

Année universitaire 2018-2019



APPROCHE TECHNIQUE ET FONCTIONNELLE DE MACRO-OUTILLAGES PRESENTANT DES RESIDUS DE MATIERES COLORANTES



Présenté par Gauthier Trumel

Sous la direction de Laure Dayet, *Assistant Lecturer et Attachée Temporaire d'Enseignement et de Recherche, Laboratoire Traces, Université Toulouse Jean Jaurès*
Et de Hélène Salomon, *Chargée de Recherche CNRS au Laboratoire EDYTEM, Université Savoie-Mont-Blanc*

Remerciements

Un grand merci tout d'abord à mes encadrantes, Laure Dayet et Hélène Salomon dont la présence réelle et les conseils aiguisés ont toujours su me replacer sur le chemin de ce travail qui tendait parfois à se napper de brouillard. Leurs connaissances et leur enthousiasme dans la poursuite de ce sujet d'étude m'ont été d'une aide précieuse, empêchant ma motivation d'être abrasée, moulue ou concassée. Merci à Luc Robiola et Jean-Marc Pétilon de m'avoir octroyé l'accès aux stéréomicroscopes avec confiance et de m'avoir grandement aiguillé sur leur fonctionnement. À Peggy Jacquement et à Stéphane Madeleine pour m'avoir accordé l'accès aux collections de la grotte du Renne et au laboratoire du Musée National de Préhistoire.

Merci beaucoup à Sophie Archambault de Beaune de m'avoir confié un article inédit qui touchait de près à mon sujet, et au laboratoire EDYTHEM pour m'avoir donné accès à des échantillons de leur pigmentothèque avec un rapport indiquant leur provenance et présentant leurs caractéristiques compositionnelles.

Merci à la direction du laboratoire Traces de m'avoir laissé libre accès à une salle pour entreposer mon matériel et réaliser mes expérimentations, et pardon à tous les membres du premier étage pour vous avoir fait subir une pollution sonore lorsque le concassage de l'hématite demandait insistance et persévérance.

Je souhaite remercier les nombreux lieux qui m'ont accueilli et permis de travailler malgré mes nombreux déplacements en cette année difficile : la Reitoria da Universidade do Porto, la Faculdade de Letras de Lisboa, Torreira, Sao Joao da Madeira, Ornotac-Ussat-les-Bains, la Côte Pavée à Toulouse, le Lot, le Cantal, la Dordogne, l'Aveyron, l'Yonne, la Cantabrie, Berlin et Leipzig. La grotte de Foissac, où mes collègues m'encourageaient à tel point qu'ils m'interdisaient parfois de faire les visites pour me laisser rédiger, en plein dans mes heures de travail : Dada, Joujoune, Laurette et Babou. Et bien entendu, Filipa qu'il me serait impossible de ne pas remercier pour toutes les raisons du monde.

Merci à mes frères de Loud.Anonymity qui se sont adaptés à mon temps, et avec qui nous avons pu faire des pas de géants. Merci à tous mes Kapoués pour vos Kapouéséries magiques.

Index

Remerciements	2
Index	3
Introduction	5
I. Cadres conceptuels	6
1. Matières colorantes : c'est-à-dire ?	6
2. L'utilisation des matières colorantes à la Préhistoire	6
a. Rétrospective spatiale et temporelle.....	6
b. Types de vestiges connus et fonctions possibles des matières colorantes	8
c. Le mobilier de réduction en poudre	9
3. Problématique et objectifs	11
4. Le Châtelperronien de la Grotte du Renne	12
II. Méthodes et étapes	12
1. Gestes expérimentaux	12
2. Corpus expérimental	13
3. Protocole expérimental.....	13
4. Déroulé des expérimentations	15
A. L'hématite du Pic d'Arradoy	15
B. Thoste-Beauregard	16
C. Roussillon.....	17
D. Mélange Pic d'Arradoy / Roussillon	17
E. Application de peinture	18
F. Après les expérimentations	18
5. Corpus archéologique	19
6. Méthodes d'analyse	19
A. Stéréomicroscope.....	19
B. Microscope Electronique à Balayage	19
7. Critères tracéologiques	19
III. Etude du matériel expérimental	21
A. Les techniques.....	22
B. Les matières colorantes	24
C. Les outils actifs et passifs dans le procédé de broyage.....	26
D. Les effets du nettoyage à l'eau et à la brosse	27
E. Proposition de tableaux de lecture transposables à l'archéologie	29
Considérations finales.....	30
IV. Etude du macro-outillage Châtelperronien de la grotte du Renne	31
ArcyR01	31
ArcyR02	32

ArcyR03	33
ArcyR04	34
ArcyR05	34
ArcyR06	35
ArcyR07	36
ArcyR08	37
ArcyR09	38
ArcyR10	39
ArcyR11	40
ArcyR12	41
ArcyR13	41
ArcyR14	42
Considérations générales.....	43
V. Observation et analyse en microscopie électronique des résidus de matières colorantes sur les meules expérimentales	43
A. Les matières colorantes	44
1. L'hématite du Pic d'Arradoy (Annexe C figure 1, figure 2, figure 3, figure 4, figure 5, figure 6, figure 7)	45
2. Le calcaire ferruginisé de Thoste-Beauregard	45
3. L'ocre de Roussillon	45
B. Le granite.....	45
C. Les meules d'abrasion	46
1. Meule d'abrasion de l'hématite du Pic d'Arradoy	46
2. Meule d'abrasion de l'ocre de Roussillon	47
3. Meule d'abrasion de l'hématite et de l'ocre	47
4. La meule de broyage de l'hématite.....	47
Considérations finales.....	48
Conclusion.....	49

Introduction

L'archéologie préhistorique nous livre des indices abondants de ce que put être la vie de nos lointains ancêtres sous la forme de vestiges toujours fragmentaires, témoins d'une vie foisonnante et d'activités variées. L'étude de l'outillage, des restes de nourriture, des objets de parure, des expressions graphiques et d'une riche diversité d'autres éléments archéologiques permet d'approcher les modes de vie et les usages de ces populations ancestrales. Néanmoins, nombreux sont les vestiges qui n'ont pas livré tous leurs secrets et dont la lecture fine et méthodique peut révéler des précisions toujours plus amples sur notre connaissance des pratiques et des gestes du passé. Dans ce cadre, beaucoup de sites ont révélé la présence de blocs de matières colorantes et d'objets lithiques non-taillés contenant des résidus colorés, dans des contextes où aucune trace d'art n'a été décelée. Il semble que ces substances aient revêtu une certaine importance pour les hommes d'alors, et que leurs préparations et utilisations aient été variées. Ce sont ces pierres présentant des poudres colorées sur lesquelles nous nous focaliserons dans ce travail, pour tenter d'en comprendre les fonctions potentielles dans une chaîne opératoire de transformation des matières colorantes.

L'objectif principal est ici de proposer une grille de critères caractéristiques de gestes ou de matières premières particuliers, à partir de l'observation d'objets expérimentaux dont les chaînes opératoires précises sont connues, et de voir s'il est possible de caractériser la fonction précise d'un objet archéologique présentant des résidus colorés en y transposant la même méthode de lecture des traces. Ainsi pourrions-nous peut-être participer à une meilleure connaissance des usages et des pratiques préhistoriques mettant à l'œuvre des substances colorantes naturelles.

Dans un premier temps, nous définirons les concepts fondamentaux qui couvrent cette thématique d'étude ainsi que le contexte archéologique dans lequel nous nous plaçons. Puis nous présenterons les méthodes mises en place pour tenter une caractérisation technique et fonctionnelle de ce type d'objets. Des expérimentations seront réalisées en choisissant soigneusement les matériaux et les gestes. Puis nous déterminerons les critères tracéologiques qui nous sembleront les plus consistants, selon lesquels nous examinerons nos outils expérimentaux au stéréomicroscope. A partir de tableaux de critères diagnostics ainsi élaborés, nous analyserons quatorze objets provenant du Châtelperronien de la grotte du Renne à Arcy-sur-Cure selon la même méthode d'observation, pour lesquels nous tenterons de retracer les étapes de la chaîne opératoire. Une analyse en microscopie électronique sera enfin réalisée sur notre matériel expérimental, pour tenter de déterminer le potentiel de cette méthode dans une recherche de caractérisation fonctionnelle d'un objet présentant des résidus de matières colorantes.

I. Cadres conceptuels

Ce travail s'inscrit dans un vaste cadre de recherche, touchant à la fois aux usages des matières colorantes par les sociétés préhistoriques et au développement de méthodes de caractérisation technique et fonctionnelle d'un mobilier archéologique. Depuis le début des années 1980, on remarque un intérêt grandissant pour l'étude fine et la compréhension des vestiges impliquant les substances colorantes, notamment ceux découverts en-dehors des contextes d'expression graphique pariétale et mobilière (Audoin & Plisson, 1982 ; Couraud, 1991). A travers une approche analytique et expérimentale, nous nous positionnons également au sein des recherches actuelles tournées vers la caractérisation technique et fonctionnelle des modalités de réduction en poudre (Dubreuil, 2002 ; Hamon, 2006 ; Fullagar et al., 2015).

Nous présentons ici une définition des notions abordées ainsi qu'une rétrospective des éléments connus concernant l'utilisation des matières colorantes à la Préhistoire. Ce panorama sera proposé sous l'angle d'abord spatio-temporel en se concentrant particulièrement sur l'Europe, puis dans une optique fonctionnelle. Une synthèse des travaux réalisés en lien avec le matériel de réduction en poudre sera ensuite développée, avant de s'intéresser à notre contexte précis d'étude et aux objectifs que nous recherchons ici.

1. Matières colorantes : c'est-à-dire ?

On entend par matières colorantes des objets ou résidus dont certains composants naturels leur confèrent une teinte intense et une capacité de colorer d'autres matériaux (Pradeau, 2015). L'archéologie préhistorique nous a livré quantités de ces matières sous des formes extrêmement variées, dont la grande majorité se présente dans les tons rouges/bruns et noirs, et plus rarement jaunes, violets ou encore blancs. Des témoignages de peintures et de dessins pariétaux au Paléolithique supérieur sont bien connus depuis plus d'un siècle (Cartailhac, 1902). Précisons toutefois que le fort pouvoir colorant d'une matière n'implique pas nécessairement que son exploitation ait été exclusivement réservée à des activités de coloration. Généralement, les matières que l'on dit « colorantes » sont des oxydes ou hydroxydes de fer, dont les teintes s'étendent du jaune clair au rouge le plus vif, ou de manganèse, présentant diverses nuances de gris et de noirs. Parmi les plus répandues dans les sites archéologiques paléolithiques, nous pouvons citer l'hématite ou la goethite. Certaines matières organiques comme le charbon de bois ou d'os brûlé font également partie des matières colorantes, de même que le charbon minéral.

Un terme récurrent pour parler de matières colorantes rouges ou jaunes est celui d'« ocre ». Ce mot puise son origine du grec ancien « okhros » qui signifie « terre jaune ». Aujourd'hui, sa définition n'est pas univoque : l'ocre ne désigne pas une matière à la composition physico-chimique précise (Audouin and Plisson 1982). La confusion est accentuée lorsque l'on consulte la définition dans le dictionnaire : au masculin, l'ocre correspondrait à des nuances de couleurs spécifiques (brun/rouge ou brun/jaune), alors qu'une ocre qualifierait un « pigment argileux » (Larousse 2018). Pour plus de précision, nous désignerons l'ocre selon la définition suivante proposée par Hovers *et al.* (2003) et issue du Glossaire de Géologie publié par Robert Bates et Julia Jackson : « an earthy, pulverulent, red [hematite], yellow, or brown [limonite, goethite] iron oxyde » (un oxyde de fer terreux, pulvérulent, rouge [hématite], jaune ou brun [limonite, goethite]) (Bates et Jackson, 1980). Quant au terme « pigment », il suggère une fonction explicitement colorante et écarte implicitement tout autre rôle possible. Par souci de précision, nous préférons parler de matières ou substances colorantes ; le pouvoir colorant et le possible usage en tant que tel est impliqué mais n'écarte pas nécessairement d'autres fonctions éventuelles. Nous utiliserons le terme "ocreux/ocreuse" pour désigner une surface présentant des résidus de poudres colorantes rouges ou jaunes, et le terme "ocre" réfèrera plutôt à la texture terreuse d'une matière colorée qu'à une nuance de couleur particulière.

2. L'utilisation des matières colorantes à la Préhistoire

a. Rétrospective spatiale et temporelle

Des exemples de travail des matières colorantes sont connus dans le sud et l'est de l'Afrique à des périodes très reculées, entre 500 000 et 300 000 ans avant le présent, soit dans la transition entre l'Early Stone Age et le Middle Stone Age (Watts, Chazan et Wilkins, 2016). Ces cas restent très dispersés à l'échelle de toute l'Afrique sub-saharienne, mais présentent parfois des traces

nettes de raclage ou bien de broyage (Watts et al, 2016). A partir du début du Middle Stone Age, des quantités parfois considérables de matières colorantes ont été exhumées des couches d'habitat de plusieurs sites africains. À Kapthurin au Kenya, près d'une centaine de blocs d'ocres ainsi que des résidus colorés sur des outils ont été découverts en contexte Acheuléen, datés à environ 285 000 ans (McBrearty and Brooks 2000). Ces vestiges restent très diffus tant géographiquement que temporellement, jusqu'aux environs de 140 000 B.P (Wolf et al. 2018). À partir de cette époque, les sites livrant des restes de matières colorantes ainsi que des traces d'utilisation se retrouvent beaucoup plus en abondance, notamment en Afrique australe, orientale et nord-occidentale. Le phénomène semble se généraliser (Dayet 2012) : Mumbwa Caves (*Zambie*, Barham et al., 2000), Twin Rivers (*Zambie*, Barham, 2002), Kalambo Falls (*Zambie*, Duller et al., 2015), Sai Island (*Soudan*, Van Peer, Rots, & Vroomans, 2004), Blombos Cave (*Afrique du Sud*, Henshilwood, d'Errico, & Watts, 2009), Porc-Epic Cave (*Ethiopie*, Rosso, Martí, & D'Errico, 2016), Grotte des Pigeons (*Maroc*, Bouzouggar et al., 2007).

En Europe, les plus anciennes découvertes de matières colorantes en contexte préhistorique sont attribuées à l'Acheuléen tardif. Des blocs d'ocre ont été exhumés à Terra Amata en France (de Lumley, 2009) ; leurs datations sont néanmoins discutées (de Lumley, 2016). D'autres ont été découverts à Bečov en République Tchèque (Trábska et al., 2010) ou encore à Ambrona en Espagne (Howell 1966), mais la présence de stigmates anthropiques évidents sur ces objets est discutée (Wreschner et al. 1980). Les premières traces d'utilisation probables de matières colorantes en Europe proviennent du site de Maasticht-Belvédère aux Pays-Bas, dans un niveau d'habitat de l'homme de Neandertal daté entre 250 et 200 000 ans B.P. Les fouilles du locus C ont révélé la présence de taches d'hématite interprétées comme des gouttes, suggérant une mise en poudre des matières premières et un mélange avec des substances liquides (Roebroeks et al. 2012), sans pour autant pouvoir extorquer des informations plus précises sur la nature de ces applications. Par la suite, l'absence quasi-totale de données archéologiques indiquant une utilisation ou un intérêt pour les matières colorantes semble créer un vide sur une période de près de cent millénaires, ce qui n'est pas le cas en Afrique (Wolf et al. 2018).

De tels indices commencent à apparaître en Europe et au Proche-Orient de manière récurrente dans des phases plus tardives du Paléolithique moyen. De légers dépôts colorés ont été identifiés sur quelques coquillages de la Cueva de los Aviones en Espagne, datés à environ 115 000 B.P (Hoffman et al., 2018). Datées à environ 92 000 ans B.P, les couches moustériennes de la grotte de Qafzeh en Israël ont livré plus de quatre-vingt morceaux d'hématite portant pour une grande partie des traces d'utilisations (stries, rainures, facettes, négatifs de percussion avec bulbe), ainsi que des artefacts portant des taches de couleurs nombreuses et parfois épaisses (Bar-Yosef & Vandermeersch, 2013). La grotte de Cioarei en Roumanie a livré, dans une couche datée aux environs de 50 000 ans B.P, huit contenants confectionnés à partir de bases de concrétions de calcite et portant des traces possibles de matières colorantes (Cârciumaru and Țuțuianu-Cârciumaru 2009). Dans d'assez nombreux sites du Moustérien tardif, la présence de blocs ou de traces de matières colorantes est évoquée : au Pech de l'Azé I (Dordogne), plus de 500 blocs de matières colorantes ont été mis au jour (Soressi et al. 2002). La très grande majorité de cet assemblage est composée de blocs de dioxyde de manganèse. Beaucoup d'entre eux présentent des traces bien conservées d'abrasion et de raclage et ont été découverts mêlés à des outils en silex et à des pierres dont les stigmates et les résidus indiquent de probables meules (Soressi et d'Errico, 2007). Sur le site de Combe-Grenal (Dordogne), des fragments de matières colorantes présentant souvent des stigmates d'usure ont été découverts en nombre, et montrent un changement dans les choix des matières premières au fil de la séquence moustérienne : le dioxyde de manganèse préféré d'abord laisse place par la suite à une plus grande utilisation d'oxydes de fer (Dayet et al., 2019). Au Moustier (Dordogne), des blocs d'oxydes de manganèse collectés et rapportés par l'homme de Néandertal ont été découverts en quantité importante ; beaucoup d'entre eux portent des traces de transformation, dont les modalités techniques semblent adaptées à la résistance et à la taille des fragments (Pitach Marti et al., 2019). La matière colorante est récurrente dans ces contextes : morceaux d'ocres ou d'hématite à la Cueva del Castillo (Espagne), à la Cueva Morin (Espagne), à La Chapelle-aux-Saints (Corrèze), pierres portant des taches de couleur à La Ferrassie (Dordogne) (Breuil & Lantier, 1959). Evoquons également la présence de taches rouges sur les parois de la grotte de la Roche-Cotard (Indre-et-Loire) (Marquet et al., 2014).

La variété des matières colorantes récoltées, transformées et utilisées par l'homme atteint son apogée à partir du début du Paléolithique supérieur (Salomon et al. 2008). Les contextes y sont très divers. Dès le Châtelperronien, on voit apparaître une exploitation parfois massive de substances colorantes naturelles : sur les sites d'habitat de Bidart, du Basté (Pays Basque) et du Roc-de-Combe (Dordogne), l'étude de fragments de matières colorantes a révélé la présence de stigmates de broyage (Dayet et al., 2014). La grotte du Renne à Arcy-sur-Cure (Yonne) a livré d'importantes quantités de blocs de matières colorantes, de résidus colorés sur de nombreux objets lithiques non-taillés (De Beaune, en cours de publication) ainsi que sur les sols (Couraud, 1991). L'étude des blocs de matières colorantes a pu mettre en évidence des stigmates de réduction en poudre et des indices d'approvisionnements différentiels (Salomon 2009). Tout au long du Paléolithique supérieur européen, la présence de matières colorantes devient très commune, se manifestant sous les formes les plus variées et présentant souvent des indices de

transformation et d'utilisation clairs. Il faut évoquer également le développement de la peinture pariétale, reconnue aujourd'hui comme indiscutablement intentionnelle à partir de l'Aurignacien (Lorblanchet 1995) : la transformation de matières colorantes en peinture ou en crayons y est avérée, et perdure à l'Holocène et jusqu'à aujourd'hui. En outre, les vestiges de matières colorantes en grottes ornées ne se limitent pas aux seules représentations : empreintes de passages (El Pindal, *Espagne*, Gonzalez-Pumariega Solis, 2011), palettes de peintures (Les Fieux, *Lot*, Lorblanchet, 2010) ou résidus et fragments au pied des parois ornées (Las Chimeneas, *Espagne*, Garrido Pimentel et al., 2018). Précisons toutefois que le nombre de grottes ornées connues est bien inférieur au nombre de sites ayant livré des indices d'utilisation de matières colorantes ; l'expression graphique pariétale ne peut donc pas être considérée comme la finalité première de l'exploitation de celles-ci. En effet, tout au long du Paléolithique supérieur, nombreux sont les sites dépourvus d'art pariétal et offrant toutefois des indices de travail des matières colorantes : Régismont-le-Haut - Aurignacien (*Hérault*, Pradeau et al., 2014), Sungir – Gravettien (*Russie*, Henry-Gambier, 2008), abri des Peyrugues – Solutréen (*Lot*, Allard, 2016), grotte des Eyzies – Magdalénien (*Dordogne*, Deneuve & Man-Estier, 2016).

b. Types de vestiges connus et fonctions possibles des matières colorantes

Nous proposons ici de mettre en corrélation les différents types de vestiges connus impliquant des matières colorantes avec les possibles fonctions qui ont pu leur être attribuées par nos ancêtres. Il nous semble judicieux de classer ces vestiges en deux grandes catégories : les **indices non-interprétables** et les **indices d'activités techniques**.

Indices non-interprétables

Ce sont des vestiges indiquant des activités culturelles, artistiques, symboliques ou simplement inconnues, qui ne semblent pas mettre en pratique une quelconque activité utilitaire ou liée à des besoins. On peut d'emblée y inclure l'expression graphique : art pariétal et art mobilier. Dessins et peintures pariétales sont connus sur toute la durée du Paléolithique supérieur, dans des grottes comme évoqué plus haut, ou bien sous des abris. Au sein de l'art mobilier, des vestiges de couleurs existent sur des objets utilitaires gravés ou sculptés (grotte de la Vache, *Ariège*, Buisson et al., 2010), des objets vraisemblablement non-utilitaires (Vénus impudique de Laugerie-Basse, *Dordogne*, Duhard, 2011) ou encore des éléments de parure (grotte des Pigeons, *Maroc*, Bouzouggar et al., 2007). Gardons toutefois à l'esprit que certains de ces objets colorés peuvent être le résultat de leur proximité avec un atelier de travail de matières colorantes plutôt qu'une activité de décoration. Ou alors, la présence de résidus colorés sur des objets pourrait être liée à un procédé utilitaire (meilleure conservation de l'objet, utilisation d'un bloc de matière colorante pour le façonner par exemple). Citons également les lits de poudres colorantes découverts dans les contextes funéraires qui témoignent de pratiques difficilement interprétables (Vanhaeren & D'Errico, 2003 ; Manolis & Malegni, 1996). Plus rares, il existe aussi des objets confectionnés dans la matière colorante elle-même, comme la statuette en hématite de Petřkovice (*République Tchèque*, Svoboda, 2009). Quelques sites ont également livré des blocs de matières colorantes incisées de motifs, évoquant plutôt une action d'ordre « graphique » qu'utilitaire (Blombos Cave, *Afrique du Sud*, Henshilwood, d'Errico, & Watts, 2009).

Indices d'activité technique

Cette catégorie regroupe des types de vestiges divers évoquant un travail des matières colorantes. Les exemples sont très nombreux, tant du point de vue géographique que temporel.

