommes depuis *Homo erectus*, et qui se retrouvent aussi chez les grands singes qui ne montrent aucun signe apparent de transe (Lorblanchet, 1999). Selon d'autres chercheurs, une autre explication des fondements biologiques de l'art serait l'utilisation des mécanismes psychophysiologiques de la perception d'*Homo sapiens sapiens* comme moyen d'expliquer l'apparition de l'art figuratif. Aussi, la perception visuelle saisit d'emblée les masses ce qui expliquerait la grande majorité des dessins de contour présents dans l'art paléolithique (Halverson, 1992 ; *in* Lorblanchet, 1999, p. 25). Cette interprétation, selon M. Lorblanchet (1999), est trop réductrice car elle part du principe que les conventions artistiques et les développements culturels sont d'importance mineure, au profit des processus et structures biologiques se reflétant dans les dessins de contour (Lorblanchet, 1999). W. Noble et I. Davidson associent la naissance des images et celle du langage : ce dernier se développe à travers la production visuelle, fournissant ainsi un contexte comportemental favorisant le développement du langage articulé par la sélection naturelle (Noble et Davidson, 1993 ; *in* Lorblanchet, 1999, p. 28). Ce point de vue est malheureusement beaucoup trop spéculatif et universel pour être retenu (Lorblanchet, 1999). Enfin, D. Vialou (1995) et d'autres associent étroitement l'apparition du fondement biologique de l'art avec l'émergence de l'Homme moderne. Cependant, l'apparition de l'Homme moderne ne va pas toujours de pair avec un développement de l'art, de même que certaines sociétés ethnographiées n'ont pas d'art. La variabilité des sociétés humaines du Paléolithique peut aussi être expliquée grâce à de nombreux facteurs non biologiques (Lorblanchet, 1999, p. 32).

J. Clottes et D. Lewis-Williams envisage l'art pariétal dans une perspective neuropsychologique à travers le chamanisme. Ils supposent que les recherches récentes sont susceptibles d'entrevoir la conception mentale et religieuse des peuples du Paléolithique supérieur européen car ce sont des

Homo sapiens sapiens, dont le système nerveux est supposé similaire au nôtre (Clottes et Lewis-Williams, 1996, p. 14). En effet, le système nerveux humain peut susciter des états de conscience altérée et des hallucinations. L'art pariétal serait alors la figuration des trois stades du chamanisme. Le premier stade correspond à la matérialisation des signes géométriques, ils sont différents des hallucinations du stade 3 qui correspondent à des êtres composites et imaginaires. Dans le stade 2, les sujets tentent de rationaliser leurs perceptions géométriques par la réalisation de motifs lourds de signification dans leurs codes culturels et sociaux (les représentations figurées animales et humaines) (Clottes et Lewis-Williams, 1996). Ces chercheurs distinguent six catégories de signes entoptiques, qui sont des « formes mentales géométriques s'imposant à l'esprit durant l'hallucination » (Lorblanchet, 1999, p. 23).

Pour tenter de pallier cette impasse méthodologique dans laquelle nous sommes lorsque nous parlons de visibilité de l'art pariétal paléolithique, nous avons choisi d'associer les neurosciences à l'archéologie préhistorique pour traiter la problématique de la visibilité. En effet, nous étudions la visibilité (capacité de voir quelque chose à une certaine distance, définition du TLFi) qui est l'un des deux concepts de la perceptibilité (l'autre étant la lisibilité – capacité d'identifier quelque chose à une certaine distance, définition du TLFi) : « ensemble des mécanismes et des processus par lesquels l'organisme prend connaissance du monde et de son environnement sur la base des informations élaborées par ses sens » (Bonnet et *al.*, 2003, p. 3). L'étude de la visibilité touche à la récupération des données sensorielles perçues par les sens et le cerveau qui sont interprétées par l'esprit, influencées par les traditions culturelles de l'observateur. Il nous semblait alors pertinent de se tourner vers le domaine qui étudie ce champ de questionnement, les neurosciences, et d'entamer une recherche pluridisciplinaire. Nous empruntons ainsi au champ des neurosciences une méthode d'analyse, dite psychométrique ou psychophysique, que nous appliquons au domaine archéologique. Il s'agit de faire passer des séries de tests sur des sujets afin de mesurer des composantes psychologiques observables qui ont un effet plus ou moins prononcé sur la réalité physique, c'est-à-dire ici mesurer l'impact des paramètres choisis sur la visibilité du public paléolithique de l'art pariétal et ce que nous pouvons en tirer comme interprétation archéologique.

Cette définition est ici très intéressante puisqu'elle souligne le caractère perceptif de ce concept, et confirme l'intérêt de se mettre en relation avec les neurosciences dont le champ d'investigation est la perception. L'action de voir est alors une partie d'un vaste complexe de relations et d'interrelations dont le but est la création et le renforcement des liens sociaux au sein d'un même groupe culturel mais aussi entre différents groupes culturels.

II- METHODOLOGIE

A - La démarche expérimentale

La démarche expérimentale apparaît à la fin du XIX^e siècle dans le domaine de l'archéologie. Elle s'étend progressivement à des champs d'investigation variés comme l'étude de l'industrie lithique afin de comprendre la chaîne opératoire de fabrication des outils (De Beaune, 1993), ou encore l'analyse des techniques picturales en vue de créer des référentiels actualistes (Clottes et *al.*, 1990 ; Salomon, 2009).

Une expérimentation est une méthode scientifique qui permet, grâce à des essais ou des tests, d'établir des conclusions (Margenau, 1950 ; *in* Reynolds, 1999, p. 387). La démarche expérimentale, ou démarche « actualiste », teste des scénarios hypothétiques utilisant des conditions et matériaux potentiellement authentiques dans le but de déterminer s'ils sont compatibles avec les faits archéologiques et ont donc une valeur scientifique. Elle permet d'apporter des éléments de compréhension des comportements humains passés, mais non de les reproduire (Outram, 2008). L'expérimentation archéologique a pour but de mieux comprendre les vestiges retrouvés lors de fouilles archéologiques.

Elle repose sur l'émission d'hypothèses à tester. Le processus de tests doit être rigoureux et sans interaction humaine possible, suivi à l'aide d'un protocole expérimental enregistré dans sa durée. L'expérimentation fournit des résultats négatifs ou positifs, permettant de valider ou d'infirmer une hypothèse. Cela ne signifie cependant pas que l'hypothèse validée est juste, simplement qu'elle fait partie des possibilités pertinentes pour répondre à la problématique donnée (Reynolds, 1999 ; Outram, 2008).

P. Reynolds différencie les expérimentations archéologiques en cinq classes : *construct, processes and function experiments, simulation, eventuality trial* et *technological innovation* (Reynolds, 1999). La catégorie *construct* correspond aux tests d'hypothèses relatives aux modes de constructions des bâtiments des sociétés passées. Elle ne doit pas être confondue avec le terme « reconstruction » car il ne s'agit aucunement de reconstituer les comportements passés. Les expérimentations des processus et des fonctions cherchent à examiner comment les choses ont été réalisées. La troisième catégorie d'expérimentation regroupe les expérimentations sur le long-terme, c'est-à-dire que les éléments hypothétiques sont construits et laissés à la détérioration jusqu'à ce qu'ils soient semblables aux faits archéologiques. La quatrième catégorie est une combinaison des trois précédentes : elle cherche à explorer le produit potentiel des sociétés passées. La dernière catégorie cherche à tester des nouveaux équipements en vue d'améliorer l'acquisition archéologique des données. Elle suscite

de nombreuses controverses quant à sa qualité d'expérimentation. Il est important de noter que chaque catégorie n'est pas exclusive (Reynolds, 1999). Nous estimons que notre expérimentation se situe dans le courant de la seconde classe, puisqu'il s'agit de tenter de comprendre comment les choses, matérielles ou immatérielles, étaient réalisées par les groupes humains du passé.

B- Objectifs

L'objectif de cette expérimentation est d'abord d'ordre social : il s'agit d'appréhender la réception de l'art pariétal paléolithique à travers l'étude de sa visibilité par le public. Parmi tous les critères testés dans les travaux précédents, le choix a d'abord été porté sur l'impact de la technique de réalisation dans la visibilité des motifs pariétaux. Différentes techniques de réalisation signifient-elles différents public ? L'étude de l'impact de la technique de réalisation des motifs permet de qualifier et de quantifier le(s) public(s) paléolithique(s).

Considérer la technique nécessite d'envisager parallèlement les conditions d'éclairage qui influencent de manière directe le degré de visibilité des techniques (fig. 1).

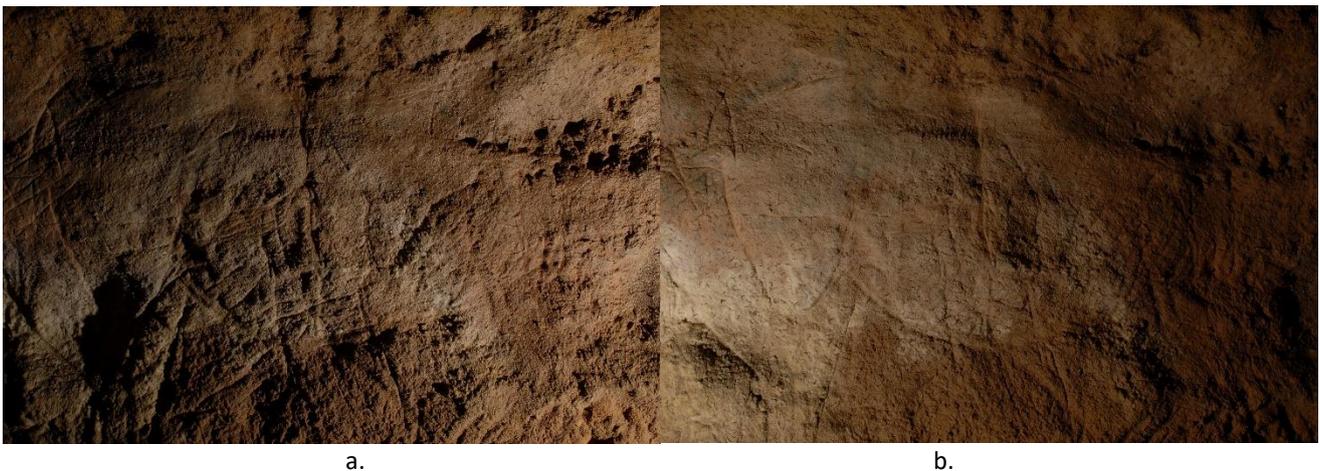


Figure 1 : degré de visibilité très contrasté de la gravure selon l'angle d'éclairage (a. matin b. soir)

Il est ici important de souligner que l'influence et l'incidence des conditions d'éclairage des sites ornés restent encore très peu étudiées jusqu'à présent sur les questions de visibilité/lisibilité. Ainsi, analyser les conditions d'éclairage permettrait de caractériser le public visé : les motifs sont-ils destinés à un large public ou au contraire à un public plus restreint ? Un motif peu éclairé est concrètement destiné à être vu par un individu à la fois ou du moins par un nombre restreint d'individus. De même, étudier les conditions d'éclairage des différentes techniques permet d'apporter des précisions quant à l'aménagement/occupation du site. Selon la fonction individuelle ou collective du site, l'éclairage sera sensiblement différent : un éclairage à une lampe à graisse induit une relation intimiste avec les

motifs pariétaux. Les sites peuvent également être occupés différemment selon les périodes de l'année en relation avec l'incidence et la puissance d'éclairage de la lumière naturelle selon les saisons. L'aménagement et l'occupation des sites peuvent ainsi varier au cours du temps, pour ce qui est des occupations et réoccupations en liens avec l'art pariétal.

De plus, il est important de souligner que cette expérimentation est menée sur des sujets d'Hommes modernes actuels dotés d'un système nerveux supposé similaire à celui des sociétés paléolithiques passées étudiées (Clottes & Lewis-Williams, 1996 ; Lorblanchet, 1999).

C – La méthode psychométrique

La méthode utilisée est empruntée au domaine de la psychologie expérimentale. La méthode psychométrique, ou psychophysique, consiste à quantifier le lien entre des propriétés physiques objectives et ce qu'elles évoquent en termes psychologiques de sensation ou de perception (Swets, 1961 ; Hochberg, 1962). Cette méthode a été largement utilisée dans le laboratoire d'accueil (Delorme *et al.*, 2000 ; Macé *et al.*, 2005 ; Severac-Cauquil *et al.*, 2017). Il s'agit de mesurer et de caractériser l'impact de l'éclairage et de la technique utilisés sur la visibilité des motifs pariétaux. Cette méthode est particulièrement développée dans le cadre de la catégorisation des tâches chez l'humain et le singe afin de comprendre les premiers signes de reconnaissance et d'identification des images et des objets pour les processus visuels (Macé *et al.*, 2005).

La méthode psychométrique permet d'obtenir des tableaux qui sont constitués de réponses binaires (utilisation de la régression logistique binaire) sur lesquelles sont ensuite appliqués des traitements statistiques qui ont pour but de montrer le temps de réaction des participants ainsi que leur pourcentage de réussite en vue de déterminer quelle technique et quel type d'éclairage sont les plus aisément visibles, tout en prenant en compte le degré d'expertise des sujets. Ces résultats sont ensuite interprétés en termes de potentiel(s) public(s) de l'art pariétal paléolithique.

D – Protocole expérimental

1- Paramètres considérés (fig. 2)

Gravure fine	Peinture noire	Peinture rouge	Bichromie	Bas-relief
Matin (7h)				
Midi	Midi	Midi	Midi	Midi
Soir (18h)				
Éclairage artificiel				

Figure 2 : Tableau des modalités de chaque condition de l'expérimentation

- *Les techniques de réalisation des motifs pariétaux*



Figure 3 : technique de la gravure

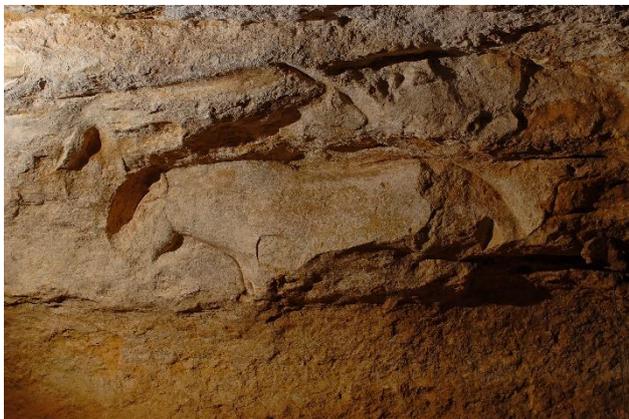


Figure 4 : technique du bas-relief



Figure 5 : technique de la peinture rouge

Cinq modalités ont été définies : gravure fine (fig. 3), peinture noire (fig. 6), peinture rouge (fig. 5), bichromie (rouge et noir – fig. 7) et bas-relief (fig. 4). Ces cinq techniques embrassent la variété des techniques rencontrées dans l'art pariétal paléolithique européen. La peinture est appliquée au pinceau, au tampon et au doigt : ces trois techniques sont attestées dans les cavités paléolithiques et illustrent la variété des techniques employées. Concernant la bichromie, les motifs sont représentés par un contour noir avec un remplissage rouge. Cette façon de représenter les motifs est la plus répandue pour la technique de la bichromie, d'où ce choix. La peinture noire ainsi que la gravure fine présentent des tracés linéaires des motifs. Cependant, la bichromie représente des motifs en remplissage complets. La peinture rouge présente des tracés linéaires à l'exception d'un motif de la grotte de Marsoulas. D'une manière générale, l'œil humain perçoit plus facilement les silhouettes représentées par leur contour que les motifs à remplissage partiels/complets. Le contour permet une séparation efficace entre la surface de l'objet et son fond sur lequel il se

détache davantage : les figures fermées se perçoivent mieux que les autres en se détachant parfaitement du fond. Il est alors perçu comme une silhouette pleine (Lorblanchet, 1999). Pour répondre à nos objectifs, il était donc plus sensé d'avoir une majorité de tracés linéaires.

- *Les conditions d'éclairage des motifs pariétaux*

Le second facteur considéré est le potentiel éclairage utilisé pour la perception du public. Il comporte quatre modalités : matin (7h), midi et soir (18h) pour un éclairage naturel, ainsi qu'un éclairage artificiel (lampe à graisse). Le choix de deux types d'éclairage naturel/artificiel se justifie par les vestiges archéologiques trouvés dans les cavités (lampes à graisses dans la grotte de Lascaux, mouchages de torches sur les parois de nombreuses grottes comme au Tuc d'Audoubert – Bégouën *et al.*, 2009) ainsi que par la présence de parois ornées directement au contact de la lumière naturelle dans les abris-sous-roche (Cap Blanc, le Roc-aux-Sorciers). Trois modalités différentes pour l'éclairage naturel ont été déterminées. Ils sont selon nous représentatifs des variations lumineuses au cours de la journée (tôt le matin lorsque le soleil se lève, le midi lorsque le soleil est à son zénith et le soir lorsque le soleil



Figure 6 : technique de la peinture



Figure 7 : technique de la bichromie

est en train de disparaître). Les trois modalités définies pour l'éclairage naturel ont ainsi été pensées en terme d'angle d'incidence de la lumière : rasant d'un côté latéral pour le matin, frontal pour le midi, rasant du côté latéral opposé pour le soir. La lampe à graisse est un élément retrouvé aux pieds de certaines parois dans les cavités souterraines où la lumière naturelle ne pénètre pas. Il est l'éclairage artificiel choisi puisqu'il est le seul documenté et analysé jusqu'à aujourd'hui. L'éclairage à la torche est aussi attesté, bien qu'il n'y ait pas encore d'étude sur la portée lumineuse de la flamme (Pastoors et Weninger, 2011 ; Jouteau, 2016).

- *Les motifs*

Le choix des motifs est déterminant puisqu'il influence la visibilité de l'observateur. Un motif représentatif de la réalité (de forme réaliste) est facile à voir. À l'inverse, un motif plus schématique nécessitant la réflexion et l'expérience de l'observateur afin de savoir ce qu'il représente, est plus difficile à voir. Un choix exhaustif de la variabilité de représentation des motifs est alors requis. Pour cette expérimentation, les motifs ont été choisis aléatoirement au sein du registre figuratif animalier, et ne constituent pas une thématique précise. Le choix de prendre à la fois des photographies avec motif animalier et sans motif animalier permet d'assurer la fiabilité des résultats afin que le participant ne se conditionne pas à voir uniquement des motifs animaliers. Son attention ne retombe jamais tout au long de l'expérimentation. Par ailleurs, la tâche de catégorisation animal/non animal est couramment pratiquée dans le laboratoire d'accueil (Delorme *et al.*, 2000 ; Macé *et al.*, 2005).

- *L'observateur*

Le choix de l'observateur est également déterminant puisque selon son degré d'habitude à percevoir des motifs pariétaux, sa réponse ne sera sensiblement pas la même. La connaissance de ce type de représentation graphique influence le degré de visibilité. Il faut aussi prendre en compte le fait que la visibilité est conditionnée par l'habitude, d'où le choix de deux groupes de sujets pour l'expérimentation. Un premier groupe est constitué d'experts : provenant du monde de l'archéologie, ils ont une connaissance préalable de l'art pariétal, avec au moins quatre sites ornés visités (nous considérons qu'un nombre minimal de quatre sites ornés permet une certaine habitude de visibilité des motifs). Un second groupe est composé de novices, n'appartenant pas au monde de l'archéologie et n'étant pas habitués à voir de l'art pariétal, n'ayant soit jamais visité de sites ornés, soit ayant effectué un nombre de visites inférieur à quatre.

2- Modalités

- *Les images* (cf. fig. A3 à fig. A14)

Nous effectuons cette expérimentation à partir de photographies de motifs pariétaux, et non *in situ*, la méthode psychométrique nous ayant contrainte à faire l'expérimentation en laboratoire. L'un des buts de cette expérimentation est par ailleurs de trouver une méthodologie qui puisse être applicable à tout type de cavité/abri-sous-roche paléolithique.

Cette étude est réalisée à partir de photographies, de reproductions et non des originaux car l'expérimentation requiert la présence de sujets humains dans un laboratoire.

Les clichés sur lesquels repose l'expérimentation ont été acquis en amont. Nous avons réalisé les photographies des trois techniques de peinture au Parc de la Préhistoire (Tarascon-sur-Ariège) dans la reproduction du salon noir de la grotte de Niaux et de la grotte de Marsoulas, avec une lampe à graisse expérimentale, un appareil photo CANON 70D et un flash YONGNUO YN660. Elles ont été complétées par des images de la grotte de Lascaux présentes en ligne à l'adresse suivante : <http://archeologie.culture.fr/lascaux/fr/mediatheque> (consulté le 01/03/2018). Les clichés des motifs gravés nous ont été généreusement donnés par Olivier Huard, issus de son DEA sur la grotte des Combarelles I. Enfin, les images sculptées nous ont été fournies par Camille Bourdier, grâce à l'accès au modèle 3D de l'abri. Ces lieux ont été choisis de par leur représentativité des techniques de réalisation de l'art pariétal paléolithique définis pour les besoins de l'expérimentation. De plus, leur accessibilité pour l'obtention d'images, en vue de créer une base de données, est un élément pris en compte dans leur choix.

Les motifs présents sur les images sont tous à une dimension semblable d'un mètre, qui est la dimension moyenne d'un motif dans l'art pariétal paléolithique. Le cadrage est le même pour chaque image avec le motif en plein cadre, placé au centre. Les photographies sont toutes aux mêmes dimensions et résolution : 2736 x 1824 pixels.

Afin qu'il n'y est pas de variable parasite, la luminosité des photographies a été modifiée à l'aide du logiciel ©Photoshop, de façon à ce qu'elle soit uniforme sur chaque image.

- *Les participants*

Afin d'obtenir un échantillon de population statistiquement fiable, un nombre minimum de participants est requis afin d'avoir la plus grande représentativité des comportements. Dans l'optique de déterminer la cohorte minimale nécessaire à l'expérimentation, nous nous sommes appuyés sur les travaux effectués dans le champ des neurosciences (Baurès *et al.*, soumis). Situées selon les études entre 12 et 15 participants par groupe testé, un nombre minimum de 12 sujets par groupe a été retenu. Ils ont ensuite été recrutés au sein du domaine archéologique, plus précisément au sein du laboratoire TRACES (UMR 5608 de l'université de Toulouse Jean Jaurès) en ce qui concerne la catégorie « experts ». Les « novices » viennent de domaines variés, sans lien avec le domaine de l'archéologie préhistorique. Ils ont dû répondre à des questions préalables sur leur connaissance de l'art pariétal afin de déterminer dans quelle catégorie les placer. Les participants ont une vision normale ou corrigée. Ils sont adultes, femmes et hommes, et ont entre 23 et 36 ans (**Experts** : F = 9 ; H = 3 ; âge moyen = 25. **Novices** : F = 5 ; H = 7 ; âge moyen = 25). Ils collaborent après avoir donné leur consentement formel et éclairé.

- *Les conditions d'observation*

Les participants sont placés dans une salle noire, assis sur un siège, seuls. Il n'y a pas d'interaction possible avec l'extérieur de la salle, ce qui permet d'assurer l'impartialité des réponses et la qualité des résultats. Ils sont placés à une distance constante de 80 cm (distance entre le bureau et l'écran de la salle d'expérimentation) d'un écran projetant les clichés à vitesse régulière de 200 ms (temps de reconnaissance des formes par l'œil humain), sans que les participants ne puissent intervenir.

- *Le nombre d'essais*

Pour assurer la fiabilité des résultats, la méthode psychométrique requiert que chaque condition testée soit répétée 40 fois : 20 fois avec un motif animalier et 20 fois sans motif animalier. Un nombre total de 800 essais par participant pour une première série de tests est ainsi nécessaire. En vertu du caractère inédit de cette expérimentation, nous avons préféré dans un premier temps limiter le nombre d'essais afin de tester la pertinence des résultats obtenus. En effet, pour gagner en pertinence des résultats, il faudrait répéter chaque condition plus de 40 fois. Cependant, comme il n'existe aucun motif non animalier en bas-relief ni réalisé en bichromie, 160 images n'ont pas pu être réalisées et soumises aux tests. De plus, 40 images avec l'éclairage artificiel de la lampe à graisse n'ont pu être réalisées pour les motifs animaliers gravés et non animaliers en bas-relief : un total de 200 images n'a pu être soumis aux tests.

