

Design et économie des armes de chasse magdaléniennes de la grotte Tastet (Pyrénées-Atlantiques), de la Marche (Vienne) et de la grotte Blanchard (Indre)

Eugénie GAUVRIT ROUX, Jean-Marc PÉTILLON

Résumé : L'équipement cynégétique tient un rôle essentiel dans les économies des chasseurs-cueilleurs largement basées sur l'exploitation des ressources animales, c'est pourquoi l'identification de cet équipement, la restitution de son design et de sa gestion sont riches d'informations sur les dynamiques de ce type de société du Paléolithique à nos jours. L'analyse fonctionnelle détaillée de plusieurs séries de microlithes du Magdalénien moyen (19.5-16 cal ka BP) issues de la grotte Tastet, de la grotte Blanchard et de la grotte de la Marche, et la comparaison avec les données disponibles sur les pointes osseuses, permettent de discuter l'économie de l'armement de chasse et de proposer une restitution du design des projectiles pour les ensembles archéologiques considérés. La comparaison de la fréquence et de la spécificité des stigmates d'impact sur les microlithes montre leur grande homogénéité à l'échelle intra-site, en revanche, à l'échelle inter-sites, il existe des différences d'endommagement significatives pouvant être liées à des montages différents sur les pointes osseuses. Ces données croisées des industries lithiques et osseuses dédiées à la chasse participent à renouveler notre approche des traditions du Magdalénien moyen en affinant notre perception des rythmes complexes de changements techniques parmi les sociétés tardiglaciaires de l'Ouest de la France.

Mots-clés : Magdalénien, Tardiglaciaire, industrie lithique, industrie osseuse, analyse fonctionnelle, technologie des projectiles, ressource animale, techno-économie.

Abstract: In environments poor in vegetal resources, the acquisition of the hunter-gatherers' alimentary and technical resources largely rests upon the success of the hunting activity; this activity thus possesses a structuring role in their techno-economic organisation. Identifying the hunting weaponry, understanding its design and its management is therefore particularly informative on the dynamics of the Palaeolithic societies, whose economies were likely mostly based on the exploitation of animal resources. This reflection is based on the detailed functional analysis of several large assemblages of microliths from the Middle Magdalenian (19.5-16 cal ka BP) of Tastet cave, Blanchard cave, and La Marche, and on a comparison with the available data on antler points from these sites. This comparative approach allows an in-depth reflection on the hunting weaponry for a period of the recent Palaeolithic marked by regional variations of certain productions and hunting purposes: the Early Middle Magdalenian (EMM; 19-17.5 cal ka BP) and the Late Middle Magdalenian (LMM; 18-16 cal ka BP) are characterised by the regionalisation of certain types of microliths and osseous projectile points, species of ungulates hunted, as well as art and ornament productions; these elements allow recognising several technical traditions in France and northern Spain. The archaeological assemblages considered here illustrate one part of the diversity of this period, as they are associated with distinct traditions and yield different morphologies of microliths and osseous points—two categories of artefacts often associated with the hunting activity, and which may have been used together as composite projectiles. La Marche is at the heart of the definition of the EMM tradition “with Lussac-Angles points” (notably characterised by the production of eponymous short, single-bevelled, slotted points and truncated backed bladelets), Blanchard cave is emblematic of the EMM traditions “with navettes” (notably characterised by long, double-bevelled, slotted points, and truncated backed bladelets), and Tastet cave is associated with the LMM tradition with scalene triangles of the northern slope of the Pyrenees, and yields non-slotted, single-bevelled points.

Results allow discussing the economy of hunting weapons, offering hypothesis regarding the weapons' design, and the potential reasons of design variations. The functional analysis shows that the use-wears on microliths and on certain osseous points are due to the impact and indicate the use of the microliths as projectile inserts: at La Marche, 34%