Des blocs de matières colorantes fragmentés et facettés sont connus dans beaucoup de sites. Les différents stigmates que présentent leurs surfaces témoignent de multiples activités : abrasion, concassage, frottement, gestes répétés évoquant des procédés artisanaux de réduction en poudre, de grattage ou bien de coloration de matières dures ou souples (Couraud, 1983). Les récipients ayant contenu des poudres ocreuses, comme à Cioarei (*Roumanie*, Cârciumar & Țuțuianu-Cârciumar, 2009), à Enlène ou aux Trois-Frères (*Ariège*, Begouën & Breuil, 1958) semblent revêtir un rôle pour le moins utile : contenir, stocker et transporter les matières colorantes. Les sols d'habitat de plusieurs sites en particulier du Paléolithique supérieur européen sont couverts de poudres colorées, comme à la Grotte du Renne (David et al., 2001), illustrant un travail intense et répété des matières colorantes dans l'espace de vie quotidienne. Des objets de toutes natures (outils lithiques et en matières dures animales, objets divers) présentant des résidus de poudres colorées sont connus dans de nombreux sites. Ils témoignent eux aussi d'activités fréquentes mettant en scène des matières colorantes. Notons que la présence de résidus sur un objet ne signifie pas nécessairement que celui-ci ait été un outil actif lié à ces activités : elle peut n'être que le résultat de contacts pré ou post-dépositionnels avec les

poudres (Salomon 2009). Il a tout de même pu être observé que certains outils en silex avaient servi au travail des matières colorantes : stries et incisions caractéristiques sur des blocs de matières colorantes (Pech de l'Azé I, *Dordogne*, Soressi et al., 2007) ou stigmates de raclage de la matière sur les parties actives de l'outil (Combe-Grenal, *Dordogne*, Beyries & Walter, 1996).

Les témoins les plus directs et les plus explicites du travail des substances colorantes restent néanmoins les objets lithiques non-taillés dont le format, la taille et les stigmates observables permettent de les interpréter comme de probables outils de réduction en poudre. La réduction en poudre nous semble alors une activité récurrente dans la chaîne opératoire d'utilisation des matières colorantes. Cela nous invite à envisager les diverses fonctions possibles de ces activités dans la vie quotidienne de nos ancêtres.

Eventail des usages possibles des matières colorantes

De nombreuses hypothèses relatives au rôle qu'ont pu jouer les matières colorantes ont été formulées dans la littérature, appuyées souvent sur des données ethnographiques et des procédés expérimentaux. Mettons à l'écart les usages symboliques (peinture, ornementation, influences des couleurs sur la psychologie, croyances éventuelles relatives aux pouvoirs des matières colorantes) qui sont pour une part déjà avérés et pour l'autre impossible à ce jour à démontrer.

La présence de poudres riches en oxydes de fer à des extrémités d'outils composites laisse penser que ces dernières étaient ajoutées aux adhésifs et pouvaient ainsi participer aux processus chimiques permettant une jonction efficace, pour l'emmanchement par exemple (Wadley et al., 2009, Zipkin et al., 2014). L'usage de poudres chargées en fer comme agent de tannage des peaux animales a également été proposé. Il a été observé que le traitement des peaux avec des ocres rouges pouvait provoquer la déshydratation et retarder la putréfaction, permettant ainsi une protection et une conservation efficaces après tannage (Rifkin, 2011 ; Pradeau, 2015). Le rôle de l'ocre rouge comme produit de santé a aussi été envisagé ; en effet, ses pouvoirs de répulsif contre les moustiques (Rifkin 2012) et de protection contre le soleil (Rifkin et al., 2015) sont avérés. Enfin, l'ethnographie a permis d'observer les vertus médicinales et désodorisantes des ocres (Sollas, 1924 d'après Dayet, 2012 ; Pradeau, 2015 ; Wolf et al., 2018). Dans une optique plus technique, le façonnage ou la finition de certains outils lithiques ont pu faire intervenir des nodules résistants riches en oxydes de fer (Sibudu Cave, *Afrique du Sud*, Soriano et al., 2009). Les propriétés mécaniques de l'hématite conférées par sa granulométrie fine et sa grande dureté ont aussi pu être exploitées dans des activités d'abrasion de matériaux divers (Salomon, 2009).

A l'heure actuelle, ces hypothèses constituent un panel de questions dont l'apport de réponses solides dépendra d'études précises et rigoureuses. En particulier, on remarque que la plupart d'entre elles mettent en avant les oxydes de fer : que peut-on dire alors des vestiges de matières colorantes d'autres natures ?

c. Le mobilier de réduction en poudre

Un matériel de réduction en poudre suggère un ensemble d'objets généralement lithiques et pouvant être de natures diverses. Il se compose d'abord d'un outil passif utilisé comme support de travail, que nous désignerons comme meules pour leurs surfaces très régulières (Hamon, 2006) et l'absence de cuvette centrale caractéristique du mortier (Noel, 1968). Il peut aussi comporter un outil actif manuel (galet ou pierre tenant dans la main) que l'on nommera molette dans le cas de la mouture et broyeur dans le cas du broyage et du concassage, selon la terminologie de Caroline Hamon (2006).

De probables outils de broyage de matières colorantes ont été découverts dans des contextes archéologiques divers et nombreux. Des objets et contextes présentant des indices possibles de réduction en poudre sont connus dès le MSA d'Afrique (Rhino Cave, *Botswana*) (Coulson et al., 2011) et le Paléolithique moyen européen (Rheindahlen, *Allemagne*) (Roebroeks et al., 2012). Notons toutefois que ces deux travaux n'ont pas fait l'objet d'études tracéologiques et que ces activités sont suggérées plus qu'avérées. On en retrouve ensuite en quantités en particulier dans le Paléolithique supérieur en Europe : Grotte du Renne (*Yonne*, Châtelperronien), Abri des Roches (*Dordogne*, Aurignacien) (de Beaune, 1993), Laugerie-Haute (*Dordogne*, Gravettien), Le Fourneau du Diable (*Dordogne*, Solutréen), La Madeleine (*Dordogne*, Magdalénien) (San-Juan 1990).

Dans cette optique, plusieurs travaux récents se sont concentrés sur le matériel de broyage, tentant de développer des méthodologies à travers l'analyse tracéologique et fonctionnelle ou en réalisant des expérimentations. Précisons que les travaux que nous présentons ici ne se focalisent pas tous exclusivement sur les contextes paléolithiques ou les matières colorantes.

Une étude d'analyse des outils de broyage de matières riches en oxydes de fer trouvés dans le contexte mésolithique des grottes de Santa Maira (Espagne) doublée d'expérimentations de réduction en poudre a permis plusieurs observations (Hernandez Jorda et al., 2018). Sur le mobilier archéologique comme sur l'expérimental, trois types de stigmates sont identifiés : cupules, stries et taches colorées. Ces traces sont les plus marquées dans les zones ayant subi le plus de contact ; elles sont néanmoins plus intenses sur le matériel archéologique, ce qui peut résulter d'une utilisation bien plus prolongée et répétée par les préhistoriques que par les auteurs des expérimentations. Pour ce qui est des galets en particulier, certaines observations sont faites suite à l'expérimentation : la zone la plus active comporte une tache ocreuse bien définie, qui semble entourée d'une seconde auréole moins intense. De plus, les stries et les surfaces polies semblent plus isolées alors que micro-fractures et cupules d'impact se rassemblent densément dans la zone active.

L'analyse du matériel de broyage de matières colorantes découverts dans le MSA de Porc-Epic Cave (Ethiopie) a révélé de nombreuses observations sur la structuration de la chaîne opératoire de réduction en poudre (Rosso et al., 2016). Il semble que les blocs riches en oxydes de fer aient d'abord été concassés de manière à réduire leur taille, avant d'être abrasés directement sur des meules. Cette conclusion est corroborée par la présence de traces d'impacts sur les galets, et de stries et émoussés sur les meules uniquement. L'étude des fragments d'ocre, dont beaucoup présentent des facettes d'abrasion, ainsi que l'observation d'émoussés importants sur les meules caractéristiques de frottements directs répétés, semblent confirmer cette hypothèse.

Une approche méthodologique de l'analyse des traces d'usure sur des outils de broyage pour une caractérisation fonctionnelle a été proposée (Dubreuil, 2002 ; Dubreuil et Savage, 2014). Les auteurs insistent sur l'importance de la prise en compte de plusieurs critères pour pouvoir réaliser une étude interprétative correcte.

- La granulométrie, la quantité et la distribution des grains ainsi que leur morphologie et leur articulation sont des critères pouvant être responsables d'une grande variabilité de stigmates et pouvant mener à des erreurs d'interprétation.
- L'observation des surfaces naturelles des supports, lorsqu'elle est possible, est essentielle pour distinguer les phénomènes taphonomiques des phénomènes anthropiques et pour comprendre les actions chimiques et mécaniques naturelles propres à l'environnement dans lequel s'inscrit le matériel.
- Le nettoyage des objets au cours des fouilles et avant des analyses doit être repensé : l'observation de résidus peut être cruciale dans l'identification de la fonction d'un objet.

L'approche analytique des objets selon différents grossissements est également encouragée par les mêmes auteurs pour caractériser et inventorier des types de stigmates. A l'échelle macroscopique, il est possible d'observer la topographie générale de la surface, d'identifier la morphologie des plus gros grains (généralement conséquemment modifiés par les actions de broyage), de différencier les stries des incisions et de déterminer un polissage ou lustrage. A l'échelle microscopique, on peut examiner précisément les microreliefs, la texture, les dégâts et la nature des traces linéaires présents sur la surface des objets.

L'étude de dix-sept fragments d'outils en grès non-taillés découverts en contexte pléistocène sur une rive du Lake Mungo, au sud-est de l'Australie, a pu mettre en relation des stigmates d'utilisation avec des résidus sur les surfaces actives des objets (Fullagar et al., 2015). Par un examen macro et microscopique, un inventaire des traces observées a été mis en place : émoussés, polis, lustrages, arrondis des grains, stries et micro-stries. L'identification des résidus a été effectuée en soumettant les échantillons choisis à un mélange d'acétonitrile, d'éthanol et d'eau, permettant l'extraction des éléments insolubles dans l'eau. Puis une coloration des résidus obtenus a été effectuée pour accentuer les éventuelles particules dégradées ; ainsi a été détectée la présence de graines et de résidus végétaux et animaux, suggérant alors une fonction multiple de ces artefacts.

Jenny Adams, au sujet des stigmates d'utilisation sur des outils passifs tels que des meules, invite à la communication entre les différents chercheurs pour une terminologie universelle ainsi qu'une méthodologie standardisée (Adams, 2014). Elle suggère qu'une multiplication des expérimentations sur des supports des natures les plus variées permettrait un recensement précis des traces obtenues selon les divers procédés mécaniques. Pour une identification correcte des stigmates, l'auteure souligne également l'importance de comparer les zones actives des matériaux avec leurs surfaces non-actives ou brutes.

Le communauté des Néolithiciens a montré un vif intérêt pour le mobilier de broyage et plusieurs chercheurs en ont réalisé des inventaires, illustrant l'importance de ce type d'assemblage dans ces contextes chrono-culturels (Nouel, 1968 ; Cordier, 1991). Une importante collection de mobilier gréseux non-taillé issu du Néolithique ancien du bassin parisien a notamment fait l'objet d'un travail de caractérisation fonctionnelle en s'appuyant sur l'expérimentation (Hamon, 2006). Une grande variété de gestes et de matières a été mise à l'œuvre : mouture, concassage, broyage, abrasion et polissage de matières végétales, animales et minérales ainsi qu'assouplissement de peaux. Un référentiel des stigmates obtenus a ainsi pu être mis en place : esquillements, polis, impacts, morphologie des grains, stries, texture et reliefs macro et microscopiques. Un diagnostic technique a alors pu être

tenté sur le matériel archéologique. Puis une analyse des résidus organiques par extraction des acides gras, des amidons et des phytolithes a été effectuée, dans l'optique de révéler des espèces végétales particulières. Il résulte de cette étude que le mobilier étudié a principalement servi à la transformation des céréales, mais aussi des matières dures animales et minérales. Par la prise en compte d'un corpus archéologique dense étalé sur un vaste territoire et comprenant des sites aux fonctions diverses, l'auteure a également pu procéder à un examen spatial des assemblages en grès et d'éclairer ainsi la structuration des espaces de travail par les Néolithiques.

Très récemment, un concept d'étude a été tenté pour tester la validité des méthodes d'analyse et d'interprétation fonctionnelle des outils de broyage : le *blind-test* (Hayes et al., 2019). A travers l'étude à l'aveugle de meules et de broyeurs expérimentaux, les auteurs ont pointé notamment l'intérêt de l'analyse des résidus présents sur les objets mais aussi l'importance de la prise en compte de ses limites compte tenu des pollutions ou dégradations possibles et même fréquentes. Ils suggèrent que de telles analyses soient réservées à un mobilier présentant une quantité suffisante de résidus ; les risques d'erreurs interprétatives seraient alors de beaucoup diminués.

La publication dirigée par Hara Procopiou et René Treuil et publiée par le Comité des Travaux Historiques et Scientifiques (CTHS) en 2002 illustre l'intérêt grandissant pour la compréhension des chaînes opératoires impliquant la réduction en poudre en contextes préhistoriques et antiques (Procopiou et Treuil, 2002). Dans ce travail, plusieurs auteurs s'attellent à présenter les méthodes possibles à l'identification des matières transformées et des gestes techniques caractérisant les différents procédés de broyage et de mouture : observation de la nature, de la morphologie et de l'état de surface des matières premières, examen tracéologique des stigmates et analyse chimique des résidus. Cet ouvrage invite au développement de la pluridisciplinarité dans ce type d'études, pour multiplier les possibilités de caractérisation fonctionnelle de mobiliers de réduction en poudre.

Une étude en cours de publication s'est concentrée sur le mobilier en pierre non-taillée du Châtelperronien de la Grotte du Renne (de Beaune et Gagnon, à paraître). L'analyse des surfaces a permis de proposer une attribution fonctionnelle à une cinquantaine d'objets de ce contexte. La méthodologie de cette étude s'est principalement tournée vers la rugosimétrie, analyse microtopographique 3D des surfaces permettant de comprendre les mécanismes d'usure. Les auteures ont pu ainsi déterminer un éventail varié d'activités entreprises par les Châtelperroniens : travail des peaux, boucherie et travail de matières végétales, broyage de nourriture et réduction en poudre de matières colorantes.

A la lumière des travaux présentés plus haut, on observe que les modes de transformations des matières colorantes n'ont pas fait l'objet d'études tracéologiques globales permettant d'approcher les aspects techniques et fonctionnels des outils de réduction en poudre. La mise en place d'un inventaire des stigmates obtenus selon les différents procédés mécaniques mis à l'œuvre par des gestes et des matériaux différents est un manque que nous souhaitons ici commencer à combler. Dans cette optique, un travail expérimental est nécessaire pour l'identification de critères diagnostiques transposables à du matériel archéologique.

3. Problématique et objectifs

Le cœur de cette étude résidera en premier lieu dans un travail expérimental impliquant la réduction en poudre de différentes matières colorantes et selon plusieurs techniques : concassage, mouture et abrasion. En effet ces gestes, par les processus mécaniques qu'ils engendrent, semblent les plus adaptés pour de telles activités. Nous disposerons alors d'une collection d'outils dont les techniques employées seront connues et dont les stigmates pourront être identifiés et confrontés. Les expérimentations comprendront également l'application de peinture sur des supports lithiques, de façon à pouvoir observer les traces résultant d'un procédé autre que la réduction en poudre, utilisant pourtant les mêmes matières colorantes, et d'effectuer des comparaisons avec le reste du mobilier.

Il s'agira d'analyser la surface des outils obtenus et de tenter de caractériser les stigmates propres à chacun des gestes effectués. Nous utiliserons pour ce faire un équipement d'examen microscopique (loupe binoculaire) pour déceler les indices d'actions mécaniques laissés à la surface des objets. Un inventaire des différentes traces et de la répartition des résidus par rapport aux traces pourra alors être mis en place. Nous proposons ainsi une méthode d'analyse tentant de diagnostiquer un enchaînement de gestes techniques à partir d'éléments tracéologiques précis. Ensuite, nous analyserons la surface de plusieurs objets interprétés comme outils de broyage provenant du Châtelperronien de la grotte du Renne. Ce mobilier permettra de tester la méthode de diagnostic mise au point à partir du corpus expérimental, d'en déterminer l'applicabilité à l'archéologie et les limites en fonction des matériaux et des traces observées sur les objets archéologiques, et d'aboutir éventuellement à des conclusions relatives aux fonctions de ceux-ci.

L'objectif à plus long terme associé à une telle problématique est d'approfondir notre connaissance des pratiques des hommes préhistoriques autour de l'utilisation et du rôle des matières colorantes. Quelle peut être la fonction des objets présentant des résidus colorés ? Et comment peut-on déterminer cette fonction ? La présence abondante de tels objets dans des sites comme la grotte du Renne est en effet frappante et notre compréhension de ce phénomène tant sur le plan technologique que fonctionnel est encore à l'état de prémisses.

4. Le Châtelperronien de la Grotte du Renne

La grotte du Renne fait partie d'un complexe karstique de la vallée calcaire de la Cure, à Arcy-sur-Cure dans l'Yonne. Elle est avoisinée par une dizaine d'autres grottes et abris situés sur le même versant. Cet ensemble de cavités livre depuis le milieu du XIX^{ème} siècle des vestiges paléontologiques et archéologiques nombreux et précieux et attise ainsi très tôt l'intérêt des scientifiques (De Vibraye, 1860, 1864). Les fouilles de la grotte du Renne menées par André Leroi-Gourhan de 1949 à 1963 ont livré onze niveaux d'occupations illustrant divers techno-complexes du Paléolithique moyen et supérieur : Moustérien, Châtelperronien, Aurignacien, Gravettien et dans une moindre mesure Solutréen (Leroi-Gourhan, 1961, 1982).

Trois couches châtelperroniennes successives ont été découvertes, dans lesquelles plusieurs dents et débris osseux humains ont été attribués à l'homme de Neandertal, incitant ainsi à considérer ce genre humain comme responsable du techno-complexe en question (D'Errico et al., 1998 ; Hublin et al., 1996 ; Baffier, 1999 ; Welker et al., 2016). Ces niveaux d'occupation ont livré une industrie lithique plus spécialisée qu'au Moustérien (burins, grattoirs, racloirs, pointes de Châtelperron, ...) en silex et en chaille (Fullagar et al., 2015 ; Connet, 2002). La présence bien marquée d'une industrie osseuse (poinçons, épingles, sagaies ...) marque une tournure technique fondamentale amorçant clairement les usages communément révélés dans les vestiges du Paléolithique supérieur (Baffier et Julien, 1990 ; D'Errico et al., 2004). Sur toute la largeur du porche d'entrée de la grotte, trois restes de « cabanes » auraient été mises au jour. Une telle interprétation est due à la présence d'alignements de plaques de calcaire effondrées du porche ainsi que de possibles trous de poteaux à leur périphérie (Leroi-Gourhan, 1972, 1983). L'organisation de l'espace semble ainsi fort élaborée. De nombreux éléments de parures ont également été exhumés, fait rarissime pour le Châtelperronien : anneaux en ivoire de mammoths, dents percées de renards, de bovins, de loups et d'ours notamment (Taborin, 2004). La grotte de la Grande Roche de la Plématrie à Quinçay (Vienne) est l'un des rares autres exemples de confection de parures en contexte Châtelperronien (Granger et Lévêque, 1997). Un autre élément frappant à la grotte du Renne, celui qui nous intéresse, concerne l'abondance dans ces couches de matières colorantes ayant semble-t-il fait partie intégrante des activités quotidiennes des habitants de ce site. En effet, le sédiment constituant les niveaux stratigraphiques châtelperroniens présentait des colorations bien plus intenses que dans les couches sus et sous-jacentes. Le sol de ces installations avait été nettoyé, aplani et couvert de colorant rouge (Couraud, 1991 ; Salomon, 2009). L'intégrité stratigraphique de ces trois couches, discutée à cause de datations radiocarbones discordantes (Higham et al, 2010), a été défendue par un travail d'analyse de la distribution spatiale horizontale et verticale des vestiges (Caron et al., 2011).

Dans ce contexte, de nombreux objets de pierre de dimensions variables (blocs, galets, plaquettes), et dont certains semblent trop gros pour être mobiles, portent des traces de diverses matières colorantes et ont ainsi été interprétés comme outils de broyage ou de mouture du pigment. Ce sont ces éléments auxquels nous nous intéresserons.

II. Méthodes et étapes

1. Gestes expérimentaux

L'obtention d'une poudre à partir d'un bloc de matière colorante peut relever de différents procédés : **broyage**, **concassage** ou **abrasion**. Ces trois techniques constitueront ainsi notre cadre expérimental. Le **broyage** implique un enchaînement de gestes dont la finalité est l'obtention d'une poudre fine : concassage (percussion lancée), pulvérisation et mouture (percussion posée linéaire, circulaire ou aléatoire) sur un outil dormant et à l'aide d'un outil actif (Procopiou et Treuil, 2002). Le **concassage** peut être réalisé seul, consistant en une fragmentation de la matière en percussion lancée à l'aide d'un outil à main et sur le même type de support, donnant généralement naissance à une poudre plus grossière et moins homogène (Hamon, 2006). L'**abrasion**, contrairement aux deux cas précédents, ne recourt pas à la manipulation d'un objet intermédiaire : la matière colorante sera directement appliquée sur la meule, en percussion posée. L'action de la matière contre un support plus résistant constitue un procédé de mise en poudre

efficace. L'ajout d'eau ou de sable notamment peut modifier considérablement la qualité du résultat ; nous avons cependant choisi de ne pas avoir recours à ces intermédiaires, ne connaissant pas les méthodes précises des hommes préhistoriques, pour une meilleure neutralité des stigmates tracéologiques obtenus.

2. Corpus expérimental

Choix du matériel lithique

Il s'agissait de choisir des objets de pierre efficaces pour servir d'outils de réduction en poudre. Pour la composition géologique, nous avons opté pour le **granite**, facile à se procurer. Nos outils expérimentaux ont été récoltés dans la vallée de la Cure, de façon à être au plus proche des matériaux granitiques utilisés par les Châtelperroniens de la grotte du Renne d'où provient le corpus archéologique que nous étudierons. Pour constituer un outillage complet et approprié, il conviendra de disposer de pierres sous différentes formes : des objets de grandes dimensions et présentant une surface assez plane pour servir d'outil dormant/meule, et des galets roulés tenant dans la main, à la fois assez légers pour être manipulables et assez gros pour servir de molettes/broyons efficaces.

Choix et caractéristiques des matières colorantes

Trois matériaux constitueront la base de nos expérimentations : **hématite pure du Pic d'Arradoy**, **calcaire ferruginisé de Thoste-Beauregard** et **ocres de Roussillon** (annexe A, figures 1 à 3). La composition, le pouvoir colorant et la résistance de ces trois produits sont très différents. On s'attend alors à ce que le travail de chacune de ces matières sur les mêmes types de supports et en effectuant les mêmes gestes engendre des dépôts résiduels et des stigmates mécaniques différents.

L'hématite du Pic d'Arradoy est très principalement composée d'oxydes de fer. Sa structure dense en fait un matériau particulièrement résistant, qui nécessitera un travail insistant pour l'obtention d'une poudre fine. De couleur sombre et d'aspect lustré, elle ne se transformera en un rouge/bordeaux plus clair que lorsque les grains les plus fins seront éclatés.

Le calcaire ferruginisé de Thoste-Beauregard est un calcaire à entroques (c'est-à-dire contenant en quantité des segments de fossiles marins de type *crinoïdes*) provenant de l'Yonne, très altéré, à la surface friable et à l'intérieur dur, dépourvu de carbonates et dont les nombreux vides sont enduits ou remplacés par des oxydes de fer et des argiles (Chalmin et Salomon, 2018). Il est de couleur bordeaux à l'état brut et tire vers le rouge à l'état de poudre.

L'ocre de Roussillon est un grès du Vaucluse, glauconieux (c'est-à-dire contenant des grains de minéraux argileux) à l'origine mais dont les grains de glauconie ont entièrement disparu. Il est principalement composé de quartz, d'hématite, de kaolinite et parfois de goethite (Chalmin et Salomon, 2018). C'est une matière altérée et très tendre dans l'ensemble, bien qu'à la résistance irrégulière. La cuirasse dont nous disposons est de couleur très variable, majoritairement rouge mais certaines zones sont très sombres, presque noires, et d'autres sont jaunes ; en revanche la poudre obtenue sera d'un rouge vif.