- *La question posée*

Voyez-vous un animal au centre de la photographie ? Le choix d'une seule question pour l'expérimentation résulte de plusieurs facteurs. Le caractère inédit de cette recherche demande de la prudence. Ainsi, dans un premier temps, nous avons estimé qu'une seule question était suffisante pour commencer un travail pluridisciplinaire. La même observation s'applique pour le choix de réponse binaire. Une seule question simple nécessitant une réponse binaire permet également de ne pas perturber le sujet afin qu'il se concentre sur la tâche à accomplir. Une demande plus complète requerrait une plus grande habitude des sujets à ce genre de test.

Les termes de la question répondent aux objectifs de l'expérimentation. « Voir » est le terme central de cette question puisque nous traitons de la visibilité de l'art pariétal paléolithique. Il s'agit de « percevoir les images des objets par le sens de la vue » (dictionnaire du TLFi). Un « animal » est un « être vivant, organisé, élémentaire ou complexe, doué de sensibilité et de mobilité » (dictionnaire du TLFi). Ce terme permet aux sujets de différencier un animal d'un signe géométrique abstrait. Le « centre » de l'image est le « milieu approximatif » (dictionnaire du TLFi). Cette indication permet aux

participants de garder leur regard sur un point fixe sans balayer toute l'image au risque de ne pas voir l'information demandée.

3- Déroulement de l'expérimentation

Les tests ont été effectués dans le laboratoire CerCo (Centre de Recherche Cerveau & Cognition, UMR 5549) de l'hôpital Purpan (Toulouse) mis à notre disposition par l'unité Espace et Contexte 3D. Ils ont été réalisés durant la semaine du 12 mars, à raison d'une heure par participant. Ils se sont étalés sur toute la semaine.

Les participants sont placés tour à tour dans la salle noire, seuls. Afin de ne pas orienter les réponses, ils ne reçoivent pas de consigne précise ni d'information à propos des motifs, ni de l'endroit d'où ils proviennent, ni des conditions dans lesquelles les clichés ont été réalisés, ni sur les problématiques relatives à la visibilité de l'art pariétal paléolithique. Les photographies sont présentées sur un écran blanc au centre de la pièce, à hauteur d'œil. Le centre de chaque image s'inscrit dans le centre de la rétine des participants. Les images sont réparties en trois blocs de 200 images, à raison de 7 minutes par bloc avec une pause de 5 minutes entre chaque bloc afin que les yeux des sujets puissent se reposer. L'ordre de passage des images est aléatoire pour que les participants ne s'habituent pas à voir un motif en particulier. Les participants voient chaque image pendant 200 ms au cours desquelles ils doivent déterminer s'ils voient un animal ou pas. Ils ont alors entre 1 et 2 secondes en aléatoire pour répondre en cliquant sur un boîtier réponse s'ils voient un animal.

Six cents essais ont été réalisés par chacun des 24 participants (fig. 8).

Pour chaque test, ont été enregistré sous le logiciel ©MatLab le nom du stimulus (image), le temps de réaction et la réponse donnée par le sujet.

Groupes de participants	Techniques	Éclairage	Sous total	Total
12 novices 12 experts	Gravure fine	Matin (7h)	40	140
		Midi	40	
		Soir (18h)	40	
		Lampe à graisse	20	
	Peinture noire	Matin (7h)	40	160
		Midi	40	
		Soir (18h)	40	
		Lampe à graisse	40	
	Peinture rouge	Matin (7h)	40	160
		Midi	40	
		Soir (18h)	40	
		Lampe à graisse	40	
	Bichromie	Matin (7h)	20	80
		Midi	20	
		Soir (18h)	20	
		Lampe à graisse	20	
Bas-relief	Matin (7h)	20	60	
	Midi	20		
	Soir (18h)	20		
	Lampe à graisse	0		
			600	

Figure 8 : Tableau synthétique global du nombre d'essais total des tests

4- Traitements statistiques des données

L'analyse des résultats est réalisée par des traitements statistiques via le logiciel ©Statistica en vue de la réalisation d'un traitement statistique : l'analyse de la variance. Préalablement à ce test, les variables dépendantes et indépendantes ont été identifiées afin de réaliser des graphes adaptés.

4 – 1. Variables dépendantes

Deux variables dépendantes sont identifiées :

- Le temps de réponse du sujet : il est exprimé en secondes et apparaît directement dans le programme.
- Le taux de réussite des sujets : il est exprimé en pourcentage et doit être calculé à la fin de l'expérimentation.

4 – 2. Variables indépendantes

Sept variables indépendantes sont identifiées, dont il faut vérifier qu'elles n'aient pas d'impact pour pouvoir réaliser les traitements statistiques :

- La technique : la gravure, la peinture noire, la peinture rouge, la bichromie et la sculpture.
- L'éclairage : l'éclairage naturel le matin (7h), le midi, le soir (18h) et l'éclairage artificiel (la lampe à graisse).
- Le stimulus, c'est-à-dire l'image en elle-même qui est présentée à chaque sujet. Il faut vérifier que les images n'influencent pas le choix des sujets. Cette variable n'a pas pu être testée car le logiciel ne la prenait pas en compte.
- L'effet d'ordre : il faut vérifier que l'ordre dans lequel défilent les trois blocs d'images soit totalement aléatoire.
- L'effet de randomisation : à l'intérieur de chaque bloc, il faut vérifier que les images sont choisies de manière aléatoire et que cela n'altère pas la perception des sujets.
- L'effet inter-sujet : il s'agit ici du niveau d'expertise des sujets, Novice ou Expert. Il faut vérifier qu'il n'y a pas d'impact au sein de chaque catégorie de sujets.
- L'effet sujet : il correspond à la variation inter-individuelle.

4 – 3. Analyse de la variance

Deux tableaux sont ensuite réalisés selon l'effet randomisation/image et expertise/ordre, les tableaux étant eux-mêmes divisés selon le pourcentage de réussite des participants et leur temps de réaction. Une ANOVA, ou analyse de la variance, est appliquée aux résultats de l'expérimentation à l'aide du logiciel © Statistica. Elle est réalisée en deux temps : une ANOVA de Friedman & Coef. de Concord. de Kendall pour les tableaux de randomisation/image et une ANOVA à mesures répétées avec un facteur catégoriel (l'expertise) et trois facteurs intra (l'ordre, la technique, l'éclairage) pour tester l'effet expertise/ordre. Lorsque la probabilité des effets est inférieure à 0,05, on dit qu'elle est significative car elle a plus de 50% de chance de se produire. C'est cette probabilité qui est recherchée dans cette étude, afin de voir si des différences entre les techniques et les éclairages se détachent. Enfin, pour pallier l'inexistence des images de sculpture éclairées à la lampe à graisse, nous avons réalisé les ANOVA à mesures répétées en deux fois : une première fois testée sans la technique de la sculpture et une seconde fois sans l'éclairage de la lampe à graisse. La sculpture étant majoritairement retrouvée dans des sites de plein air, la lampe à graisse se retrouve moins indispensable à son éclairage ce qui rend ce choix plus cohérent.

E - Limites de l'expérimentation

- *Contrainte de temps du Master 2*

La durée de temps attribuée à la réalisation de ce Master 2, qui est d'environ 6 mois, limite une exhaustivité du choix des paramètres, pourtant potentiellement actifs, ainsi que des tests beaucoup plus importants en nombre.

De même, les variations saisonnières de la luminosité (en termes de puissance et d'incidence) n'ont pas été possibles à modéliser dans le cadre de cette première expérimentation.

- *Biais du support*

Le support tient un rôle dans la visibilité des motifs selon des critères morphologiques, formels et techniques. Cependant, la grande variabilité des roches employées en termes de nature et de qualités de texture, de couleur, de brillance, de morphologies, explique la non prise en compte de ce paramètre dans cette expérimentation.

- *Distance et position d'observation*

Pour cette expérimentation, le choix d'un cadrage total des motifs a été fait, ramenant ainsi visuellement les motifs aux mêmes dimensions et permettant une observation orthogonale à hauteur de vue. Cette modification influence la visibilité car les formes des motifs sont alors distordues et les dimensions déformées. Les motifs pariétaux ne sont pas perçus dans leur état d'origine constituant un écueil à prendre en compte dans l'analyse des résultats.

- *Durée d'observation*

Le facteur temps est également un paramètre à considérer. La durée limitée de l'expérimentation ne permet pas une grande durée d'observation, et pourrait néanmoins changer significativement la réponse de l'observateur, en particulier pour le groupe des novices qui a besoin de s'approprier les motifs graphiques représentés.

- *Biais culturel*

Les influences culturelles modifient les capacités perceptives des individus. Ainsi, un individu ne voit que ce qu'il a appris à voir, distinguant la perception visuelle propre à chacun (Gombrich, 1960 ; in Bourdier *et al.*, 2017). Les codes sociaux des sociétés, préhistoriques et actuelles, ne sont donc pas les mêmes, étant influencées par le contexte socio-culturel dans lesquelles ces sociétés évoluent. Il est important de prendre en compte cette limite lorsque les tests sont réalisés sur des individus qui vivent

dans un environnement complètement différent de celui des Hommes du Paléolithique. Les individus préhistoriques n'accordent très certainement pas la même importance à une image pour laquelle un individu d'une société contemporaine le ferait.

III – RÉSULTATS

A – Effet randomisation/image

L'effet stimulus n'a pas pu être testé, du fait du trop grand nombre d'images présentes non pris en compte par le logiciel © Statistica.

Pourcentage de réussite

Vérifiant un éventuel effet bloc pour le pourcentage de réussite des participants de ce premier tableau (fig. A15), le bloc 1 se détache des deux autres par une variabilité moindre des pourcentages de réussite des sujets. Sa valeur minimale est de 61% alors qu'elle est de 51% pour le bloc 2 et de 53% pour le bloc 3 (fig. A15). La randomisation n'est pourtant pas significative car elle est due à la variabilité de chaque individu testé.

Temps de réaction

Pour les trois blocs, les temps de réaction se recourent, entre 25% et 75% des temps de réaction se situent entre 0.75 s et 0.95s (fig. A16). Il faut néanmoins noter que le bloc n°1 a une variabilité plus petite que pour les deux autres blocs (fig. A16), mais cette tendance n'est pas significative. Une grande variabilité du temps de réaction des sujets se remarque pour les trois blocs : nous pouvons dire que c'est la variabilité individuelle qui explique les différences remarquées entre les tests des divers sujets, la randomisation n'est donc pas significative.

Ce premier test sur les résultats de l'expérimentation permet d'affirmer l'absence d'effet de randomisation. Les images sont donc choisies aléatoirement sans altération possible de la perception des sujets de l'expérimentation.

B – Effet expertise/ordre

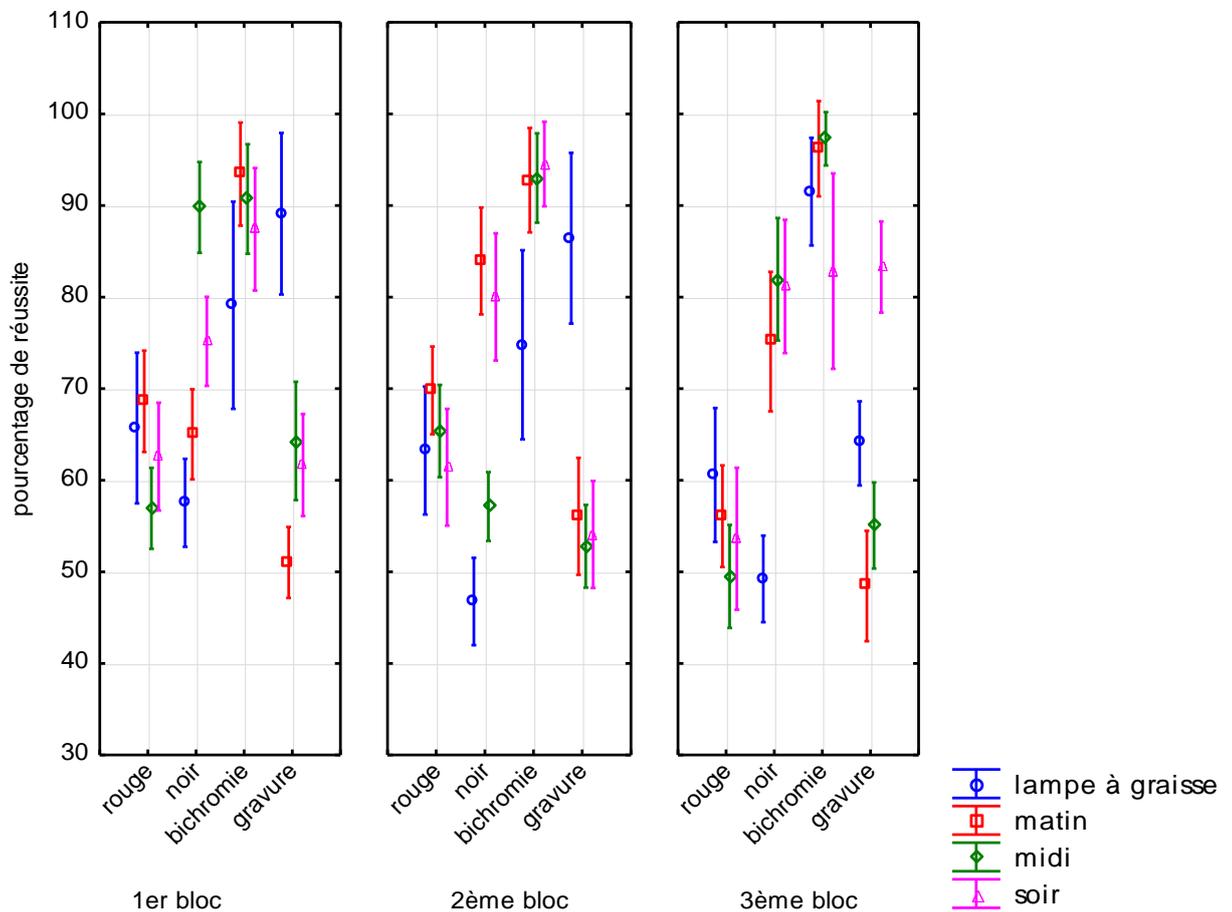
La normalité de la distribution des données qu'exige l'analyse de la variance a été vérifiée selon le test de Kolmogorov-Smirnov. Ce test permet de vérifier que la distribution des données n'est pas différente d'une loi normale, et dont les tests paramétriques (incluant l'analyse de la variance) doivent suivre ses règles (Chakravarti *et al.*, 1967).

Tout d'abord, il est important de souligner que l'effet d'expertise n'est globalement pas significatif sur les sujets, aussi bien pour les pourcentages de réussite que pour le temps de réaction, et ce quels que soient les techniques et les types d'éclairages (fig. A19, fig. A20, fig. A21 et fig. A22). Les intervalles de confiance se recoupent pour chaque graphique, montrant la non significativité de l'effet expertise quant à la visibilité des motifs pariétaux, tout du moins dans les conditions de l'expérimentation. La courbe ROC (Receiver Operating Characteristic) (fig. A18) est continue et se recoupe pour la catégorie Experts comme pour la catégorie Novices. Pour contrôler ce résultat, un second test - le calcul de d' issu de la Théorie de la Détection du signal - a été effectué : bien que non significatif, il montre néanmoins une tendance à un meilleur taux de réussite pour la catégorie Experts. La marge d'erreur est moins grande pour les Experts que pour les Novices, (fig. A17). Doit également être noté un temps de réaction plus rapide des Experts pour quelques modalités particulières : les motifs gravés en éclairage artificiel (0.82s contre 0.92s pour les Novices) ainsi que les motifs réalisés en bichromie, en éclairage du soir (0.63s contre 0.76s) (fig. A26). En revanche, le temps de réaction est par exemple équivalent pour la peinture rouge en éclairage à la lampe à graisse (0.87s contre 0.86s).

Pourcentage de réussite

La bichromie obtient ici le plus fort taux de réussite avec plus de 90% de bonnes réponses : elle est la modalité technique pour laquelle les motifs sont le plus aisément vus par l'œil humain, surtout en éclairage naturel (fig. 9). À l'exception de la bichromie, les conditions d'éclairage impactent directement la capacité effective de l'œil humain à voir les motifs pariétaux selon les différentes techniques de réalisation. La comparaison entre éclairage naturel et éclairage artificiel à la lampe à graisse (en excluant donc la modalité technique du bas-relief qui n'a été testée qu'en éclairage naturel) met en évidence des taux de réussite supérieurs avec une lampe à graisse pour les gravures pour laquelle les sujets répondent correctement à 90% pour les deux premiers blocs d'images (contre environ 55% pour les éclairages naturels) et 65% pour le dernier bloc (contre environ 55% pour les éclairages du matin et du midi et 83% pour celui du soir) (fig. 9). À l'inverse, les motifs peints en noir

ont le taux de réussite le moins important avec cet éclairage artificiel (58% de réussite pour le premier bloc, 45% pour le deuxième bloc et moins de 50% pour le troisième bloc – fig. 9). La peinture rouge se distingue cependant, avec un taux de réussite similaire pour les quatre éclairages quel que soit le bloc, avec cependant un taux légèrement moindre pour le troisième (50% contre environ 60% - fig. 9).



Figure_9 : effet technique-éclairage-bloc pour le pourcentage de réussite sans le bas-relief

Les tests statistiques sans l'éclairage de la lampe à graisse révèlent que l'effet éclairage n'est pas significatif (fig. A23 et A24) : ainsi, c'est la technique de la bichromie qui permet aux motifs d'être le plus aisément vus par les participants (plus de 90% de réussite), suivie par la technique de la peinture noire avec 77 % de réussite. Les techniques de la peinture rouge (60% de réussite), de la gravure (environ 55% de réussite) et du bas-relief (moins de 50% de réussite) marquent un léger recul. Ainsi, pour les éclairages naturels, l'effet technique seul est très significatif.

Des situations très contrastées apparaissent quant à la visibilité des différentes modalités techniques selon les trois éclairages diurnes. D'un côté, les taux de réussite sont assez semblables pour la bichromie (90% de bonnes réponses), la peinture rouge (environ 60% sauf pour l'éclairage du soir qui permet la meilleure visibilité des trois éclairages naturels), et la gravure (environ 55% sauf pour

l'éclairage du soir). Ils sont en revanche plus disparates pour la peinture noire – 65% pour le matin, 75% pour le soir et 90% le midi pour le premier bloc (fig. 9) – et les bas-reliefs (fig. A23). L'éclairage zénithal du milieu de la journée semble cependant être le moins efficace pour la peinture rouge, la gravure et le bas-relief, avec des performances inférieures à 65% de bonnes réponses et des intervalles de confiance se recoupent (fig. A24).

Il est enfin nécessaire de noter la grande variabilité des intervalles de confiance pour la technique du bas-relief, qui indique des réponses très différentes d'un sujet à un autre. Elle pourrait relever d'une perception plus individuelle, liée au ressenti de l'individu.

Temps de réaction

Les sujets répondent le plus rapidement lorsqu'ils voient un motif réalisé avec la technique de la bichromie, quel que soit le type d'éclairage : un peu plus de 0.6s, sauf pour les deux derniers blocs en éclairage du soir avec 1s de temps de réaction (fig. A25). Le temps de réaction le plus long des sujets, tous blocs confondus, se révèle être pour la technique de la gravure (fig. A27). Ainsi, les participants mettent plus de 1s à répondre au stimulus, sauf dans le cadre de l'éclairage à la lampe à graisse pour la gravure dans le premier bloc, où le temps est raccourci à 0.66s (fig. A25). Une grande homogénéité dans les réponses pour cette technique se remarque avec les intervalles de confiance qui se recoupent pour les trois éclairages naturels (fig. A27). L'effet expertise-éclairage-technique montre une fois de plus un temps de réaction plus long pour la technique de la gravure (entre 0.9 et 1s), sans effet notable du niveau d'expertise (fig. A26).

Les trois autres techniques –peinture rouge, peinture noire, bas-relief- ont des temps de réaction intermédiaires, avec des résultats assez homogènes pour les trois éclairages naturels. Par exemple, avec l'éclairage du matin, il faut autour de 0.8s pour la technique de la peinture rouge, 0.85s pour la peinture noire et 0.9s pour le bas-relief pour voir l'animal. Avec l'éclairage du midi, ce sont 0.75s pour la peinture rouge, 0.79s pour la peinture noire et 0.9s pour le bas-relief qui sont nécessaires (fig. A27). Une plus grande hétérogénéité des temps de réaction se remarque à l'intérieur de chaque modalité technique pour l'éclairage du soir, en fonction des différents blocs considérés. Ainsi, pour la technique du bas-relief, le premier bloc répond en 0.97s, le second bloc en 0.85s et le troisième en 0.76s (fig. A27). Néanmoins, globalement, les motifs sont le moins rapidement vus avec l'incidence de la lumière en fin de journée. Une interaction significative avec le niveau d'expertise se dégage pour la technique de la bichromie en éclairage du soir : les Experts mettent 0.63s pour répondre à la question alors que les Novices mettent 0.77s (fig. A26).

Les temps de réaction sont plus lents en éclairage artificiel pour la peinture rouge et plus rapides pour la peinture noire : 0.88s pour la première, 0.7s pour la seconde (fig. A25). Les motifs peints en rouge ont plus rapidement vu par les sujets avec les trois éclairages naturels qu'avec l'éclairage artificiel, l'inverse se note pour les motifs noirs.

D'une part, les types d'éclairage n'offrent donc pas la même rapidité de perception des différentes modalités techniques testées ; d'autre part, à l'exception remarquable de la bichromie, les temps de réaction de chaque modalité technique varient entre les divers éclairages. À l'inverse, la peinture noire semble plus sensible aux changements des différents éclairages (les résultats sont plus espacés – fig. A27). Le premier bloc se démarque cependant des autres par les intervalles de confiance qui ne se recoupent pas dans le cas de la peinture noire, de la bichromie et du bas-relief (fig. A27). Un effet bloc vient ainsi nuancer les résultats car le premier bloc d'images semble ne pas défiler de manière totalement aléatoire comme le veut l'analyse de la variance.

Conclusion

En croisant temps de réaction et pourcentage de réussite, cette analyse montre qu'éclairages et techniques influencent de manière significative la visibilité effective des motifs. Ainsi, les sujets répondent rapidement lorsqu'ils voient les motifs bichromes, quel que soit les types d'éclairages utilisés, et se trompent rarement (90% de bonnes réponses). Pour cette technique, un temps de réaction rapide implique une visibilité effective du motif, ce qui peut être expliqué par le mélange des deux techniques picturales monochromes dans cette technique particulière (contours noirs et remplissage rouge).

Les résultats sont plus nuancés en ce qui concerne les deux autres techniques picturales. Les participants répondent plus lentement lorsqu'ils voient des motifs peints en rouge (0.8s), pour un pourcentage moyen de réponses correctes, quel que soit l'éclairage (55%-60%). Pour cette technique de réalisation, un temps de réaction long n'induit pas une bonne vision mais traduit seulement la recherche du motif. La plus grande rapidité de perception en lumière du jour de cette technique, pour des pourcentages de réponse moyen (environ 60%), pourrait s'expliquer par le fait que la couleur rouge offre un meilleur contraste avec la couleur d'un éclairage naturel qu'un éclairage artificiel. Même si la réponse est fautive, la perception des sujets s'avère faussée par la proximité de couleur avec celle émise par l'éclairage naturel.