of the 181 analysed microliths have a diagnostic impact fracture, 32% have lateral impact scars and 0.5% have linear impact traces. At Blanchard cave (layers B2-B6), 51% of the 173 analysed microliths have a diagnostic impact fracture, 35% have lateral impact scars, and 0.6% have a linear impact trace. At Tastet cave, where the sampling strategy is not based on the functional potential (as it is in the two previous sites) but includes most microliths excavated between 2013 and 2018, the frequency of damage is closer to the experimental patterns: 2% of the 126 microliths analysed in stratigraphic units 206a and 306 have an impact fracture, and 11% show lateral impact scars. Data from the microliths and projectile points analysis indicate that the projectiles were brought back to the sites after the hunting episodes, and that the damaged lithic or osseous inserts were then replaced if necessary. The accumulation of damaged lithic inserts and of osseous points indicate that these repairing sessions were recurrent. The high standardisation of osseous points (e.g., morphotype of Lussac-Angles, of la Garenne, of the north slope of the Pyrenees), and of microliths (e.g., truncated backed bladelet, scalene triangle), must have allowed the different components of composite projectiles to be interchangeable.

The analysis of the orientation, location, and frequency of impact damages on lithic inserts and their comparison to experimental data suggest that microliths from the three archaeological assemblages were likely positioned laterally (i.e., insert distant from the penetrating point of the projectile) or disto-laterally (i.e., insert in direct proximity to the penetrating point) rather than axially (i.e., insert positioned as projectile point). The comparison of the specificities of the impact damage shows their high homogeneity among the different morphotechnic categories of microliths (i.e., longitudinal cutting edge, monopoint, double-point, non-slashing rectangle) at the intra-site scale. There are however substantial differences at the inter-sites level regarding the specificities of impact fractures: bending initiated fractures and burin-like fractures are the most numerous fracture types at La Marche, bending initiated fractures dominate the small set of impact fractures at Tastet cave, whereas spin-off fractures are by far the most numerous ones at Blanchard cave. These differences refer to distinct modalities of application of impact forces, and at this stage of the methodological developments, the hypothesis of variations of propulsion type cannot be verified. Without ruling out this possibility, we suggest that the differences of impact damage are rather correlated to a combination between the differences of projectile point morphologies and different hafting modalities of lithic inserts: the short single-bevelled points of Lussac-Angles have a groove shaped on one or both sides and the length of these grooves corresponds to the average length of the microliths of La Marche, suggesting that lithic inserts were generally isolated on a face of these points. The points from Blanchard cave are longer and the groove on their side are deeper and longer, and several juxtaposed lithic inserts can potentially be inserted in them. This hypothesis is consistent with the predominance of spin-off fractures on microliths, which can be due to the constraints of the axial hafting or, more likely here, to the juxtaposition of lateral or disto-lateral lithic inserts. The size of the single-bevelled points of Tastet cave is intermediary between the two other sites, and their calibre is closer to the Lussac-Angles points. The absence of lateral grooves may refer to a multitude of hafting modalities of lithic inserts, and at this point it is not possible to precisely define how inserts were hafted.

These inter-sites differences in projectile designs can be due to multiple factors, including environmental ones (e.g., vegetal cover, climate, season, game type and availability), the efficiency sought from the projectiles (e.g., in terms of penetration depth or width of the slashed wound), or technical styles (e.g., related to cultural identities or technical transfers). Our data underline that the regional and chronological diversity of the Magdalenian is expressed in many fields, and among those fields, the variations of the hunting weaponry is particularly important as it has a key role in the economies of hunter-gatherer societies during the Palaeolithic. The joint approach of the lithic and osseous industries dedicated to the hunting activity thus participates in renewing the understanding of the complex rhythms of technical change among the Late Glacial societies of western France.

Keywords: Magdalenian, Late Glacial, lithic industry, osseous industry, functional analysis, projectile technology, animal resources, techno-economy.

Dans les environnements pauvres en ressources végétales, l'acquisition des ressources alimentaires et techniques des chasseurs-cueilleurs repose en grande partie sur le succès de l'activité cynégétique, qui possède de ce fait une place structurante dans les systèmes techno-économiques. La chasse joue aussi un rôle considérable dans les sphères sociales et symboliques en ce qu'elle « constitue bien souvent un principe valorisant qui rythme les temps forts de la vie collective » (Erikson *et al.*, 2006, p. X). L'équipement cynégétique est ainsi au cœur d'un système complexe et essentiel dans les économies des chasseurs-cueilleurs largement basées sur l'exploitation des ressources animales, c'est pourquoi l'identification de cet équipement, la restitution de son design et de sa gestion sont riches d'informations sur les dynamiques des sociétés paléolithiques (fig. 1).