Nous devons l'accès aux matières colorantes nécessaires à Hélène Salomon et Laure Dayet, qui nous ont généreusement mis à disposition des quantités largement exploitables des trois minéraux riches en oxydes de fer, prêts à l'emploi. Deux de ces matériaux proviennent de la pigmentothèque du laboratoire EDYTHEM à l'Université Savoie-Mont-Blanc, que nous remercions chaleureusement.

3. Protocole expérimental

Dans un premier temps, nous avons effectué les différents gestes avec les trois matières colorantes individuellement et avec des outils et supports granitiques distincts : broyage et abrasion. Puis nous avons réalisé une expérimentation ne mettant à l'œuvre que le concassage, de manière à en définir les traces diagnostiques, toujours sur support granitique et en utilisant l'hématite qui est le matériau le plus résistant, laissant donc sur les outils les traces les plus marquées. Un bloc de granite à la surface plane a ensuite servi de support de peinture. Pour fabriquer la peinture, nous avons utilisé des poudres obtenues lors des procédés d'abrasion, que nous avons observées comme étant les plus fines et diluables, mélangées à de l'eau afin d'obtenir une pâte homogène. Enfin, pour compléter la démarche, les procédés de broyage, d'abrasion et de peinture seront tour à tour réalisés sur

une nouvelle série d'outils avec deux matières colorantes en même temps, de manière à déterminer à l'analyse si elles sont identifiables individuellement. Une quantité conséquente de matière sera employée pour chaque expérimentation, afin que le matériel lithique enregistre réellement les dépôts résiduels.

Dans un dernier temps, chaque objet du mobilier expérimental sera divisé en trois zones : l'une ne sera pas touchée et restera comme témoin, l'autre sera rincée généreusement à l'eau froide et la troisième sera frottée vigoureusement avec une brosse à dents. L'objectif est ici d'identifier et de caractériser la perte d'information que peut générer le nettoyage du matériel lors des fouilles archéologiques, et d'inviter ainsi à être prudents et à prendre soin du mobilier présentant des résidus de matières colorantes. Ces procédés peuvent également simuler les processus taphonomiques de ruissellement ou de frottements répétés dans les sédiments.

L'ensemble de la phase expérimentale s'est déroulée en dix étapes présentées ci-dessous.

Expérimentation	Outil dormant	Outil actif	Matière colorante	Geste	Quantité de matière colorante	Temps de travail
PA1	Meule en granite 1	Broyon en granite 1 et 1bis	Hématite du Pic d'Arradoy	Broyage	37g	1h
PA2	Meule en granite 2	-	Hématite du Pic d'Arradoy	Abrasion	Poudre extraite : 3g	1h35
PA3	Meule en granite 3	Broyon en granite 2, 2bis et 2ter	Hématite du Pic d'Arradoy	Concassage	25g	50 min
TB1	Meule en granite 4	Broyon en granite 3	Calcaire ferruginisé de Thoste-Beauregard	Broyage	90g	43 min
TB2	Meule en granite 5	-	Calcaire ferruginisé de Thoste-Beauregard	Abrasion	Poudre extraite : 6g	1h
R1	Meule en granite 6	Broyon en granite 4	Ocre de Roussillon	Broyage	69g	47 min
R2	Meule en granite 7	-	Ocre de Roussillon	Abrasion	Poudre extraite : 52g	1h
M1	Meule en granite 8	Broyon en granite 5	Roussillon + Pic d'Arradoy	Broyage	Roussillon : 40g Arradoy : 35g	59 min
M2	Meule en granite 9	-	Roussillon + Pic d'Arradoy	Abrasion	Poudre extraite : 10g	60 min
PNT 1	Plaque de granite	-	Pic d'Arradoy, Roussillon,	Peinture	-	-

Tableau 1 - Déroulé des expérimentations

4. Déroulé des expérimentations

A. L'hématite du Pic d'Arradoy

La première matière colorante, l'hématite du Pic d'Arradoy, a fait l'objet du plus grand nombre d'expérimentations. Celui-ci étant le matériau le plus résistant, nous l'avons choisi pour réaliser le procédé de concassage seul de façon à en observer des stigmates clairs et caractéristiques.

PA1 – broyage

Cette première expérimentation consistait à réduire en poudre la matière colorante par concassage et mouture jusqu'à l'obtention d'une poudre fine. Cette matière étant très dure et résistante, le concassage était la seule technique efficace jusqu'à ce que les grains deviennent assez petits pour que la mouture ait un quelconque effet altérant. Lorsqu'il n'y a plus de gros grains, le broyage longitudinal en utilisant le galet comme molette devient efficace. Pour finir le procédé, le broyage circulaire non-dynamique, c'est-à-dire sans va-et-vient, a été le plus performant, bien que le concassage ait été toujours nécessaire pour casser les grains. Cette expérimentation a été réalisée en deux phases : une première à la suite de laquelle le galet s'est brisé en deux (*Fig. 1-b*), ayant ainsi l'avantage de pouvoir observer un objet en fin de vie, et une seconde étape avec un nouveau galet, le tout d'une durée d'une heure.

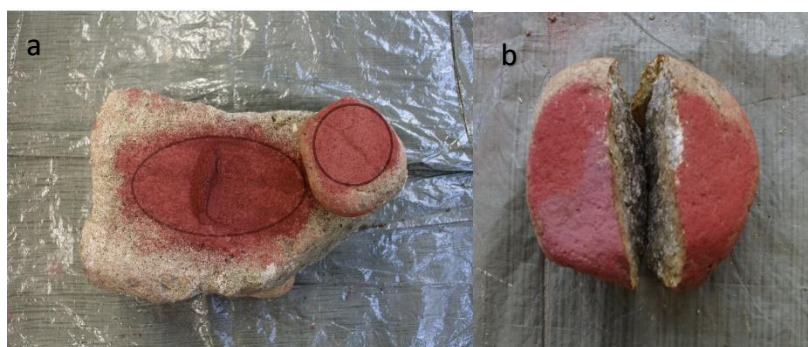


Figure 1 - a. Meule et broyon après expérimentation, zones actives entourées ; b. Broyon 1 cassé en deux

PA2 – abrasion

Cette matière très dure et résistante est particulièrement difficile à abraser. Une pause toutes les vingt minutes a été nécessaire car le procédé est très fatigant et même douloureux malgré l'utilisation de gants. Les gestes longitudinaux ont été plus commodes que les gestes circulaires. Des traces très marquées s'enregistrent sur le bloc d'hématite : facettage, lustrage (*Fig. 2-b*). Il semble que l'abrasion endommage plus la surface de la meule que le broyage. L'expérimentation a duré 1h35. L'abrasion apparaît alors clairement moins productive que le broyage, mais il est à noter que la poudre obtenue est bien plus fine. La couleur de celle-ci est un peu plus claire qu'à la suite du broyage, indiquant peut-être la présence de composants du granite dans la poudre d'hématite.

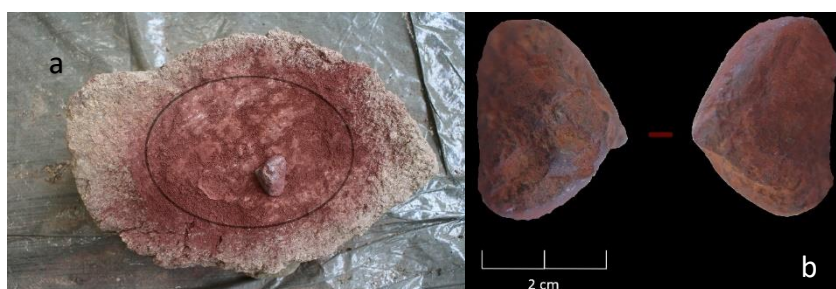


Figure 2 - a. Meule après expérimentation, zones actives entourées ; b. Bloc d'hématite après abrasion, facetté et lustré

PA3 – concassage

L'intérêt de cette expérimentation était de documenter les stigmates obtenus par le seul concassage, donc sans les gestes en percussion posée longitudinale ou circulaire de la mouture. Cinquante minutes ont été nécessaires pour la réduction en poudre du bloc d'hématite. Le premier galet de concassage s'est avéré trop friable et aux grains trop grossiers (Fig. 5-b) ; il s'effritait, laissant une poudre de roche et ne cassant l'oxyde de fer que très sommairement. Nous avons donc changé de galet, mais avons observé exactement le même effet, celui-ci étant de même nature que le premier (Fig. 5-c). Un troisième galet a donc été choisi par sa plus grande résistance et sa granulométrie plus fine, et a fait preuve de l'efficacité recherchée.

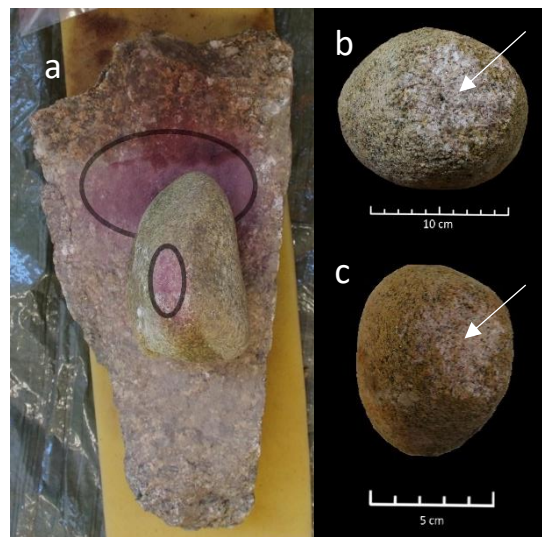


Figure 3 - a. Meule 3 et broyon 2 ter après expérimentation, zone active entourée ; b. Broyon 2 altéré ; c. Broyon 2 bis altéré

B. Thoste-Beauregard

Il s'agit d'un terril composé d'oxydes de fer et de calcaire, très peu résistant et aux grains très fins. Le concassage seul n'a pas été réalisé ici car comme nous le verrons cette matière colorante est trop facile à broyer pour laisser des stigmates assez clairs et évidents sur le matériel. Nous avons ainsi réalisé ici deux procédés : le broyage et l'abrasion.

TB1 – broyage

Cette deuxième matière colorante présente des différences très nettes avec la première. Le concassage, sans aucun effort, donnait rapidement une poudre assez fine, qu'il n'y avait plus qu'à parfaire par la mouture, tout aussi aisément. Le premier bloc de matière colorante n'a pas suffi puisqu'en vingt minutes il était entièrement réduit en poudre. Afin que de réels stigmates puissent s'enregistrer sur le matériel de broyage, nous avons sélectionné un deuxième bloc pour prolonger le procédé à quarante-trois minutes.



Figure 4 - Meule 4 et broyon 3 après expérimentation, zones actives entourées

TB2 – abrasion

L'abrasion de cette matière colorante a eu un effet différent : les surfaces se durcissent à mesure qu'elles se facettent, produisant de moins en moins de poudre. Au bout de soixante minutes d'expérimentation, le bloc a perdu dix grammes. La couleur de la poudre est moins vive que lors du broyage. On se pose alors la question de la présence dans celle-ci d'éléments du granite.



Figure 5 - Meule 5 après expérimentation, zone active entourée

C. Roussillon

Cette troisième et dernière matière colorante choisie pour nos expérimentations est une cuirasse d'ocre, c'est-à-dire une argile naturellement endurcie très riche en oxydes de fer. Comme pour la matière précédente, nous avons réalisé deux procédés de réduction en poudre : broyage et abrasion.

R1 – broyage

Pour cette expérimentation, le concassage et la mouture étaient à égale efficacité, montrant de façon exemplaire le rôle de chacun de ces gestes. Pour réduire en poudre le bloc choisi, les vingt premières minutes ont consisté en l'obtention de petits grains de 2 millimètres en moyenne par concassage, suite à quoi un procédé de mouture tantôt longitudinale et circulaire dynamique a permis d'acquérir une poudre très fine après quarante-sept minutes d'expérimentation. Cette matière a nécessité plus d'efforts que pour les terrils de Thoste-Beauregard, mais beaucoup moins toutefois que l'hématite du Pic d'Arradoy.



Figure 6 - Meule 6 et broyon 4 après expérimentation, zones actives entourées

R2 – abrasion

Ce procédé s'est avéré efficace, produisant une poudre d'une extrême finesse et en quantité plus importante que pour les deux précédentes matières colorantes. Ainsi, au terme de soixante minutes, nous avons obtenu cinquante-deux grammes de poudre.



Figure 7 - Meule 7 après expérimentation, zone active entourée.

D. Mélange Pic d'Arradoy / Roussillon

Pour donner suite à toutes ces expérimentations, nous avons choisi d'élargir le champ d'étude non plus aux seuls stigmates tracéologiques, mais également à l'identification de plusieurs matières colorantes sur un même matériel de broyage. La méthode d'analyse, nous le verrons, sera alors concentrée sur l'aspect compositionnel des résidus présents sur les objets. Nous avons choisi de mélanger deux des matières colorantes expérimentées précédemment : l'hématite pure du Pic d'Arradoy et la cuirasse ocreuse de Roussillon. Ce choix s'explique par la différence de structures et de granulométries de ces deux matières, mettant de côté le terril de Thoste-Beauregard car sa trop grande friabilité serait très inégale face à l'extrême dureté de l'hématite.

M1 – broyage

Pour broyer deux matières colorantes à la fois, un long concassage a été nécessaire jusqu'à l'obtention de grains approximativement égaux, avant quoi la mouture ne pouvait avoir aucun effet comme nous l'avons vu lors de l'expérimentation PA1. La mouture par gestes longitudinaux et circulaires s'est ensuite révélée la plus efficace, malgré l'inégalité d'obtention d'une poudre fine entre les deux matières colorantes (l'hématite étant bien plus dure que l'ocre). Ainsi, cinquante-neuf minutes d'expérimentation ont été nécessaires pour réduire en poudre 40 grammes d'ocre et 35 grammes d'hématite.



Figure 8 - Meule 8 et broyon 5 après expérimentation, zones actives entourées

M2 – abrasion

Pour le procédé d'abrasion de deux matières colorantes, il n'est évidemment pas pratique d'opérer avec les deux blocs simultanément. Nous avons ainsi organisé l'expérimentation en relais réguliers : toutes les dix minutes, nous alternions. Cela crée une forte irrégularité dans la quantité de poudre produite pour l'une et l'autre des matières, la poudre d'hématite étant très difficile à extraire. Nous avons cependant accordé plus d'importance à l'égalité du temps de travail qu'à l'égalité de quantité de poudre, mais avons tout de même insisté un peu plus sur l'hématite à la fin. Nous avons œuvré ainsi durant soixante minutes.

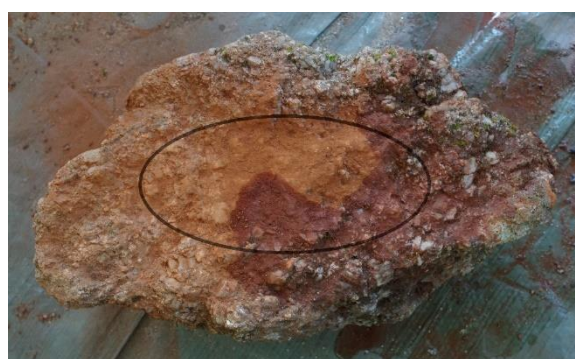


Figure 9 - Meule 9 après expérimentation, zone active entourée. Cet objet avait été rincé et brossé avant la prise photographique, ce qui explique les différents aspects de sa surface.

E. Application de peinture

Pour terminer la phase d'expérimentations, nous avons décidé de tester les poudres obtenues lors des procédés d'abrasion (étant les plus fines), avec deux objectifs en tête : observer d'abord la qualité des mélanges obtenus ainsi que leur efficacité lorsqu'ils sont appliqués sur un support, et tenter d'identifier ensuite des stigmates tracéologiques caractéristiques à la peinture, qui pourront être comparés au reste du mobilier.

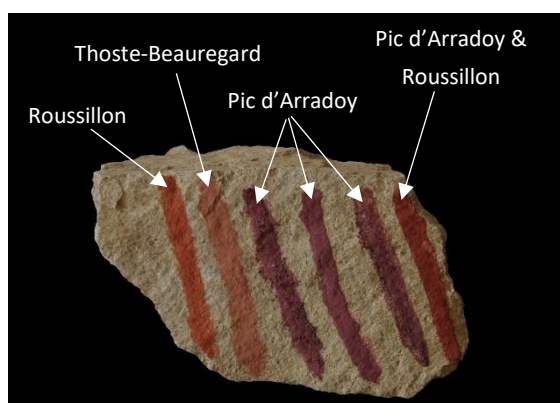


Figure 10 - Peinture de chaque mélange sur une plaque de granite

F. Après les expérimentations

Une dernière étape précédera la phase d'analyse du matériel expérimental : chacun de ces objets a été divisé en trois zones : une zone que nous n'avons pas touchée, une zone rincée abondamment et une autre passée généreusement à la brosse à dents. L'intérêt est ici multiple. Le rinçage peut à la fois imiter les phénomènes post-dépositionnels (ruissellements), mais aussi le nettoyage à l'eau souvent pratiqué lors des fouilles archéologiques. Nous pourrions alors identifier les transformations subies par le matériel et les éventuelles pertes d'informations induites. Le nettoyage à la brosse à dents sera un pas supplémentaire vers la démarche d'identification des risques causés par le traitement des objets archéologiques à la suite de leur découverte. En effet, en plus de ne pas toujours présenter de traces claires d'utilisation, ce type de matériel est d'une grande fragilité ; il sera alors intéressant de connaître mieux l'ampleur de cette fragilité et la nature des dégâts causés. Cela sera rendu possible par la

comparaison fine des trois zones délimitées sur chaque objet, selon les différents gestes réalisés et les différentes matières colorantes appliquées.

Précisons, cela sera utile pour mieux comprendre ce qui suit, qu'à la suite des expérimentations les poudres ont été récoltées en les versant dans un contenant et en soufflant délicatement pour extraire les poudres les plus affinées. Ainsi, les objets que nous analysons ne présentent que les poudres et les traces restantes suite à l'extraction du produit des expérimentations. En effet, nous nous attendons à ce que les hommes préhistoriques ait fait de même avant d'abandonner les outils sur les sites.

5. Corpus archéologique

Une série de quatorze objets lithiques conservés au Musée National de Préhistoire constituera notre collection archéologique à comparer au matériel expérimental de référence. Ces pierres sont de différentes natures – grès, calcaire, granite – et de différents formats, et présentent des résidus plus ou moins conséquents de plusieurs matières colorantes. Elles proviennent toutes des niveaux châtelperonnien de la grotte du Renne. Cette collection a fait l'objet d'une analyse tracéologique à la loupe binoculaire, aux grossissements allant de x25 à x40 en moyenne. L'objectif sera d'en tenter la caractérisation technique et fonctionnelle en utilisant une grille de critères diagnostiques référente obtenue suite à l'analyse du matériel expérimental selon les mêmes méthodes.

6. Méthodes d'analyse

A. Stéréomicroscope

Le stéréomicroscope a été notre outil d'analyse tracéologique. Il s'agit d'une loupe binoculaire permettant de faibles grossissements modulables pour l'observation de petites zones à la surface d'un objet. Composée d'un oculaire pour chaque œil, la vision sera spatialisée et permettra de discerner les reliefs. Les traces que l'œil nu ne permet pas de discerner pourront alors apparaître : état des surfaces, stigmates d'usure, structure et distribution des grains. En associant un stéréomicroscope à un appareil photographique, on peut inventorier les traces observées et procéder ainsi à une étude fine.

B. Microscope Electronique à Balayage

A l'aide d'un microscope électronique à balayage Zeiss (EVO 25 LaB6 VP) doté d'un détecteur EDS Bruker (Quantax 200, SDD XFlash 6/30), nous avons procédé à l'analyse des trois matières colorantes expérimentales à l'état brut – l'hématite du Pic d'Arradoy, le calcaire ferruginisé de Thoste-Beauregard et l'ocre de Roussillon. Ensuite, un fragment de meule en granite brut (hors zones de contact avec les matières colorantes) a fait l'objet d'une autre analyse pour connaître la composition de la roche brute. Puis, nous avons examiné des fragments de zones actives de trois meules ayant subi des procédés de réduction en poudre par abrasion – l'une ayant travaillé l'hématite, l'autre l'ocre et le dernier le mélange d'hématite et d'ocre. Enfin, un échantillon de zone active de la meule ayant servi au broyage de l'hématite a été analysé.

Le principe de microscopie électronique consiste en l'acquisition d'images d'une surface choisie en la balayant d'un faisceau d'électrons. Les échantillons, placés dans une chambre partiellement dépressurisée, réémettent différents types d'électrons (rétrodiffusés, secondaires) que les détecteurs peuvent analyser. Chaque échantillon a fait l'objet d'examens à grossissement x250, ainsi que de grossissements moindres pour des observations plus générales (x25, x36) et de plus importants pour se focaliser sur la structure et la forme des grains et des cristaux (x1000, x2500). Nous avons obtenu des images en électrons rétrodiffusés présentant les principaux éléments détectés en contraste chimique. L'identification des éléments majeurs et mineurs présents dans les zones de contraste observées a été réalisée par l'analyse en spectrométrie de rayons X (EDS). Le faisceau d'électrons balayé sur la matière fait émettre des rayons X caractéristiques des atomes présents.

7. Critères tracéologiques

Définissons à présent les critères que nous avons choisis d'observer pour l'analyse tracéologique du matériel expérimental et archéologique.

La quantité de matière colorante

Nous avons divisé l'observation des quantités de poudres en trois catégories : *grande*, *moyenne* et *faible*.

Une *grande quantité* de résidus se définit par une épaisse plage de poudre couvrant la surface active de l'outil et/ou par la présence d'amas importants de matière. Une *quantité moyenne* se caractérise par des résidus importants ne couvrant toutefois pas complètement la surface active de l'outil et/ou ne présentant des amas de matière que de manière localisée. Une *faible quantité* correspond à une présence de résidus assez ténue pour que la surface active des outils soit parfaitement visible et/ou qui s'organise sous la forme d'amas très légers et localisés.

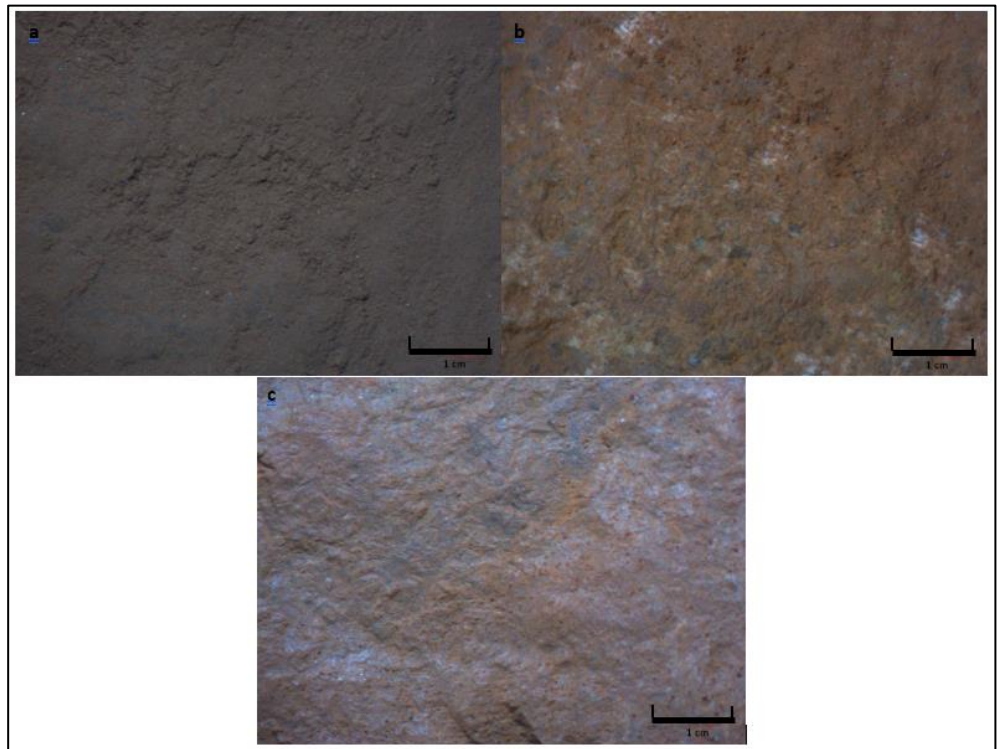


Figure 11 - Quantité de matière colorante illustrée. a : grande ; b : moyenne ; c : faible

L'emplacement des résidus

Nous examinerons la présence des poudres en repérant leur emplacement, à savoir si elles se trouvent dans les *anfractuosités* ou sur les *reliefs* des objets.