En ce qui concerne les motifs réalisés en noirs, les temps de réaction sont également plus lents (0.8s) bien que légèrement plus rapide pour l'éclairage artificiel (0.7s). Cette relative lenteur de

réaction permet une meilleure visibilité effective des motifs en éclairage naturel, en particulier le midi, mais est synonyme d'un faible taux de réussite avec l'éclairage à la lampe à graisse. La peinture noire n'est pas une technique nécessitant une mise en relief, d'où le fait qu'elle soit mieux vue avec un éclairage de face plutôt que rasant. Un temps de réaction lent ne permet pas une meilleure visibilité du motif noir avec l'éclairage artificiel, l'inverse de ce qui est observé en éclairage naturel.

La technique de la gravure est celle qui est le plus influencée par l'éclairage à la lampe à graisse, tant au regard du temps de réaction (0.66s contre 1s) que du pourcentage de réussite (90% de réponses correctes) : un éclairage artificiel avec une flamme mouvante associé avec un temps de réaction plutôt rapide permet une meilleure visibilité des motifs gravés. L'éclairage à la lampe à graisse semble plus efficace que l'éclairage naturel pour la gravure car la lampe à graisse permet la mise en relief des motifs gravés. Leur perception est facilitée par leur mise en volume et en perspective propre à cette technique de réalisation. De même, l'éclairage du soir est plus efficace que les deux autres éclairages diurnes car il offre une lumière rasante sur les motifs et permet une perception des formes de contours et de relief, tant naturels qu'anthropiques.

Comme les gravures, les bas-reliefs réclament une observation plus longue (0.9s). Néanmoins, cette dernière ne permet pas une meilleure visibilité du motif puisque les participants obtiennent le plus faible taux de réponses correctes pour les éclairages naturels (environ 50%). La visibilité encore moins bonne avec un éclairage zénithal s'explique par l'écrasement des formes et reliefs par cet éclairage pour des techniques de réalisation qui se définissent par cela. Le bas-relief est d'autant plus difficile à percevoir que l'œil humain doit séparer les formes naturelles des formes anthropiques de la roche, ce qui rend la visibilité effective des motifs plus compliquée.

Les tests statistiques réalisés sur les résultats de l'expérimentation conduite sur 24 participants (novices et experts) semblent indiquer que les motifs bichromes sont le plus rapidement et le mieux vus. La bichromie serait ainsi potentiellement destinée à un public très diversifié, un groupe humain comportant des adultes d'âges différents et de capacité de reconnaissance des motifs pariétaux variée.

De même, la technique de la peinture noire semble être faite pour être vue et peut être potentiellement vue par n'importe quel individu avec les trois éclairages naturels testés. En revanche, le faible taux de réussite des participants avec l'éclairage artificiel indique que, lorsque cet éclairage était utilisé, les motifs noirs étaient destinés à un public qui savait où chercher car la visibilité des motifs devient moyenne. La technique de la peinture rouge semble être la technique picturale la moins bien visible des trois techniques de peinture : pour les trois éclairages naturels comme pour la lampe à graisse, les taux de réussite sont d'environ 60 %. Elle est destinataire d'un public connaisseur. La

gravure et le bas-relief paraissent être destinés à des publics plus spécifiques, connaisseurs de l'art pariétal, avec les trois éclairages naturels, la gravure obtenant le plus long temps de réaction de l'ensemble des sujets (à l'exception du premier bloc) et le bas-relief le plus bas pourcentage de réussite. En revanche, les motifs gravés éclairés avec l'éclairage artificiel sont très aisément visibles et possiblement destinés à un public plus diversifié. Le niveau d'expertise testé dans cette étude ne semble pas être un critère déterminant dans la visibilité des motifs pariétaux, et ainsi dans la variabilité constatée selon les techniques et les éclairages. Le niveau d'expertise joue parfois un rôle dans la rapidité de perception d'un motif, indiquant ainsi une plus grande facilité pour la catégorie Expert de voir un animal que pour la catégorie Novice.

IV- APPLICATION ARCHEOLOGIQUE : LE ROC-AUX-SORCIERS (ANGLES-SUR-L'ANGLIN, France)

A- Présentation du site

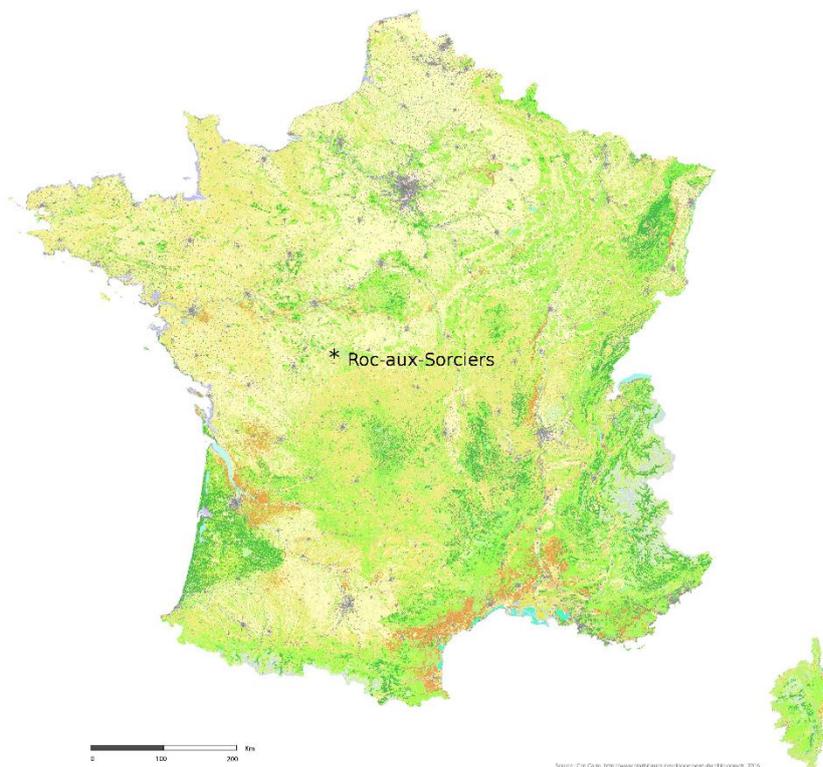


Figure 10 : Localisation géographique du Roc-aux-Sorciers (Crédits : Cap Carto)

L'abri du Roc-aux-Sorciers (Angles-sur-l'Anglin, France), se situe dans l'Ouest de la France, aux confins du Poitou, de la Touraine et du Berry (fig. 10). Exposé plein Sud, au pied des falaises de Dousse, il domine d'une vingtaine de mètres la rive droite de l'Anglin, à proximité de sa confluence avec la Gartempe (Saint-Mathurin, 1984 ; Pinçon, 2008, 2010 ; Pinçon *et al.*, 2013). Long d'une cinquantaine de mètres, il se compose d'un vestibule en sa partie amont (Cave Taillebourg) et d'un abri-sous-roche classique à faible encorbellement en sa partie aval (abri Bourdois) (Lorenz et Gély, 2009 – fig. 11). La paroi du gisement se compose à la base d'un calcaire bioclastique présentant des coraux et des fossiles sur 50 cm, qui laisse ensuite place à un calcaire bioclastique relativement fin, poreux et tendre, affecté de *Problematica* dans l'abri Bourdois. Les parois verticales de la Cave Taillebourg présentent uniquement un calcaire bioclastique irrégulier, plus friable avec une morphologie irrégulière (Lorenz et Gély, 2009).

Les parois de l'abri Bourdois sont bien conservées car elles ont été protégées par une couverture sédimentaire. De larges plaques cupulées dans les zones basses sont probablement liées à l'action du gel. D'une manière générale, la surface est très calcifiée, surtout dans sa partie haute avec un épais encroûtement à la limite du remplissage. La partie sommitale est en revanche délavée et lissée car à l'air libre. Le développement d'algues bleues, ou *Cyanophycées*, a altéré la surface de la roche à partir des années 1970. Elles ont cependant été éradiquées grâce à la fermeture de l'abri (Trotet *et al.*, 1973 ; Bourdier, 2010).

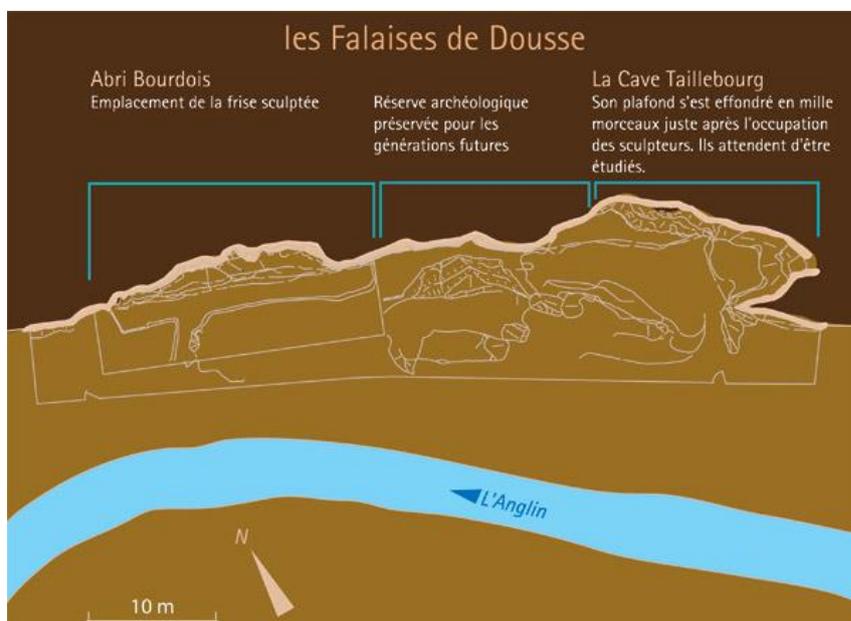


Figure 11 : Plan topographique du site (© Geneviève Pinçon, Guliver Design, Roc-aux-Sorciers)

La Cave Taillebourg est toujours à l'air libre, soumise à une intense érosion due à la lumière, aux précipitations et au gradient thermique journalier et saisonnier. La paroi est très dégradée en profondeur, cupulée, écaillée et très friable avec la présence de mousses noires et vertes. Le support

est néanmoins moins calcité que dans l'abri Bourdois, avec la présence d'encroûtements localisés (Bourdier, 2010).

L'abri est découvert en décembre 1927 par Lucien Rousseau qui effectue des fouilles dans la Cave Taillebourg jusqu'en 1939. Bien qu'il note la présence de broyons et de meules utilisés pour la préparation de pigments (Rousseau, 1933), il ne remarque pas les éléments de décors sur blocs issus de l'effondrement du plafond, ni les sculptures encore *in situ* sur la voûte. La deuxième série de fouilles est effectuée par Dorothy Garrod et Suzanne de Saint-Mathurin de 1946 à 1956, après la visite du site par cette dernière qui reconnaît une dalle gravée de type La Marche sur le tas de déblais des fouilles Rousseau (Pinçon, 2010). Plus de 350 blocs ornés sont retrouvés dans la Cave Taillebourg, ainsi qu'un bison en bas-relief repéré sur la paroi, au départ de voûte. En 1950, les deux femmes ouvrent un second chantier en aval et dégagent le fond de l'abri Bourdois, mettant au jour la monumentale frise sculptée, gravée et peinte (Saint-Mathurin et Garrod, 1950, 1951 ; Pinçon, 2010). Depuis les années 1990, un programme de recherche interdisciplinaire est mené sous la direction de G. Pinçon, destiné à l'étude du gisement, art pariétal et occupation des sols. À partir de 1993, un programme d'étude et de relevé d'art pariétal est mis en œuvre dans le cadre de la programmation de la recherche archéologique (Pinçon, 2010). Le premier ouvrage monographique est publié en 1997 par G. Pinçon et L. Iakovleva : *La frise sculptée du Roc-aux-Sorciers, Angles-sur-l'Anglin*. Il est complété en 2009 par un catalogue numérique des collections (www.catalogue-roc-aux-sorciers.fr), ainsi que par le site disponible en ligne : Les abris sculptés de la Préhistoire au sein de la collection Grands Sites Archéologiques du Ministère de la Culture (<http://www.sculpture.prehistoire.culture.fr/fr>), qui regroupe les abris sculptés étudiés en France.

La séquence chrono-stratigraphique de référence du gisement est établie par S. de Saint-Mathurin et D. Garrod dans l'abri Bourdois (Saint-Mathurin, 1984 – fig. A28). Elle est composée de dix couches. À la base, la couche F est constituée d'un sable jaunâtre dû à l'arénisation du calcaire oolithique de la roche encaissante, sur le sol de l'abri sur 40 cm. Lui succède un dépôt ocré de 5 cm devant la frise (couche E). La couche D est celle des « grands foyers », parallèle à la paroi ornée. Elle comporte de nombreux restes fauniques calcinés, ainsi qu'un mobilier archéologique typique du Magdalénien moyen (fig. 12). La couche C, qui comporte la même industrie, est séparée de la précédente par un dallage de pierres calcaires et de galets. L'abri Bourdois est ensuite sporadiquement occupé à plusieurs reprises durant le Magdalénien supérieur et l'Azilien (couches B1 à B4) (Pinçon *et al.*, 2013).

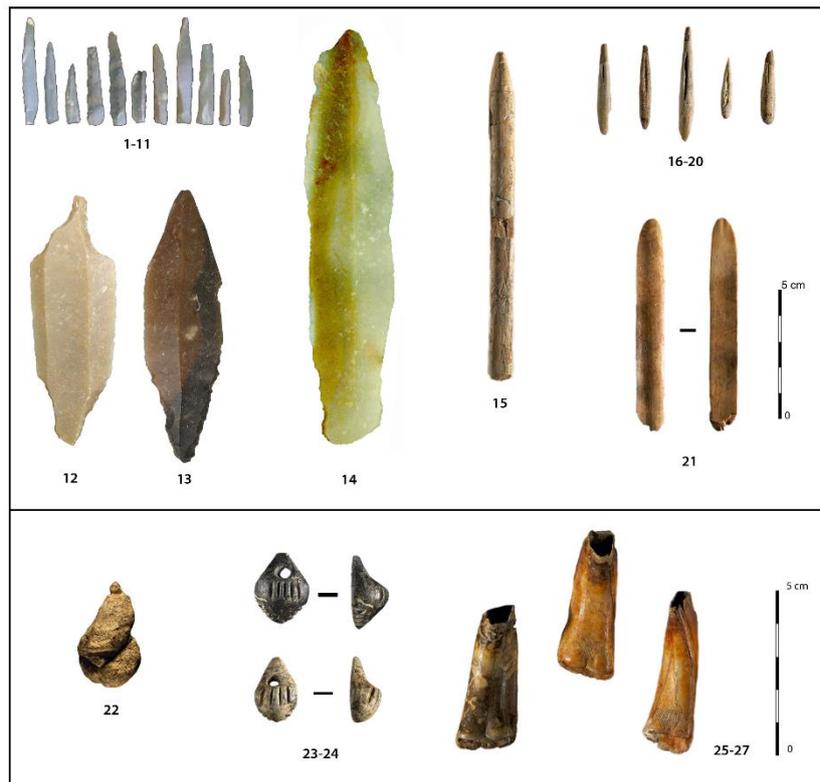


Figure 12: éléments de mobiliers archéologiques typiques du Magdalénien moyen du Roc-aux-Sorciers : 1-11. Lamelles à dos à base tronquée, 13. Grattoir-burin, 14. Grande lame, 15. Grosse pointe conique, 16-20. Pointes de sagaies de Lussac-Angles, 21. Lissoir, 22. Statuette féminine en calcaire, 23-24. Stomach-bead en ivoire, 25-27. Incisives de poulain quadrillées (1-14 : clichés L. Chehmana, 15-17 : RMN, MAN, clichés T. Ollivier) (Bourdier *et al.*, 2016 ; fig. 4)

La principale séquence d'occupation du site est ainsi rapportée au Magdalénien moyen (Saint-Mathurin, 1984). La faune est caractéristique d'un climat froid : le renne est majoritaire, suivi du cheval (Valensi, 2010 ; Pinçon *et al.* 2013). La couche d'occupation renferme un matériel archéologique riche et varié : une industrie lithique composée de burins, grattoirs, perçoirs et d'armatures sous forme de lamelles à dos ; une industrie osseuse réalisée essentiellement sur bois de renne comprenant principalement pointes de sagaies, aiguilles, quelques lissoirs ; une abondante parure associant dents et coquillages percés, perles en os ou en ivoire. L'art mobilier est présent sous forme de statuettes humaines et animales, et de plaquettes gravées (Saint-Mathurin, 1984 ; Pinçon, 2012). Une découverte majeure est la présence de matières colorantes en quantité – ocre et manganèse – utilisées comme crayon ou servant à la production de pigments, associée à l'équipement de transformation (meules et molettes).

Le Roc-aux-Sorciers est par ailleurs un site d'art pariétal majeur par la richesse de son dispositif graphique et la présence d'un contexte archéologique directement associé (Pinçon, 2008). Les

attributions chrono-culturelles des œuvres pariétales s'appuient sur les fragments de sculptures issus du plafond effondré de la Cave Taillebourg, de la paroi verticale du fond d'abri coté Bourdois, découverts dans les couches d'occupations datées du Magdalénien moyen lors des fouilles de S. de Saint-Mathurin et D. Garrod (Saint-Mathurin, 1984 ; Pinçon, 2012, Pinçon *et al.*, 2013). Elles reposent également dans l'abri Bourdois sur le recouvrement d'une partie de la paroi ornée par les niveaux postérieurs à l'épisode d'occupation du Magdalénien moyen, suite à l'effondrement de la voûte ornée (Pinçon, 2009a ; Bourdier, 2010 ; Bourdier *et al.*, 2016). Les datations réalisées par S. de Saint-Mathurin et H. de Vries en 1958 à partir d'os brûlés, encadrent l'épisode d'occupation plus précisément entre 17.571-16.923 cal. BP (GRN 1913) pour la couche D et 18.515-17.609 cal. BP (GifA 94190) pour la couche C (Saint-Mathurin, 1984 ; Iakovleva et Pinçon, 1997, 1999 ; Pinçon *et al.*, 2013).

Le dispositif pariétal de l'abri du Roc-aux-Sorciers se décline en deux parties. La frise monumentale *in situ* (fig. A29) se développe sur près de 18m de long et 2.5m de haut dans l'abri Bourdois (Iakovleva et Pinçon, 1997). Une autre partie du dispositif pariétal se situe dans la Cave Taillebourg sous la forme de plusieurs centaines de fragments de la voûte effondrée. Les graphismes sont réalisés selon diverses techniques : gravure fine et superficielle, large et profonde ; sculpture en bas, demi et haut-relief ; peinture rouge, jaune et noire. Quarante-deux entités graphiques sont répertoriées dont les trois-quarts sont présentes dans l'abri Bourdois. Cependant, l'inventaire des graphismes demeure provisoire car l'intégralité de l'abri Bourdois n'a pas encore été dégagée et les blocs de la Cave Taillebourg sont toujours en cours d'analyse (Bourdier, 2010). L'analyse de la stratigraphie pariétale du site a mis en évidence trois phases de réalisation des motifs (Iakovleva et Pinçon, 1997 ; Pinçon *et al.*, 2013). Un premier ensemble graphique se compose de gravures fines. Il est ensuite remplacé par un registre sculpté formé par la dyade bison/vénus et le cheval, qui détruit presque entièrement le premier registre. Une deuxième phase de sculpture est réalisée par l'ajout de bouquetins. La peinture vient d'une part compléter gravures fines et sculptures en rehaut de certains éléments figurés, et constitue également d'autre part un registre propre de motifs géométriques simples et complexes (Abgrall, 2010). Une cinquantaine d'anneaux percés en partie sur les sculptures et en partie sur la paroi participent à la construction du dispositif pariétal, en lien avec les occupations au sol. Ils permettaient ainsi de créer des petites unités d'habitation et de segmenter la frise en relation avec son découpage thématique (Iakovleva et Pinçon, 1997, 1999).

La thématique est essentiellement figurative (fig. 13) : dix taxons sont gravés (félin, mammouth, renne, ours, canidé, antilope saïga, cheval, bouquetin, bison, humain). Le registre sculpté se resserre sur cinq thèmes : cheval, bouquetin, bison, humain et félin (Bourdier, 2010 ; Pinçon *et al.*, 2013). Six types de motifs géométriques sont inclus, allant du motif simple (bâtonnets, ponctuation) au motif complexe (quadrangulaire – Iakovleva et Pinçon, 1997). La place prépondérante des représentations humaines est une des caractéristiques du Roc-aux-Sorciers (Saint-Mathurin et Garrod, 1951 ; Iakovleva et Pinçon, 1997 ; Fuentes, 2000). Il s'agit de la figuration de têtes isolées ainsi que des corps féminins acéphales construits autour de la représentation du sexe (Iakovleva et Pinçon, 1997).

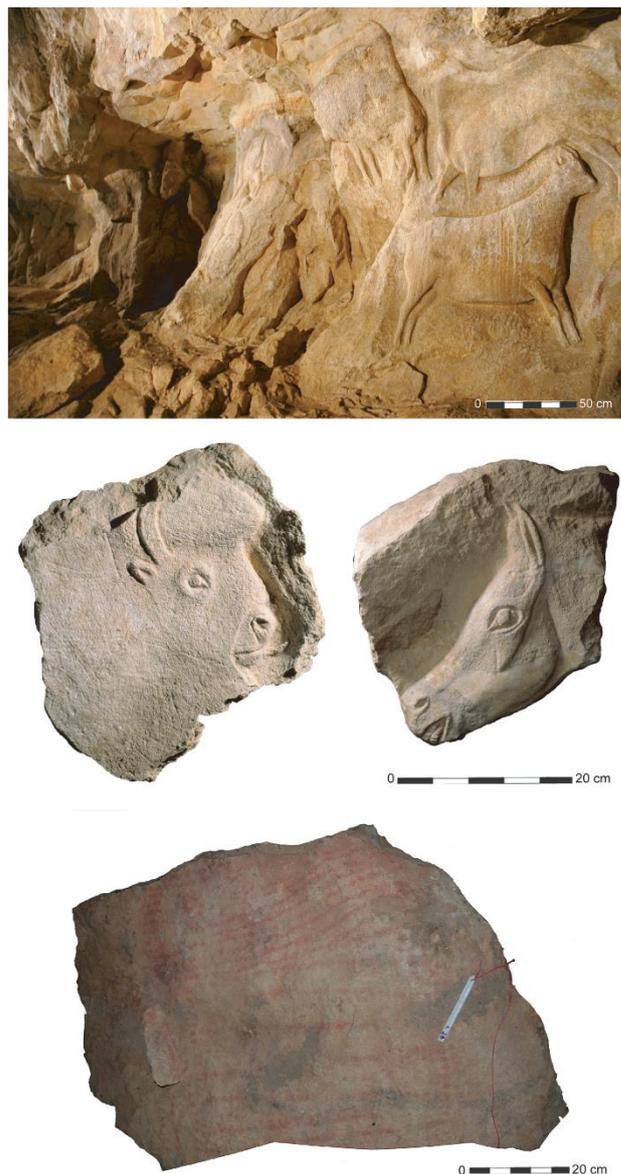


Figure 13 : diversité technique et thématique de l'iconographie du Roc-aux-Sorciers : 1. Sculptures de bouquetins de la paroi verticale du fond de l'abri Bourdois (G. Pinçon, Ministère de la Culture et de la Communication) ; 2-3. Blocs sculptés et gravés de la voûte effondrée : cheval et bison (MAN, RMN, clichés J-G. Bérizzi) ; 4. Bloc effondré de la voûte : signes géométriques peints en rouge (G. Pinçon, Ministère de la Culture et de la Communication) (Bourdier *et al.*, 2016 ; Fig. 5)

Leur vision très détaillée est une autre spécificité (Saint-Mathurin et Garrod, 1951 ; Iakovleva et Pinçon, 1997 ; Fuentes, 2000). Une grande homogénéité formelle se dénote au sein du registre animalier représenté avec un réalisme et un dynamisme certain. Les silhouettes sont complètes, modelées, bien proportionnées avec de petites têtes, un volume différencié du corps en fonction de la réalité. Une emphase est portée sur la tête dont les organes et les traits sont finement reproduits. La sexualisation des animaux est un troisième trait de l'iconographie du Roc-aux-Sorciers (Iakovleva et Pinçon, 1997). Au sein du registre animalier, les herbivores livrent de profondes affinités formelles, indiquant une même phase de réalisation. Les conventions formelles des sculptures et des gravures soulignent l'homogénéité culturelle du dispositif entier ce qui indiquerait un temps de réalisation plutôt court (Pinçon *et al.*, 2013).