Cet article expose les résultats de l'analyse fonctionnelle de plusieurs séries de microlithes et les compare avec les données disponibles sur les pointes osseuses, deux catégories de produits souvent associées à l'activité cynégétique et ayant pu fonctionner en système lors de l'utilisation de projectiles composites. Cette approche croisée permet de mener une réflexion approfondie sur les armes de chasse pour une période du Paléolithique récent où ces productions varient d'une région à l'autre : le Magdalénien moyen (19.5-16 cal ka BP ; Langlais *et al.*, 2016 ; Pétillon, 2016 ; Sécher, 2017) est marqué par une régionalisation des types de microlithes (Langlais, 2007a ; Airvaux *et al.*, 2012 ; Pétillon *et al.*, 2015 ; Langlais *et al.*, 2016 ; Sécher, 2017) et de pointes de projectile en matières osseuses (Pétillon, 2016 ; Malgarini *et al.*, 2017), mais aussi des espèces d'ongulés chassés (Langlais

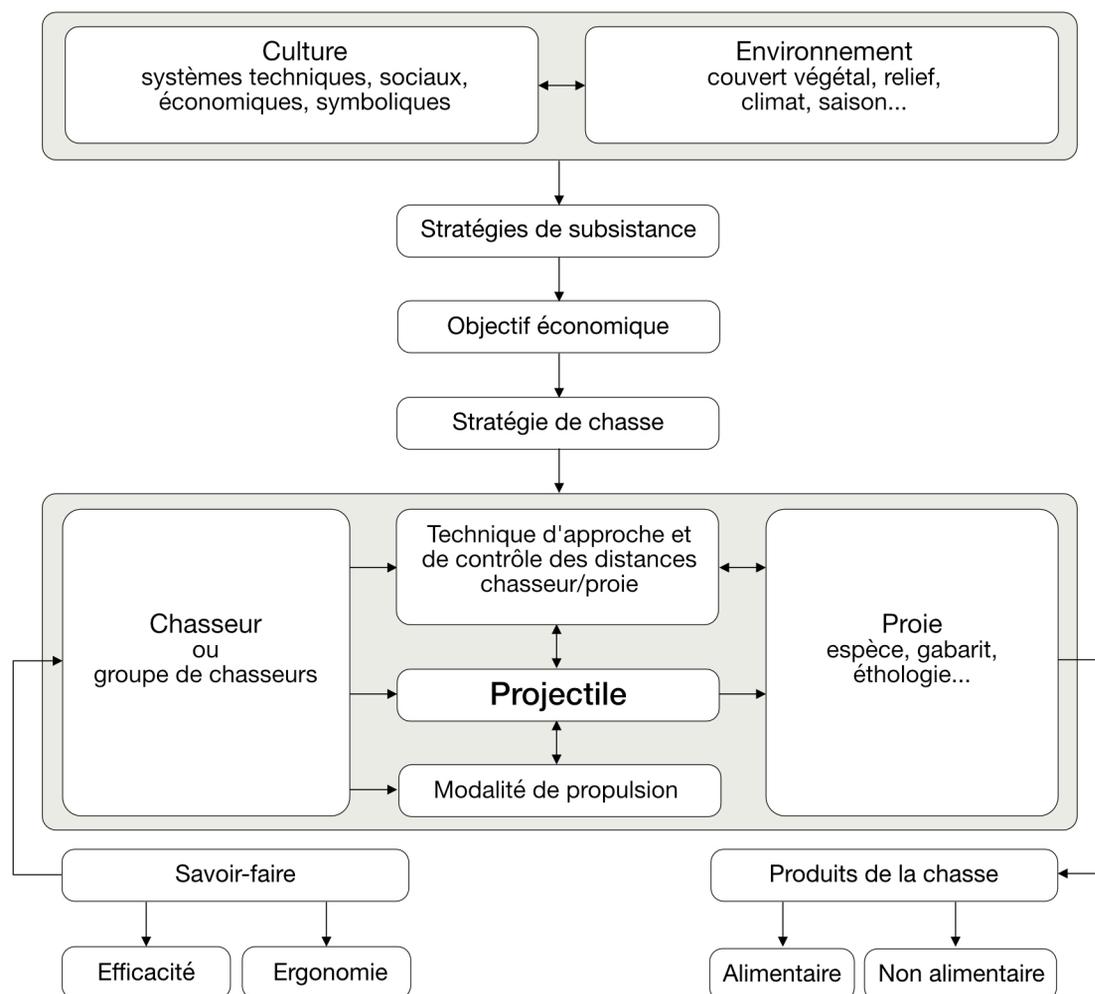


Fig. 1 – Paramètres en jeu lors de l'acte cynégétique traditionnel impliquant l'utilisation d'un projectile.

Fig. 1 – Parameters at stake in a traditional cynegetic activity involving the use of a projectile.

et al., 2012 ; Costamagno *et al.*, 2016), des productions artistiques (Bourdier, 2010 ; Fuentes, 2010, 2013 ; Bourdier *et al.*, 2017) et ornementales (Peschaux, 2017 ; Peschaux *et al.*, 2017). Ces éléments permettent de reconnaître plusieurs traditions techniques en France et dans le Nord de l'Espagne. Dans le cadre de cet article, nous nous intéresserons à trois d'entre elles. Pour le Magdalénien moyen ancien (MMA, 19-17,5 cal ka BP ; Langlais *et al.*, 2016 ; Pétilion, 2016 ; Sécher, 2017) du Centre-Ouest de la France, il s'agit de la tradition à pointes de Lussac-Angles et de la tradition à navettes (Kozłowski, 1984 ; Allain *et al.