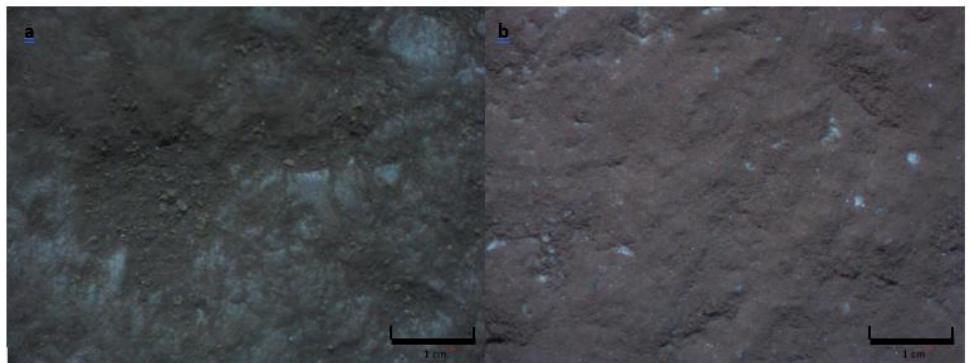


Figure 12 - Illustration de l'emplacement des résidus. a : dans les anfractuosités ; b : sur les reliefs

L'homogénéité granulométrique des poudres

Une poudre sera considérée comme homogène lorsqu'aucun de ses grains ne dépassera 100 μm soit 0,1 mm. Elle sera alors hétérogène lorsque les grains les plus fins cohabiteront avec d'autres dépassant ce calibre.

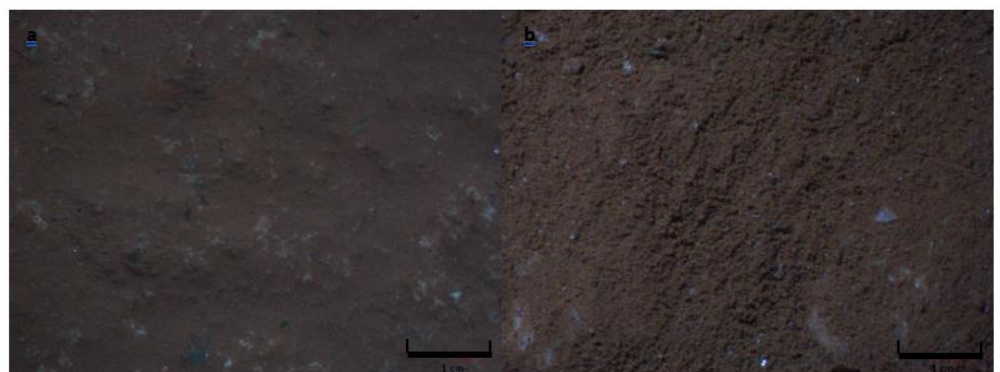


Figure 13 - Illustration d'homogénéité granulométrique. a : homogène ; b : hétérogène

Les stigmates d'usures

Cinq types de stigmates d'usure seront pris en compte dans cette étude : émoussés, lustrages, stries légères, stries prononcées et impacts.

Un *émoussé* s'identifie par un nivelage de la surface, présentant un aspect lissé et arrondi des surfaces actives de l'outil (correspondant à "leveling" et "smoothing" d'après Dubreuil et Savage, 2014, p. 145). Un *lustrage* correspond à une surface nivelée et lissée dont l'aspect sera brillant ("surface reflectivity" d'après Dubreuil et Savage, 2014, p. 147). Nous distinguerons les *stries légères*, qui seront des sillons étroits et peu profonds creusés à la surface de l'outil et à la visibilité délicate, et les *stries prononcées*, qui sans être nécessairement beaucoup plus épaisses ou profondes, seront très visibles. Nous caractérisons un *impact* par un creux net et anguleux ou par une altération fraîche de la surface de l'objet qui présentera un aspect blanchi.

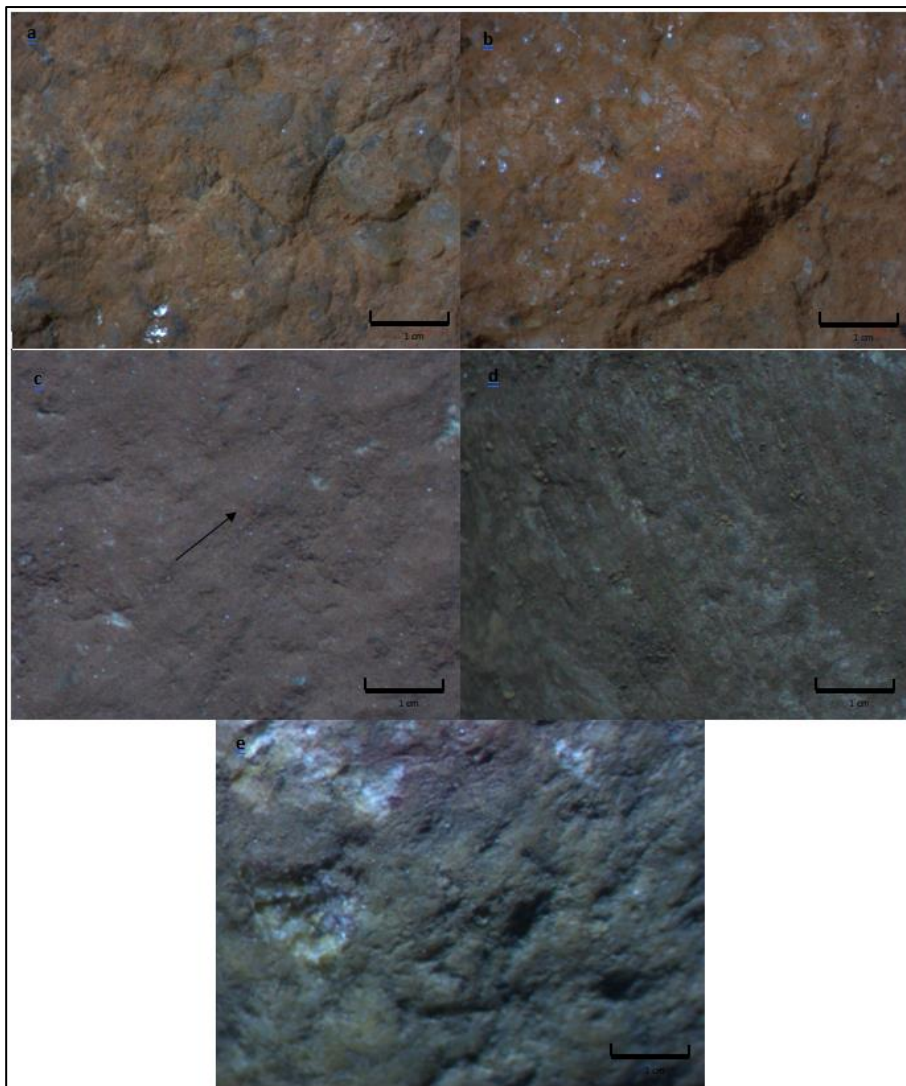


Figure 14 - Illustration des différents stigmates d'usure. a : émoussés ; b : lustrage ; c : stries légères ; d : stries prononcées ; e : impacts

III. Etude du matériel expérimental

Nous avons utilisé un Zeiss® Axiocam ERc 5s pour l'analyse du matériel expérimental.

Les résultats que nous décrivons et discutons ici se présentent sous la forme d'une étude de quatre grands axes :

- Les **techniques** employées : broyage, concassage, abrasion, peinture
- Les **matières colorantes** utilisées : hématite du Pic d'Arradoy, calcaire ferruginisé de Thoste-Beauregard, ocre de Roussillone et mélange Pic d'Arradoy/Roussillon
- Les outils **actifs** et **passifs** dans les procédés de broyage qui ont nécessité à la fois une meule et un broyeur
- Le **traitement** réalisé sur les objets : aucun, rinçage, brossage

Nous examinerons pour chacun de ces axes la représentativité de quatre paramètres :

- La **quantité de matière colorante** présente sur les objets : grande, moyenne, faible
- L'**emplacement des poudres** : anfractuosités, reliefs

- L'**homogénéité granulométrique** des poudres : homogène, hétérogène
- Les **stigmates d'utilisation** observables sur les outils : émoussés, lustrages, stries légères, stries prononcées et impacts

Les résultats seront proposés sous la forme de tableaux, illustrant chaque paramètre, que nous décrivons puis interprétons. Dans les parties A, B et C, nous ne prenons en compte que les outils n'ayant subi aucun traitement (rinçage, brossage) pour éviter de biaiser l'identification de traces caractéristiques. La dernière partie sera ainsi réservée à l'identification des effets du nettoyage à l'eau et à la brosse.

A. Les techniques

1. Présentation des résultats

	Broyage	Concassage	Abrasion	Application de peinture
Grande	7	1	3	4
Moyenne	1	1	1	0
Faible	0	0	0	0
Total nombre d'outils	8	2	4	4

Tableau 2 - Quantité de résidus par techniques

On observe tout d'abord une tendance générale pour la présence d'une grande quantité de matière colorante sur les objets, ce qui était tout à fait attendu. Parmi les procédés de réduction en poudre, le broyage est celui qui révèle les poudres les plus abondantes. On remarque que la fréquence de grandes quantités de poudres est légèrement moindre en ce qui concerne l'abrasion et le concassage. Quant à la peinture, toutes les surfaces contiennent une grande quantité de matière colorante.

	Broyage	Concassage	Abrasion	Application de peinture
Anfractuosités	8	2	4	4
Reliefs	6	1	3	4
Total nombre d'outils	8	2	4	4

Tableau 3 - Emplacement des résidus par technique

Tous les objets contiennent des poudres dans les anfractuosités. Six des huit outils de broyage et trois des quatre outils d'abrasion présentent des poudres sur les reliefs. C'est le cas également pour l'un des deux outils de concassage. Tous les supports de peinture contiennent de la matière colorante dans les anfractuosités.

	Broyage	Concassage	Abrasion	Application de peinture
Homogène	2	0	1	4
Hétérogène	6	2	3	0
Total nombre d'outils	8	2	4	4

Tableau 4 - Homogénéité granulométrique par technique

On observe d'emblée une prédominance des poudres hétérogènes en granulométrie pour les outils de réduction en poudre. Le concassage est la seule technique pour laquelle aucun objet ne comporte de poudres homogènes en granulométrie. Quant aux supports de peinture, ils ne présentent que des poudres homogènes.

	Broyage	Concassage	Abrasion	Application de peinture
Aucune	1	1	0	3
Émoussé	7	0	3	0
Lustrage	0	0	1	0
Stries légères	5	0	1	0
Stries prononcées	1	0	2	0
Impacts	4	1	0	0
Autre	0	0	0	1
Total nombre d'outils	8	2	4	4

Tableau 5 - Stigmates d'usure par technique

Les objets ne comportant aucune trace visible d'usure concernent surtout le concassage et la peinture. Les émoussés sont les plus présents sur les outils de broyage et d'abrasion, et le lustrage ne s'observe que sur un support d'abrasion. Les stries légères s'enregistrent en particulier sur les outils de broyage alors que les stries prononcées sont plutôt présentes sur ceux d'abrasion. La moitié des outils de broyage et de concassage comportent des impacts. Les supports de peinture ne présentent aucun stigmate d'usure, à l'exception d'un exemple où on observe des amas linéaires indiquant la direction du doigt.

2. Interprétation (voir Annexes A figure 4, figure 7, figure 10, figure 13, figure 16, figure 19, figure 22, figure 25, figure 28, figure 31, figure 34, figure 37, figure 40, figure 43, figure 46, figure 49, figure 52)

Lorsque l'on examine les objets expérimentaux sans leur faire subir de traitement particulier (rinçage, brossage), les outils contenant le plus de matière colorante sont ceux ayant mis à l'œuvre les procédés de broyage et de peinture, alors que ceux ayant servi à l'abrasion et au concassage en sont bien moins pourvus. L'abrasion implique des gestes de friction appuyée répétés sur les surfaces actives, expulsant les poudres hors de celles-ci, pouvant expliquer la présence moindre de poudres par rapport au broyage pour lequel les gestes sont tout aussi insistants mais moins vifs. Le concassage exclut les va-et-viens distinctifs de la mouture : les poudres seront donc moins fines et s'accrocheront moins aux outils. Quant à la peinture, le principe même de la technique consiste à étaler de la matière à la surface d'un support ; il est donc logique que ceux-ci présentent de la matière en abondance.

La présence de poudres dans les anfractuosités des outils s'explique par le simple fait qu'elles piègent la matière plus que les reliefs, qui sont plus vulnérables. De plus, ces reliefs étant émoussés, ils perdent en irrégularité topographique et les "pièges" à résidus se raréfient donc. Si les reliefs présentent plus de matière sur les outils de broyage et d'abrasion que sur ceux de concassage, c'est encore une fois que ce dernier procédé implique moins de gestes longitudinaux et insistants et concerne des surfaces moins importantes, laissant moins de chances aux poudres de se déposer. Là encore, la présence de matière sur tous les reliefs des surfaces peintes s'explique par le fait que le procédé de peinture consiste à amasser et étaler le pigment avec insistance pour que celui-ci s'accroche bien à son support et soit homogénéisé sur la surface choisie.

On peut interpréter l'hétérogénéité de la plupart des poudres présentes sur les outils de broyage par l'idée que lors de leur extraction, on tente de ne récolter que les poudres les plus fines en penchant l'objet et en soufflant délicatement sur les amas de matière. Il restera donc à la surface des objets les poudres "imparfaites", les moins affinées. En revanche, si les poudres observables sur les outils de concassage seul sont systématiquement hétérogènes, c'est probablement une conséquence de la technique elle-même, qui en l'absence de gestes longitudinaux ou circulaires répétés ne permet pas une réduction en poudre très affinée. A l'inverse, pour réaliser une peinture, on fabrique une pâte en choisissant naturellement les poudres les plus fines et les plus homogènes, ce que nous avons pris soin de faire en sélectionnant les poudres d'abrasion qui sont les plus affinées.

Les gestes impliqués par le procédé de réduction en poudre par broyage expliquent aisément les stigmates observables sur les outils employés dans cette technique : impacts pour le concassage (percussion directe), émoussés et stries pour la mouture (percussion indirecte longitudinale et circulaire). Les impacts visibles sur la moitié des outils de concassage sont facilement interprétables : le concassage consiste à percuter la matière colorante. Les nombreux émoussés et stries observables sur les outils d'abrasion correspondent bien aux gestes de friction appuyée répétés sur les meules. La matière colorante elle-même étant appliquée contre la meule sans l'intermédiaire d'une molette ou d'un broyon, nous comprenons que les stries soient prononcées. Les lustrages observés sur les objets d'abrasion s'expliquent également par l'action directe, répétée et insistante de la matière colorante sur la meule. Les supports de peinture, de toute évidence, ne présentent pas de stigmates caractéristiques des procédés de réduction en poudre ; seuls des amas linéaires indiquant la direction empruntée par le doigt sont visibles. Lorsque transformée

en peinture et appliquée à un support, la finesse de la poudre peut alors enregistrer des reliefs subtils, comme les doigts et leurs mouvements.

B. Les matières colorantes

1. Présentation des résultats

Dans un deuxième temps, nous allons comparer les traces visibles sur nos objets expérimentaux en fonction des matières colorantes utilisées, selon les quatre mêmes paramètres. Pour éviter la redondance, nous désignerons les matières colorantes par leurs acronymes : PA (hématite du Pic d'Arradoy), TB (calcaire ferruginisé de Thoste-Beauregard), R (ocre de Roussillon) et M (mélange de l'hématite du Pic d'Arradoy et de l'ocre de Roussillon).

Il convient de préciser ici que chaque matière colorante n'a fait l'objet que d'une seule série de chaque geste expérimental : les tendances observées ici ne doivent donc pas faire office de règles. En effet, un plus grand nombre d'échantillons à comparer donnerait peut-être des résultats différents. Les supports de peinture n'ont pas été inclus dans cette partie car ils ne relèvent pas des mêmes objectifs que les outils de réduction en poudre. De plus, afin d'éviter de biaiser la représentativité des matières pour chaque paramètre, nous n'avons pas inclus ici les outils de concassage, ceux-là n'ayant concerné qu'une seule matière colorante.

	PA	TB	R	M
Grande	3	2	3	2
Moyenne	0	1	0	1
Faible	0	0	0	0
Total nombre d'outils	3	3	3	3

Tableau 6 - Quantité de matière par matière colorante

Nous remarquons d'emblée que la majorité des objets présentent une grande quantité de matière colorante. Tous ceux ayant mis à l'œuvre le PA et le R livrent des poudres en abondance, alors que pour le TB et le M, un outil de chaque n'en contient qu'une quantité moyenne.

	PA	TB	R	M
Anfractuosités	3	3	3	3
Reliefs	3	0	3	3
Total nombre d'outils	3	3	3	3

Tableau 7 - Emplacement des résidus par matière colorante

En observant ce tableau, on remarque que tous les objets contiennent des poudres dans les anfractuosités, quelle que soit la matière colorante employée. Les reliefs de tous les outils comportent également des poudres, à l'exception de tous ceux ayant manipulé le TB.

	PA	TB	R	M
Homogène	2	0	0	1
Hétérogène	1	3	3	2
Total nombre d'outils	3	3	3	3

Tableau 8 - Homogénéité granulométrique par matière colorante

On observe encore une fois une prédominance des poudres hétérogènes, à l'exception du PA et du M où l'on trouve des poudres à la granulométrie homogène. Tous les outils du TB et du R présentent des poudres hétérogènes.

	PA	TB	R	M
Aucune	0	0	0	1
Emoussé	3	3	3	1
Lustrage	0	0	0	1
Stries légères	2	2	1	1
Stries prononcées	1	2	0	0
Impacts	1	0	2	1
Autre	0	0	0	0
Total nombre d'outils	3	3	3	3

Tableau 9 - Stigmates d'usure par matière colorante

Les objets ayant travaillé le Pic d'Arradoy, le Thoste-Beauregard et le Roussillon contiennent des émoussés, contre seulement un pour ceux du mélange M. Des stries légères se retrouvent plus sur les outils du Pic d'Arradoy et de Thoste-Beauregard que sur ceux de Roussillon et du mélange. Quant aux stries prononcées, on les observe surtout sur les objets de Thoste-Beauregard, ainsi que sur un outil du Pic d'Arradoy, et sur aucun de Roussillon et du mélange. Des traces d'impact sont visibles sur deux outils de Roussillon, sur un du Pic d'Arradoy et du mélange et sur aucun de Thoste-Beauregard. Le lustrage ne concerne qu'un outil du mélange. Enfin, l'un des objets du mélange ne présente aucun stigmatisme d'usure visible.

2. Interprétation (voir Annexes A figure 4, figure 7, figure 10, figure 13, figure 16, figure 19, figure 22, figure 25, figure 28, figure 31, figure 34, figure 37, figure 40, figure 43, figure 46, figure 49, figure 52)

Les outils présentant le plus souvent des poudres en abondance sont ceux ayant employé l'hématite du Pic d'Arradoy et l'ocre de Roussillon, mais les écarts de quantité entre les différentes matières colorantes ne sont pas assez éloignés pour tirer des conclusions fiables. En ce qui concerne l'emplacement des poudres sur les parties actives des objets, les divergences entre matières colorantes ne s'observent que dans leur présence sur les reliefs : les anfractuosités de l'ensemble des outils contiennent des poudres. Aucun des objets ayant manipulé le calcaire ferruginisé de Thoste-Beauregard ne présente de poudres sur les surfaces, contrairement aux autres matières colorantes. C'est peut-être dû au fait que ce matériau est le plus meuble et facile à travailler : les blocs se casseront et se réduiront à l'état de grains très rapidement, ne nécessitant que peu d'insistance sur les surfaces, et se rassembleront dans les anfractuosités. De plus, le calcaire a moins de propriétés couvrantes que l'hématite ou les argiles plus présentes dans les autres matières colorantes que nous avons utilisées.

Les seuls outils présentant des poudres homogènes sont ceux ayant travaillé l'hématite du Pic d'Arradoy (seule et dans le mélange) ; la pureté de ce matériau ainsi que sa grande densité lui confèrent une grande dureté ; lorsqu'éclatés, les grains sont extrêmement fins et l'insistance nécessaire à son broyage élève les chances d'homogénéisation de la poudre obtenue.

Les outils du mélange M contiennent moins d'émoussés visibles que ceux des autres matières colorantes. Peut-être est-ce dû à l'insistance moindre, dans un laps de temps identique, appliquée à chaque matière individuellement. Ou alors, il est possible que les poudres du mélange aient masqué les arrondis et comblé les reliefs subtils permettant l'observation d'émoussés ; la kaolinite présente dans l'ocre, qui est une argile friable, fine et couvrante, en est probablement responsable. Les outils livrant le plus de stries légères sont ceux du Pic d'Arradoy et de Thoste-Beauregard. Cela peut s'expliquer selon deux arguments inverses : pour l'hématite pure, la dureté de la matière colorante elle-même serait responsable de ces stries, alors que pour le calcaire ferruginisé, sa grande fragilité faciliterait les contacts entre le galet et la meule. En effet, ces stigmates correspondent aux procédés de broyage et non d'abrasion. Si l'on se fie à ces arguments, la plus pauvre représentativité de stries légères et l'absence de stries prononcées sur les outils de Roussillon et du mélange peuvent s'expliquer ainsi : la dureté de l'ocre est intermédiaire et le travail du mélange engendre moins d'insistance sur les matières individuellement dans un même laps de temps. On remarque que les stries prononcées sont plus fréquentes sur les objets de Thoste-Beauregard (représentées par le broyage et par l'abrasion) que sur ceux du Pic d'Arradoy (représentées par l'abrasion uniquement). Pour les premiers, il est probable que l'action du galet en contact répété avec la meule à cause de la très faible dureté du TB soit responsable de ces stries. Dans le cas de l'abrasion, le TB se comporte de manière très différente : les surfaces du bloc se durcissent à mesure qu'elles se facettent, produisant de moins en moins de poudre ; les stries prononcées résultent ainsi certainement d'une cohésion accentuée des grains, de même pour l'abrasion de l'hématite dont nous avons déjà évoqué la dureté particulière. Si les outils du TB sont les seuls à être dépourvus de traces d'impact, cela peut se comprendre par la grande fragilité dont fait preuve cette matière lors des procédés de concassage. Pour les outils de Roussillon, qui sont ceux livrant le plus souvent des traces d'impact, la dureté très irrégulière du fragment de cuirasse et la présence dans sa composition de divers minéraux pourraient en être l'explication, notamment les grains de quartz et leur grande dureté. Les objets ayant manipulé le mélange M sont les seuls à présenter des surfaces lustrées

visibles (représentées par une meule d'abrasion). Il est probable que cela soit dû à l'alternance de matières colorantes (toutes les dix minutes dans notre cas) : on applique à chaque fois des mouvements de friction répétés sur une plage de poudres déjà présente et couvrante, dont les grains altèrent finement la surface de la meule.