B- Problématiques archéologiques

Ce site s'inscrit dans une problématique générale sur la question de la fonction socio-culturelle des sites d'art pariétal paléolithique, et plus particulièrement des sites dont la production graphique est associée à des occupations humaines tels les abris-sous-roche (Pinçon, 2009b ; Bourdier, 2013). Ont-ils une vocation exclusive de sanctuaire ou d'habitat ? Ou peuvent-ils avoir une vocation mixte ? La question du rôle de cet art et de son implication dans l'organisation socio-culturelle de ces sociétés est également essentielle pour mieux comprendre leur fonctionnement. Il s'agit de se poser la question de son rôle dans des scènes du quotidien, ou plutôt dans des actes singuliers à caractère symbolique (Pinçon, 2009b). Comment l'art s'insère dans les relations sociales des individus d'un même groupe et entre les individus de différents groupes humains (Bourdier, 2013) ? Ces questionnements permettent une meilleure appréhension de la place du système symbolique des sociétés paléolithiques dans leur vie quotidienne.

L'approche intra-site est ensuite élargie au contexte régional dans lequel il s'insère car de fortes affinités se remarquent entre différents sites du Magdalénien moyen à l'échelle régionale (Les Fadets, La Marche, Réseau Guy Martin). Les grandes similitudes de ces sites posent alors la question de leur fréquentation par un seul et même groupe culturel (Pinçon et Dujardin, 2000 ; Bourdier, 2010, 2013 ; Fuentes, 2017). La notion de « territoire culturel » peut-elle être employée pour définir ce territoire (Pinçon, 2009b) ? L'étude inter-sites permet de comparer les sites entre eux, elle peut mettre en lumière qu'un gisement peut avoir une fonction sociale impactant plusieurs sites à la fois (un site d'agrégation regroupe plusieurs groupes culturels distincts se regroupant les autres parties de

l'année dans plusieurs sites bien définis). Elle permet également d'établir des liens entre ces quatre sites qui peuvent montrer une fonction sociale commune à plusieurs sites.

Plus précisément ici, le Roc-aux-Sorciers s'inscrit dans une problématique concernant la réception de la production visuelle, ainsi que se(s) potentiel(s) usage(s) social(aux), à travers l'étude des publics de l'iconographie pariétale (Bourdier *et al.*, 2017). Il s'agit de qualifier et de quantifier le(s) public(s) visé(s) par la production graphique, mais également de voir les différences en termes de public(s) qui peuvent être déterminées à l'échelle de la visibilité et de la lisibilité. Les différentes techniques de réalisation des motifs signifient des public(s) visé(s) diversifié(s), ce qui est mis en exergue dans ces études. Est également questionnée la pluralité, ou non, des usages sociaux que peuvent avoir les motifs pariétaux du Roc-aux-Sorciers, et si l'évolution du dispositif pariétal signifie quelque chose en termes de fonction/usage dans la société paléolithique concernée. L'étude plus précise de la réception des graphismes participe à la meilleure compréhension de la fonction sociale de l'iconographie et des sites ornés du Paléolithique supérieur européen (Bourdier *et al.*, 2017).

C- Précédente étude sur la perceptibilité de l'art pariétal

L'abri-sous-roche du Roc-aux-Sorciers a fait l'objet d'une étude sur la perceptibilité de ses expressions graphiques (Bourdier *et al.*, 2017).

La méthodologie combine une analyse des caractéristiques intrinsèques de l'iconographie (technique, dimensions, forme et composition des motifs), à l'analyse du contexte physique dans lequel elle s'inscrit (localisation dans le paysage, capacité d'accueil et environnement du site). Les Systèmes d'Informations Géographiques sont appliqués au contexte physique du site afin de déterminer sa visibilité dans le paysage et la visibilité du paysage depuis le site. L'une des contributions majeures de cette étude a consisté à emprunter diverses approches quantitatives au champ de l'optique afin de calculer les distances de visibilité et de lisibilité des motifs (Bourdier *et al.*, 2017).

Il ressort de cette étude que le Roc-aux-Sorciers semble destiné à un large public, plusieurs groupes humains pouvant s'y retrouver grâce à une grande capacité d'accueil (75 à 100 personnes peuvent s'y regrouper simultanément), une accessibilité aisée et une bonne visibilité dans le paysage. Deux stratégies de visibilité se détachent pour les motifs pariétaux : l'une tournée vers l'extérieur de l'abri en ce qui concerne la frise de la paroi du fond, l'autre tournée vers l'intérieur de l'abri avec le plafond orné. De même, quatre niveaux de lisibilité se distinguent : à une distance d'1km autour du site, un large public peut percevoir l'abri-sous-roche avec la frise sculptée monumentale de l'abri

Bourdois ; à 200m, le public peut identifier les bas-reliefs de la paroi du fond ; les occupants de l'abri peuvent ensuite distinguer le registre sculpté du plafond ; enfin le registre gravé peut être déterminé à une faible distance des parois dans une relation plus individuelle. Deux types de publics se détachent de cette étude : un public collectif en ce qui concerne la sculpture – qui peut être ou non celui des occupants de l'abri - et un public restreint pour la gravure. Ces résultats ouvrent des perspectives sur la probable pluralité des usages de ces graphismes et de ces techniques de réalisation. Selon les auteurs, le changement de technique passant de la gravure à la sculpture, qu'ils interprètent en termes de publics différents (plus intime pour la gravure et public pour la sculpture), pourrait indiquer une évolution dans la fonction du site au cours du Magdalénien moyen (Bourdier *et al.*, 2017).

Des manques sont pointés par les auteurs. Ainsi, cette étude n'aborde pas le registre pictural et géométrique de l'iconographie, de même que les conditions d'éclairage (luminosité, incidence). Du point de vue méthodologique, cette étude relève l'inéquation du calcul des distances de visibilité maximales, clairement surestimées (les bas-reliefs seraient vus à une distance d'1 km, et jusqu'à 300 m pour les gravures légères). En revanche, les calculs des distances de visibilité semblent cohérents : entre 100 et 200 m pour les bas-reliefs et entre 15 et 50 m pour les gravures.

Des facteurs intervenant dans l'impact visuel du support orné n'ont pas pu être pris en compte : le contraste des couleurs, la luminance de la nature du support rocheux, la perception des formes du relief ou encore les variations atmosphériques et météorologiques. Une limite importante est l'influence culturelle de la perception visuelle de l'observateur. Cette étude stipule que la perception visuelle des Hommes du Paléolithique était similaire à la nôtre alors que ce n'est pas nécessairement le cas (Bourdier *et al.*, 2017). De même, l'âge ou les capacités propres de l'observateur (son acuité visuelle, son champ visuel...) ne sont pas pris en compte alors qu'ils influent sur la visibilité de manière tangible.

D- Apports de l'expérimentation psychométrique

La présente étude aborde d'une part une composante technique présente dans le dispositif pariétal du Roc-aux-Sorciers mais non considérée dans la précédente analyse (registre pictural). Elle interroge d'autre part un facteur essentiel à cette problématique de la visibilité : les conditions d'éclairage. Il nous a paru alors intéressant et pertinent de confronter nos résultats afin de compléter cette première recherche pour apporter de nouveaux éléments de réflexion sur le public visé par l'art pariétal du site et ainsi la fonction socio-culturelle de cette production graphique.

Cette expérimentation vient corroborer les résultats concernant le registre gravé. Ainsi, la gravure n'est pas aisément visible : elle réclame le plus long temps d'observation pour être vue. Néanmoins, l'ajout de peinture noire en rehaut de certaines portions observé sur certains motifs (Abgrall, 2010) augmente la visibilité de quelques-uns. Les conditions d'éclairage nuancent également cette vision : l'utilisation d'un éclairage artificiel facilite grandement la perception de ces motifs, de même qu'un éclairage naturel rasant du soir. Les conditions d'observation optimales de ce registre pariétal sont alors nocturnes : le public visé serait donc celui qui occupe l'abri, et qui a donc une connaissance préalable de ces motifs pour les voir. Cette production graphique serait ainsi faite pour être vue par un public occupant et à des moments bien précis et définis de la journée/nuit.

Une différence notable vis-à-vis des résultats obtenus par C. Bourdier, O. Fuentes et G. Pinçon en 2017 touche à la technique du bas-relief. Les bas-reliefs de l'abri Bourdois ainsi que ceux du plafond effondré de la Cave Taillebourg ne seraient alors pas aisément visibles dans la journée par le public occupant l'abri-sous-roche. Probablement en raison des difficultés à distinguer volumes naturels et anthropiques, le bas-relief est moins aisément visible que pensé, et semble relever de capacités plus individuelles comme la technique de la gravure. Néanmoins, comme pour le registre de gravures fines, ces résultats sont à nuancer au regard de l'ajout de peinture noire sur certains bas-reliefs (sabots de certains bouquetins et bisons – Abgrall, 2010) qui implique une plus grande attraction visuelle. Le temps de réaction légèrement moins élevé pour le bas-relief (0.9s contre 1s pour la gravure – sauf pour l'éclairage du soir qui est à 0.8s) va aussi dans le sens d'un léger élargissement des destinataires des œuvres, qui ne sont pas tous obligés d'habiter dans l'abri pour voir les motifs sculptés. Bien que ces données ne soient pas disponibles pour notre expérimentation, nous pourrions supposer qu'un éclairage artificiel rende les bas-reliefs plus faciles à être vus, en facilitant la distinction entre formes anthropiques et formes naturelles. À l'instar des motifs gravés, les motifs sculptés semblent requérir des conditions de visibilité spécifiques. Cette technique de réalisation serait destinée principalement au public occupant l'abri, mais un public opportuniste (qui est un public composé d'observateurs passants aux alentours de l'abri, qui n'y habite pas et qui n'a pas de connaissance préalable des motifs pariétaux) n'est pas à exclure en raison de l'ajout de peinture noire. L'élargissement à un public opportuniste pourrait s'expliquer par la visibilité du dispositif pariétal de jour comme de nuit en fonction des différents éclairages utilisés et de l'ajout de peinture. Le principal public destinataire du dispositif pariétal sculpté serait ainsi semblable à celui du registre gravé.

L'analyse de la visibilité du registre pictural testé dans notre expérimentation montre deux situations distinctes. La peinture rouge est aussi bien perçue en éclairage artificiel que naturel, bien que moindre à midi (55% de taux de réussite), à la différence des motifs réalisés à la peinture noire dont la visibilité est maximale en éclairage diurne, et particulièrement selon une incidence zénithale.

Si les motifs monochromes rouges sont *a priori* plus visibles que ceux gravés et sculptés, ils ne sont en revanche pas nombreux et situés sur la paroi verticale du fond de l'abri mais aussi sur les blocs effondrés du plafond de la Cave Taillebourg. L'association étroite des motifs et à-plats rouges avec le registre sculpté du fond de l'abri auquel ils sont juxtaposés ou superposés (Abgrall, 2010), a probablement dû, dans une certaine mesure, renforcer la visibilité des sculptures au cours de la journée avec l'éclairage naturel. Le public potentiellement destinataire est ainsi celui qui occupe l'abri car le fond comme le plafond ne sont visibles que depuis l'intérieur.

À l'instar de l'article de C. Bourdier, O. Fuentes et G. Pinçon (2017), nos résultats mettent en avant des publics différents de l'art pariétal du Roc-aux-Sorciers selon les registres techniques considérés. Cependant, le public visé par cet art pariétal semble être moins large que ce qui était proposé dans la première étude. Le registre pictural des motifs géométriques monochromes rouges est celui qui serait destiné au plus grand nombre d'observateurs potentiels, avec toujours une variabilité selon les types d'éclairages utilisés et notamment une visibilité moindre en éclairage naturel du midi. Cette conclusion est néanmoins à nuancer en prenant en compte l'ajout de couleur noire sur certaines gravures et bas-reliefs, augmentant très certainement la visibilité de ces motifs pariétaux (l'œil humain est plus facilement attiré par le contraste de la couleur sur la roche que des teintes différentes de la roche incisée). Une grande différence se remarque pour le bas-relief : contrairement aux résultats précédents (Bourdier *et al.*, 2017), la présente expérimentation indique des motifs moins bien visibles (c'est-à-dire une attraction visuelle moins importante sans connaissance préalable), vraisemblablement en relation avec la vision intimiste de la frise qui pouvait se faire avec son découpage en plusieurs portions grâce à la présence des anneaux. Ainsi, la majorité des graphismes semble être à destination des occupants de l'abri.

Nos résultats permettent également d'apporter des éléments de réflexion sur les conditions d'éclairage de l'abri-sous-roche du Roc-aux-Sorciers. L'orientation plein Sud de l'abri permet une adéquation totale aux résultats de l'expérimentation. Ainsi, l'éclairage artificiel permet une plus grande visibilité des motifs gravés, les motifs rouges semblent être vus relativement aisément quel que soit l'éclairage et les motifs noirs ont une plus grande visibilité avec un éclairage naturel, en particulier celui du matin. Les bas-reliefs sont quant à eux plus facilement visibles avec un éclairage rasant du matin ou du soir. Il y a manifestement deux conditions d'éclairage opposées pour une visibilité optimale des motifs selon les techniques présentes au Roc-aux-Sorciers : l'éclairage artificiel pour les graphismes gravés, et l'éclairage naturel du matin et/ou du soir pour les rehauts de couleur noire, et dans une moindre mesure pour les bas-reliefs ; les motifs rouges n'ayant pas de différences de perception selon les éclairages utilisés. Certains motifs semblent donc être faits pour être vus le jour et d'autres la nuit, indiquant ainsi deux destinations différentes des figurations pariétales. En

outre, la très haute visibilité de la gravure en éclairage artificiel à la lampe à graisse indique très certainement une mise en scène la nuit, rendant la partition de la frise de l'abri Bourdois avec la présence des anneaux, encore plus intime. Ce public est alors celui qui occupe l'abri, qui y vit et dort. Plusieurs périmètres de visibilité en fonction des techniques et de leurs conditions d'éclairages optimales s'observent pour le dispositif pariétal du Roc-aux-Sorciers. Ils pourraient révéler des stratégies de visibilité différentes avec une partition entre une observation le matin ou le soir pour les peintures noires et rouges, et peut-être aussi des bas-reliefs dont ils augmentent la visibilité, et la nuit pour les gravures et les peintures rouges, qui augmentent de la même façon la visibilité des bas-reliefs en nocturne. Des usages variés des motifs pourraient ainsi être envisagés.

Enfin, les résultats obtenus quant au degré d'expertise, qui ne semble pas influencer sur la visibilité des œuvres, indiqueraient que les motifs pariétaux ne seraient pas destinés à une catégorie de la population particulière, les connaisseurs de l'art pariétal. La différence pourrait se situer au niveau de la connaissance préalable, ou non, de la présence des motifs pariétaux dans l'abri qui déterminerait en grande partie les conditions de visibilité des graphismes. Ce critère mérite cependant une étude plus approfondie afin de pouvoir avancer avec certitude qu'il n'y a pas de différence significative entre des individus habitués à voir des figures pariétales et des personnes qui n'en ont pas la pratique.

Concernant l'évolution des modalités techniques au sein du dispositif pariétal, marqué par un remplacement du registre gravé au profit des bas-reliefs, les résultats obtenus dans ce travail montrent que les deux techniques seraient destinées au même public : un public occupant et possédant une connaissance préalable des motifs pariétaux. Le changement de public proposé par la précédente étude (Bourdier *et al.*, 2017) semble être à nuancer. Cependant, à l'instar de cette étude, nous proposons également un changement d'usage des motifs pariétaux à l'œuvre dans l'évolution du dispositif pariétal, mais lié aux conditions d'éclairage. Ainsi, ils seraient destinés au public occupant l'abri, avec une visibilité nocturne, puis diurne et nocturne lorsque les registres sculpté/peint remplacent le registre gravé. La fonction de l'habitat orné du Roc-aux-Sorciers est certainement collective, au regard de la topographie du gisement (75 à 100 personnes) et du contexte archéologique associé (Bourdier *et al.*, 2017).

Ces résultats semblent prometteurs et nécessiteraient des analyses plus poussées afin de prendre en compte plus de variables et d'affiner la question du niveau d'expertise.

V- DISCUSSION

A – Intérêts de la démarche

Cette démarche interdisciplinaire vient confirmer mais aussi nuancer des postulats théoriques précédemment formulés. Elle nuance le fait que la sculpture est définie comme la technique la plus visible par sa mise en relief. Les résultats de la présente étude semblent montrer qu'elle serait plus difficile à voir, surtout avec une lumière naturelle. Une même réserve se note quant au degré de connaissance de l'observateur qui se révèle dans cette étude, ne pas être un critère significatif. Les motifs réalisés par les Paléolithiques ne seraient alors pas conçus en termes de public novice/initié, mais plutôt pour un public connaisseur, ou pas, du lieu de réalisation. À l'inverse, elle vient confirmer les hypothèses concernant la technique de la gravure, peu aisément visible. Cependant, cette recherche montre qu'il serait intéressant de développer l'idée d'une bonne visibilité des gravures avec l'utilisation exclusive d'un éclairage artificiel. Autre apport digne d'intérêt est celui de l'étude du registre pictural, peu exploré jusqu'alors. Ainsi, ce travail corrobore la haute visibilité des motifs réalisés en bichromie (contours noirs et fond rouge), quel que soit le type d'éclairage utilisé. Les résultats quant à la technique de la peinture noire sont vraiment différents d'un éclairage à un autre, et sont fortement influencés par les types d'éclairages utilisés. De même, ce mémoire apporte des éléments de réflexion supplémentaires à propos de l'utilisation d'un éclairage artificiel (lampe à graisse). Nos résultats confirment que les motifs réalisés avec du relief (gravures et bas-reliefs) sont plus aisément visibles avec un éclairage naturel rasant, celui du matin ou celui du soir, et davantage visibles avec un éclairage artificiel dans le cas des motifs gravés. Ces résultats sont aussi fortement impactés par l'orientation du site orné : ici, l'orientation plein Sud du Roc-aux-Sorciers permet d'obtenir ces mêmes résultats. Enfin, ils permettent d'affiner la question des publics et apportent des éléments sur la question des publics occupants/publics opportunistes. Ils semblent indiquer que la production visuelle du Roc-aux-Sorciers n'avait pas pour but premier d'être vue.

B - Limites de l'étude et des résultats

Bien que les résultats de cette première étude interdisciplinaire pour traiter la problématique de la visibilité de l'art pariétal paléolithique européen soient prometteurs et permettent d'enrichir la discussion en la matière, ils comportent de nombreuses limites et biais qu'il est important de souligner.

Un certain nombre de manques sont à lister dans la méthode choisie pour cette expérimentation. Ainsi, le type d'éclairage à la lampe à graisse n'a pas pu être testé pour le bas-relief.

De même, les gravures profondes, le demi et haut-relief ou encore la peinture jaune n'ont pas pu être étudiés. Il faudrait également multiplier les conditions d'éclairages naturels mais aussi artificiels (torche et foyer), ce qui est applicable à la cohorte des observateurs qui nécessiterait une multiplication et une diversification de leur nombre, âge et connaissances de l'art paléolithique. Un biais fondamental auquel nous ne pourrions jamais remédier reste l'influence culturelle de la perception visuelle de l'observateur. Nous ne sommes habitués à voir et identifier que ce qu'on nous a donné à apprendre, apprentissage qui est très certainement différent pour les sociétés préhistoriques qui ne vivaient pas dans le même environnement culturel que nous. De plus, la méthode psychophysique nécessite la réalisation de l'expérimentation en laboratoire, sortant ainsi les expressions graphiques de leur contexte physique. Une part d'information est alors « perdue ». Ainsi, le support ou encore l'incidence de la luminosité ne sont plus pris en compte en laboratoire, même si beaucoup de paramètres intervenant dans les conditions réelles d'observation sont contrôlés sur les photographies en laboratoire. Le temps d'exposition aux images, ici de 200 ms, pourrait être diversifié avec des temps d'exposition plus longs pour observer si cela a un impact sur la bonne visibilité des motifs par les sujets, en particulier pour la catégorie des Novices.

Le nombre d'essais comporte un biais puisqu'il n'a pas été possible de réaliser les images pour l'éclairage artificiel des bas-reliefs. L'absence des images non animales pour la technique de la bichromie et du bas-relief peut aussi impacter les résultats afin de constater si les sujets perçoivent mieux un animal qu'un motif géométrique par exemple. En raison de leur importance en termes interprétatifs, les résultats, apparemment négatifs quant à l'impact du niveau d'expertise sur la capacité de l'observateur à voir les motifs pariétaux, semblent devoir être considérés avec précaution. En effet, il nous paraît étrange que l'expérience plus ou moins grande de l'art paléolithique n'ait aucune influence sur la détection des motifs pariétaux. Des analyses plus poussées s'avèrent donc nécessaires, notamment en termes de traitements statistiques qu'il faudrait diversifier afin de recouper les résultats obtenus.

Enfin, de nombreux autres critères, ici non traités, sont à prendre en compte pour les recherches futures (cf. Grille analytique fig. A2 et cf. II. E) : les critères relatifs à l'inscription du site dans le paysage, la topographie de la salle, son accès, les distances d'observation et de visibilité maximale, les contraintes visuelles, la position de l'observateur, les formes et dimensions des motifs, la composition ou encore le support. Les dimensions des motifs apparaissent en particulier essentielles à considérer dans l'analyse de la visibilité de l'art pariétal : dans le cas du Roc-aux-Sorciers, ainsi que souligné dans l'étude de Bourdier *et al.* (2017), il est certain que la monumentalité concourt activement à la grande visibilité des sculptures qui, même en conditions d'éclairage artificiel à la lampe à graisse, devaient être plus visibles que le registre de gravures fines, de petites dimensions. Les formes

des motifs paraissent également être intéressantes à analyser dans le futur : le fait qu'un motif soit réalisé de manière schématique ou au contraire, réaliste, affecte de manière significative la détection des motifs, en particulier si l'individu n'a pas l'habitude de voir le motif.

C - Perspectives

Cette étude avait une ambition en partie méthodologique : il s'agissait de tester une méthode empruntée au domaine des neurosciences, la méthode psychométrique, et de tester sa pertinence pour l'étude de la visibilité de l'art pariétal paléolithique. Les résultats obtenus viennent d'une part préciser certains des précédents résultats, en infirmer d'autres, et enfin apporter des éléments nouveaux impossibles à aborder avec les méthodologies jusqu'alors utilisées dans cette problématique de recherche. Il semble alors cohérent de poursuivre dans ce champ d'expertise interdisciplinaire par les résultats encourageants qui en ressortent.

Une recherche plus approfondie croisant neurosciences et archéologie préhistorique pour traiter la problématique de la visibilité de l'art pariétal paléolithique pourrait être profitablement mise en place. Une plus grande diversité de critères et de facteurs doit être prise en compte lors de l'élaboration du protocole, notamment l'importance des dimensions des motifs qui influent sur la perception de l'œil humain. Il est nécessaire de considérer le registre géométrique et non animalier afin de voir si des différences se notent dans la perception selon la thématique des motifs.

Des précisions sont à apporter pour la technique du bas-relief, qui est le plus souvent monumentale et en plein air donc aisément visible par un large public simultanément, notamment en termes de dimensions de motifs. De plus, la perception de la 2D s'avère problématique pour une technique en 3D. Il s'agirait alors, dans le futur, de diversifier les analyses (à l'aide de la réalité virtuelle et de la modélisation 3D) pour cette technique afin de pouvoir croiser les résultats et ainsi de déterminer une interprétation plus précise du public visé par la technique du bas-relief. D'une manière générale, la troisième dimension doit être introduite car l'art pariétal, et pas seulement les bas-reliefs, est une iconographie en volume en raison de l'intégration très fréquente des formes et volumes naturels des parois. Cette dimension permettrait également des modélisations plus poussées des différents types d'éclairages, et semble fondamentale pour approfondir l'analyse de la visibilité des motifs pariétaux.