*, 1985 ; Pinçon, 1988), qui diffèrent par certains aspects de leur art, de leur parure et de leur industrie osseuse. En parallèle, la typologie des microlithes varie peu entre les sites de la Vienne et de l'Indre et se caractérise par la prédominance de lamelles à dos simples ou tronquées (Langlais, 2007a, 2007b ; Airvaux *et al.*, 2012 ; Langlais *et al.*, 2016 ; Sécher, 2017 ; Langlais, 2020). Pour le Magdalénien moyen récent (MMR, 18-16 cal ka BP ; Langlais *et al.*, 2016), nous nous intéressons au versant Nord des Pyrénées occidentales, où la documentation concernant cette période a été récemment renouvelée – d'abord dans le cadre du projet ANR

Magdatis (Pétilion *et al.*, 2015), de la fouille du Grand Diverticule d'Isturitz (dir. C. Normand : Langlais, 2010, p. 199-201) et de celle de la grotte de Laa 2 (Pétilion *et al.*, 2017) ; puis aujourd'hui via la fouille de la grotte Tastet, à Sainte-Colome (en cours depuis 2012 : Langlais et Pétilion, 2019), et le PCR « Préhistoire ancienne de la vallée d'Ossau » (depuis 2018 : Langlais *et al.*, 2020 ; Pétilion *et al.*, 2020). Ces travaux ont notamment permis de caractériser une tradition du MMR reconnue en particulier à travers la production de triangles scalènes, et située chronologiquement, à la grotte Tastet, entre environ 18 et 17 cal ka BP (Langlais et Pétilion, 2019).

Les microlithes et les pointes osseuses comptent parmi les outils les plus abondants dans les ensembles du Magdalénien moyen, et il est possible de suivre les rythmes de leur changement technique et morphologique dans le temps et dans l'espace (pour les microlithes, voir Langlais, 2007b ; Langlais *et al.*, 2010 ; Chehmana et Beyries, 2010 ; Airvaux *et al.*, 2012 ; Angevin et Surmely, 2013 ; Langlais *et al.*, 2016 ; Sécher, 2017, 2020a ; Langlais et Pétilion, 2019 ; pour les pointes osseuses, voir synthèse et références dans Pétilion, 2016). Leur fonctionnement et leur fonction participent en revanche