C. Les outils actifs et passifs dans le procédé de broyage

1. Présentation des résultats

Dans un troisième temps, nous proposons une comparaison des traces observables sur les objets expérimentaux en fonction du type d'outil employé pour le procédé de réduction en poudre par broyage, qui a nécessité à la fois une meule et un broyeur : nous examinons donc les quatre meules et les quatre broyeurs utilisés pour le broyage. Nous verrons ainsi s'il existe des différences marquantes dans la façon dont s'enregistrent les traces sur les outils actifs et les outils passifs.

	Broyon	Meule
Grande	4	3
Moyenne	0	1
Faible	0	0
Total	4	4

On remarque déjà que tous les outils contiennent de grandes quantités de poudres à l'exception d'une meule.

Tableau 10- Quantité de matière colorante pour les outils actifs et passifs

	Broyon	Meule
Anfractuosités	4	4
Reliefs	3	3
Total	4	4

Broyons comme meules, les objets présentent tous de la matière colorante dans les anfractuosités. Un outil de chaque n'en contient pas sur les reliefs.

Tableau 11- Emplacement des résidus pour les outils actifs et passifs

	Broyon	Meule
Homogène	2	0
Hétérogène	2	4
Total	4	4

Ce tableau nous montre qu'aucune meule ne présente de poudres à la granulométrie homogène alors que ce sera le cas d'un broyeur.

Tableau 12- Homogénéité granulométrique pour les outils actifs et passifs

	Broyon	Meule
Aucune	0	1
Émoussé	4	3
Lustrage	0	0
Stries légères	3	2
Stries prononcées	1	0
Impacts	2	2
Autre	0	0
Total	4	4

Tous les broyeurs présentent des stigmates d'utilisation, alors qu'une meule n'en livre aucun. Les émoussés concernent tous les broyeurs et trois des quatre meules. Comme on le voit, le lustrage ne concerne aucun outil. Quant aux stries prononcées, on en retrouve uniquement sur un broyeur. La moitié des meules comme des broyeurs présentent des traces d'impact.

Tableau 13- Stigmates d'usure pour les outils actifs et passifs

2. Interprétation (voir Annexes A figure 4, figure 7, figure 19, figure 22, figure 31, figure 34, figure 43, figure 46)

Il apparaît tout d'abord cohérent que les plus grandes quantités de poudre soient enregistrées sur les broyons : leurs contacts avec la matière colorante sont plus intenses et sur une surface plus réduite.

Lorsque l'on procède à des gestes répétés de percussion posée, c'est-à-dire de frottement du broyeur contre la meule, il est logique que les deux outils piègent de la matière dans leurs anfractuosités. Un outil de chaque ne comporte pas de résidus sur les reliefs, correspondant au calcaire de Thoste-Beauregard qui tend à s'accrocher moins au support comme nous l'avons vu plus haut.

Les seules poudres homogènes s'observent sur des broyons et jamais sur les meules. Là aussi, cela s'explique par le fait que la partie active des broyons est incessamment sollicitée sur une surface limitée, tendant ainsi à ne garder que les grains les plus affinés.

Pour les mêmes raisons, on observe des stigmates d'utilisation sur la totalité des broyons et sur trois des quatre meules. Le galet accumulera les traces et l'intensité de tous les gestes sur une petite surface ; sur la meule, elles pourront se répartir et tendront à être moins concentrées, donc parfois moins visibles. Cela explique probablement la plus grande représentativité des émoussés et des stries sur les galets. En revanche, autant de meules que de galets livrent des traces d'impact. Si la dureté de la matière colorante nécessite des mouvements de percussion lancés puissants, l'outil actif et le support subiront tous deux des altérations nettes sous la forme de creux anguleux ou de traces claires à la surface du support, correspondant à une dégradation de la surface révélant une patine fraîche.

D. Les effets du nettoyage à l'eau et à la brosse

Pour cette dernière partie, nous avons inclus nos dix-huit objets expérimentaux, toutes techniques confondues (broyage, concassage, abrasion et peinture), de manière à avoir un corpus assez conséquent pour tenter d'identifier des tendances dans les effets résultant du nettoyage des surfaces.

1. Présentation des résultats

	Non traité	Rincé	Brossé
Grande	15	9	2
Moyenne	3	7	6
Faible	0	2	10
Total nombre d'outils	18	18	18

On remarque d'emblée que le nettoyage affecte la quantité de poudre présente à la surface des objets et que le brossage a un effet plus radical que le rinçage, ce qui était prévisible.

Tableau 14- Quantité de matière colorante après traitements

	Non traité	Rincé	Brossé
Anfractuosités	18	18	16
Reliefs	14	10	2
Total nombre d'outils	18	18	18

Comme nous le pensions, le rinçage et plus encore le brossage ont débarrassé de nombreux reliefs de leurs résidus. Quant aux anfractuosités, elles n'ont pas été altérées par le rinçage et peu par le brossage.

Tableau 15- Emplacement des résidus après traitements

	Non traité	Rincé	Brossé
Homogène	7	8	10
Hétérogène	11	10	8
Total nombre d'outils	18	18	18

L'homogénéité granulométrique se voit également modifiée par les nettoyages : plus de poudres homogènes s'observent suite au rinçage, et plus encore après brossage.

Tableau 16 - Homogénéité granulométrique après traitements

	Non traité	Rincé	Brossé
Aucune	5	4	0
Emoussé	11	11	11
Lustrage	1	1	2
Stries légères	6	3	4
Stries prononcées	3	1	1
Impacts	5	7	6
Autre	1	0	8
Total nombre d'outils	18	18	18

Tableau 17- Stigmates d'usure après traitements

La présence d'émoussés n'est pas modifiée par les nettoyages. Le rinçage fait apparaître un lustrage précédemment invisible sur l'un des outils, et les traces d'impacts deviennent plus nombreuses. Quant aux stries, elles se voient systématiquement diminuées. Après brossage, plus aucun objet n'est dépourvu de stigmates : des hachures laissées par la brosse à dents sont presque systématiquement visibles.

2. Interprétation (voir Annexes A figure 5, figure 6, figure 8, figure 9, figure 11, figure 12, figure 14, figure 15, figure 17, figure 18, figure 20, figure 21, figure 23, figure 24, figure 26, figure 27, figure 29, figure 30, figure 32, figure 33, figure 35, figure 36, figure 38, figure 39, figure 41, figure 42, figure 44, figure 45, figure 47, figure 48, figure 50, figure 51, figure 53, figure 54)

La diminution des résidus à la suite du nettoyage apparaît logique : l'eau entraîne les poudres et la brosse les détache du support. Alors que le rinçage évacuera une partie des poudres mais en laissera une partie qui s'agglutinera à la surface des objets, le brossage est plus contrôlé par la force des bras et sera donc plus agressif. Les mêmes processus expliquent l'amointrissement des résidus sur les reliefs des outils. En revanche, la puissance de l'eau ne sera pas suffisante pour déloger les poudres des anfractuosités alors que le mécanisme de brossage réussira parfois à les atteindre. Si la granulométrie des poudres tend à s'homogénéiser à la suite du nettoyage, c'est le résultat de la disparition des grains les plus grossiers, et donc les plus lourds, chassés par l'eau et plus encore par la brosse, laissant place aux grains les plus fins et les plus susceptibles de rester accrochés au support, réduisant ainsi l'amplitude volumique de ces derniers.

Lorsque les outils sont rincés, les émoussés sont toujours visibles car ces stigmates se caractérisent par un nivellement des surfaces, qui restera observable même si celles-ci sont couvertes de matière colorante. Ces mêmes stigmates restent observables également après brossage, car ce procédé dénude les surfaces et les rend bien visibles. Les stries deviennent plus rares alors qu'à l'inverse de plus nombreuses traces d'impact sont rendues visibles : cela peut s'expliquer par le fait que les reliefs les plus discrets seront masqués par le déplacement des résidus par l'eau, mais que ces derniers épouseront les reliefs plus grossiers et les révéleront ainsi. Dans les deux cas, les reliefs les plus délicats seront cachés et les plus grossiers révélés. Par ailleurs, les surfaces actives étant moins pourvues de matière après le brossage, des traces de lustrage non-visibility auparavant y apparaissent. En ce qui concerne la peinture, les amas linéaires indiquant l'empreinte du doigt disparaissent à la suite des deux procédés de nettoyage ; ces stigmates sont particulièrement délicats et fragiles. Le brossage crée enfin un nouveau type de stigmatisme sur la plupart des objets : des "stries" fines et délicates s'observent à présent. Elles diffèrent des stries de mouture ou d'abrasion par le fait qu'elles ne s'inscrivent que dans les plages de poudres et ne creusent pas le support. Il s'agit de hachures laissées par la brosse à dents.

On observe alors que le nettoyage altère conséquemment la lecture tracéologique d'un matériel : quantité et distribution des résidus amenuisées, granulométrie régularisée, stigmates les plus légers masqués et les plus fragiles détruits, traces nouvelles créées indépendantes de la fonction de l'outil. Nous nous en doutions, ces procédés de traitement des objets n'est pas à encourager en archéologie. Il était néanmoins intéressant d'en faire l'expérience car ils peuvent également simuler des phénomènes taphonomiques comme les ruissellements, l'humidité, les frottements avec des éléments environnants ou dans les sédiments. Il est donc important de prendre en compte ce type de données auxquelles l'archéologie est très souvent confrontée.

A. Proposition de tableaux de lecture transposables à l'archéologie

En corrélant toutes ces données, nous proposons deux tableaux de lecture transposables à un matériel archéologique dont la chaîne opératoire n'est pas connue. Le premier regroupe les critères diagnostiques observés sur les outils expérimentaux à la fois non traités et rincés, car il n'est souvent pas possible de déterminer si l'outil a subi ou non un nettoyage à l'eau ou des processus taphonomiques de ruissellement (*tableau 18*). Le second tableau présente les critères obtenus après un brossage des objets, pour une caractérisation éventuelle de ce type de traitement et des traces caractéristiques (*tableau 19*).

	Outil actif/passif	Traitement post-expérimentation	Quantité de matière colorante	Emplacement des résidus	Homogénéité granulométrique	Stigmates d'usure
Broyage	Broyon	Aucun	Grande	Anfractuosités et reliefs	Homogène/hétérogène	Emoussés, stries légères, impacts
		Rinçage	Moyenne	Anfractuosités	Homogène/hétérogène	Emoussés, stries légères, impacts
	Meule	Aucun	Grande	Anfractuosités et reliefs	Hétérogène	Emoussés, stries légères, impacts
		Rinçage	Grande	Anfractuosités et reliefs	Hétérogène	Emoussés, impacts
Concassage	Broyon	Aucun	Moyenne	Anfractuosités	Hétérogène	Impacts
		Rinçage	Faible	Anfractuosités	Homogène	Impacts
	Meule	Aucun	Grande	Anfractuosités et reliefs	Hétérogène	Aucun
		Rinçage	Faible	Anfractuosités	Hétérogène	Impacts
Abrasion	Meule	Aucun	Grande	Anfractuosités et reliefs	Hétérogène	Emoussés, stries légères possibles, stries prononcées possibles
		Rinçage	Grande	Anfractuosités et reliefs	Hétérogène	Emoussés, stries légères possibles, stries prononcées possibles
Peinture	Support	Aucun	Grande	Anfractuosités et reliefs	Homogène	Aucun/trace de l'outil ayant appliqué la matière
		Rinçage	Grande/moyenne	Anfractuosités et reliefs	Homogène	Aucun

Tableau 18 - Grille de critères diagnostiques pour un mobilier non traité ou rincé

	Outil actif/passif	Quantité de matière colorante	Emplacement des résidus	Homogénéité granulométrique	Stigmates d'usure
Broyage	Broyon	Faible	Anfractuosités	Homogène/hétérogène	Emoussés, stries légères, impacts, hachures de brosse possibles
	Meule	Moyenne	Anfractuosités	Hétérogène	Emoussés, stries légères possibles, impacts possibles, lustrages possibles, hachures de brosse possibles
Concassage	Broyon	Faible	Anfractuosités	Homogène	Impacts
	Meule	Faible	Anfractuosités	Homogène	Impacts
Abrasion	Meule	Faible/moyenne	Anfractuosités	Homogène/hétérogène	Emoussés, lustrages possibles, hachures de brosse
Peinture	Support	Faible	Anfractuosités	Homogène	Hachures de brosse

Tableau 19 - Grille de critères diagnostiques pour un mobilier brossé

Considérations finales

Les diverses techniques et les types d'outils, comme nous nous y attendions, montrent des caractéristiques distinctes conformes aux gestes effectués et/ou au rôle actif ou passif de l'outil. Concernant les matières colorantes, la finesse de leurs grains, leur composition et leur dureté semblent être responsables de traces différentielles. De plus, le travail de plusieurs matières sur un même outil ne montre pas des comportements dépositionnels et tracéologiques égaux à ceux observés sur les objets ayant employé les matières individuellement.

En outre, nous observons dans la grande majorité des cas l'effet hautement altérant et destructif du rinçage et du broyage, et ce pour chacun des axes étudiés. Ces procédés peuvent également créer la confusion ; ils font parfois apparaître des traces nouvelles qui pourraient être considérées comme stigmates. Néanmoins, comme nous l'avons montré plus haut, les principaux modèles de traces tendent à se maintenir.

Le nombre d'expérimentations et d'échantillons reste néanmoins limité ; en les multipliant, il serait possible de confirmer ou d'infirmer les tendances observées, ou bien d'en déterminer de nouvelles, avec une plus grande rigueur, permettant la mise en place de tableaux de critères diagnostics solides.

IV. Etude du macro-outillage Châtelperronien de la grotte du Renne

Nous présentons ici, objet par objet, les différents stigmates d'action mécanique visibles, la nature des résidus de matières colorantes présents ainsi que les observations particulières notées sur chacune des pièces. En se basant sur les résultats de l'examen des objets expérimentaux et sur les particularités individuelles des objets examinés, nous en proposerons une attribution fonctionnelle et une tentative de distinction entre phénomènes taphonomiques et activités anthropiques.

ArcyR01

Il s'agit d'une plaque de grès d'environ 15x12 cm découverte dans le carré C11 de la couche Xb1. Ses deux faces présentent des résidus de poudres rouges.

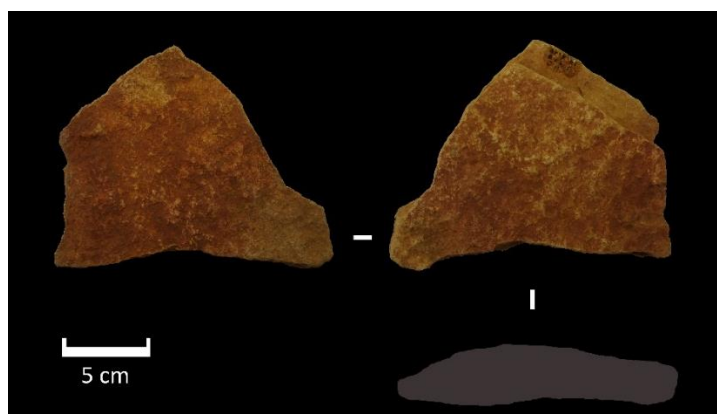


Figure 15 - ArcyR01, grès, carré C11 couche Xb1

Face A (Annexe B graphique 1, figure 1, figure 2, figure 3)

On remarque une faible quantité de matière colorante, une présence de celle-ci uniquement dans les creux profonds, une granulométrie homogène des poudres ainsi que la présence d'éroussés superficiels et de stries légères. Les stigmates peuvent correspondre à un procédé de broyage ou d'abrasion. L'absence de traces d'impact caractéristiques du concassage peut faire osciller l'interprétation du côté de l'abrasion, malgré l'absence de stries prononcées que l'on retrouve fréquemment sur les outils ayant été employés pour cette technique. L'aspect peu marqué des éroussés en surface peut laisser penser que la matière abrasée était relativement tendre, ce qui pourrait expliquer également la faible quantité de matière colorante. Ces mêmes arguments peuvent être valables également pour l'absence de résidus sur les reliefs. De plus, nos meules expérimentales de broyage n'ont jamais présenté de poudres homogènes comme c'est le cas ici, pouvant participer à l'exclusion d'un procédé de réduction en poudre par broyage.

Face B (Annexe B graphique 2, figure 4, figure 5)

La face B de ce même objet présente les mêmes stigmates d'utilisation et les poudres sont également homogènes. En revanche les résidus de matières colorantes sont légèrement plus abondants. Cela peut s'expliquer par une exposition moindre aux phénomènes taphonomiques ou à un nettoyage moins insistant de la surface à la suite des fouilles.

Interprétation

Il semblerait alors que les deux faces de cet objet aient servi de supports pour un procédé d'abrasion d'oxydes de fer. Cette hypothèse peut être corroborée par la finesse et donc la fragilité relative de l'objet, n'en faisant donc pas un support idéal pour

un travail de concassage et/ou de mouture. Ces deux gestes appliquent en effet une plus grande force sur la meule qui doit être d'autant plus résistante.

ArcyR02

Cet objet est également une plaque de grès, d'environ 15x10 cm provenant du carré D9 de la couche Xb1. Des résidus rouges et noirs sont visibles sur ses deux faces et l'outil paraît avoir été brûlé ou chauffé.

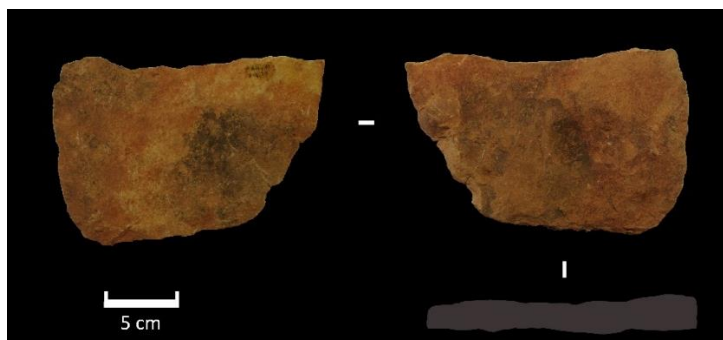


Figure 16 - ArcyR02, grès, carré D9 couche Xb1

Face A (Annexe B graphique 3, figure 6, figure 7, figure 8)

Les éléments tracéologiques observables ici ne sont guère différents de l'objet précédent. Nous pouvons alors envisager là aussi un procédé d'abrasion, du moins concernant les poudres rouges. Les résidus noirs sont quant à eux difficiles à interpréter : ils sont concentrés et localisés sur des zones où les stigmates ne sont pas plus marqués qu'ailleurs. Peut-il s'agir tout de même d'un même travail sur une matière colorante noire, d'une utilisation de cette plaque comme lampe à graisse, ou encore cet objet présente-t-il des suies dues à une proximité prolongée avec un feu ?

Face B (Annexe B graphique 4, figure 9, figure 10, figure 11)

Cette face présente un stigmate supplémentaire (traces d'impacts), des poudres cette fois-ci plus hétérogènes et présentes sur les surfaces. Les traces d'impact étant tout à fait caractéristiques du concassage, il est probable que cette technique ait été ici employée. De plus, comme nous l'avons vu dans la partie précédente, le broyage tend à laisser des poudres à la granulométrie plutôt hétérogène sur les meules. La surface semble avoir été nivelée par endroits, témoins d'un travail intense. La présence de résidus sur certaines surfaces laisse penser que l'outil a peu souffert de phénomènes taphonomiques de frottements dans les sols ou de nettoyages par les fouilleurs. En revanche, rien n'empêche ici d'envisager que cette plaque ait été utilisée à la fois pour des procédés d'abrasion, de concassage et de mouture : les émoussés et stries peuvent être liés à des actions mécaniques directes ou indirectes (abrasion ou mouture). Les possibles suies présentes aussi sur cette face évoquent un contact avec du feu, sans pouvoir en tirer une conclusion précise.

Interprétation

Cet objet semble donc avoir été le support de diverses activités. Les deux faces présentent des traces différentes, témoins d'une vraisemblable fonction double de l'objet, simultanée ou étalée dans le temps. Il semble finalement que la fragilité d'un tel objet, par sa finesse, n'ait pas empêché d'exercer des gestes insistants comme le concassage. Stries et émoussés, stigmates typiques d'actions directes linéaires, sont présents des deux côtés, de même que les résidus noirs pouvant être interprétés, sans examen plus précis, comme matière colorante ou bien comme suie.

ArcyR03

Il s'agit une nouvelle fois d'une plaque de grès, de 10x10 cm environ, trouvée dans le carré Z13 de la couche Xc. L'une de ses faces présente des résidus rouges et noirs alors que l'autre ne révèle que du noir.



Figure 17 - ArcyR03, grès, carré Z13 couche Xc

Face A (Annexe B graphique 5, figure 12, figure 13, figure 14, figure 15)

Alors que les émoussés et les stries légères sont des stigmates communs à l'abrasion et à la mouture, nous avons vu que les lustrages et les stries prononcées étaient plutôt caractéristiques de l'abrasion. Par ailleurs, l'absence de traces d'impacts pousse vers la même interprétation : il semble n'y avoir pas eu de concassage, geste allant de pair avec la mouture. La grande quantité de matière observable sur une grande partie des reliefs est probablement due à un maintien relativement stable dans les sédiments au cours des millénaires, à un traitement moindre de la part des fouilleurs mais aussi à un travail assez insistant par les artisans préhistoriques pour que les grains restent bien accrochés. L'abondance des stigmates d'action mécanique témoigne en effet d'un travail intense et répété, pouvant par ailleurs expliquer l'homogénéité granulométrique des poudres. En outre, deux phases semblent se détacher à l'examen de cette face : nous trouvons des stries remplies de résidus et d'autres, dans des directions différentes, en sont dépourvues. De plus, la présence à la fois de résidus rouges et de résidus noirs va en faveur de cette idée.

Face B (Annexe B graphique 6, figure 16, figure 17, figure 18, figure 19)

Nous observons sur la face B exactement les mêmes types de stigmates, suggérant une fonction de support d'abrasion. Les résidus se présentent de la même manière que sur la face A, pouvant être expliqué par les mêmes raisons. Là encore, deux phases très nettes semblent se dessiner, et ce malgré la présence de résidus exclusivement noirs : une série de stries sont remplies de résidus, alors que d'autres, dans des directions différentes, n'en contiennent pas. Cette dernière phase pose question : a-t-on travaillé des matières autres que colorantes ? Ou la matière était-elle trop dure pour être abrasée et n'aurait laissé que des incisions à la suite d'une tentative ?

Interprétation

Cet objet semble donc avoir été un support pour l'abrasion de matières rouges et noires sur ses deux faces. Il est probable qu'il n'est pas servi uniquement au travail des matières colorantes : matières dures animales, lithiques ? Il serait intéressant de réaliser des expérimentations suivant les différentes étapes techniques suggérées dans ces interprétations pour en observer les effets réels car les éléments ne semblent pas tout à fait suffisants pour assurer la fonction de ces objets comme de véritables outils. Il peut s'agir d'éléments techniques ou bien taphonomiques non pris en compte dans notre travail expérimental.

ArcyR04

Il s'agit d'une plaque de grès de 15x8 cm, brisée en cinq parties que nous avons remontées. Elle provient du carré Z13 de la couche Xc. L'une des faces présente des résidus rouges, l'autre des noirs.