Les critères relatifs à l'éclairage doivent être perfectionnés, notamment par la prise en considération de la luminance ainsi que du vacillement de la flamme pour les éclairages artificiels (lampe à graisse, foyer, torche) : il s'avère nécessaire d'élaborer des tests à l'aide de vidéos

qui puissent rendre cette dimension mouvante propre à un éclairage avec flamme. La portée lumineuse des différents éclairages artificiels doit être simulée pour révéler les différences de surface d'éclairement des motifs et ce que cela implique comme conditions de visibilité pour le public paléolithique.

Le niveau d'expertise semble à affiner : il faudrait augmenter les critères de sélections des sujets avec une plus grande représentativité de la population (selon l'âge : personnes âgées, de 40-50 ans, d'enfants en bas âge et d'adolescents) afin de déterminer si le niveau d'expertise a réellement, ou non, un impact dans la visibilité des motifs pariétaux. Des cohortes de sujets plus importantes permettraient aussi d'approfondir les résultats en considérant un échantillon de représentativité de la population toujours plus maximal.

Une diversité des analyses statistiques pourrait également s'avérer efficiente dans le traitement des données et des interprétations. Parmi les nombreuses pistes possibles, une nouvelle variable pourrait être introduite, comme la distance de visibilité, la luminance ou encore les dimensions des motifs, en fixant l'éclairage et la technique. Puisque la distance est une variable continue et non catégorielle à l'instar de la technique ou l'éclairage, nous pourrions établir une courbe de sensibilité qui permettrait de comparer les bonnes réponses des participants et de voir l'évolution de la perception du stimulus. Des courbes différentes propres à chacune des catégories d'expertise pourraient également permettre d'affiner cette question de l'expertise en art pariétal paléolithique.

De nouvelles perspectives s'ouvrent aussi en terme d'application archéologique. Cette démarche peut s'appliquer à des corpus de sites de plein air mais également à des cavités souterraines où les parois ornées ne sont pas illuminées par la lumière naturelle. Cette méthode permet de tester tout type d'endroit où l'art sur paroi est présent. Le but serait alors d'obtenir un panel le plus complet possible des conditions d'éclairage et des techniques de réalisation des représentations graphiques, ceci afin qu'émerge une idée plus précise de la fonction de ces ornements et de ces sites ornés.

CONCLUSION

Le croisement des disciplines de l'archéologie et des neurosciences pour étudier la visibilité de l'art pariétal paléolithique à travers la question de sa réception par les Paléolithiques semble prometteur et ouvre un champ d'investigation et de perspectives encore vierge pour les années à venir.

Cette expérimentation a permis d'acquérir des résultats qu'il a été possible de croiser avec une précédente étude réalisée sur le sujet (Bourdier *et al.*, 2017). Ils corroborent certains résultats déjà obtenus, notamment pour la technique de la gravure, apportent de nouveaux éléments d'analyse dans le cadre des techniques picturales de réalisation, et nuancent les résultats concernant les bas-reliefs et les conditions d'éclairage dont l'utilisation semble varier significativement selon les techniques. De plus, ces résultats apportent des nuances intéressantes concernant le degré de spécialisation du public auquel étaient destinées les expressions graphiques : l'expertise ne semble pas être un critère déterminant dans le choix du public visé.

Le double objectif de ce mémoire est ainsi rempli : d'une part, cette recherche a permis d'apporter des éléments de réflexion sur la visibilité des techniques de réalisation (peinture noire, rouge, bichromie, gravure et bas-relief) sans connaissance préalable, et donc de l'attractivité visuelle des techniques, mais aussi sur les conditions d'observation optimales en termes d'éclairage, permettant ainsi d'élargir la réflexion sur la destination des œuvres graphiques (occupants de l'abri vs. observateur opportunistes) et leur(s) potentielle(s) fonction(s). Transposé à l'échelle d'un site, ces réflexions permettent d'approfondir les questions de fonctionnalité des sites ornés paléolithiques européens. D'autre part, la méthode testée, dite psychométrique, se révèle pertinente pour l'étude de la visibilité de l'art pariétal.

Cette première étude interdisciplinaire permet la mise en perspective d'un certain nombre de critères à examiner pour approfondir l'analyse de la visibilité de l'art pariétal paléolithique européen.

De nombreux autres paramètres restent à étudier pour étoffer les résultats et les affiner, tels la dimension des motifs, la multiplication des éclairages artificiels et leur incidence, le support des motifs, la distance maximale de visibilité des motifs ou encore la saisonnalité en termes de luminance des éclairages. La lisibilité des motifs est aussi à prendre en compte dans les prochaines études traitant de la perceptibilité des motifs pariétaux : elle permettra de comparer ce registre avec l'étude précédente sur le Roc-aux-Sorciers (2017) en vue d'améliorer nos connaissances sur l'organisation sociale des Paléolithiques européens.

La multiplication des tests statistiques s'avère également nécessaire pour confirmer la pertinence de l'utilisation d'une telle méthode, ainsi que pour affiner la question de l'expertise comme clé de compréhension de la réception de l'art pariétal paléolithique européen. Nous pourrions alors prendre en compte des variables quantitatives afin de noter les évolutions dans leur perception par les catégories de sujets.

BIBLIOGRAPHIE

ABGRALL A. (2010) – L'utilisation de la couleur dans l'art pariétal du Roc-aux-Sorciers, langage d'un groupe culturel ? In BUISSON-CATIL J. & PRIMAULT J. (dir.), *Préhistoire entre Vienne et Charente. Hommes et sociétés du Paléolithique*, Paris : Ministère de la Culture et de la Communication. (Mémoire 38), p. p. 441-452.

AURIÈRE L. (2012) - *L'art mobilier magdalénien, du support au décor : les choix technologiques et leurs implications dans l'élaboration des objets ornés en matières osseuses : étude de cas dans la Vallée de l'Aveyron : les gisements de Plantade, Lafaye, Montastruc et Courbet*, PhD Thesis, Université de Toulouse 2 Le Mirail.

BAHN P. (1984) – *Pyrenean prehistory: a palaeoeconomic survey of the French sites*, Warminster, Wiltshire : Aris & Philips, 497 p.

BAHN P. (2003) – Location location : what can the positioning of cave and rock art reveal about Ice Age motivation ?, in *Höhlenkunst and Raum : Archäologische und architektonische perspektiven.*, Jan van der Most, Düsseldorf, Pastoors A., Weniger G.S.

BAURÈS R. *et al.* (sous presse) – *Better time-to-contac estimation when attention is less available.*

BEAUNE S. de (1993) – Approche expérimentale de techniques paléolithiques de façonnage de roches peu aptes à la taille, *Paléo*, 5, p. p. 155-177.

BÉGOUËN R., TOSELLO G., CLOTTE J., PASTOORS A., FAIST F., FRITZ C., BOURGES F. (2009) – *Le sanctuaire secret des Bisons : il y a 14 000 ans, dans la caverne du Tuc d'Audoubert...*, Paris, Somogy éditions d'art, 415 p.

BONNET C., GHIGLIONE R., RICHARD J.-F. (2003) – *Traité de psychologie cognitive. Perception, action, langage*, Dunod, Paris, Dunod, 266 p.

BOUDIER--BLET J. (2017) – *La question de la visibilité de l'art pariétal paléolithique européen. Regard comparé sur la figure du cheval dans la grotte des Combarelles I (LES EYZIES-DE-TAYAC, France) et dans l'abri-sous-roche de Cap Blanc (MARQUAY, France)*, Mémoire de Master 1, Toulouse, Université de Toulouse Jean Jaurès, 141 p.

BOURDIER C. (2010) – *Paléogéographie symbolique au Magdalénien moyen : apport de l'étude des productions graphiques pariétales des abris occupés et sculpté de l'Ouest français (Roc-aux-Sorciers,*

Chaire-à-Calvin, Reverdit, Cap-Blanc), PhD Thesis, Université de Bordeaux 1, Consultable à <http://www.theses.fr/2010BOR14174/document> [Accédé le 11 décembre 2016].

BOURDIER C. (2013) – Rock art and social geography in the Upper Paleolithic. Contribution to the socio-cultural function of the Roc-aux-Sorciers rock-shelter (Angles-sur-l'Anglin, France) from the viewpoint of its sculpted frieze, *Journal of Anthropological Archaeology*, 32, 4, pp. 368-382.

BOURDIER C., FERUGLIO V., FUENTES O., PINÇON G., ROBIN G. (2015) - Ostensible ou caché : la question de la visibilité dans la compréhension de l'art pariétal/rupestre paléolithique, In COLLADO GIRALDO H. (dir.) – *Symbols in the landscape : rock art and its context : book of abstracts*, Maçao, ITM, (ARKEOS), 1 vol. (757 p.), p. p. 377-418.

BOURDIER C., LENOIR M., MALGARINI R., MEVEL L., PAILLET P., PINÇON G. (2016) – Trente ans après Allain *et al.*, 1985, que sont devenus les gisements de référence ? In BOURDIER C., CHEHMANA L., MALGARINI R., POLTOWICZ-BOBAK M., *L'essor du Magdalénien. Aspects culturels, symboliques et techniques des faciès à Navettes et à Lussac-Angles*, Paris : Société préhistorique française (Séances de la Société préhistorique française, 8), p. p. 33-54.

BOURDIER C., FUENTES O., PINÇON G. (2017) – Methodological contribution to the integrated study of European Palaeolithic rock art : the issue of the audience and the perceptibility of Roc-aux-Sorciers rock art (Angles-sur-l'Anglin, France), *Quaternary international*, 430, p. p. 114-129.

CHAKRAVARTI I. M., LAHA R.G., ROY J. (1967) – *Handbook of Methods of Applied Statistics*, John Wiley and Sons, vol. 1, p. p. 392-394.

CLOTTE J. (1993a) – Contexte archéologique externe, In *L'art pariétal paléolithique. Techniques et méthodes d'étude*, Paris, Ed. du CTHS, (Documents préhistoriques), p. p. 27-35.

CLOTTE J. (1993b) – Contexte archéologique interne, In *L'art pariétal paléolithique. Techniques et méthodes d'étude*, Paris, Ed. du CTHS, (Documents préhistoriques), p. p. 49-58.

CLOTTE J. (1996) - Le Magdalénien des Pyrénées. Un groupe culturel homogène, In *L'art préhistorique des Pyrénées*, Catalogue de l'exposition, Musée des Antiquités Nationales, château de Saint-Germain-en-Laye, 2 avril-8 juillet 1996., Paris : R. M. N., p. p. 36-59.

CLOTTE J. (1998) – *Voyage en Préhistoire. L'art des cavernes et des abris, de la découverte à l'interprétation*, Paris, La maison des roches, 479 p.

CLOTTE J. (1999) – *La vie et l'art des Magdaléniens en Ariège*, (Voyage en Préhistoire 2), Paris, La

Maison des Roches, 697 p.

CLOTTES J., MENU M., WALTER Ph. (1990) – La préparation des peintures magdaléniennes des cavernes ariégeoises, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 87, 6, p. 170-192.

CLOTTES J., LEWIS-WILLIAMS J.D. (1996) – *Les chamanes de la Préhistoire*, Paris, Seuil, 237 p.

CONKEY M. (1988) – Les sites d'agrégation et la répartition de l'art mobilier, ou : y a-t-il des sites d'agrégation magdaléniens ?, *In Le peuplement magdalénien : paléogéographie physique et humaine, Colloque de Chancelade, 10-15 octobre 1988.*, Paris : CTHS, p. p. 19-25.

CONKEY M. (1990) - Does it make a difference? Feminist thinking and archaeologies of Gender. Paper presented at the 22nd Annual Chacmool Conference: The Archaeology of Gender, Calgary, Alberta, Canada.

DELORME A., RICHARD G., FABRE-THROPE M. (2000) – Ultra-rapid categorisation of natural scenes does colour cues: a study in monkeys and humans, *Vision Research*, 40, p. p. 2187-2200.

D'ERRICO F. (1994) – L'art gravé azilien : de la technique à la signification, Coll. Gallia Préhistoire, Paris, CNRS, 329 p.

DOMINGO SANZI I., FIORE D., MAY S.K. (2008) – *Archaeologies of art. Time, place, identity.*, Walnut Creek (Calif.), Left Coast press, (One world archaeology series ; 55), 279 p.

FORTEA PEREZ J. (1994) - Los "santuarios" exteriores en el Paleolitico cantabrico. *Complutum*, 5, p. p. 203-220.

FRITZ C. (1996) – *Procédés artistiques et sociétés magdaléniennes : contribution de l'analyse microscopique à l'étude de la gravure sur matière animale (os et bois de cervidé)*, PhD Thesis, Université de Paris I.

FUENTES O. (2000) – *La question du réalisme dans l'art paléolithique et le problème de l'identité culturelle à travers l'étude des têtes humaines isolées des sites magdaléniens du Roc-aux-Sorciers (Angles-sur-l'Anglin, France) et de la Marche (Lussac-les-Châteaux, France)*, Maîtrise de Préhistoire, Université de Paris I.

FUENTES O. (2017) - The social dimension of human depiction in Magdalenian rock art (16,500 cal. BP–12,000 cal. BP) : the case of the Roc-aux-Sorciers rock-shelter, *Quaternary International*, 430, p. p. 97-113.

GAMBLE C. (1998) – Palaeolithic Society and the Release from Proximity: A Network Approach to Intimate Relations, *World Archaeology*, 29, 3, p. p. 426-449.

GOMBRICH E. (1960) – *Art and Illusion: a Study in the Psychology of Pictorial Representation*, Phaidon, London.

HALVERSON J. (1992) – Palaeolithic art and cognition, *The Journal of Psychology*, 126, p. p.221-236.

HAYDEN B. (2013) – *Naissance de l'inégalité. L'invention de la hiérarchie*, Paris, (coll. Biblis), CNRS, 2^e édition, 161 p.

HOCHBERG J. (1962) – The psychophysics of pictorial perception, *Audiovisual communication review*, 10, 5, p. p. 22-54.

IAKOVLEVA L., PINÇON G. (1997) – *La frise sculptée du Roc-aux-Sorciers, Angles-sur-l'Anglin*, Paris, CTHS, RMN, 168 p.

IAKOVLEVA L., PINÇON G. (1999) – Un habitat orné en abri-sous-roche au Magdalénien moyen, Angles-sur-l'Anglin (Vienne, France), *Trabajos de Prehistoria*, 56, n°1, p. p. 41-52.

JOUTEAU A. (2016) – *Grotte de Cussac. Election des supports des panneaux ornés : déterminisme géologique, déterminisme culturel ?*, Mémoire, Université de Bordeaux 1, 80 p.

LAYTON R. (1985) – The cultural context of Hunter-Gatherer Rock Art. *Man NS*, 20, p. p. 434-453.

LEVINE W. M. (2000) – *Fundamentals of sensation and perception*, Oxford, University Press, 3e edition, 582 p.

LEWIS-WILLIAMS J. D., DOWSON T. A. (1988) – The signs of all times: entoptic phenomena in Upper Palaeolithic art, *Current Anthropology*, 29, p. p. 201-245.

LORBLANCHET M. (1995) – *Les grottes ornées de la Préhistoire : nouveaux regards*, Paris, Errances, 287 p.

LORBLANCHET M. (1999) – *La naissance de l'art. Genèse de l'art préhistorique*, Paris, Errances, 304 p.

LORBLANCHET M. (2010) – *Art pariétal : grottes ornées du Quercy, Rodez*, Ed. du Rouergue, 1 vol., 445 p. dont 32 p. dépl.

LORENZ J., GÉLY J.-P. (2009) – Contexte géologique et morphologique du site, In PINÇON G. (dir.), *Le Roc-aux-Sorciers : Art et parure du Magdalénien*. Paris : Réunion des musées nationaux (Catalogue numérique des collections : www.catalogue-roc-aux-sorciers.fr).

MACE M., RICHARD G., DELORME A., FABRE-THORPE M. (2005) – Rapid categorization of natural scenes

in monkeys: target predictability and processing speed, ©Lippincott Williams & Wilkins, *NeuroReport*, vol. 16, p. p. 349-354.

MARGENAU H. (1950) - *The Nature of Physical Reality: a philosophy of modern physics*, New York, McGraw-Hill.

MOURE ROMANILLO A. (1994) – Arte paleolítico y geografías sociales. Asentamiento, movilidad y agregación en el final del Paleolítico Cantábrico. *Complutum*, 5, p. p. 313-330.

NOBBLE W., DAVIDSON I. (1993) – Tracing the emergence of Modern Human Behavior: Methodological Pitfalls and a Theoretical Path, *Journal of Anthropological Archaeology*, 12, p. p. 121-149.

OUTRAM A.K. (2008) – Introduction to experimental archaeology, *World Archaeology*, 40, 1, p.p. 1-6.

PASTOORS A., WENIGER G.-C. (2011) – Cave art in its context : methods for the analysis of the spatial organization of cave sites, *Journal of archaeological research*, (Springer), 19, Issue 4, p. p. 377-400.

PINÇON G. (2008) – Chronologie pariétale des œuvres magdaléniennes du Roc-aux-Sorciers (Angles-sur-l'Anglin, Vienne) : entre tradition et innovation, *In Situ*, 9.

PINÇON G. (2009a) – Le contexte archéologique des œuvres, *In* PINÇON G. (dir.), *Le Roc-aux-Sorciers : Art et parure du Magdalénien*, Paris : Réunion des musées nationaux (Catalogue numérique des collections : www.catalogue-roc-aux-sorciers.fr).

PINÇON G. (2009b) – Introduction, *In* PINÇON G. (dir.), *Le Roc-aux-Sorciers : Art et parure du Magdalénien*, Paris : Réunion des musées nationaux (Catalogue numérique des collections : www.catalogue-roc-aux-sorciers.fr).

PINÇON G. (2010) – Le Roc-aux-Sorciers (Angles-sur-l'Anglin, Vienne) : un habitat orné, *In* BUISSON-CATIL J. & PRIMAULT J. (dir.), *Préhistoire entre Vienne et Charente. Hommes et sociétés du Paléolithique*, Paris : Ministère de la Culture et de la Communication. (Mémoire 38), p. p. 407-440.

PINÇON G. (2012) – Art mobilier et art pariétal du Roc-aux-Sorciers (Angles sur-l'Anglin, Vienne, France) : disparités ou sens communs ?, *In* CLOTTE J. (dir.), *L'art pléistocène dans le monde / Pleistocene art of the world / Arte pleistoceno en el mundo*, Actes du Congrès IFRAO, Tarascon-sur-Ariège, septembre 2010 – Symposium « Art pléistocène en Europe », p. p. 1549-1558.

PINÇON G. et DUJARDIN V. (2000) – Le Magdalénien dans la Vienne et la Charente, *in* PINÇON G. (dir.)

Le Paléolithique supérieur récent : nouvelles données sur le peuplement et l'environnement, actes de la table ronde de Chambéry, 12-13 mars 1999, Mémoire de la Société préhistorique française 28, p. p. 213-222.

PINÇON G., FUENTES O., ABGRALL A., BOURDIER C. (2013) – Pour une paléohistoire de l'image. Les jalons d'une réalisation iconographique : La frise magdalénienne du Roc-aux-Sorciers (FRANCE), *In* GROENEN M. (dir.), *Expressions esthétiques et comportements techniques au Paléolithique/Aesthetic Expressions and Technical Behaviours in the Palaeolithic Age*, Actes du XVI Congrès mondial de l'Union Internationale des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques, p. p. 55-72.

REYNOLDS P.J. (1999) – The nature of experiment in archaeology, *in Experiment and Design : Archaeological studies in honour of John Coles*, Oxford : Oxbow, A. F. Harding, p. p.148-155.

RIVERO O. (2011) – La noción de aprendizaje en el arte mobiliario del Magdaleniense Medio cantabro-pirenaico : la contribución del análisis microscópico, *In Trabajos de Prehistoria*, 68 (2), p. p. 275-295.

ROUSSEAU L. (1933) – Le Magdalénien dans la Vienne. Découverte et fouille d'un gisement du Magdalénien à Angles-sur-l'Anglin (Vienne), *Bulletin de la Société Préhistorique de France*, 30, p. p. 239-256.

SALOMON H. (2009) – *Les matières colorantes au début du Paléolithique supérieur : sources, transformations et fonctions*. Thèse de doctorat en Préhistoire, Université Bordeaux I, 430 p.

SAINT-MATHURIN, S. de, GARROD, D. (1950) – Les sculptures d'Angles-sur-l'Anglin (Vienne), *Congrès préhistorique de France XIII^e*, Paris, p. p. 1-4.

SAINT-MATHURIN, S. de, GARROD, D. (1951) - La frise sculptée de l'abri du Roc-aux- Sorciers à Angles-sur-l'Anglin (Vienne), *L'Anthropologie* 55, p. p. 413-424.

SAINT-MATHURIN S. de (1984) – L'abri du Roc-aux-Sorciers, *In* Collectif, *L'art des cavernes. Atlas des grottes ornées paléolithiques françaises*, Paris, Ministère de la Culture, Imprimerie Nationale, p. p. 583-587.

SÉVERAC-CAUQUIL A., ORY-MAGNE F., JARDINE V., GALITZKY M., ROSITO M., BREFEL-COURBON C., CELEBRINI S. (2017) - Parkinson's patients can rely on perspective cues to perceive 3D space, *Brain Research*.

SWETS JA. (1961) – Detection theory and psychophysics : a review, *Psychometrica*, 26, p. p. 49-63.

TROTET G., DUPUY P., GROSSIN F. (1973) – Étude écologique des Cyanophycees des parois calcaires : cas particulier des abris, *Bulletin de la Société botanique française*, 120, p. p. 407-434.

UCKO PJ., ROSENFELD A. (1966) – *L'Art Paléolithique*, Paris, Hachette, L'Univers des Connaissances, 256 p.

VALENSI (2010) – La faune à travers la collection Saint-Mathurin, In PINÇON G. (dir.), *Le Roc-aux-Sorciers : Art et parure du Magdalénien*. Paris : Réunion des musées nationaux (Catalogue numérique des collections : www.catalogue-roc-aux-sorciers.fr).

VIALOU D. (1991) – *La Préhistoire*, Paris, Gallimard (L'Univers des Formes), 430 p.

VIALOU D. (1995) – L'art, cette étincelle qui a fait basculer le monde, *Phrétique, langage et création*, n°74-75, p. p. 4-12.

VILLENEUVE S.N., HAYDEN B. (2007) – Nouvelle approche de l'analyse du contexte des figurations pariétales, In *Chasseurs-cueilleurs*, Paris, CNRS, (Biblis), p. p. 151-159.

VILLENEUVE S.N. (2008) – *Looking at caves from the bottom-up: a visual and contextual analysis of four Paleolithic painted caves in southwest France (Dordogne)*, Thèse, Consultable à <https://dspace.library.uvic.ca//handle/1828/2875> [Accédé le 13 novembre 2016].

WHEATLEY D., GILLINGS M. (2000) – Visual perception and GIS : developing enriched approaches to the study of archaeological visibility, In *Beyond the map : Archaeology and Spatial Technologies*, Amsterdam, G. Lock, IOS Press, p. p. 1-27.