peu à la connaissance des modes de vie et des rythmes de transformation des sociétés magdaléniennes car les études tracéologiques font défaut pour cette période. Ils comptent pourtant parmi les outils pour lesquels il est possible d'aller le plus loin dans l'interprétation, grâce à un cadre méthodologique déjà solide (bien que toujours en construction), permettant de percevoir des différences et des similarités fonctionnelles aux échelles intra- et inter-sites. À partir de l'analyse techno-fonctionnelle des microlithes et d'une mise en perspective avec les caractères des pointes osseuses, nous tentons ici de parvenir à une vision systémique de la diversité de l'équipement de chasse magdalénien et cherchons à mieux comprendre les modalités de la régionalisation de certaines pratiques techniques. Il s'agit en particulier d'examiner les relations entre morphologie, endommagement et entretien des armatures lithiques, morphologie des armatures osseuses et principaux objectifs des chasses, afin de restituer le design et l'économie de l'armement et contribuer à cerner les techniques entourant la pratique de la chasse dans l'Ouest de la France au Tardiglaciaire.

ENSEMBLES ARCHÉOLOGIQUES CONSIDÉRÉS

Les trois ensembles archéologiques du corpus ont été sélectionnés car ils sont associés à des traditions magdaléniennes distinctes dans l'Ouest de la France (fig. 2), que leur attribution chrono-culturelle est bien caractérisée et qu'ils livrent des associations de microlithes et de pointes osseuses différentes, illustrant une partie de la diversité des ensembles du Magdalénien moyen.

La Marche

La grotte de la Marche (Lussac-les-Châteaux, Vienne) est un gisement de référence du Magdalénien à pointes de Lussac-Angles. Ce dernier est principalement défini à partir des pointes de projectile éponymes, de courtes pointes à biseau simple présentes en grand nombre à la Marche (N = 120) et au Roc-aux-Sorciers (N = 75), et identifiées de l'Yonne au Nord de l'Espagne (Pinçon, 1988 ; Pétillon, 2016 ; Paillet *et al.*, 2017 ; Sécher, 2017). Un ensemble de productions accompagne les pointes de Lussac-Angles dans les sites de l'est de la Vienne : perles en ivoire galbées, os hyoïdes percés et cochés, dents de chevaux gravées de motifs géométriques sur leur face linguale, représentations réalistes de la figure humaine sur support minéral (Dujardin et Pinçon, 2000 ; Bertrand *et al.*, 2003 ; Bourdier, 2010 ; Fuentes, 2013 ; Sécher, 2017).

La Marche livre plusieurs centaines de plaquettes et dalles de calcaire mobiles gravées associées à la couche attribuée au MMA, qui ont fait la renommée du site dès sa découverte (Péricard et Lwoff, 1940 ; Pales et Tassin de Saint Péreuse, 1976 ; Lwoff, 1989 ; Mélard, 2006 ; Fuentes, 2013). Cette couche épaisse de 15 à 30 cm est constituée d'un palimpseste reconnu comme tel dès les



Fig. 2 – Localisation des sites du corpus.

Fig. 2 – Location of the studied sites.

premières fouilles, qui débutent en 1937 (Péricard et Lwoff, 1940 ; Airvaux, 2001). Les premières descriptions stratigraphiques mentionnent également deux fines couches magdaléniennes plus récentes et pauvres en matériel (Magdalénien IV et V-VI ; Lwoff, 1942, 1962), vraisemblablement évacuées lors des premières opérations de terrain. Les travaux successifs mettent au jour un matériel particulièrement riche en art, parure, restes fauniques, industrie osseuse et lithique, provenant de la couche MMA en contact direct avec le substrat en calcaire bathonien (Pradel, 1958, 1980 ; Airvaux, 2001). Les datations sur des éléments osseux provenant de cette couche sont essentiellement comprises entre environ 18.2 et 17.5 cal ka BP (Brou *et al.*, 2013 ; Barshay-Szmidt *et al.*, 2016).

La cavité fournit près de 10 000 pièces lithiques (J.-M. Leuvre, com. pers.). Les microlithes composent 37 % des 5568 pièces observées pour l'analyse productionnelle et 51 % de l'industrie retouchée (Gauvrit Roux, 2019a ; Gauvrit Roux et Beyries, 2020). Les matières premières exploitées sont en très grande majorité allochtones et proviennent du Turonien inférieur des vallées de l'Indre et du Cher et du Turonien supérieur de la région du Grand Pressigny. L'exploitation des silex locaux du Bajocien et du Bathonien est marginale et le « Grain de mil » de Charente-Maritime est présent de façon anecdotique (J. Primault, com. pers.).