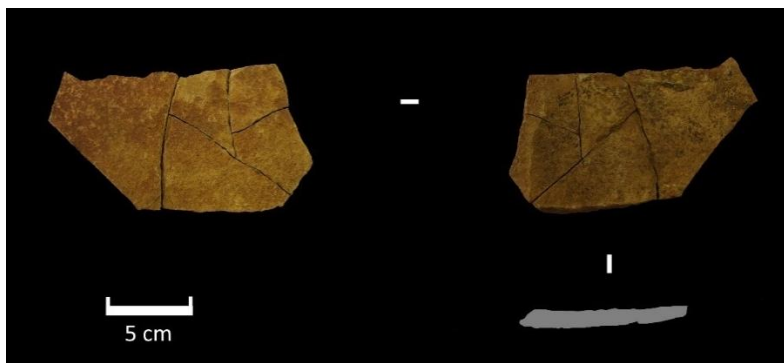


Figure 18 - ArcyR04, grès, carré Z13 couche Xc

Face A (Annexe B graphique 7, figure 20, figure 21, figure 22)

A nouveau, cette plaque de grès semble avoir été le support de procédés d'abrasion ; les émoussés, stries légères et stries prononcées caractéristiques de mouvements longitudinaux répétés et l'absence de traces d'impacts ne vont guère en faveur d'un travail de concassage et de mouture de matière colorante. La présence à la fois de stries remplies de résidus rouges et d'autres sans laisse là aussi penser à l'existence d'une utilisation de cet objet comme support d'abrasion de matière colorante et de travail de matériaux autres, comme des matières dures animales. De plus, l'homogénéité des grains d'oxydes de fer correspond mieux à l'abrasion qu'au broyage, comme nous l'avons déjà vu.

Face B (Annexe B graphique 8, figure 23, figure 24)

Les mêmes types de stigmates d'utilisation sont observables sur cette face de l'objet, mais la présence de résidus est moindre et les traces sont plus ténues. Il semble que cette face ait fait l'objet d'un travail moins intensif, ou bien que la matière colorante transformée était peu résistante, comme cela a d'ailleurs été montré pour de nombreux fragments d'oxydes de manganèse de ce site (Salomon, 2009).

Interprétation

Il s'agirait donc d'un support d'abrasion, utilisé sur ses deux faces. L'une, principale surface choisie, aurait servi à la fois pour réduire des oxydes de fer en poudre et pour broyer, aiguiser ou lisser d'autres matières ; l'autre aurait été utilisée de manière plus épisodique pour le broyage par abrasion de matière colorante noire. Là encore, nous extrapolons les résultats sous le prisme de notre grille diagnostique expérimentale, qui pourrait ne pas être suffisante pour une interprétation véritablement solide.

ArcyR05

Cet objet est une plaque de grès d'environ 15x15 cm, cassée en quatre parties qui furent recollées après la fouille. Elle a été découverte dans le carré Y12 de la couche Xa. Des résidus rouges sont présents sur ses deux faces.

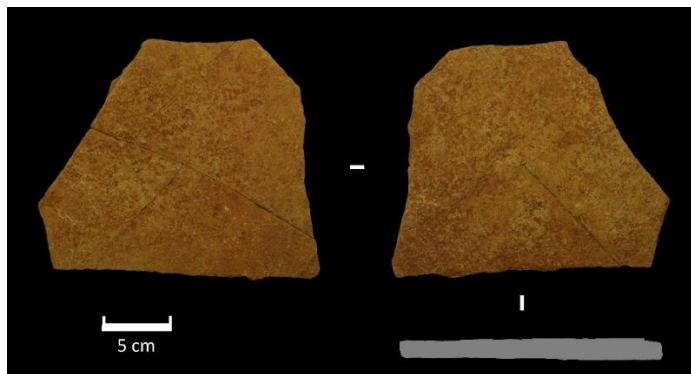


Figure 19 - ArcyR05, grès, carré Y12 couche Xa

Face A (Annexe B graphique 9, figure 25, figure 26, figure 27)

La présence d'émoissés, de stries légères ainsi que de stries prononcées évoque une fois encore un procédé d'abrasion, ou du moins de frottements répétés directs de l'objet travaillé sur la surface de la plaque. En effet, comme nous l'avons vu sur notre matériel expérimental, l'abrasion enregistre beaucoup plus de stries prononcées que la mouture. Une fois de plus, l'homogénéité granulométrique des poudres correspond mieux à l'abrasion, même s'il est probable que le travail des matières ait été bien plus intense et insistant que nous avons pu le faire au cours des expérimentations, donnant des poudres plus "finies" quelle que soit la technique employée. La multiplicité des stries indique ici des gestes répétés. Notons que la présence de résidus dans le fond des stries est aléatoire et que beaucoup d'entre elles en sont dépourvues : il est alors possible que la matière colorante n'ait pas été ici au centre du procédé. Nous pouvons encore une fois envisager que d'autres matières aient été travaillées.

Face B (Annexe B graphique 10, figure 28, figure 29, figure 30)

Les stigmates et les résidus de matières colorantes rouges observés sont de même nature que sur la face A de l'objet. Bien que certaines stries soient dépourvues de poudres, la plupart en contiennent cette fois-ci. Nous pouvons alors envisager ici la réduction en poudre d'oxydes de fer par abrasion prioritairement, et le travail d'autres matières de manière plutôt secondaire.

Interprétation

Les deux faces de cet objet semblent avoir été supports d'abrasion intensive de matières colorantes rouges et de travail de matières d'autres natures, ne laissant dans certaines stries aucune trace de résidus. Alors que sur l'une des faces, la matière colorante ne semble pas avoir été au centre du procédé, l'autre paraît l'avoir préférée, indiquant alors une utilisation différentielle de l'objet selon la face choisie.

ArcyR06

Cet objet est un galet de granite de 20x15 cm issu du carré A11 de la couche Xb2. L'une des faces contient des résidus noirs tandis que l'autre livre des poudres rouges.



Figure 20 - ArcyR06, granite, carré A11 couche Xb2

Face A (Annexe B graphique 11, figure 31, figure 32, figure 33)

Des stigmates de diverses natures sont visibles sur cette face : émoussés, lustrages, stries légères et traces d'impact. Selon l'examen de notre matériel expérimental, toutes ces traces correspondent aux procédés de broyage, à l'exception des lustrages que l'on observait plutôt pour l'abrasion. Notons toutefois qu'il est fort probable que le travail des matières colorantes ait été beaucoup plus conséquent sur ces objets que sur les nôtres, et que donc des lustrages, résultats de frottements insistants sur une surface, puissent apparaître à la suite d'un travail répété de mouture. Rappelons également que le broyage de l'un de nos outils expérimentaux avait fait apparaître des lustrages sur un outil de broyage : que les processus taphonomiques aient été importants ou non, ce stigmate peut donc résulter d'un travail de broyage. En outre, la nature même de l'objet (galet) invite à le considérer comme outil de percussion plutôt que comme support de travail. Mais n'excluons pas la possibilité qu'il ait pu servir à la fois de molette pour le broyage et de support d'abrasion ; en effet ce galet présente des surfaces assez planes pour que cela soit envisageable. Une exposition aux éléments ou un nettoyage de l'objet pourraient être responsables de la faible quantité observée de matière colorante, ce qui expliquerait également l'absence de grains grossiers, évacués par de tels phénomènes et ne laissant alors que des poudres fines et homogènes. Il est aussi envisageable que la matière colorante n'ait pas été au centre du procédé et que d'autres matières aient été percutées, moulées, abrasées, lissées ou aiguisées à l'aide de ce galet.

Face B (Annexe B graphique 12, figure 34, figure 35, figure 36)

Nous trouvons ici les mêmes stigmates, toutefois répondant à un modèle différent : les impacts et les stries se trouvent toujours dans la même direction, très rassemblées en une zone active réduite où les résidus rouges sont présents. Cette face semble donc avoir servi à la réduction en poudre de matières colorantes, par concassage et mouture. La faible quantité de résidus colorés invite cependant à envisager là encore le travail d'autres matières, où les poudres colorantes visibles pourraient n'être que le résultat de contacts avec des sols colorés.

Interprétation

Ce galet apparaît donc comme un outil de concassage et de mouture, probablement de substances colorantes mais possiblement aussi d'autres matières dures. On remarque que les deux faces de l'objet n'ont pas connu rigoureusement les mêmes fonctions : l'une contient des résidus noirs et pourrait également avoir servi de support d'abrasion, alors que l'autre n'aurait servi que d'outil à main et ne contient que des résidus rouges.

ArcyR07

Cet objet est une pierre calcaire de 15x10 cm environ, exhumé du carré D10 de la couche Xb1. L'une de ses faces présente des résidus jaunes et dans une moindre mesure rouges, alors que l'autre ne livre aucune trace de matière colorante.

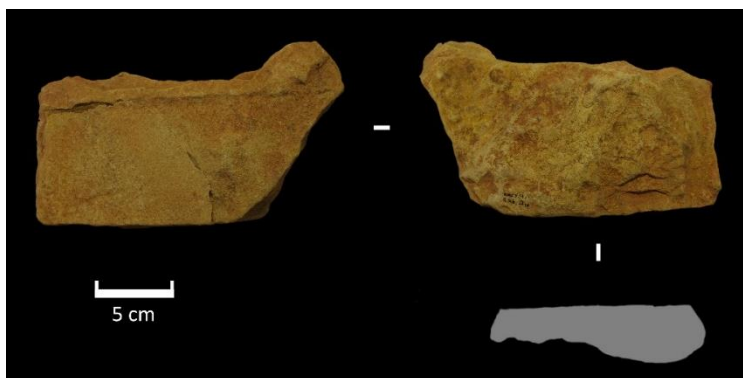


Figure 21 - ArcyR07, calcaire, carré D10 couche Xb1

Face A (Annexe B graphique 13, figure 37, figure 38, figure 39)

Des émoussés et stries légères sont visibles à la surface de l'objet. Cependant, les premiers sont légers et les secondes sont rares et dans des directions très aléatoires. Un support d'abrasion aurait livré des émoussés plus marqués et des stries plus nombreuses et directionnelles, à moins que les matières colorantes travaillées aient été particulièrement tendres. La grande quantité de résidus ainsi que leur présence sur tous les reliefs de cette face de l'objet évoquent un probable dépôt taphonomique dû à des contacts avec d'importantes plages de poudres colorées. Les stigmates d'action mécanique, visibles sur cette même face uniquement, permet d'envisager que cette seule face était exposée aux éléments alors que l'autre était posée fermement contre terre.

Face B

Sur cette face, aucun résidu de matière colorante et aucun stigmatisme ne sont observables.

Interprétation

Cet objet semble alors ne pas avoir joué le rôle d'outil pour les Châtelperroniens. Comme nous l'avons vu dans nos expérimentations, les supports calcaires s'avèrent peu efficace dans le travail des matières colorantes.

ArcyR08

Il s'agit d'une plaque calcaire de 20x15 cm environ, provenant de la couche X sans qu'aucune référence plus précise ne soit disponible. Des poudres rouges sont visibles sur ses deux faces.

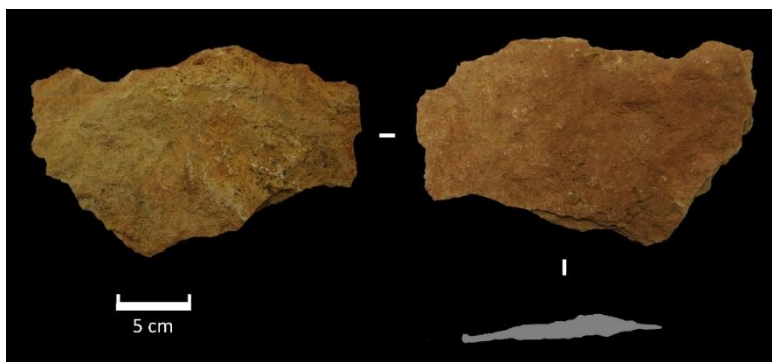


Figure 22 - ArcyR08, calcaire, couche X

Face A (Annexe B graphique 14, figure 40)

Les résidus rouges sont présents sur tous les reliefs mais aucun stigmat clair d'action mécanique ne s'y observe. Il semble alors qu'il n'y ait pas eu ici de travail de la matière colorante.

Face B

Les poudres sur cette face sont localisés aux bords de l'objet. Les quelques stries visibles ne semblent ni anthropiques ni anciennes ; elles pourraient être le fruit d'activités sédimentaires récentes ou bien de raclages survenus au cours ou à la suite de la fouille.

Interprétation

Cette pierre calcaire ne semble pas avoir été un outil ni de travail de matière colorante ni d'aucune autre matière dure. Dans son séjour dans les sédiments, il semble que l'objet ait été disposé face B contre terre, expliquant la présence de poudres surtout sur la face A, les résidus ayant alors pu s'incruster sur les bords de la face B.

ArcyR09

Il s'agit d'une pierre calcaire d'environ 12x5 cm, dont les références n'indiquent que son appartenance possible à la couche X (inscrit "couche X ?"). Des poudres rouges sont observables sur ses deux faces.

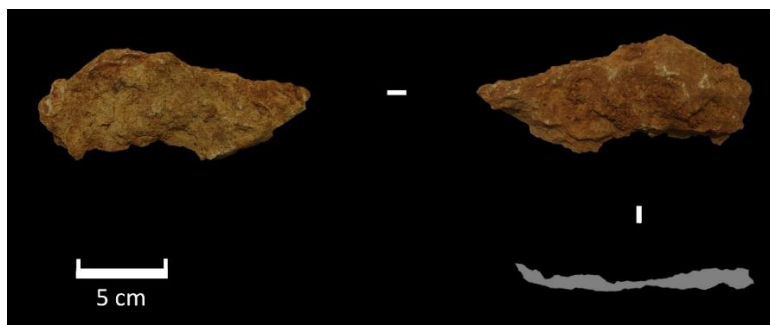


Figure 23 - ArcyR09, calcaire, couche X ?

Face A (Annexe B graphique 15, figure 41)

L'absence totale de stigmates d'action mécanique invite à interpréter cette face de l'objet comme le fruit de phénomènes purement taphonomiques. De plus, la présence de grandes quantités de matières colorantes sur tous les reliefs suggère qu'il y aurait eu contact dans les sols avec des plages de matières colorantes.

Face B

Comme pour l'objet précédent, les quelques traces de résidus rouges présents sur cette face sont localisées sur les bords et aucun indice de travail insistant n'est visible.

Interprétation

Il apparaît que cette pierre ne semble pas être un outil de travail de matière colorante, mais plutôt d'un objet ayant été au contact de plages de poudres dans les sols ; la face A aurait été la plus exposée alors que la face B aurait été contre le sol, expliquant la présence de résidus uniquement sur les bords de celle-ci.

ArcyR10

Il s'agit d'une autre pierre calcaire de 15x10 environ provenant de la coupe de la couche X. Des résidus rouges rosés sont visibles sur ses deux faces.



Figure 24 - ArcyR10, calcaire, coupe couche X

Face A (Annexe B graphique 16)

Une grande quantité de matière colorante est présente sur tous les reliefs de cette face, alors qu'aucun stigmate n'y est enregistré. Il semble alors que la présence des poudres ne soit que le fruit de contacts naturels avec des plages colorées.

Face B (Annexe B graphique 17, figure 42, figure 43)

A la différence de la face A, celle-ci présente non seulement de grandes quantités de matières colorantes sur tous les reliefs, mais aussi quelques légers émoussés ainsi que stries légères et prononcées, toutefois localisées en certaines zones ; nous n'identifions pas de zone active de travail bien délimitée.

Interprétation

L'objet étant entièrement recouvert de poudre rouge, les stigmates d'action mécanique étant diffus, nous nous posons la question de la nature des résidus de matière colorante : s'agit-il de résidus résultant d'un travail très épisodique de matières assez tendres pour n'enregistrer que peu de stigmates ou d'un contact avec des plages colorées dans les sols, ou s'agit-il d'un faciès d'altération du calcaire qui serait naturellement riche en oxydes de fer ? Cette dernière hypothèse pourrait en outre expliquer la couleur rosée des résidus ; celles-ci seraient alors des poudres du calcaire lui-même dont la teneur en fer donnerait un ton rougi.

ArcyR11

Il s'agit d'un fragment de galet en granite de 12x8 cm environ, découvert dans le carré D11 de la couche Xb1c. Des résidus jaunes et rouges sont visibles sur la face A alors que la face B ne comporte aucune poudre colorée.



Figure 25 - ArcyR11, granite, carré D11 couche Xb1c

Face A (Annexe B graphique 18, figure 44, figure 45, figure 46)

On observe sur cette face des émoussés, lustrages, stries légères et traces d'impact. Comme nous l'avons vu précédemment, émoussés, stries légères et traces d'impact sont plutôt caractéristiques d'un procédé de broyage. Les lustrages, plutôt représentés sur notre matériel expérimental d'abrasion, peuvent s'expliquer ici par un travail plus intense par les Châtelperroniens que par nous-mêmes qui avons limité à une heure l'ensemble des expérimentations. L'absence de stries prononcées apparaît ici cohérent car nous avons remarqué qu'on les retrouvait plutôt sur le matériel d'abrasion ; par ailleurs, s'agissant ici d'un galet, il est beaucoup plus probable qu'il ait été utilisé comme molette et non comme meule, éliminant alors l'abrasion. La nature anthropique des résidus de matières colorantes semble corroborée par l'absence de celles-ci sur les surfaces les plus hautes, donc les plus actives, qui tendent à expulser la matière au cours du travail. De plus, certaines traces d'impact contiennent des résidus, et d'autres non. Il est alors envisageable que ce galet ait fait l'objet d'une alternance de concassage et de mouture, et que le dernier geste effectué ait été le concassage, laissant des creux vierges de résidus par l'absence d'une dernière étape de mouture incrustant les poudres dans ceux-ci.

Face B (Annexe B graphique 19, figure 47)

Cette face ne contient aucune trace de matière colorante. Des stries et émoussés y sont néanmoins bien visibles. Nous en concluons qu'elle n'a probablement été utilisée que pour le travail de matières autres que colorantes, impliquant des mouvements de va-et-vient répétés de type mouture.

Interprétation

On observe une utilisation différentielle des deux faces de ce galet. L'une aurait servi à la réduction en poudre de matières colorantes jaunes et rouges par concassage et mouture, mais pas exclusivement : d'autres matières dures semblent avoir été mises à l'œuvre. Quant à l'autre face, il semble qu'elle n'ait travaillé aucune matière colorante mais qu'un procédé de mouture ou du moins de frottement ait tout de même été réalisé sur des matières dures. La présence éparse de résidus colorés pourrait aussi être le résultat d'un travail de matières autres colorantes avec toutefois des mains couvertes d'ocre lors de l'une des utilisations de l'objet.

ArcyR12

Cet objet est un galet de granite d'environ 10x5 cm, provenant de la couche Xa sans plus de précision. L'une des faces présente des poudres rouges alors que l'autre ne livre aucun résidu de matière colorante.

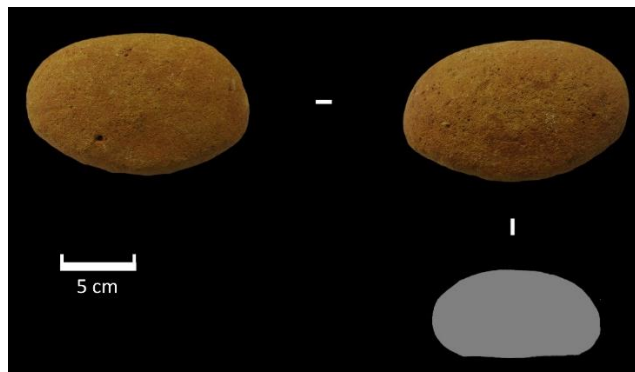


Figure 26 - ArcyR12, granite, couche Xa

Face A (Annexe B graphique 20, figure 48, figure 49)

La présence d'émoissés, de stries légères et de traces d'impacts invite à interpréter ce galet comme outil de broyage par concassage et mouture. Les résidus ne sont visibles que dans peu de stries, sont très localisés et sont absents des plus hauts reliefs correspondant à la zone active de l'objet ; cette face aurait-elle été réutilisée plus tard pour le travail d'autres matières, effaçant alors les traces relatives aux procédés de réduction en poudre de matières colorantes ?

Face B (Annexe B graphique 21, figure 50)

Nous constatons ici une absence de résidus colorés ; cette face du galet aurait alors été utilisée pour le travail de matières autres que colorantes. La présence d'émoissés et de stries légères, sans traces d'impact, évoque des va-et-vient répétés sans percussion directe, relatifs à des procédés de mouture.

Interprétation

Là encore, les deux faces de ce galet ne semblent pas avoir connu les mêmes fonctions : l'une aurait servi au travail de matières riches en oxydes de fer par broyage, avant d'être réutilisée sur d'autres matières dures, pour lesquelles l'autre face aurait également été employée dans un même procédé de mouture sans concassage et sans matières colorantes. Par ailleurs, un travail d'abrasion sur un tel objet paraît peu probable vu ses formes arrondies et ses dimensions qui lui confèrent plutôt des caractéristiques d'outil actif à main. Il est aussi possible que les résidus colorés très épars soient le résultat d'un travail de matières autres que colorantes, avec toutefois des mains "ocrées" lors de l'une des utilisations de l'outil.

ArcyR13 (Annexe B graphique 22, figure 51, figure 52)

Il s'agit d'une petite pierre de granite de 5x5 cm issu du carré B8 de la couche Xb, comportant des résidus de matières colorantes rouges. La forme arrondie et la taille réduite de l'objet nous invite à le considérer dans son ensemble sans le diviser en faces.

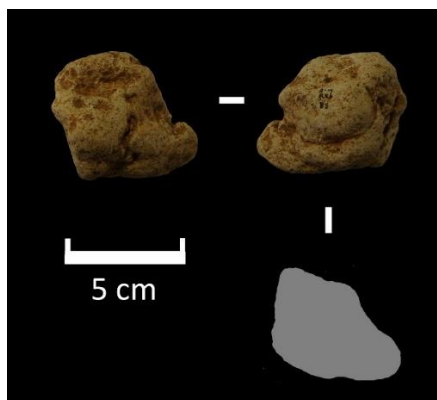


Figure 27 - ArcyR13, granite, carré B8 couche Xb

On remarque la présence de légers émoussés ainsi que de résidus rouges uniquement dans les anfractuosités de l'objet. Ici, la taille et la forme de l'objet tendent à exclure l'hypothèse d'un outil ayant servi au travail des matières colorantes. Les émoussés s'expliqueraient alors par une exposition aux mouvements dans les sols en contexte sédimentaire ; en effet il est rare de n'observer que des émoussés sans stries lorsque le travail anthropique paraît clair. Un contact prolongé avec des plages de poudres colorées expliquerait alors la présence de résidus. Ceux-ci ne seraient présents que dans les anfractuosités pour les mêmes processus à l'origine des émoussés : l'objet aurait subi des frottements taphonomiques répétés lors de son séjour dans les sols.

Interprétation

Il est probable que cette pierre n'ait rien d'un outil préhistorique ; les stigmates observables seraient alors dus à un contexte taphonomique, et la présence de résidus rouges, également d'origine taphonomique, serait intimement liée aux restes d'activités des Châtelperroniens sur le site.

ArcyR14 (Annexe B graphique 23, figure 53, figure 54)

Cet objet se démarque des autres par sa nature même : il s'agit d'un galet de grès ferrugineux d'environ 11x9 cm provenant du carré A11 de la couche Xb1c. Des résidus jaunes et rouges y sont visibles. La particularité de cette pièce nous pousse à la considérer là encore dans son entièreté.