TABLES DES FIGURES

<u>Figure 1</u> : degré de visibilité très contrasté de la gravure selon l'angle d'éclairage (a. matin b. soir) ...	12
<u>Figure 2</u> : Tableau des modalités de chaque condition de l'expérimentation	14
<u>Figure 3</u> : technique de la gravure fine	14
<u>Figure 4</u> : technique du bas-relief	14
<u>Figure 5</u> : technique de la peinture rouge	14
<u>Figure 6</u> : technique de la peinture noire	15
<u>Figure 7</u> : technique de la bichromie	15
<u>Figure 8</u> : Tableau synthétique global du nombre d'essais total des tests	20
<u>Figure 9</u> : effet technique-éclairage-bloc pour le pourcentage de réussite sans le bas-relief	25
<u>Figure 10</u> : Localisation géographique du Roc-aux-Sorciers (Crédits : Cap Carto)	29
<u>Figure 11</u> : Plan topographique du site (© Geneviève Pinçon, Guliver Design, Roc-aux-Sorciers)	30
<u>Figure 12</u> : éléments de mobiliers archéologiques typiques du Magdalénien moyen du Roc-aux-Sorciers : 1-11. Lamelles à dos à base tronquée, 13. Grattoir-burin, 14. Grande lame, 15. Grosse pointe conique, 16-20. Pointes de sagaies de Lussac-Angles, 21. Lissoir, 22. Statuette féminine en calcaire, 23-24. Stomach-bead en ivoire, 25-27. Incisives de poulain quadrillées (1-14 : clichés L. Chehmana, 15-17 : RMN, MAN, clichés T. Ollivier) (Bourdier <i>et al.</i> , 2016 ; fig. 4)	32
<u>Figure 13</u> : diversité technique et thématique de l'iconographie du Roc-aux-Sorciers : 1. Sculptures de bouquetins de la paroi verticale du fond de l'abri Bourdois (G. Pinçon, Ministère de la Culture et de la Communication) ; 2-3. Blocs sculptés et gravés de la voûte effondrée : cheval et bison (MAN, RMN, clichés J-G. Bérizzi) ; 4. Bloc effondré de la voûte : signes géométriques peints en rouge (G. Pinçon, Ministère de la Culture et de la Communication)	34

TABLES DES ANNEXES

Figure A1 : Tableau récapitulatif des critères retenus dans les études sur la visibilité : apports et manques

Figure A2 : grille analytique pour l'étude de la visibilité de l'art pariétal paléolithique européen (d'après Boudier--Blet, 2017 ; modifié)

Figure A3 : exemple de la technique de la bichromie animalière éclairée à la lampe à graisse

Figure A4 : exemple de la technique de la bichromie animalière en éclairage du matin

Figure A5 : exemple de la technique de la gravure animalière en éclairage du midi

Figure A6 : exemple de la technique de la peinture noire animalière en éclairage artificiel

Figure A7 : exemple de la technique de la peinture noire animalière en éclairage du soir

Figure A8 : exemple de la technique de la peinture rouge animalière en éclairage artificiel

Figure A9 : exemple de la technique de la peinture rouge animalière en éclairage du midi

Figure A10 : exemple de la technique de la sculpture animalière en éclairage du matin

Figure A11 : exemple de la technique de la gravure géométrique en éclairage du matin

Figure A12 : exemple de la technique de la peinture noire géométrique en éclairage du matin

Figure A13 : exemple de la technique de la peinture rouge géométrique en éclairage du midi

Figure A14 : exemple de la technique de la peinture rouge géométrique en éclairage artificiel

Figure A15 : effet de randomisation/image pour la performance

Figure A16 : effet de randomisation/image pour le temps de réaction

Figure A17 : graphique de d' pour l'expertise des sujets selon leur performance

Figure A18 : Courbe ROC montrant l'absence d'effet expertise

Figure A19 : pas d'effet expertise pour la performance sans l'éclairage artificiel

Figure A20 : pas d'effet expertise pour la performance sans le bas-relief

Figure A21 : pas d'effet expertise pour le temps de réaction sans la lampe à graisse

Figure A22 : pas d'effet expertise pour le temps de réaction sans la technique du bas-relief

Figure A23 : effet éclairage et technique pour le pourcentage de réussite sans l'éclairage artificiel

Figure A24 : effet de la technique pour le pourcentage de réussite sans la lampe à graisse

Figure A25 : effet de la technique, de l'éclairage et de l'ordre pour le temps de réaction sans la technique du bas-relief

Figure A26 : effet expertise-éclairage-technique pour le temps de réaction sans la technique du bas-relief

Figure A27 : effet technique-éclairage-ordre pour le temps de réaction sans l'éclairage artificiel

Figure A28 : Séquence chrono-stratigraphique de l'occupation de l'abri Bourdois (d'après Saint-Mathurin, 1984, modif. Bourdier, 2010)

Figure A29 : Relevé de la frise de l'abri Bourdois (Saint-Mathurin, 1984)

ANNEXES

	Villeneuve (2008)	Pastors et Weniger (2011)	Jouteau (2016)	Bourdier <i>et al.</i> (2017)	Boudier--Blet (2017)
Inscription dans le paysage				<ul style="list-style-type: none"> - accessibilité - visibilité du site 	<ul style="list-style-type: none"> - localisation dans le paysage - couvert végétal - accessibilité au site
Espace physique	<ul style="list-style-type: none"> - localisation de la chambre - sa taille - configuration du sol - topographie des murs 	<ul style="list-style-type: none"> - espace disponible - le type de chambre 	<ul style="list-style-type: none"> - capacité d'accueil 	<ul style="list-style-type: none"> - capacité d'accueil 	<ul style="list-style-type: none"> - topographie de la salle - capacité d'accueil optimale - configuration du sol
Éclairage		<ul style="list-style-type: none"> - conditions d'éclairage 	<ul style="list-style-type: none"> - conditions minimales d'éclairage - direct ou indirect 		<ul style="list-style-type: none"> - type de source lumineuse - incidence - extension

Caractéristiques intrinsèques de l'art pariétal	<ul style="list-style-type: none"> - taille - technique - couleur - thème représenté - qualité 		<ul style="list-style-type: none"> - organisation du panneau 	<ul style="list-style-type: none"> - technique - dimensions - forme - densité des motifs - distribution spatiale 	<ul style="list-style-type: none"> - dimensions - forme - technique - densité graphique - distribution spatiale
Conditions de visibilité	<ul style="list-style-type: none"> - aire de vue optimale - obstruction à la vue - position de l'observateur - hauteur des images par rapport au sol 	<ul style="list-style-type: none"> - cheminement - posture et station 	<ul style="list-style-type: none"> - emplacement du lieu d'observation par rapport au cheminement naturel et à l'emplacement du panneau - modalités de stationnement sur le lieu d'observation : debout/accroupi aisé/malaisé - distance maximale d'où le panneau est remarquable - si le panneau peut être repéré sans informations préalables sur sa localisation - orientation du panneau - recul possible pour son observation 	<ul style="list-style-type: none"> - aire de vue optimale - obstructions visuelles - hauteur des images par rapport au sol - position de l'observateur 	<ul style="list-style-type: none"> - distance d'observation - cheminement - distance de visibilité maximale du support orné - contrainte visuelle - position de l'observateur

Figure A1: Tableau récapitulatif des critères retenus dans les études sur la visibilité : apports et manques

Critères	Variables	Attributs	Outils analytiques	
Inscription dans le paysage	Localisation dans le paysage (Fond de vallée, hauteur, montagne)	Visible Peu visible Caché	Modélisations à partir des outils SIG (Viewshed analysis)	
	Couvert végétal	Dense Faible		
	Accessibilité au site	Aisé Malaisé		
Contexte physique du site	Topographie de la salle	Capacité d'accueil individuelle Capacité d'accueil limitée (2-5) Capacité d'accueil intermédiaire (6-19) Capacité d'accueil collective (+ de 20)	Plan topographique + extraction du modèle 3D Morphologie et dimensions des lieux Calcul de la capacité d'accueil optimale	
	Cheminement	Sens entrant Sens sortant	Plan topographique + appréciation qualitative	
	Accès (sol)	Aisé Malaisé Difficile	Morphologie du sol (plat incliné, accidenté) Plan topographique + appréciation qualitative	
	Distance d'observation	Grande Moyenne Faible	Localisation du support (plafond, paroi, sol) + Hauteur par rapport au sol Plan topographique + visite	
	Distance de visibilité maximale du support orné	Grande Moyenne Faible	Calculée à partir des dimensions du panneau Modélisations à partir des outils SIG (Viewshed analysis)	
	Contrainte visuelle (nature, impact)	Aucune Faible Élevée	Plan topographique + visite	
	Position de l'observateur (posture et station)	Debout Assis Allongé	Mobile Immobile	Plan topographique + visite

Caractéristiques intrinsèques de l'art pariétal	Dimensions des motifs	Petit (8 à 27 cm) Moyen (30 à 67,5 cm) Grand (70 à 220 cm)	Classes de taille selon les données publiées
	Forme	Réaliste (détails anatomiques...) Schématique Caricaturale Sujet complet Sujet incomplet	Appréciation qualitative du motif
	Technique (genre, couleur)	Gravure Sculpture Peinture (noir, rouge, polychrome)	Appréciation qualitative in situ + selon données
	Densité graphique	Petit nombre Grand nombre	Calcul de la densité graphique Nombre de motifs/surface ornée en m ²
	Distribution spatiale	Juxtaposition Superposition Isolé	Appréciation qualitative du panneau
Éclairage	Type de source lumineuse	Torche Lampe Foyer Lumière naturelle	Calculs à partir des modélisations 3D de l'incidence et de l'extension du type d'éclairage utilisé
	Incidence	Direct Indirect	
	Extension	Total Partiel	

Figure A2 : grille analytique pour l'étude de la visibilité de l'art pariétal paléolithique européen (d'après Boudier-Blet, 2017 ; modifié)



Figure A3 : exemple de la technique de la bichromie animale éclairée à la lampe à graisse



Figure A4 : exemple de la technique de la bichromie animale en éclairage du matin



Figure A5 : exemple de la technique de la gravure animale en éclairage du midi



Figure A6 : exemple de la technique de la peinture noire animale en éclairage artificiel

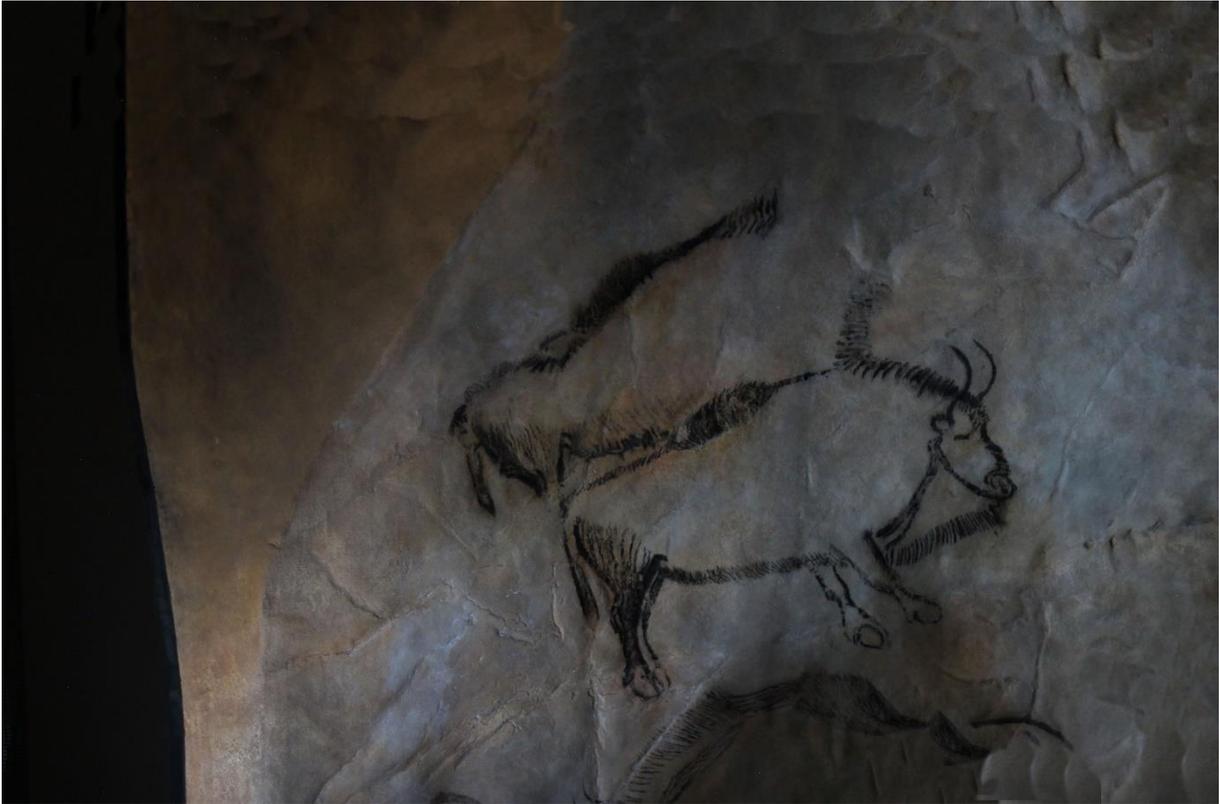


Figure A7 : exemple de la technique de la peinture noire animale en éclairage du soir



Figure A8 : exemple de la technique de la peinture rouge animale en éclairage artificiel



Figure A9 : exemple de la technique de la peinture rouge animale en éclairage du midi



Figure A10 : exemple de la technique de la sculpture animale en éclairage du matin



Figure A11 : exemple de la technique de la gravure géométrique en éclairage du matin

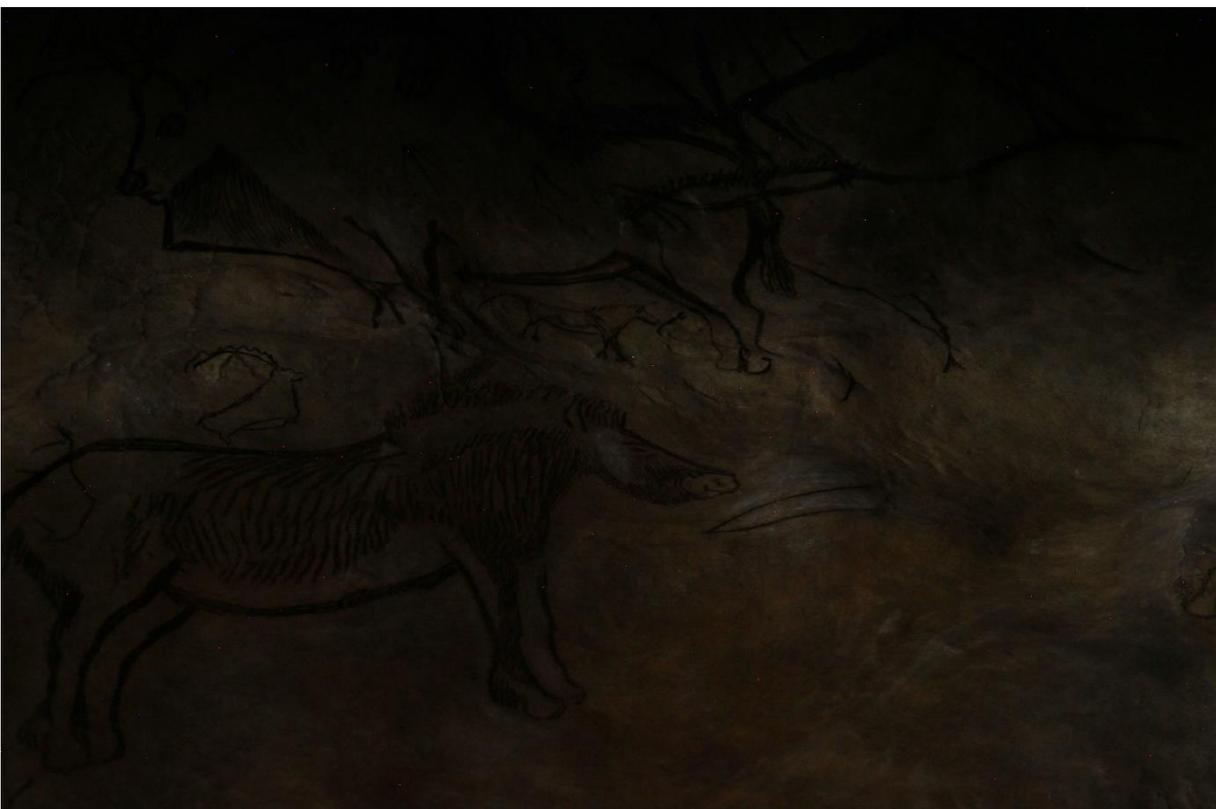


Figure A12 : exemple de la technique de la peinture noire géométrique en éclairage du matin

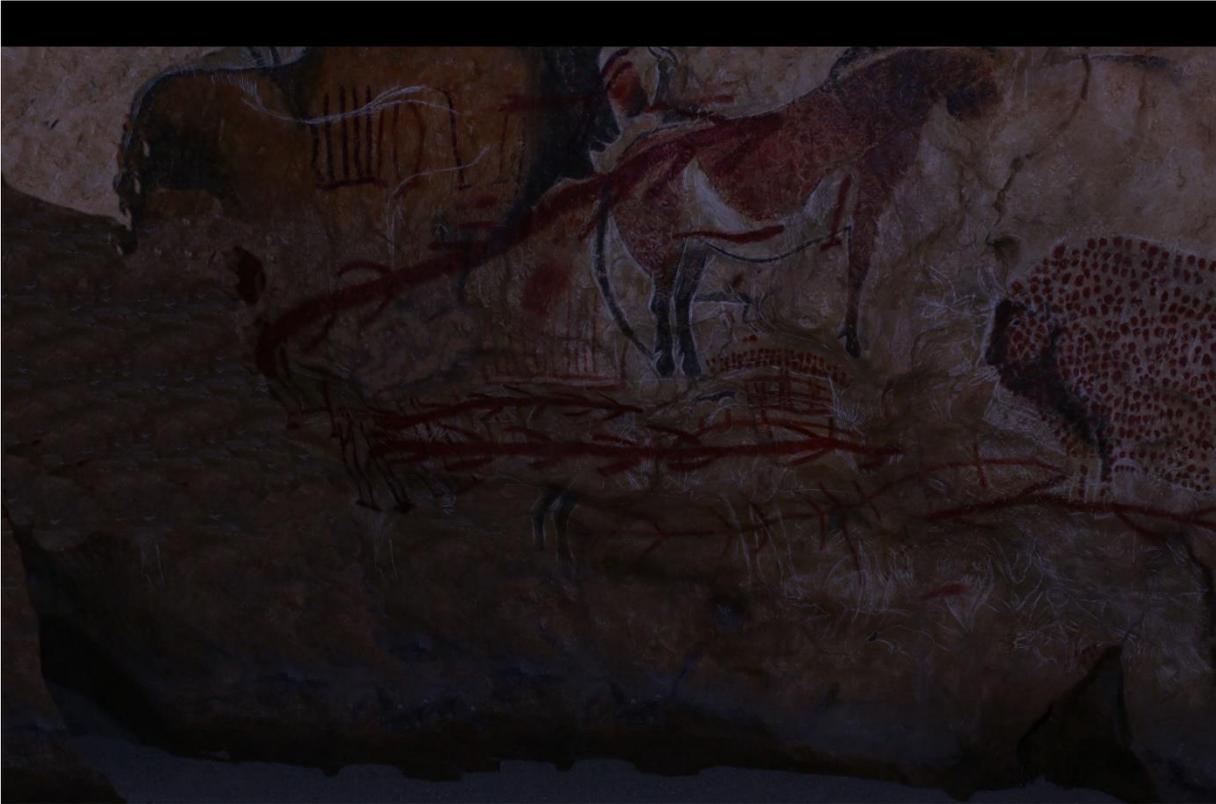


Figure A13 : exemple de la technique de la peinture rouge géométrique en éclairage du midi

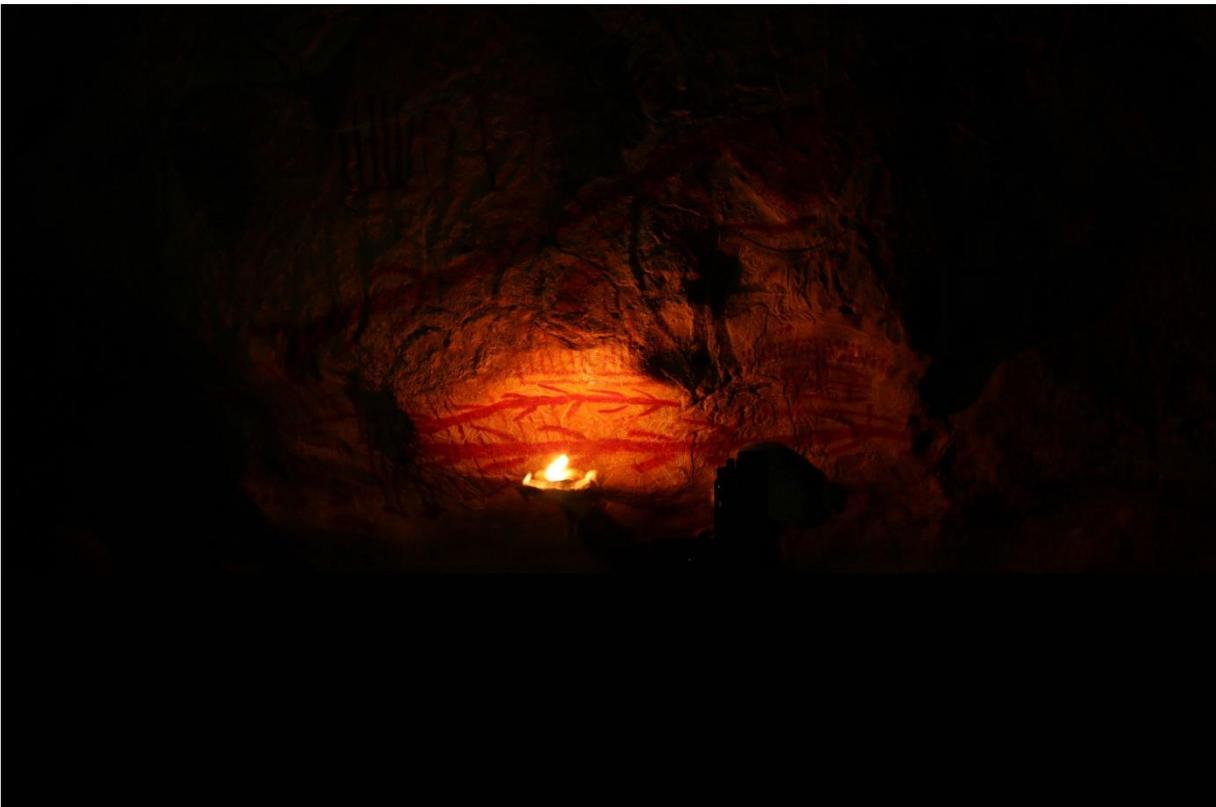


Figure A14 : exemple de la technique de la peinture rouge géométrique en éclairage artificiel