La grotte Blanchard

La richesse du matériel de la grotte Blanchard (Saint-Marcel, Indre) en fait un gisement de référence du Magdalénien à navettes. Ce dernier doit son nom aux navettes, objets en bois de cervidé bifides typiques de la tradition du même nom, ayant pu fonctionner comme des manches d'outils (Rigaud, 1977 ; Allain *et al.*, 1985 ; Paillet *et al.*, 2017). Les sites à navettes livrent également des repré-

sentations de la figure humaine schématisée sur support osseux, des pièces phalliformes (Allain et Trotignon, 1973 ; Allain *et al.*, 1985 ; Paillet *et al.*, 2017) et de longues pointes à biseau double et section quadrangulaire. Ces pointes en bois de cervidé se retrouvent de la Pologne à la Gironde et la grotte Blanchard en livre plus de 50 exemplaires (Allain *et al.*, 1985 ; Houmard, 2003b ; Pétilion, 2016 ; Sécher, 2017, 2020b).

La grotte Blanchard s'est formée dans un calcaire bathonien-bajocien. Il s'agit d'un site stratifié découvert en 1956 puis fouillé pendant vingt ans (Allain, 1957, 1984) et dont l'ensemble du matériel est attribué au Magdalénien à navettes. Seuls les niveaux les plus anciens (B6, B5, B4) ont à ce jour fait l'objet de datations ¹⁴C ; ces dernières sont cohérentes avec une occupation durant le MMA (Despriée *et al.*, 2009 : les dates réalisées au début des années 2000 sont groupées entre environ 19 et 18 cal ka BP). Le Grand Abri s'ouvre au-dessus de la grotte Blanchard sur le coteau de la Garenne et ses couches les plus anciennes sont également attribuées à la tradition à navettes.

La cavité livre 11 735 pièces lithiques (P. Paillet, inédit) provenant des couches B2, B3, B4, B4+B5, B5 et B6. Les microlithes composent 21 % de cet ensemble lithique (hors non trié) et 40 % de l'outillage retouché (Gauvrit Roux, 2019a ; Gauvrit Roux et Beyries, 2020). Les travaux de T. Aubry (2003) montrent que les matières premières exploitées pendant toute la séquence sont principalement allochtones puisqu'elles proviennent du Turonien supérieur du Grand Pressigny et du Turonien inférieur des vallées de l'Indre et du Cher. L'exploitation des silex allochtones du Turonien moyen des rives de la Claise et du Jaspéroïde de l'Hettangien reste marginale, tout comme celle des silex locaux du Bathonien et du Bajocien. Certaines géoressources pourraient avoir une origine extra-régionale : silex « Grain de mil » de Charente-Maritime, Bergeracois et Sénonien de Dordogne et de Charente.

La grotte Tastet

La grotte Tastet (Sainte-Colome, Pyrénées-Atlantiques) fait partie d'un ensemble de sites en grotte et en abri ayant livré des occupations du Magdalénien moyen et supérieur, répartis sur quelques kilomètres carrés autour de la petite ville d'Arudy, dans la basse vallée d'Ossau (Marsan, 1996 ; Pétilion *et al.*, 2015). Il s'agit de la seule grotte ornée des Pyrénées béarnaises ; les figurations se concentrent sur un panneau d'environ 1 m² et sont stylistiquement attribuées au Magdalénien moyen (Omnès, 1983 ; Blanc et Marsan, 1984 ; Garate *et al.*, 2013). La fouille de ce site, en cours depuis 2012, concerne une dizaine de mètres carrés répartis en deux secteurs : 4 m² à l'intérieur de la petite salle ornée et 6 m² sur le talus devant l'entrée actuelle de la cavité. L'impossibilité pratique de réaliser un raccord entre les deux secteurs de fouille oblige à utiliser une nomenclature stratigraphique distincte pour chacun d'eux. La séquence archéologique, épaisse d'environ 1 m, est entièrement attribuée au Mag-