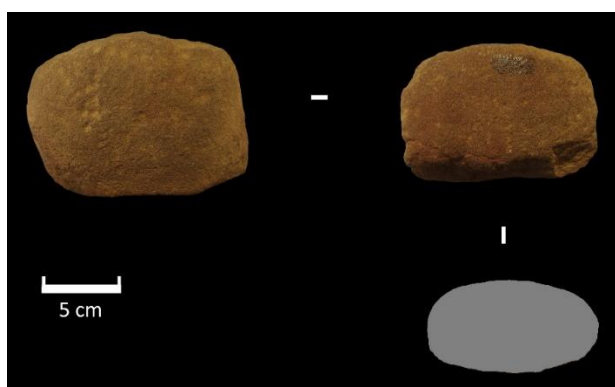


Figure 28 - ArcyR14, oxyde de fer, carré A11 couche Xb1c

Les seuls stigmates observables sur cet objet sont des traces d'impact nombreuses : pas de strie, pas d'émoussé. Sur l'arête, on remarque un témoin de la surface originelle. Cet indice montre que tout le reste de l'objet est criblé de traces de percussions.

Interprétation

Sans que nous puissions déterminer que cet objet ait été employé pour travailler des matières colorantes, il semblerait qu'il ait servi de percuteur. A l'œil nu, la composition de cet objet riche en oxyde de fer paraît peu homogène pour ce qui est de sa couleur ; ce qui expliquerait la cohabitation de plages jaunes et rouges.

Considérations générales

Plusieurs résultats se détachent de cette étude. Les grès semblent avoir été sélectionnés pour leur forme plate et selon une taille suffisante pour pouvoir servir de meules le plus souvent d'abrasion. Ceux-ci semblent plus adéquats pour l'abrasion que pour le broyage, ce dernier impliquant des gestes plus puissants et susceptibles de briser ces plaques assez fines. L'un des objets gréseux paraît avoir servi quant à lui de percuteur. Les granites se présentent généralement sous forme de galets, dont la taille est suffisante pour une manipulation à la main. Ils semblent être des outils polyvalents, à la fois utilisés pour la réduction en poudre de matières colorantes et pour d'autres procédés impliquant d'autres matières : l'aspect plus ou moins prononcé des émoussés évoque l'application de matières plus ou moins dures. On remarque que les objets dont la taille apparaît peu propice à des utilisations comme outil ne semblent pas avoir été utilisés, comme c'est le cas de l'objet *ArcyR13*. Les calcaires, peu résistants et aux surfaces irrégulières, ne semblent pas avoir été utilisées pour le travail de quelque matière dure que ce soit ; ils sont par ailleurs sensibles aux phénomènes taphonomiques et enregistrent alors des stigmates d'action mécanique ne paraissant présenter aucun caractère anthropique.

L'enregistrement des stigmates semblent s'opérer de manière similaire sur les grès quartzeux et les granites ; ces deux matériaux étant composés majoritairement de quartz, les surfaces seront composées de grains agglomérés sur lesquels les traces semblent se manifester de manière semblable. Les principales différences observées sont relatives à la répartition de la matière colorante sur les surfaces des objets, explicables par le caractère plan des grès et plus irrégulier des granites.

Les critères diagnostiques caractéristiques des différentes techniques employées telles que nous l'avons mis en place avec notre matériel expérimental semblent se vérifier sur les pièces archéologiques, avec toutefois un certain nombre de nuances à prendre en compte : les procédés ont probablement été plus longs, insistants et répétés sur les objets archéologiques, pouvant modifier la nature des stigmates ou des résidus (par exemple, les lustrages et poudres à la granulométrie homogène sur des outils de mouture, que nos expérimentations n'enregistraient pas ou peu). Nous observons une autre différence notable entre l'étude de notre matériel expérimental et celle de la collection archéologique : sur le premier, nous avons étudié les traces et stigmates présents sur les résidus eux-mêmes, alors que sur la seconde, nous avons dû observer les objets dans leur ensemble, les zones actives n'étant au premier abord pas connue. Par ailleurs, il est important de noter toujours les particularités individuelles observables sur chaque objet afin de déceler les subtilités éventuelles de leur histoire en faisant preuve de logique et de méthode.

V. Observation et analyse en microscopie électronique des résidus de matières colorantes sur les meules expérimentales

Nous examinons ici dans un premier temps les matières colorantes expérimentales brutes ainsi que le granite brut d'une de nos meules. Puis nous analysons des fragments de zones actives de meules d'abrasion et d'une de broyage.

Le but est ici de déterminer dans un premier temps la composition des matières premières, puis d'observer la présence des résidus sur les outils et de tenter d'individualiser les différentes matières colorantes ayant pu être travaillées sur un même outil. L'analyse de meules ayant fait l'objet de techniques de réduction en poudre différentes (abrasion et broyage) permettra également d'effectuer des comparaisons dans la manière dont les résidus se présentent et se comportent. Ainsi, nous verrons si cette méthode autorise l'identification des résidus colorés présents sur des objets archéologiques, s'il est possible d'isoler une à une les matières utilisées lorsqu'il y en a eu plusieurs et d'identifier éventuellement la technique qui fut employée. Il s'agit donc d'étendre notre référentiel de l'échelle macroscopique à l'échelle microscopique, en y ajoutant l'aspect compositionnel.

Toutes les photographies de vues microscopiques sont présentées en annexes, avec les éléments compositionnels des différentes zones analysées. Nous avons choisi de ne citer que les composants représentés à partir de 10%, et de les indiquer par ordre d'importance (par exemple : « Fer + Silicium » signifie que la zone est composée en majorité de fer et dans une moindre mesure de silicium). Dans les cas où plusieurs éléments sont à égales proportions, nous les indiquons ainsi : Fer/Silicium (en prenant les mêmes éléments pour exemple).

A. Les matières colorantes

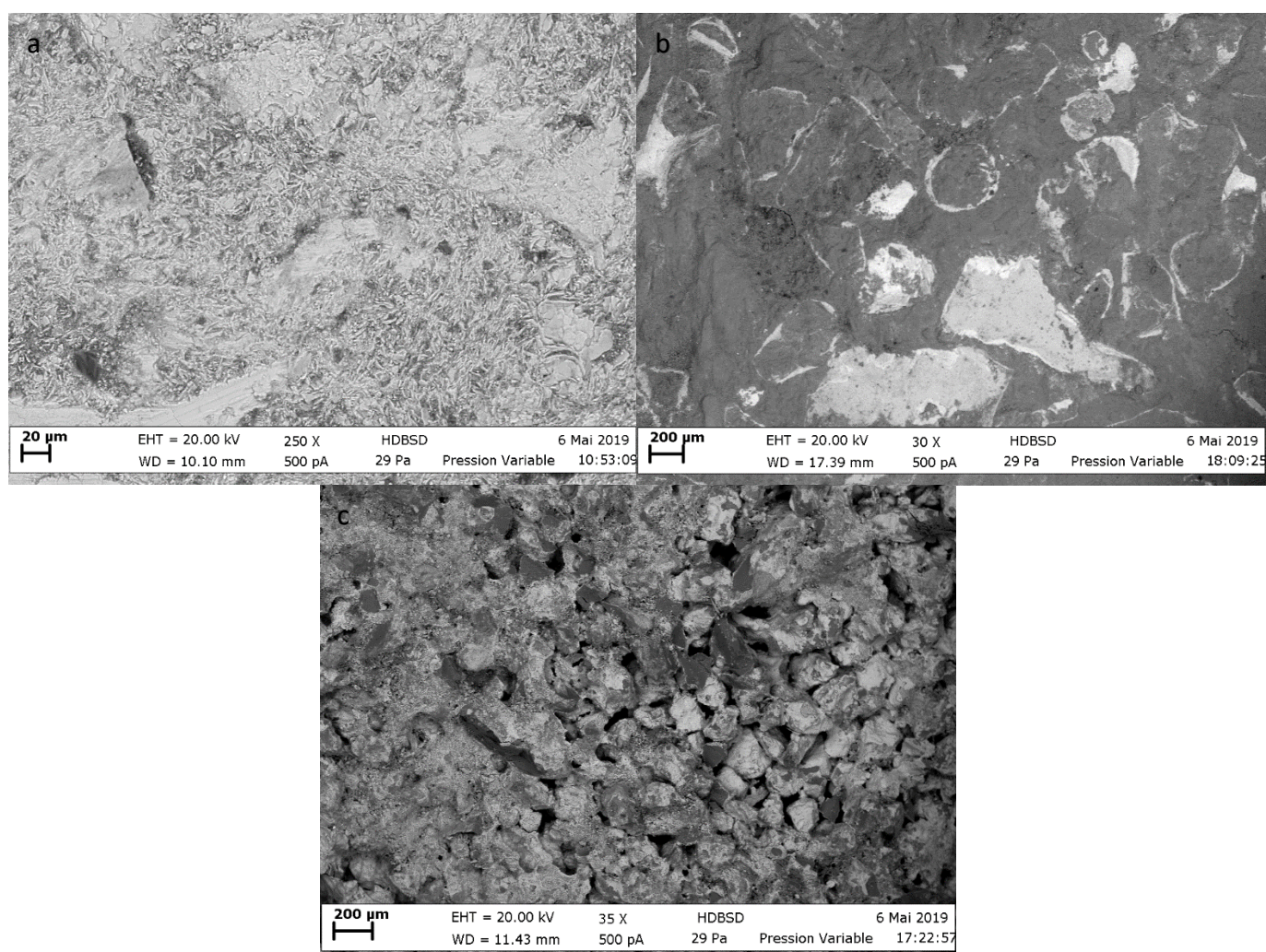


Figure 29 – Image MEB en électrons rétrodiffusés (contraste chimique) d'une petite surface de : a - un bloc d'hématite du Pic d'Arraduy, x250 ; b – un bloc de calcaire ferruginisé de Thoste-Beauregard, x30 ; c – un bloc d'ocre de Roussillon, x35

1. L'hématite du Pic d'Arradoy (Annexe C figure 1, figure 2, figure 3, figure 4, figure 5, figure 6, figure 7)

Nous remarquons d'emblée la présence du fer comme quasi-unique constituant de cette matière colorante (Annexe C, figure 1, figure 2, figure 4). Les cristaux sont en forme de fines tablettes plus ou moins arrondies, de taille moyenne entre 1 et 5 microns (Annexe C, figure 5, figure 7). On observe également l'existence de silicium et d'aluminium, plus épisodique (Annexe C, figure 3). Il s'agit donc ici d'une hématite particulièrement pure. Notons que de fines stries sont visibles sur les plus gros cristaux de fer (Annexe C, figure 4).

2. Le calcaire ferruginisé de Thoste-Beauregard (Annexe C figure 8, figure 9, figure 10, figure 11, figure 12, figure 13)

Ce matériau est composé en majorité de calcium, mais la présence du fer est non-négligeable et quasi-systématique dans les zones examinées (Annexe C figure 8, figure 9, figure 10). On note par ailleurs l'existence de silicium et dans une moindre mesure d'aluminium (Annexe C figure 10) ; le calcaire est en effet connu pour pouvoir contenir une grande variété d'éléments, ici très certainement des minéraux argileux. Les cristaux de fer se présentent de manière relativement éparse, et à fort grossissement on observe aussi bien des amas sans forme que des cristaux d'aspect "filandreux", en aiguille, disposés aléatoirement (Annexe C figure 13). A faible grossissement, des formes arrondies sont visibles. Il s'agit de négatifs d'entrouques, segments de fossiles marins qui constituent ce calcaire altéré (Annexe C figure 11).

3. L'ocre de Roussillon (Annexe C figure 14, figure 15, figure 16, figure 17, figure 18, figure 19)

Cette ocre comporte autant de fer que de silicium (Annexe C figure 14, figure 15, figure 16, figure 17) – ce dernier élément illustre la présence de quartz et se retrouve en association avec l'aluminium au sein de la kaolinite. Les grains de quartz ont tendance à être plus grossiers que ceux de fer qui sont fins, bien que moins que dans l'échantillon précédent, et de forme allongée (aciculaire) (Annexe C figure 16, figure 19). La présence d'aluminium est non-négligeable est celui-ci se trouve associée au silicium (Annexe C figure 14, figure 17). Les grains visibles en surface sont souvent espacés, peu agglomérés ; cela explique probablement la faible dureté de ce matériau.

- B. Le granite (Annexe C figure 20, figure 21)

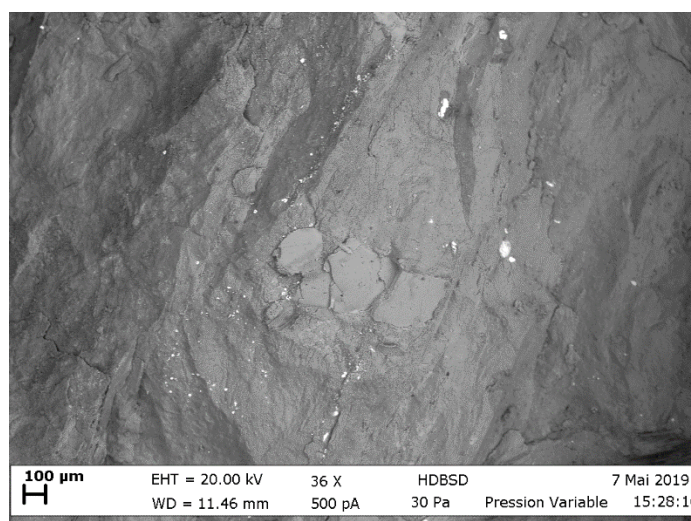


Figure 30 - Image MEB en électrons rétrodiffusés (contraste chimique) d'une petite surface d'une meule en granite, x36

Le silicium est l'élément premier composant le granite, indiquant la présence importante de quartz dans ce type de roche. On note l'omniprésence de l'aluminium et, de manière moins systématique, du fer. Les grains sont généralement grossiers et très denses. On observe également une présence plus localisée de potassium, des traces de sodium et de magnésium qui, en relation avec le fer sont probablement les éléments constitutifs des micas (Michel, 2016). On détecte aussi l'existence de cristaux à base de baryum.

C. Les meules de réduction en poudre

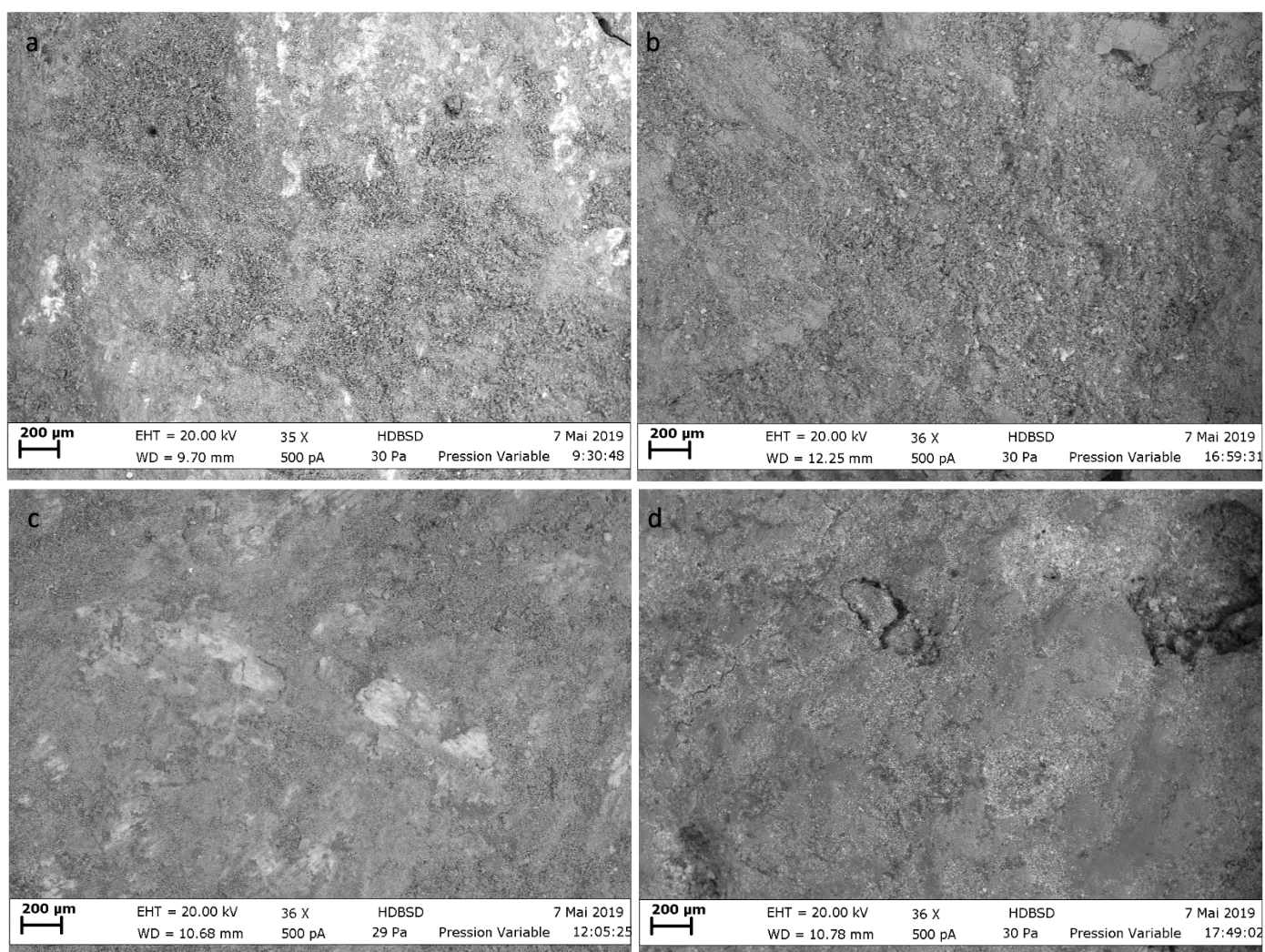


Figure 31 – Images MEB en électrons rétrodiffusés (contraste chimique) d'une petite surface de : a - une meule d'abrasion de l'hématite, x35 ; b - une meule d'abrasion de l'ocre, x36 ; c - une meule d'abrasion de l'hématite et de l'ocre, x36 ; d - une meule de broyage de l'hématite, x36

1. Meule d'abrasion de l'hématite du Pic d'Arradoy (Annexe C figure 22, figure 23, figure 24, figure 25, figure 26, figure 27, figure 28)

Les dépôts au niveau des surfaces actives de cette meule se composent principalement de grains de fer et de silicium (Annexe C figure 22, figure 23, figure 24, figure 25, figure 26). L'aluminium y est également bien présent, ainsi que le potassium dans une moindre mesure (Annexe C figure 22, figure 25, figure 26). Le fer, bien plus omniprésent que sur le granite à l'état brut, compose les poudres d'hématite ; le silicium, rare dans cette matière colorante, est un élément du granite. La forte présence d'aluminium correspond plutôt au granite qu'à l'hématite qui, nous l'avons vu, en contenait peu. Les feldspaths et les micas naturellement présents dans le granite sont toujours observables par la présence localisée de potassium. Les grains sont fracturés et peu agglomérés ; l'absence de cristaux de fer en tablette et la finesse des grains (de 1 à 10 µm) témoignent de l'activité mécanique

qu'ont subi les surfaces de l'objet (Annexe C figure 28). Par ailleurs, quelques très fines stries sont visibles par endroits (Annexe C figure 25, figure 27).

2. Meule d'abrasion de l'ocre de Roussillon (Annexe C figure 29, figure 30, figure 31, figure 32, figure 33, figure 34, figure 35)

Le silicium et le fer sont les composants principaux observables sur les surfaces actives de cette meule (Annexe C figure 29, figure 30, figure 31, figure 32). L'aluminium est plus localisé mais tout de même très présent (Annexe C figure 30, figure 32). L'abondance de fer illustre plutôt l'ocre que le granite ; ce dernier en comportait en bien moindre quantité. Le silicium et l'aluminium, quant à eux, ne permettent pas d'isoler un matériau plutôt qu'un autre puisque ces deux éléments sont présents à proportions semblables à la fois dans l'ocre que dans le granite. En revanche, l'absence de potassium laisse supposer que nous analysons là plutôt l'ocre que le granite ; les poudres d'ocre semblent alors couvrir densément la surface de la meule et être bien accrochées à celle-ci. Là encore, la finesse générale des grains (souvent inférieure à 2 μm), leur forme arrondie et très fracturés ainsi que la présence de fines stries témoignent clairement du travail d'abrasion (Annexe C figure 32, figure 35). On peut également expliquer la pauvre représentativité d'éléments du granite par la faible dureté de l'ocre, qui implique peu d'insistance dans le travail de réduction en poudre et donc une altération limitée du support.

3. Meule d'abrasion de l'hématite et de l'ocre (Annexe C figure 36, figure 37, figure 38, figure 39, figure 40, figure 41, figure 42, figure 43, figure 44)

Là encore, les éléments dominant sont le fer et le silicium (Annexe C figure 36, figure 37, figure 38, figure 39, figure 40). La présence d'aluminium est relativement faible et on observe l'existence de potassium de manière rare (Annexe C figure 36, figure 37, figure 40). L'hématite étant composée presque uniquement de fer et l'ocre et le granite comportant tous deux du silicium en abondance, il est difficile d'isoler ici un matériau plutôt qu'un autre. L'aluminium, moins systématique que dans le granite mais plus présent que dans l'hématite, n'est pas non plus un élément permettant de trancher en faveur d'une matière individuelle. Le potassium illustrerait le granite et ses grains de feldspath et/ou ses micas. Le travail de réduction en poudre s'illustre encore une fois par la fracturation et la finesse des grains qui dépassent rarement 10 μm (Annexe C figure 43) et par la présence de fines stries (Annexe C figure 37 figure 38). Là aussi, les grains semblent arrondis par le processus d'abrasion. A fort grossissement, nous retrouvons les cristaux aciculaires observés précédemment sur l'ocre (Annexe C figure 19, figure 44), nous permettant ainsi de retracer la présence de cette dernière matière. Alors, même après un procédé d'abrasion, il est possible d'identifier la forme initiale des cristaux d'oxydes de fer. En revanche, aucun élément ne semble permettre de caractériser l'hématite isolément, et donc d'individualiser chacune des matières colorantes employées sur la même meule.

4. La meule de broyage de l'hématite (Annexe C figure 45, figure 46, figure 47, figure 48, figure 49, figure 50, figure 51)

La surface active de cette meule présente une grande majorité de silicium et de fer (Annexe C figure 45, figure 46, figure 47). L'aluminium et le potassium sont également observables bien que plus localisés (Annexe C figure 45, figure 46). Le silicium et le potassium sont des témoins du granite et de ses cristaux de quartz et de feldspath et ses micas, et le fer illustre la présence de l'hématite. Les grains ne dépassent généralement pas 10 μm et sont de forme angulaire. Faire une distinction du point de vue de la technique utilisée paraît alors délicat : la proportion des éléments est semblable à ce que nous avons observé sur la meule d'abrasion de cette même matière colorante. En revanche, les grains obtenus par broyage sont plus anguleux que ceux observés dans les poudres d'abrasion : il semble alors que le broyage tende à fracturer les grains sans les arrondir. Cela semble alors constituer un élément de diagnostic technique que nous n'observons pas au stéréomicroscope.

Considérations finales

Des traînées de poudres de matières colorantes peu agglomérées sont visibles à la surface des meules d'abrasion et de broyage, ainsi que des stries. Les grains et les cristaux présentent d'importantes fracturations parfaitement identifiables, que l'on n'observait pas sur les matériaux bruts. De plus, la forme des grains diffère d'une technique à l'autre. Ces éléments constituent des indices clairs des processus mécaniques impliqués par la réduction en poudre, et aide aussi à diagnostiquer la technique employée. Ainsi, en dévoilant de tels indices, l'observation en microscopie électronique peut apporter des éléments complémentaires à l'observation macro et microscopique.