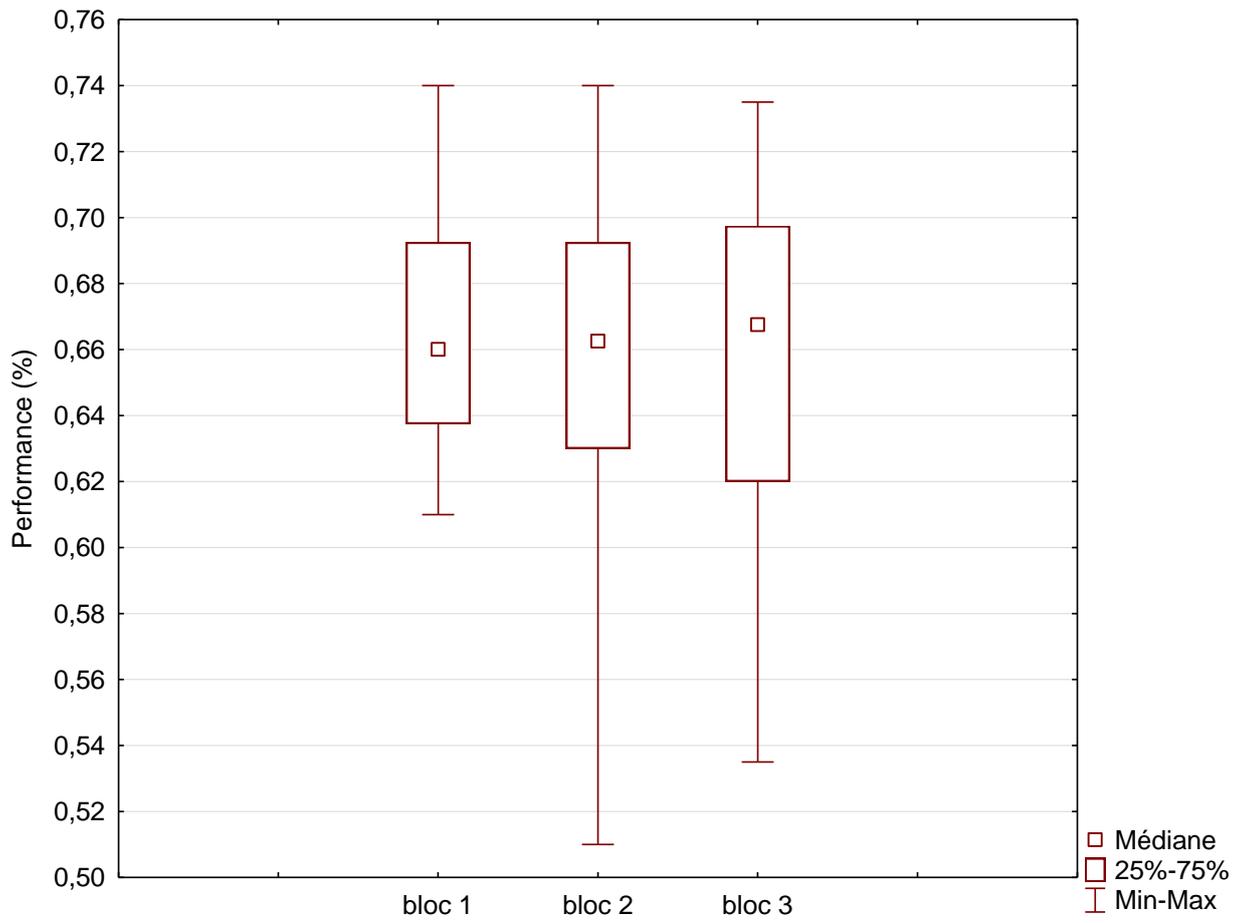


Figure A15 : effet de randomisation/image pour la performance

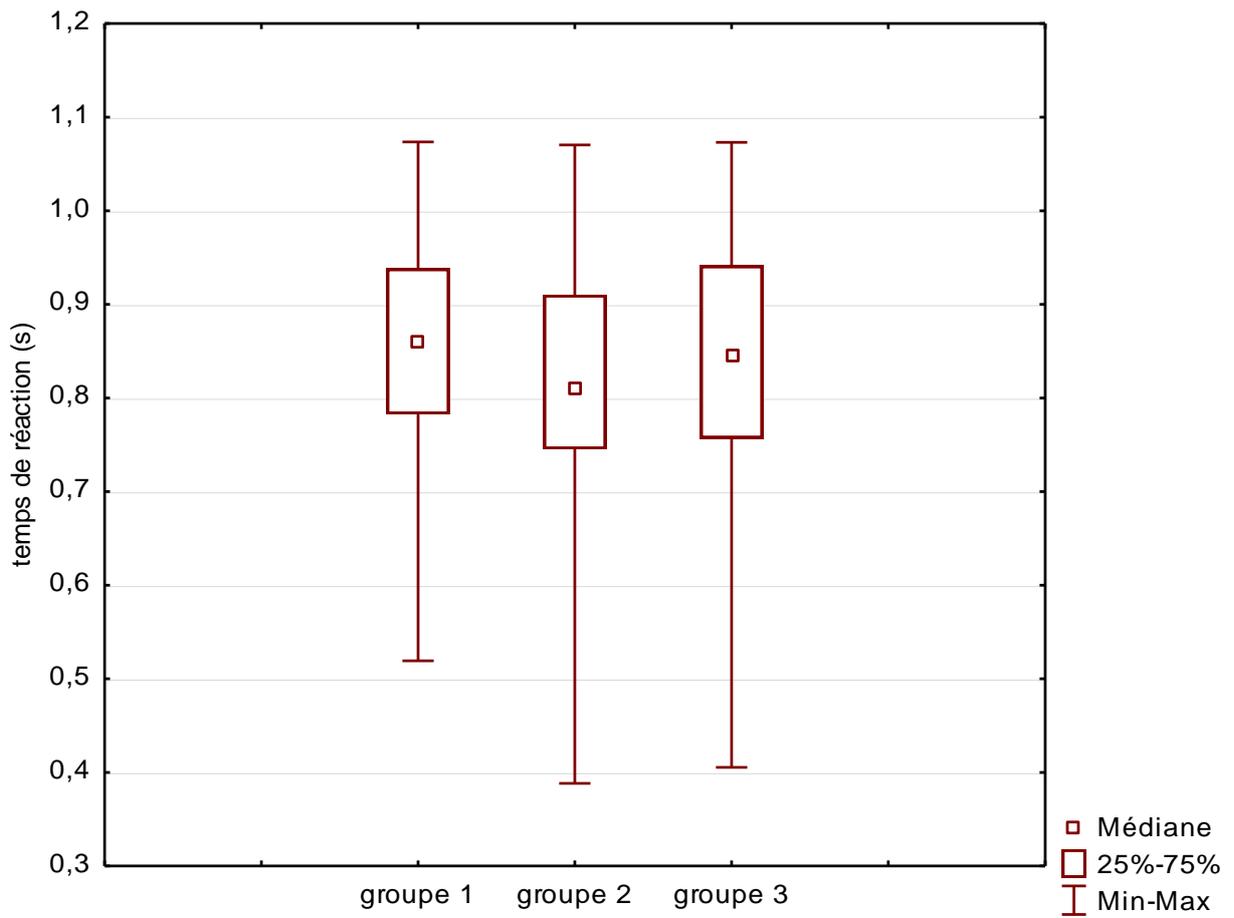


Figure A16 : effet de randomisation/image pour le temps de réaction

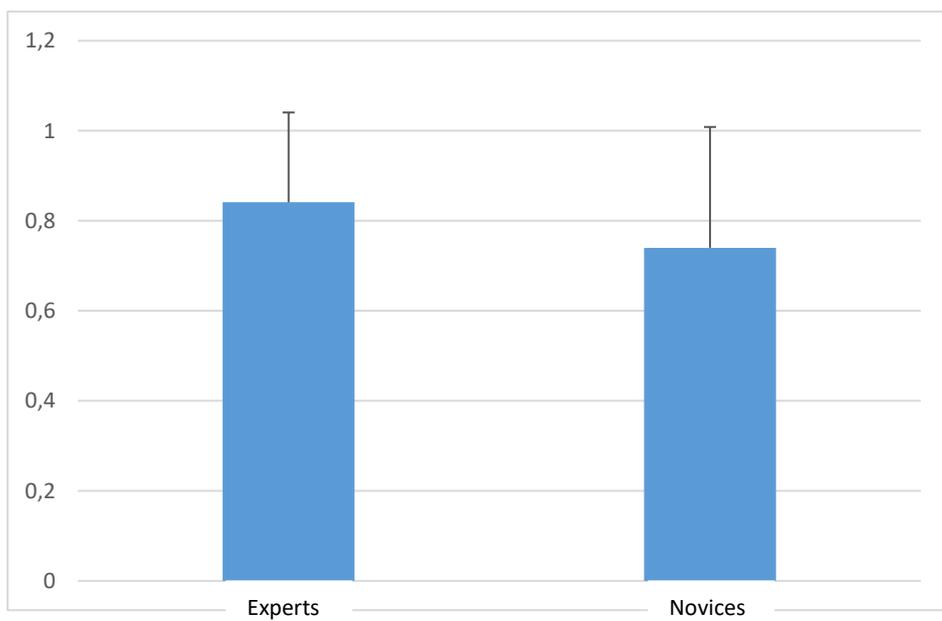


Figure A17 : graphique de d' pour l'expertise des sujets selon leur performance

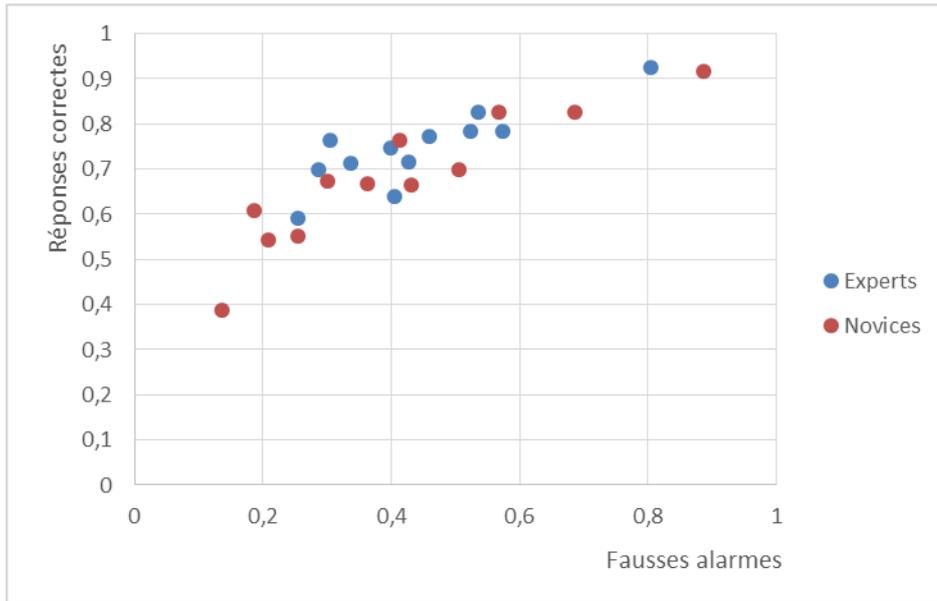


Figure A18 : Courbe ROC montrant l'absence d'effet expertise

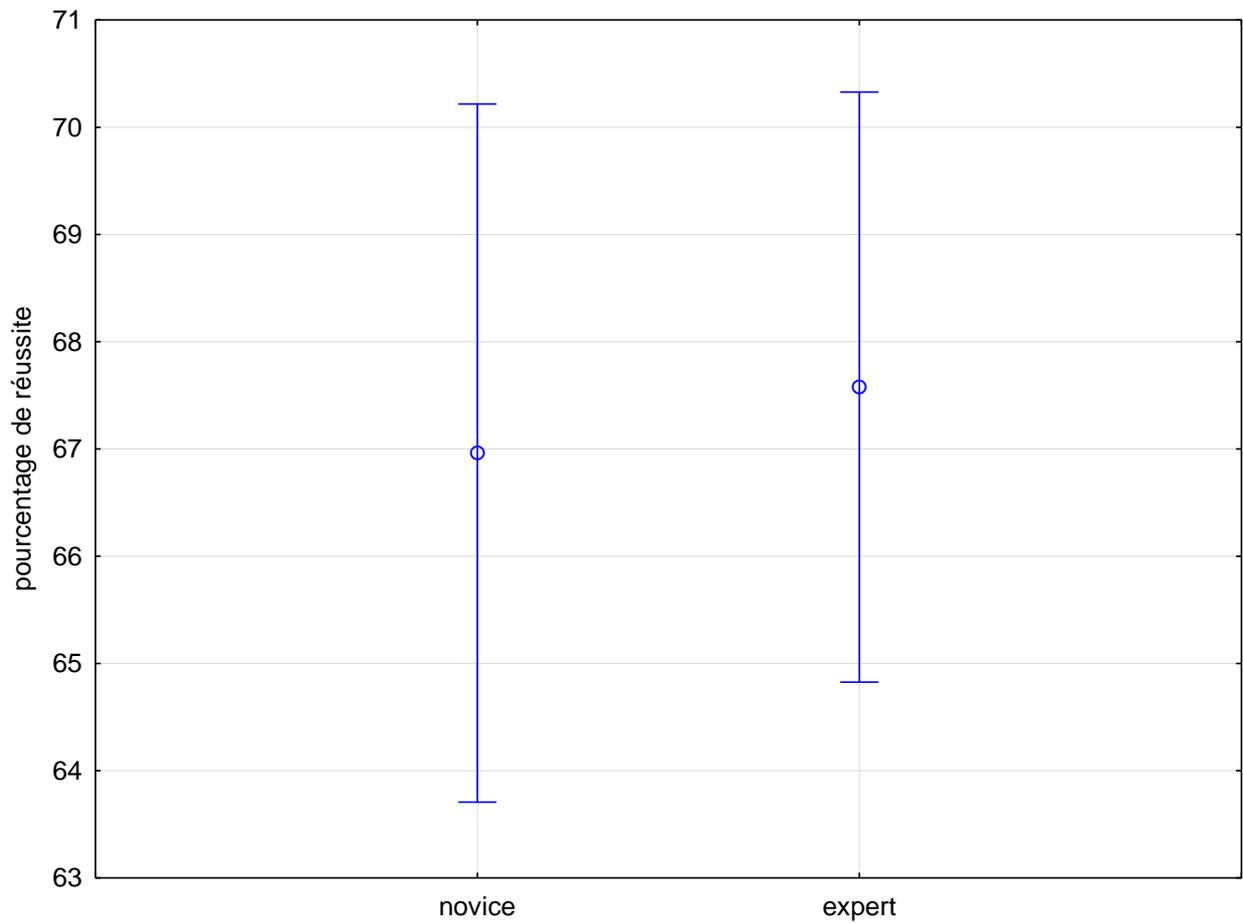


Figure A19 : pas d'effet expertise pour la performance sans l'éclairage artificiel

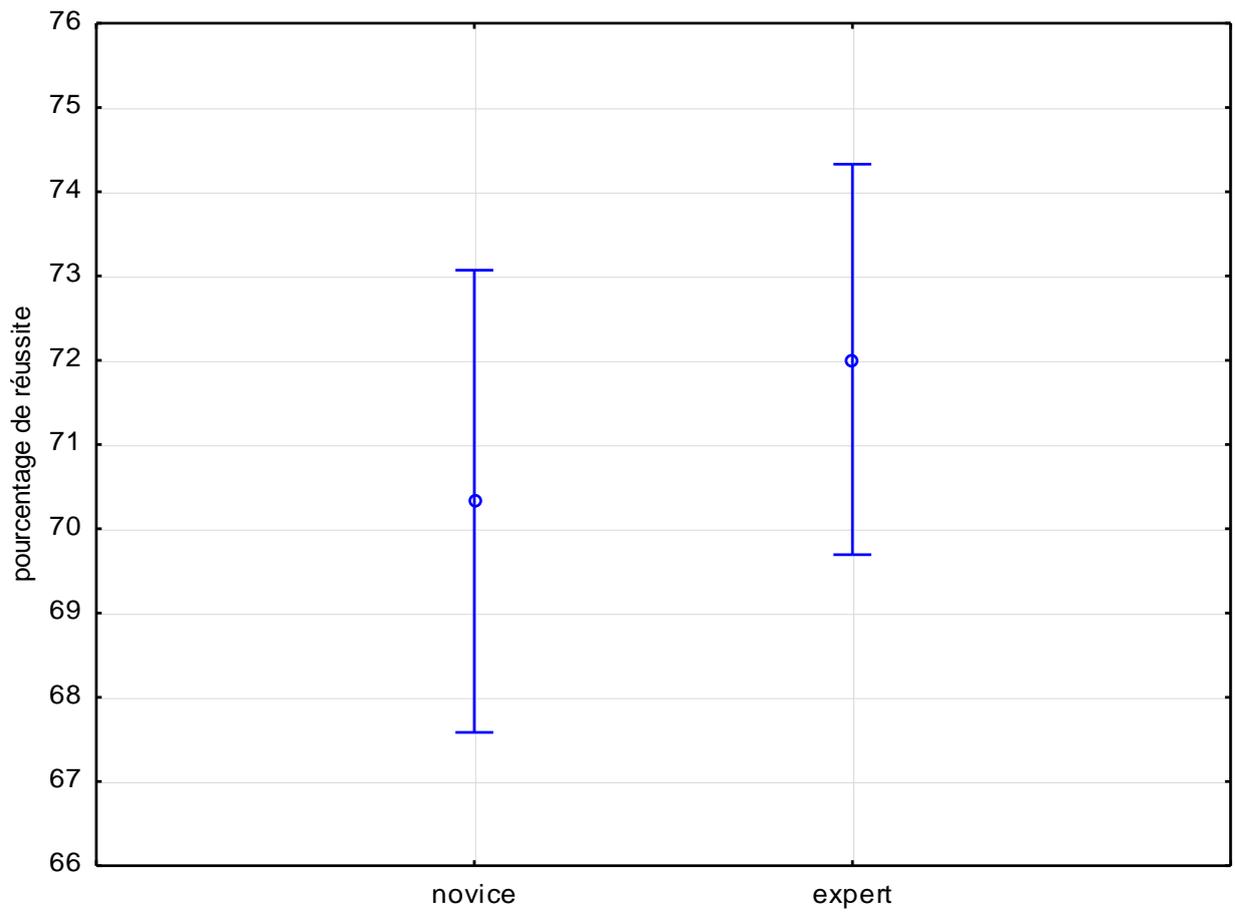


Figure A20 : pas d'effet expertise pour la performance sans le bas-relief

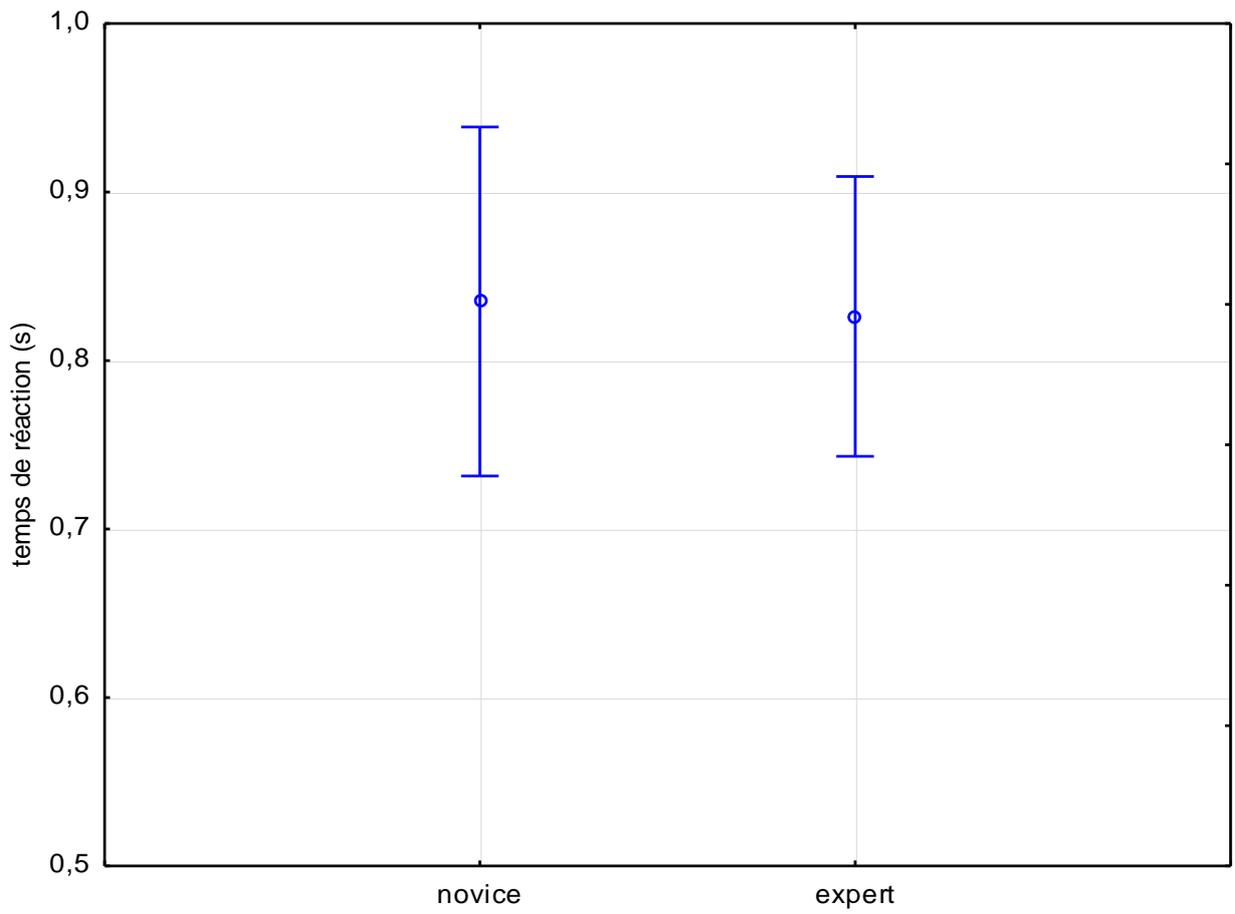


Figure A21 : pas d'effet expertise pour le temps de réaction sans la lampe à graisse

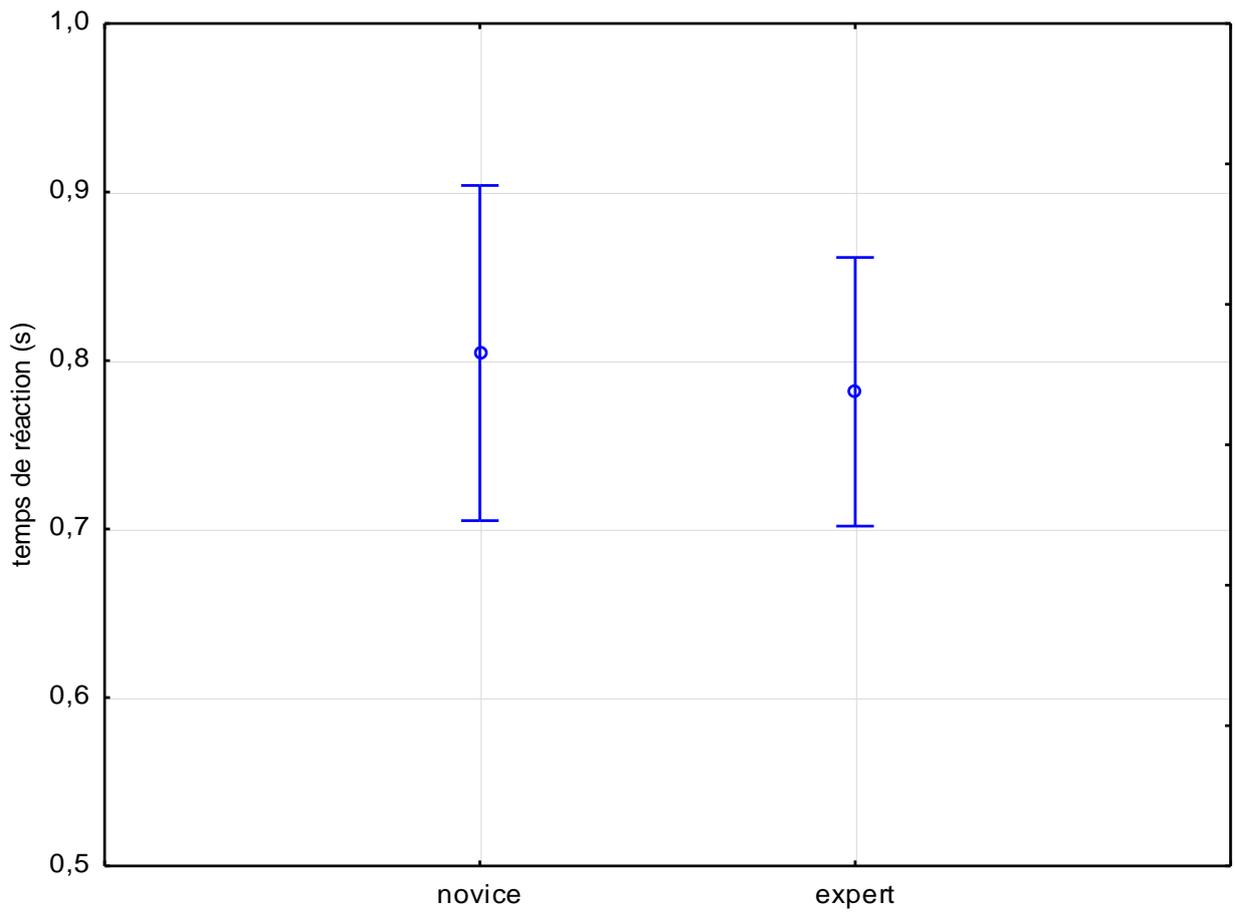


Figure A22 : pas d'effet expertise pour le temps de réaction sans la technique du bas-relief