dalénien moyen (Langlais et Pétilion, 2019). Dans le secteur intérieur, un ensemble inférieur (Unités Stratigraphiques 310 et suivantes), pour l'instant mal caractérisé, est surmonté par un ensemble du MMR (US 305-309) daté entre environ 17,8 et 16,8 cal ka BP. Le sommet du remplissage (US 301-303) est perturbé par des terriers et a également livré du mobilier attribué au MMR. Dans le secteur extérieur, l'ensemble archéologique le plus ancien est un niveau daté du tout début du Magdalénien moyen (US 207-207b, vers 19 cal ka BP) ; il est surmonté par un niveau de transition MMA/MMR daté entre 18,5 et 17,5 cal ka BP environ (US 206b), tandis que l'ensemble MMR sus-jacent (US 206a) a livré deux dates ¹⁴C autour de 17,5 cal ka BP. Les zones remaniées du secteur extérieur (US 205-206 et 206v, composées en partie de déblais de fouilles anciennes) ont également livré du matériel attribuable au MMR et plusieurs dates ¹⁴C groupées entre environ 17,5 et 17 cal ka BP.

L'industrie osseuse des niveaux les mieux conservés attribués au MMR (US 305-309 et 206a) comprend 67 pièces, dont 39 en bois de cervidé et 28 en os. L'équipement en os est constitué de lissoirs, d'outils non façonnés sur éclat et d'aiguilles à chas ; l'équipement en bois de cervidé comprend des outils intermédiaires de type coin/ciseau ainsi qu'une majorité de pièces relevant de l'équipement de chasse, détaillées ci-après.

Dans ces mêmes niveaux, les caractères les plus marquants de l'industrie en silex sont (Langlais et Pétilion, 2019) : un outillage sur lames régulières extraites au percuteur tendre organique ; la présence de près d'une dizaine de fragments de lames robustes en silex du Bergeracois, retrouvées à l'intérieur de la cavité ; une production de supports de microlithes selon un schéma enveloppant unipolaire convergent à partir de blocs ou d'éclats ; et, parmi les microlithes, une proportion non négligeable (près d'une centaine d'exemplaires) de lamelles à dos tronquées de type « triangle scalène ». Les principales matières premières exploitées sont d'origine locale à régionale, avec une dominance des silex issus des flyschs crétacés et des silex sénoniens décrits notamment en Chaulosse – ces derniers étant les matériaux les plus utilisés pour la confection des armatures (Normand, 2018).

MÉTHODES D'ANALYSE DES ARMATURES LITHIQUES

L'échantillon soumis à l'analyse tracéologique comprend 181 microlithes de la Marche, 173 de la grotte Blanchard (c. B2, B3, B4, B4+B5, B5 et B6), 126 des US 306 et 206a de la grotte Tastet et 37 des US 206b et 206v de la grotte Tastet, soit un total de 517 pièces. L'analyse fonctionnelle a également porté sur l'industrie sur lame et éclat de ces ensembles archéologiques, ainsi que sur un échantillon de lamelles brutes, dont nous ne présenterons pas les résultats ici (Gauvrit Roux et Beyries, 2018 ; Gauvrit Roux, 2019a, 2019b ; Gauvrit Roux et Beyries, 2020). Un échantillonnage a été impératif face

à la quantité de matériel lithique que livrent la Marche et la grotte Blanchard, c'est pourquoi pour ces sites les microlithes ont été sélectionnés pour leur potentiel fonctionnel à partir de l'observation de plusieurs milliers de pièces à la loupe binoculaire¹ et au microscope digital². L'assemblage lithique plus réduit de la grotte Tastet a permis de mettre en place l'étude de la quasi-totalité des microlithes issus des fouilles de 2013 à 2018.