Si cette méthode d'analyse apporte des informations de premier ordre, elle fait également preuve de limites dans les résultats qu'elle permet d'obtenir. En examinant la composition des matières colorantes ainsi que des objets lithiques à l'état brut, puis en examinant les surfaces actives des outils de réduction en poudre, il est possible de distinguer à la fois la présence de l'un et de l'autre en observant les éléments les plus caractéristiques. En revanche, l'individualisation d'une matière peut faire face à un obstacle lorsque certains composants sont communément présents dans l'un et dans l'autre matériaux, comme c'est ici le cas notamment du silicium et de l'aluminium. Nous concluons donc que la démarcation individuelle de différentes matières colorantes sur un même outil n'est véritablement possible que si chaque matériau contient des éléments distinctifs ou une structure cristalline particulière observable à fort grossissement, ou encore si les éléments communs sont en proportions assez différentes pour permettre de caractériser une matière plutôt qu'une autre.

Conclusion

Nous cherchions à établir des critères diagnostiques permettant d'identifier les procédés techniques ayant été employés sur un matériel lithique non-taillé présentant des résidus de matière colorante. Ce type de vestige est en effet récurrent en archéologie préhistorique et il semblait important de tenter d'en caractériser les chaînes opératoires de manière à approcher un peu plus le rôle et l'intérêt porté aux matières colorantes par les groupes humains du Paléolithique. Les différentes étapes qui ont composé ce travail nous mènent à des conclusions intéressantes. Par les expérimentations que nous avons réalisées, nous avons pu identifier des éléments tracéologiques caractéristiques de différents gestes de réduction en poudre. Inclure l'application de peinture à nos gestes expérimentaux a eu l'intérêt de donner matière à des comparaisons pour confirmer les traces distinctives des différents procédés. Pour n'évoquer que les stigmates d'usure, le broyage tend à engendrer émoussés, stries légères et impacts, l'abrasion enregistrera émoussés, stries légères et prononcées ainsi que lustrages, le concassage ne présentera que des traces d'impacts et aucun stigmatte particulier ne sera visible sur les surfaces peintes, si ce n'est les amas de matière indiquant le passage de l'outil appliquant la peinture. Le nettoyage des objets à l'eau ou à la brosse, simulant à la fois des traitements réalisés par des fouilleurs ou des processus taphonomiques, transformera et biaisera une partie de ces stigmates, qui toutefois garderont parfois leurs traces caractéristiques.

Les tableaux de critères diagnostiques que nous avons élaborés ont permis une tentative de caractérisation technique et fonctionnelle du mobilier châtelperronien de la grotte du Renne. Il semble alors qu'une partie de ces objets aient été utilisés en effet pour des procédés de broyage et d'abrasion de matières colorantes mais pas seulement, et que les résidus présents sur certains autres artefacts ne soient le résultat que de contacts répétés avec des plages de matières colorantes, sans qu'aucune activité anthropique n'y soit décelable. En outre, il paraît exclu l'interprétation de ces derniers objets comme supports de peinture : les résidus colorés seraient probablement moins présents sur les surfaces les plus hautes à la suite du séjour dans les sédiments.

Pour essayer d'aller plus loin, l'analyse en microscopie électronique de notre corpus expérimental s'est avérée efficace, tout en présentant aussi des limites. Elle a montré qu'on pouvait identifier des gestes de réduction en poudre lorsque cela n'est pas clairement visible à l'œil nu ou en observation macroscopique. De plus, l'analyse compositionnelle peut permettre l'identification chimique des matériaux mais aussi de plusieurs éléments ayant été travaillés sur un même objet, à condition qu'ils comportent des caractéristiques assez distinctes. Il apparaît également possible d'identifier la technique employée en observant la forme des grains à fort grossissement.

Ce type de travail expérimental ayant l'ambition d'établir une grille de critères transposable à un matériel archéologique a ceci d'intéressant qu'il peut permettre une lecture fine d'outils préhistoriques pour lesquelles les chaînes opératoires ne sont pas connues. Pour une fiabilité solide cependant, il sera important d'élargir les expérimentations à une plus grande variété de matières premières (nature de roches pour l'outillage et nature de matières colorantes) et à un plus grand nombre d'essais pour la mise en place d'un inventaire tracéologique consistant. Un temps plus long devra également être consacré aux procédés expérimentaux car nous avons observé que les stigmates étaient généralement moins prononcés que sur le mobilier archéologique. Enfin, il semblera nécessaire de nuancer les critères diagnostiques (types et formes des émoussés, longueur et direction des stries, profondeur et dimension des impacts) de manière à affiner la lecture des modalités techniques à l'origine de ceux-ci.

Des tendances indiscutables pourraient ainsi en être retenues, et la ou les fonction(s) d'un objet archéologique pourraient faire l'objet d'interprétations indéfectibles.

Bibliographie

- Adams, J.** (2014). Ground stone use-wear analysis: A review of terminology and experimental methods. *J. Archaeol. Sci.* 48: 129–138.
- Allard, M.** (2016). Le Solutréen de l'abri des Peyrugues. *HAL*.
- Audouin, F. et Plisson, H.** (1982). Les ocres et leurs témoins au Paléolithique en France. *Cah. du Cent. Rech. Préhistoriques* 8: 33–80.
- Baffier, D. et Julien, M.** (1990). L'outillage en os des niveaux châtelperroniens d'Arcy-sur-Cure. Paléolithique Moyen Récent et Paléolithique Supérieur Ancien En Europe. Ruptures et Transitions : Examen Critique Des Documents Archéologiques, Nemours.
- Baffier, D.** (1999). Les derniers Néandertaliens : le Châtelperronien, La Maison des roches.
- Bar-yosef, O. and Vandermeersch, B.** (2013). An Early Case of Color Symbolism. 44: 491–522.
- Barham, L. S.** (2002). Systematic pigment use in the Middle Pleistocene of south-central Africa. *Curr. Anthropol.* 43: 181–190.
- Bates, R. L. and Jackson, J. A.** (1980). Glossary of geology, American Geological Institute.
- Beaune, S. A. De and Gagnon, J.** (forthcoming). Le matériel domestique en pierre non-taillée. *Paleo* numéro spécial.
- Begouën, H. and Breuil, H.** (1958). Les Cavernes du Volp : TroisFrères - Tuc d'Audoubert à Montesquieu-Avantès (Ariège), Travaux de L'Institut de Paleontologie Humaine.
- Beyries, S. and Walter, P.** (1996). Raclours et colorants à Combe-Grenal. Le problème de la retouche Quina.
- Bouzouggar, A., Barton, N., Stringer, C. B., Barton, N., Vanhaeren, M., Colcutt, S. and Higham, T.** (2007). 82,000-year-old shell beads from North Africa and implications for the origins of modern human behavior. *PNAS*.
- Breuil, H. and Lantier, R.** (1959). Les hommes de la pierre ancienne paléolithique et mésolithique, Payot.
- Buisson, D., Menu, M., Pinçon, G. and Walter, P.** (2010). Les objets colorés du Paléolithique supérieur : cas de la grotte de La Vache (Ariège). *Bull. la Société préhistorique française*.
- Cârciumaru, M. and Țuțuianu-Cârciumaru, M.** (2009). L'ocre et les récipients pour ocre de la grotte cioarei, village Borosteni, commune peștișani, dép. de Gorj, Roumanie. *Ann. d'Universite "Valahia" Targoviste, Sect. d'Archeologie d'Histoire* 11: 7–19.
- Caron, F., d'Errico, F., Del Moral, P., Santos, F. and Zilhão, J.** (2011). The Reality of Neandertal Symbolic Behavior at the Grotte du Renne, Arcy-sur-Cure, France. *PLoS One* 6.
- Cartailhac, E.** (1902). Mea culpa d'un sceptique. *Anthropologie*. 13: 348–354.
- Chalmin, E. and Salomon, H.** (2018). Constitution d'une "pigmentoθήque" : un outil pour comprendre l'approvisionnement en matériaux colorants durant la Préhistoire.
- Connet, N.** (2002). – Le Châtelperronien : Réflexions sur l'unité techno-économique de l'industrie lithique. L'apport de l'analyse diachronique des industries lithiques des couches châtelperroniennes de la grotte du Renne à Arcy-sur-Cure (Yonne), Lille.
- Cordier, G.** (1991). Matériel néolithique tourangeau de mouture et de broyage. / Neolithic crushing and grinding equipment from Touraine. *Rev. Archeol. Centre France* 30: 47–70.
- Coulson, S., Staurset, S. and Walker, N.** (2011). Ritualized Behavior in the Middle Stone Age: Evidence from Rhino Cave, Tsodilo Hills, Botswana. *PaleoAnthropology* 18–61.
- Couraud, C.** (1991). Les pigments des grottes d'Arcy-sur-Cure (Yonne). *Gall. préhistoire* 33: 17–52.
- Couraud, C.** (1983). Pour une étude méthodologique des colorants préhistoriques. *Bull. la Société préhistorique française* 80: 104–110.
- d'Errico, F., Julien, M., Liolios, D., Baffier, D. and Vanhaeren, M.** (2004). Les poinçons en os des couches châtelperroniennes et aurignaciennes de la grotte du Renne (Arcy-sur-cure, Yonne). *Sciences de l'Homme et Société*.
- d'Errico, F., Zilhão, J., Julien, M., Baffier, D. and Pelegrin, J.** (1998). Neanderthal Acculturation in Western Europe? A Critical Review of the Evidence and Its Interpretation. *Curr. Anthropol.* 39: 1–44.
- David, F., Connet, N., Girard, M., Lhomme, V. and Roblin-jouve, A.** (2001). Châtelperronien de la grotte du Renne (Yonne). Donn es se dimentologiques et chronostratigraphiques. *Soc. Prehist. Fr.* 98: 207–230.
- Dayet, L.** (2012). Matériaux , transformations et fonctions de l ' ocre au Middle Stone Age Le cas de Diepkloof Rock Shelter dans le.
- Dayet, L., d'Errico, F. and Garcia-Moreno, R.** (2014). Searching for consistencies in Châtelperronian pigment use. 44: 180–193.
- Dayet, L., Faivre, J.-P., Le Bourdonnec, F.-X., Discamps, E., Royer, A., Claud, E., Lahaye, C., Cantin, N., Tartar, E., Queffelec, A., Gravina, B., Turq, A. and d'Errico, F.** (2019). Manganese and iron oxide use at Combe-Grenal (Dordogne, France): A proxy for cultural change in Neanderthal communities. *J. Archaeol. Sci. Reports* 25: 239–256.
- de Beaune, S.** (1993). Nonflint Stone Tools of the Early Upper Paleolithic. Before Lascaux : Complex Record of the Early Upper Paleolithic, pp.163–191.
- de Lumley, H.** (2009). Terra Amata, Nice, Alpes-Maritimes, France, vol. I : Cadre géographique-Historique-Contexte géologique-Stratigraphie-Sédimentologie-Datation, CNRS.
- de Lumley, H.** (2016). Terra Amata, Nice, Alpes-Maritimes, vol. V : Comportement et mode de vie des chasseurs acheuléens de Terra amata, CNRS.
- de Vibraye, P.** (1860). Note sur les ossements fossiles accompagnés d'une mâchoire humaine, trouvés dans les grottes d'Arcy-sur-Yonne. *Bull. la Société Géologique Fr.* XVII: 462–473.
- de Vibraye, P.** (1864). Note sur de nouvelles preuves de l'existence de l'homme dans le centre de la France à une époque où s'y trouvaient aussi divers animaux qui de nos jours n'habitent pas cette contrée. *Comptes Rendus Hebd. des séances l'Académie des Sci.* 58: 409–416.
- Deneuve, É. and Man-Estier, E.** (2016). La grotte des Eyzies , ou grotte Richard , et son rôle dans l'histoire de la préhistoire. 16–20.
- Dubreuil, L.** (2002). Étude fonctionnelle des outils de broyage natoufiens : nouvelles perspectives sur l'émergence de l'agriculture au Proche-Orient, Bordeaux 1.
- Dubreuil, L. and Savage, D.** (2014). Ground stones: a synthesis of the use-wear approach. *J. Archaeol. Sci.* 48: 139–153.
- Duhard, J.-P.** (2011). Les figurations humaines de Laugerie-Basse. *Paléo*.
- Duller, G. A. T., Tooth, S., Barham, L. and Tsukamoto, S.** (2015). New investigations at Kalambo Falls, Zambia: Luminescence chronology, site formation, and archaeological significance. *J. Hum. Evol.* 85: 111–125.
- Farizy, C. and Schmider, B.** (1985). Contributions à l'identification culturelle du Châtelperronien : les données de l'industrie lithique de la couche X de la grotte du Renne à Arcy-sur-Cure. *BAR Int. Ser.* 239: 149–169.
- Fullagar, R., Hayes, E., Stephenson, B., Field, J., Matheson, C., Stern, N. and Fitzsimmons, K. E.** (2015). The scale of seed grinding at Lake Mungo. *Archaeol. Ocean.* 50: 177–179.
- Garrido Pimentel, D.** (2018). *Monte Castillo. La montana sagrada*.
- Gonzalez-Pumariiega Solis, M.** (2011). *La cueva de El Pindal 1911-2011 Estudio de su arte rupestre cien anos después de Les cavernes de la région cantabrique*.
- Granger, J.-M. and Lévêque, F.** (1997). Parure châtelperronienne et aurignacienne: étude de trois séries inédites de dents percées et comparaisons. *Comptes*

Rendus l'Académie des Sciences.

- Hamon, C.** (2006). Broyage et abrasion au Néolithique ancien : caractérisation technique et fonctionnelle des outillages en grès du Bassin parisien, *Archaeopress*.
- Hayes, E. H., Cnuts, D., Lepers, C. and Rots, V.** (2019). Learning from blind tests: Determining the function of experimental grinding stones through use-wear and residue analysis. *J. Archaeol. Sci. Reports* 11: 245–260.
- Henry-Gambier, D.** (2008). Comportement des populations d'Europe au Gravettien : pratiques funéraires et interprétations. *Paleo* 20.
- Henshilwood, C. S., d'Errico, F. and Watts, I.** (2009). Engraved ochres from the Middle Stone Age levels at Blombos Cave, South Africa. *J. Hum. Evol.* 57: 27–47.
- Hernandez Jorda, A. and et al** (2018). Reconstrucción experimental de los procesos de trabajo de óxidos de hierro mediante útiles macrolíticos. Las covas de Santa Maira. *Bulleti Arqueol.* 40: 291–297.
- Higham, T., Jacobi, R., Julien, M., David, F., Basell, L., Wood, R., Davies, W. and Ramsey, C. B.** (2010). Chronology of the Grotte du Renne (France) and implications for the context of ornaments and human remains within the Châtelperronian. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 107.
- Hoffmann, D. L., Angelucci, D. E., Villaverde, V., Zapata, J. and Zilhão, J.** (2018). Symbolic use of marine shells and mineral pigments by Iberian Neandertals 115,000 years ago. *Sci. Adv.* 4.
- Howell, F. C.** (1966). Observations on the Earlier Phases of the European Lower Paleolithic. *Am. Anthropol.* 68: 88–201.
- Hublin, J.-J., Spoor, F., Braun, M., Zonneveld, F. and Condemi, S.** (1996). A late Neanderthal associated with Upper Palaeolithic artefacts. *Nature* 381: 224–226.
- Larousse** (2018). Ocre. *Dictionnaire Larousse*.
- Leroi-Gourhan, A.** (1972). Les huttes châtelperroniennes d'Arcy-sur-Cure et les tentes de Pincevent. In Collège de France - CNRS (ed.), Séminaire Sur Les Structures d'habitat : Problèmes de Technique et d'interprétation, Paris.
- Leroi-Gourhan, A.** (1982). La grotte du renne à Arcy-sur-Cure. Les habitats du paléolithique supérieur dans le centre et le sud-est du Bassin Parisien. Préacte Du Colloque de Réanne-Villerest.
- Leroi-Gourhan, A.** (1983). Les premières manifestations de la charpente. Réflexions sur les origines de la charpente. *Encyclopédie Des Métiers. t. I, La Charpente et La Construction En Bois*, pp.79–91.
- Leroi-Gourhan, A.** (1961). Les fouilles d'Arcy-sur-Cure (Yonne). *Gall. préhistoire* 4: 3–16.
- Lorblanchet, M.** (1995). *Les grottes ornées de la Préhistoire. Nouveaux regards*, Editions Errance.
- Lorblanchet, M.** (2010). *Art pariétal. Grottes ornées du Quercy*, Rouergue.
- Manolis, S. and Mallegni, F.** (1966). The Gravettian Fossil Hominids of Italy. *Anthropologie.* 34: 99–108.
- Marquet, J.-C., Lorblanchet, M., Egels, Y., Esquerre-Pourtère, J. and Hesse, M.-S.** (2014). Symbolic character productions in the mousterian site of La Roche-Cotard in Langeais (Indre-et-Loire , France) and. 0–32.
- Mcbrearty, S. and Brooks, A. S.** (2000). The revolution that wasn't: A new interpretation of the origin of modern human behavior. *J. Hum. Evol.* 39: 453–563.
- Nouel, A.** (1968). Un aspect de l'Agriculture Préhistorique. Les meules à grain néolithiques (Beauce et Gâtinais). *Rev. Archeol. Centre France* 7: 225–242.
- Pitarch Martí, A., d'Errico, F., Turq, A., Lebraud, E., Discamps, E. and Gravina, B.** (2019). Provenance, modification and use of manganese-rich rocks at Le Moustier (Dordogne, France). *PLoS One* 14.
- Pradeau, J., Salomon, H., Bon, F., Mensan, R. and Regert, M.** (2014). Les matières colorantes sur le site aurignacien de plein air de Régismont-le-Haut (Poilhes , Hérault) : acquisition , transformations et utilisations. 631–658.
- Pradeau, J.-V.** (2015). Les matières colorantes au sein des systèmes techniques et symboliques au Néolithique (VIe et Ve millénaires BCE) dans l'arc liguro-provençal, Nice.
- Procopiou, H. and Treuil, R.** (2002). Moudre et broyer. L'interprétation fonctionnelle de l'outillage de mouture et de broyage dans la préhistoire et l'Antiquité, CTHS.
- Rifkin, R.** (2011). Assessing the Efficacy of Red Ochre as a Prehistoric Hide Tanning Ingredient. *J. African Archaeol.* 9: 131–158.
- Rifkin, R.** (2012). The symbolic and functional exploitation of ochre during the South African Middle Stone Age, PhD Dissertation, University of Johannesburg.
- Rifkin, R. F., Dayet, L., Queffelec, A., Summers, B., Lategan, M. and d'Errico, F.** (2015). Evaluating the Photoprotective Effects of Ochre on Human Skin by In Vivo SPF Assessment: Implications for Human Evolution, Adaptation and Dispersal. *PLoS One* 10.
- Roebroeks, W., Sier, M. J., Nielsen, T. K., De Loecker, D., Pares, J. M., Arps, C. E. S. and Mucher, H. J.** (2012). Use of red ochre by early Neandertals. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 109: 1889–1894.
- Rosso, D. E., Martí, A. P. and D'Errico, F.** (2016). Middle stone age ochre processing and behavioural complexity in the horn of Africa: Evidence from porcupine cave, dire dawa, Ethiopia. *PLoS One* 11: 1–35.
- Salomon, H., Vignaud, C., Coquinot, Y., Pagès-Camagna, S., Pomiès, M.-P., Geneste, J.-M., Menu, M., Julien, M. and David, F.** (2008). Les matières colorantes au début du Paléolithique supérieur : caractérisation chimique et structurale , transformation et valeur symbolique.
- Salomon, H.** (2009). Les matières colorantes au début du Paléolithique supérieur. Sources, transformations et fonctions.
- San-Juan, C.** (1990). Les matières colorantes dans les collections du Musée National de Préhistoire des Eyzies. *Paléo* 2: 229–242.
- Sollas, W. J.** (1924). *Ancient Hunters and Their Modern Representatives*. Mac-millan, New York.
- Soressi, M., Armand, D., D'Errico, F., Jones, H. L., Pubert, E., Rink, W. J., Texier, J.-P. and Vivent, D.** (2002). Pech-de-l'Azé I (Carsac, Dordogne) : nouveaux travaux sur le Moustérien de tradition acheuléenne. *Bull. la Société préhistorique française* 99: 5–11.
- Soressi, M. and D'Errico, F.** (2007). Pigments, gravures, parures: les comportements symboliques controversés des Néandertaliens. *Les Néandertaliens. Biologie et Cultures*, pp.297–309.
- Soriano, S., Villa, P. and Wadley, L.** (2009). Ochre for the toolmaker: shaping the Still Bay points at Sibudu (KwaZulu-Natal, South Africa). *J. African Archaeol.* 7: 41–54.
- Svoboda, J.** (2009). *Upper Paleolithic female figurines of Northern Eurasia, The Dolní Věstonice Studies 15, Brno 2008, 193-223*.
- Taborin, Y.** (2004). Langage sans parole : la parure aux temps préhistoriques, La Maison des roches.
- Trábska, J., Gawel, A., Trybalska, B. and Fridrichová-Sýkorová, I.** (2010). Coloured raw materials on the Bečov I site and in the vicinity. Preliminary results and further perspectives. *Ecco homo. memoriam Jan Fridrich* 205–217.
- Van Peer, P., Rots, V. and Vroomans, J.-M.** (2004). A story of colourful diggers and grinders: the Sangoan and Lupemban at site 8-B-11, Sai Island, Northern Sudan. *Before Farming* 1 3: 1–28.
- Vanhaeren, M. and d'Errico, F.** (2003). The Body Ornaments Associated with the Burial. Portrait of the Artist as a Child. The Gravettian Human Skeleton from the Abrigo Do Lagar Velho and Its Archaeological Context, Lisbon.
- Wadley, L., Hodgskiss, T. and Grant, M.** (2009). Implications for complex cognition from the hafting of tools with compound adhesives in the Middle Stone Age, South Africa. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 106: 9590–9594.
- Welker, F., Hajdinjak, M., Talamo, S., Jaouen, K., Dannemann, M., David, F., Julien, M., Meyer, M., Kelso, J., Barnes, I., Brace, S., Kamminga, P., Fischer, R., Kessler, B. M., Stewart, J. R., Pääbo, S., Collins, M. J. and Hublin, J.-J.** (2016). Palaeoproteomic evidence identifies archaic hominins associated with the Châtelperronian at the Grotte du Renne. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 113.

- Watts, I., Chazan, M. and Wilkins, J.** (2016). Early Evidence for Brilliant Ritualized Display: Specularite Use in the Northern Cape (South Africa) between ~500 and ~300 Ka. *Curr. Anthropol.* 57: 287–310.
- Wolf, S., Conard, N. J., Floss, H., Dapschuskas, R., Velliky, E. and Kandel, A. W.** (2018). The Use of Ochre and Painting During the Upper Paleolithic of the Swabian Jura in the Context of the Development of Ochre Use in Africa and Europe. *Open Archaeol.* 4: 185–205.
- Wreschner, E. E., Bolton, R., Butzer, K. W., Delporte, H., Häusler, A., Heinrich, A., Jacobson-Widding, A., Malinowski, T., Masset, C., Miller, S. F., Ronen, A., Solecki, R., Stephenson, P. H., Thomas, L. L. and Zollinger, H.** (1980). Red Ochre and Human Evolution: A Case for Discussion [and Comments and Reply]. *Curr. Anthropol.* 21: 631–644.
- Zilhao, J., Angelucci, D. E., Badal-Garcia, E., d'Errico, F., Daniel, F., Dayet, L., Douka, K., Higham, T. F. G., Martinez-Sanchez, M. J., Montes-Bernardez, R., Murcia-Mascaros, S., Perez-Sirvent, C., Roldan-Garcia, C., Vanhaeren, M., Villaverde, V., Wood, R. and Zapata, J.** (2010). Symbolic use of marine shells and mineral pigments by Iberian Neandertals. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 107: 1023–1028.
- Zipkin, A. M., Wagner, M., McGrath, K., Brooks, A. S. and Lucas, P. W.** (2014). An experimental study of hafting adhesives and the implications for compound tool technology. *PLoS One* 9.