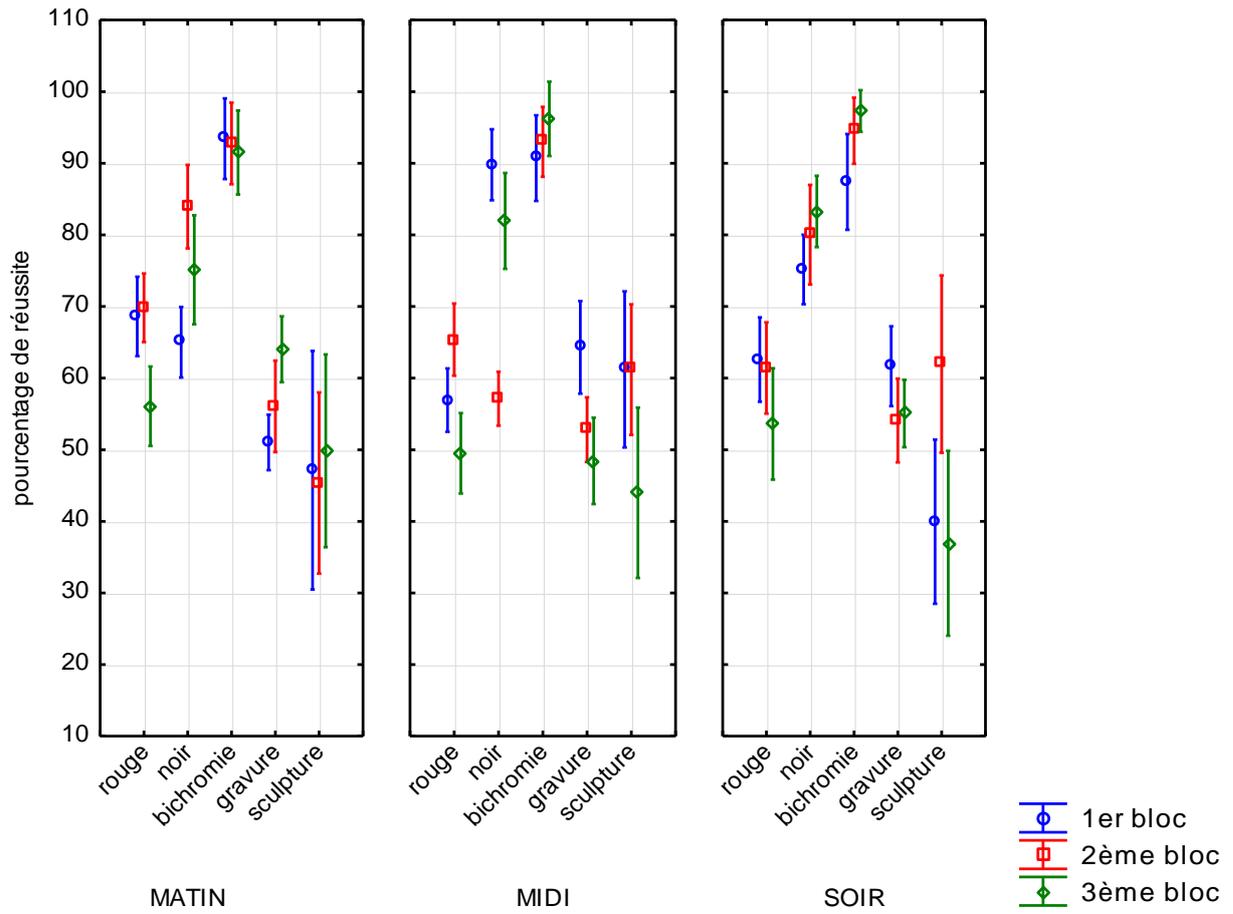


Figure A23 : effet éclairage et technique pour le pourcentage de réussite sans l'éclairage artificiel

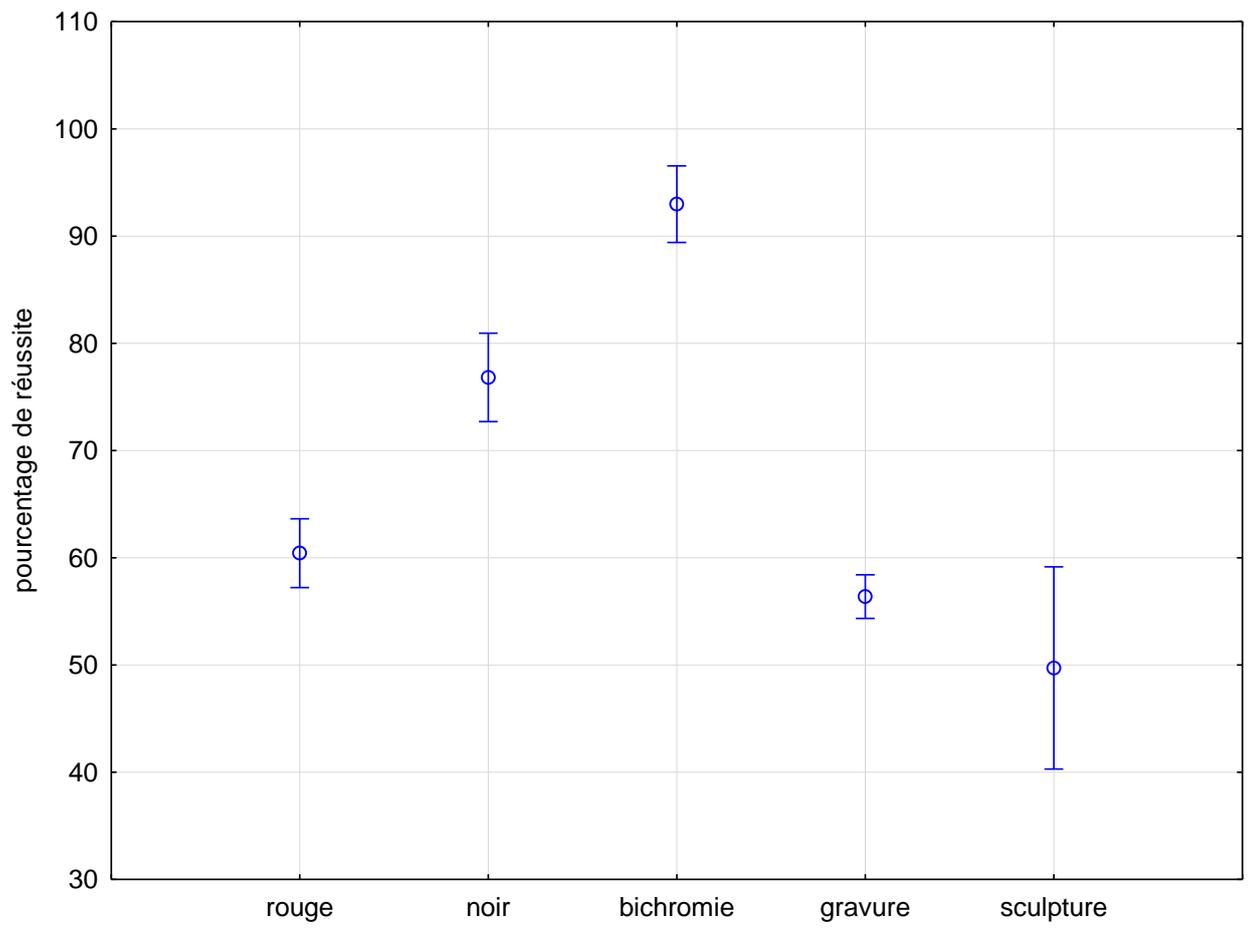


Figure A24 : effet de la technique pour le pourcentage de réussite sans la lampe à graisse

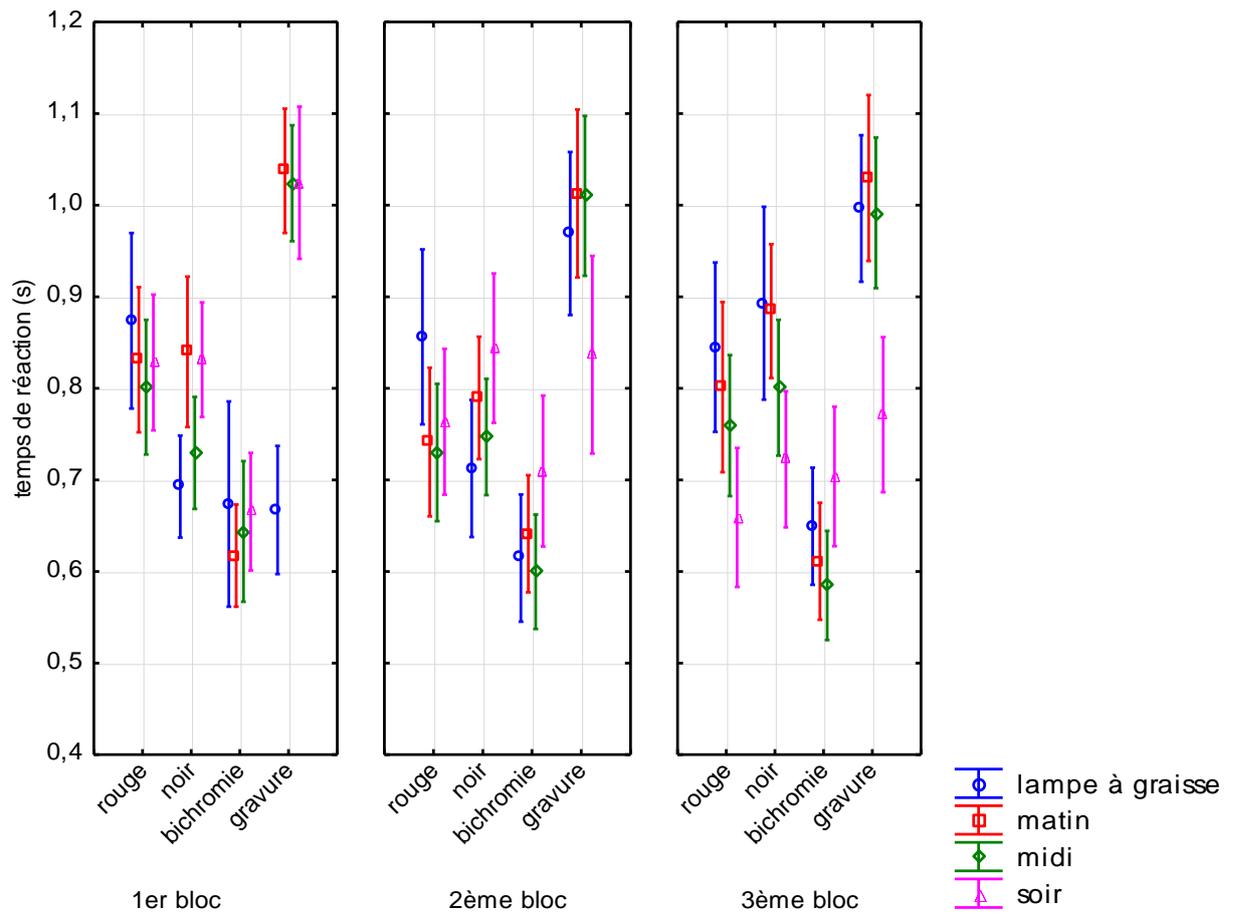


Figure A25 : effet de la technique, de l'éclairage et de l'ordre pour le temps de réaction sans la technique du bas-relief

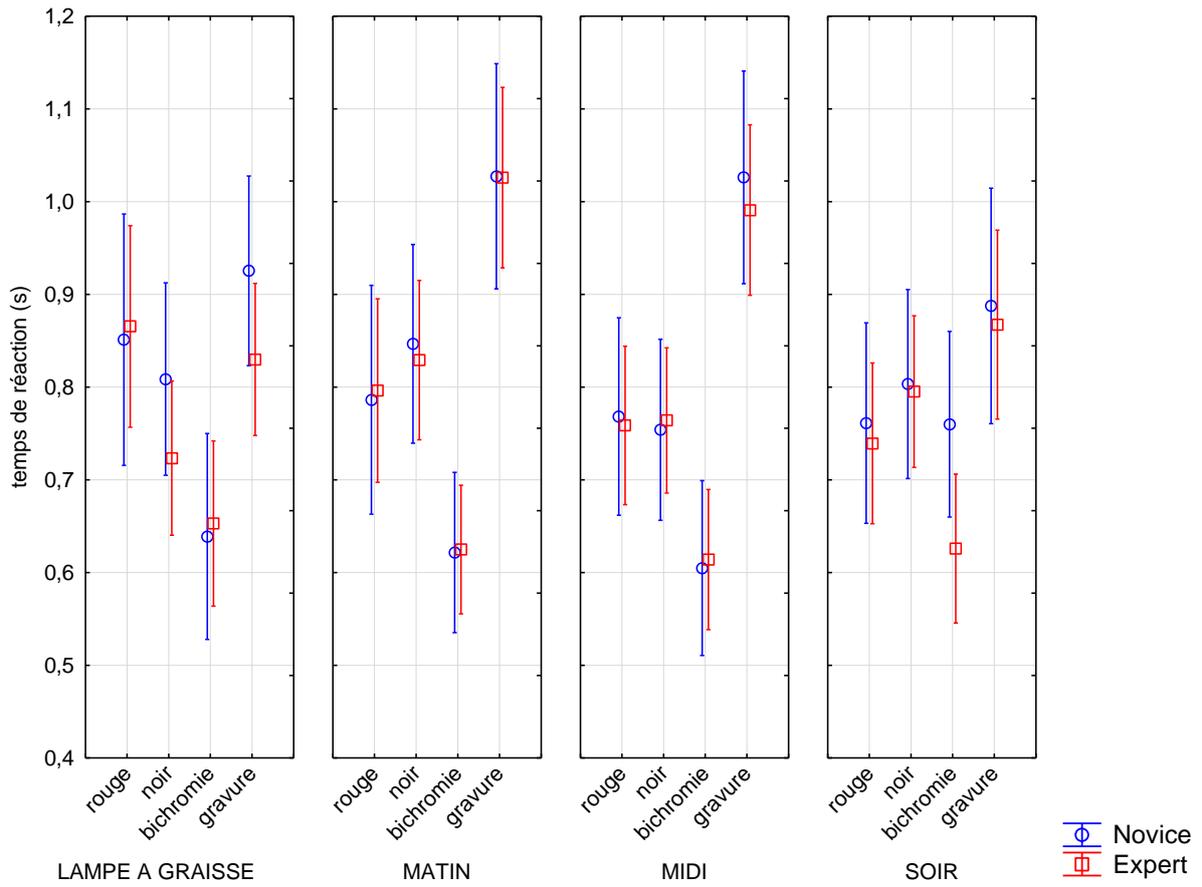


Figure A26 : effet expertise-éclairage-technique pour le temps de réaction sans la technique du bas-relief

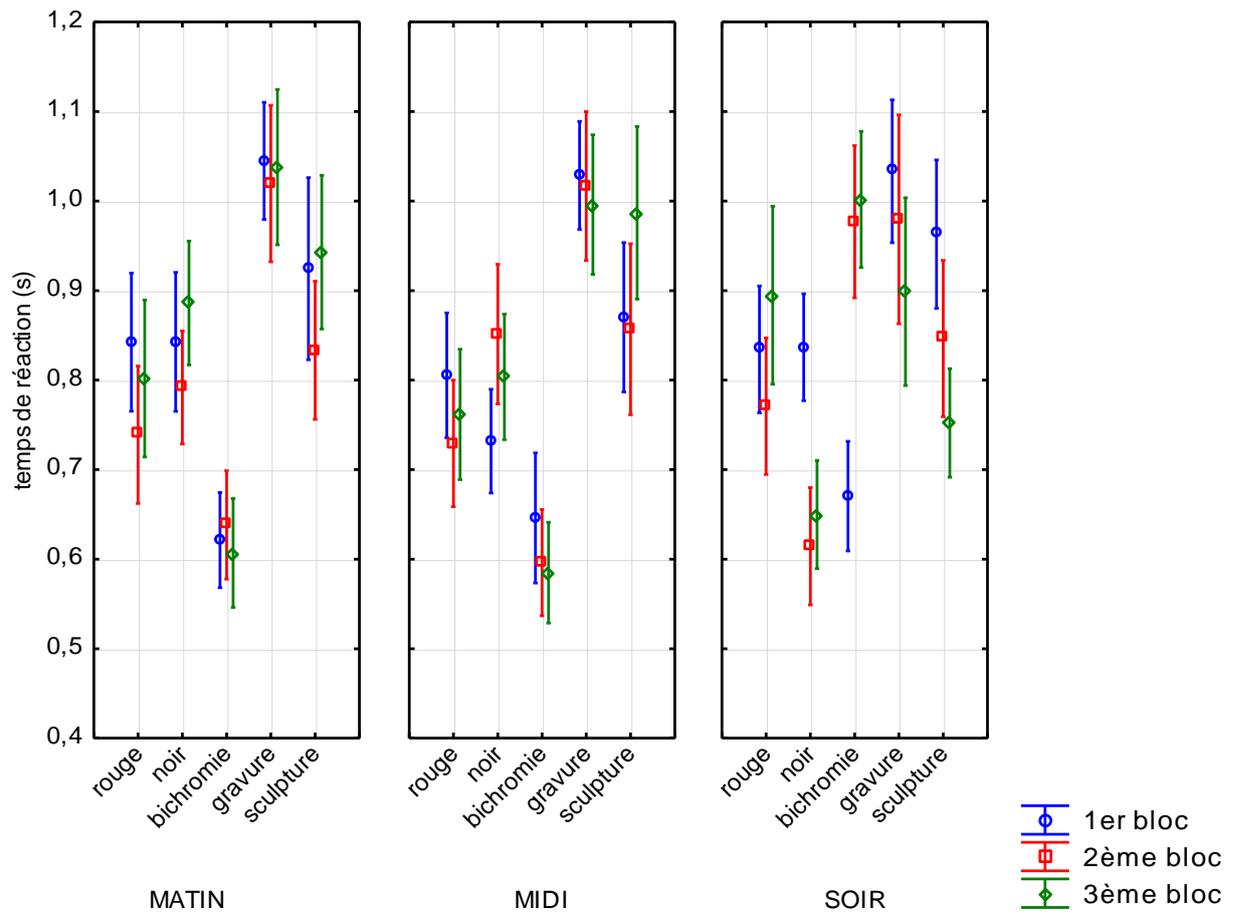


Figure A27 : effet technique-éclairage-ordre pour le temps de réaction sans l'éclairage artificiel

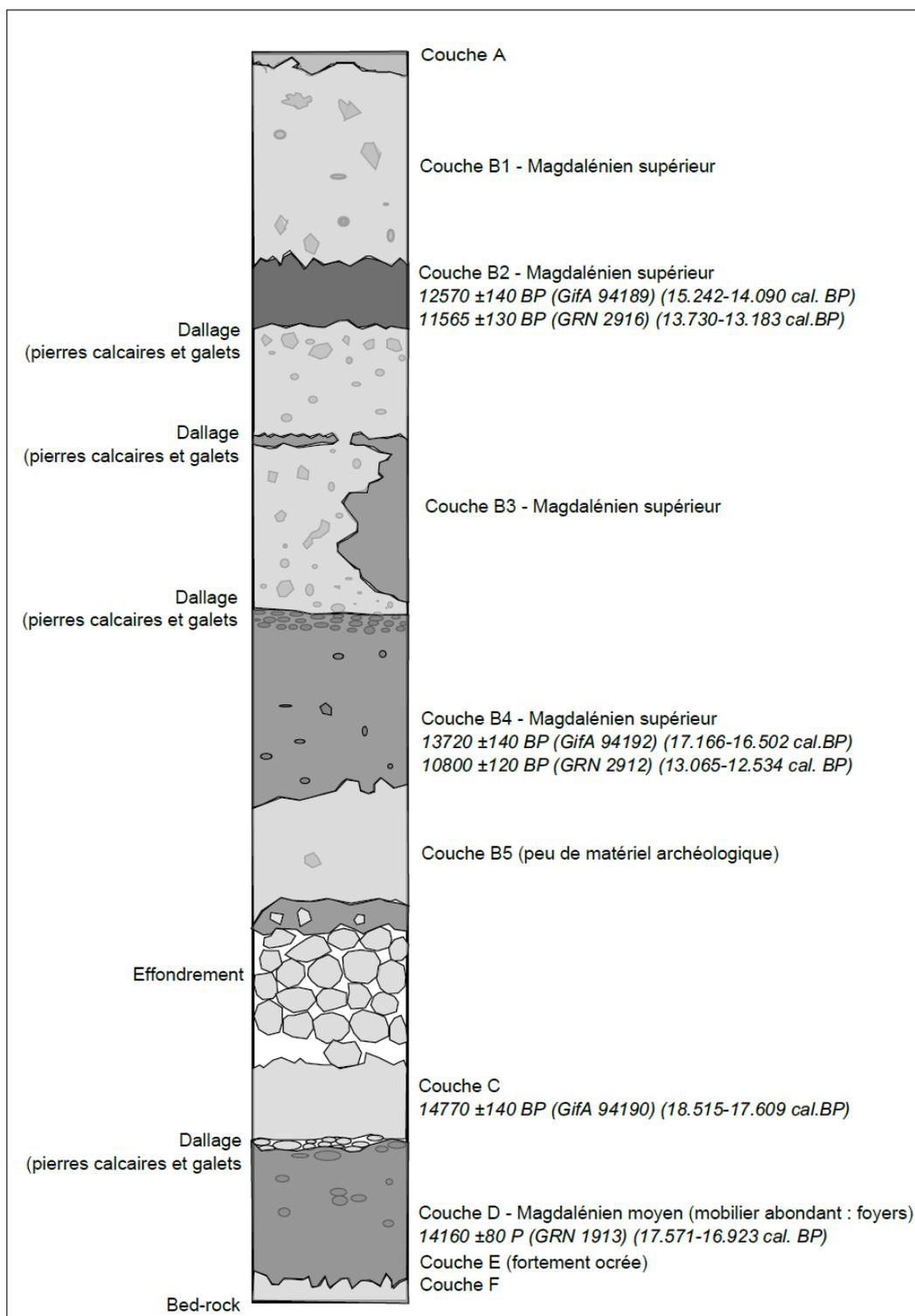


Figure A28 : Séquence chrono-stratigraphique de l'occupation de l'abri Bourdois (d'après Saint-Mathurin, 1984, modif. Bourdier, 2010)

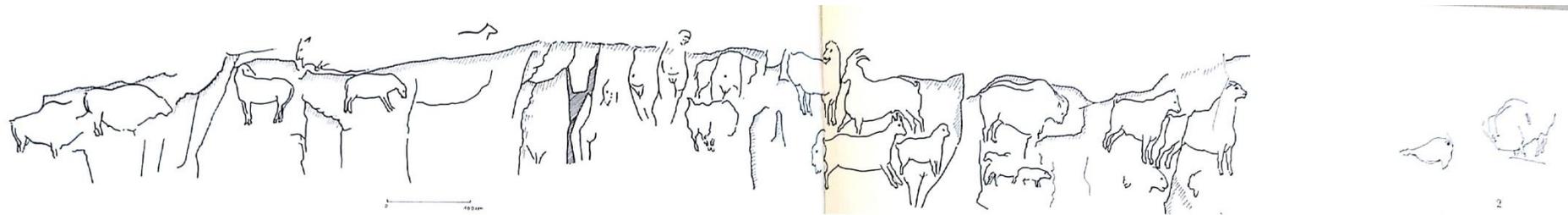


Figure A29 : Relevé de la frise de l'abri Bourdois (Saint-Mathurin, 1984)