Chaque assemblage lithique porte des endommagements témoignant de l'action de processus d'altération mécanique ancienne et récente : esquillements, émoussé, lustré, stries, voire polis plats. Ces usures sont généralement restreintes aux parties proéminentes des pièces. L'altération mécanique ancienne peut être liée au piétinement, à la compaction ou au mouvement des sédiments. Elle a en particulier généré des esquillements des tranchants ayant le plus souvent une initiation en cône profonde et dont les négatifs présentent la même teinte et la même luisance que le reste de la surface des pièces (e.g. Tringham *et al.*, 1974 ; Prost, 1988 ; Claud, 2008 ; Chesnaux, 2014 ; Gauvrit Roux *et al.*, 2020). Les altérations mécaniques récentes se sont produites lors de la fouille ou des manipulations du matériel en post-fouille et se distinguent des esquillements anciens par la luisance et la teinte des négatifs d'enlèvements, différentes de celles du reste de la pièce considérée. Ces altérations mécaniques sont d'intensité faible à modérée à la grotte Blanchard, et faible à forte sur le matériel issu des fouilles anciennes de la Marche ; la stratégie d'échantillonnage mise en place pour ces ensembles archéologiques a néanmoins permis de centrer l'analyse sur les pièces peu altérées. À la grotte Tastet, les silex ont été fragilisés par l'action de la patine blanche ayant parfois atteint les pièces à cœur. En conséquence de cette fragilisation du matériau due à la désilicification, l'altération mécanique récente est occasionnellement intense. Pour ce site, l'action conjointe de différents processus taphonomiques a conduit à exclure huit microlithes de l'analyse fonctionnelle.

Les pièces ont fait l'objet d'une observation macro et microscopique effectuée à la loupe binoculaire, au microscope optique³ et, pour la Marche, ponctuellement au MEB-EDS. Les pièces ne présentant pas de résidus potentiellement liés à l'utilisation ou à l'emmanchement ont été brièvement nettoyées à l'eau courante avec une brosse à dents souple et du savon liquide en veillant à exercer une pression faible ; nous avons ensuite appliqué localement de l'alcool à 90° à l'aide de papier sans fibre. Ce protocole vise à retirer les restes de sédiment et de gras de manipulation de la surface des pièces.

L'interprétation du fonctionnement et du design des projectiles magdaléniens s'appuie sur plusieurs sessions expérimentales organisées par les auteurs et mettant en action des sagaies tirées au propulseur armées de pointes en bois de renne (Pétillon, 2006) ou de pointes en bois de renne elles-mêmes équipées de microlithes latéraux et disto-latéraux (Pétillon *et al.*, 2011 ; Gauvrit Roux *et al.*, 2020 ; Gauvrit Roux *et al.*, 2021). L'identification des endommagements liés à une utilisation des microlithes en armature de projectile se base principalement sur les

travaux d'A. Fischer *et al.* (1984) et L. Chesnaux (2014). Les endommagements considérés diagnostiques d'impact comprennent les fractures à initiation en flexion, les fractures burinantes et les fractures à enlèvement secondaire dont la longueur est supérieure ou égale à deux millimètres. Les esquillements à initiation en flexion isolés ou superposés de plus d'un millimètre de long participent également à l'identification des armatures de projectiles (Soriano, 1998 ; Gauvrit Roux *et al.*, 2020). Les stries d'impact peuvent avoir diverses morphologies selon le matériau de contact (strie additive, strie à fond rugueux) ; du fait de la présence de stries parasites causées par l'altération mécanique, seules les stries associées à une fracture ou à un esquillement diagnostique sont considérées comme liées à l'impact. L'ensemble de ces usures renseigne sur l'orientation des forces et la position des microlithes par rapport au point d'impact et permet, dans une certaine mesure, de restituer le design des projectiles.

Notons que la limite dimensionnelle de deux millimètres pour l'identification des fractures d'impact repose essentiellement sur des référentiels de microlithes mésolithiques fixés à des projectiles tirés à l'arc et est appliquée à des microlithes de gabarits différents issus de divers contextes archéologiques à défaut de référentiels adaptés à chaque cas d'étude. Pour M. O'Farrell (2000, p. 126), cette limite peut être ajustée selon les dimensions des microlithes, dans la mesure où lors de ses tests la longueur de 6,6 % des fractures liées à la fabrication (N = 8/121) et de 9,4 % des fractures liées au piétinement (N = 5/53) est comprise entre deux et trois millimètres de long sur des pointes de la Gravette expérimentales. Lors de nos tests (Gauvrit Roux, 2019, p. 448 et p. 453), la longueur de 9,8 % des fractures de fabrication (N = 15/153) et de 8,3 % des fractures de piétinement (N = 1/12) est supérieure ou égale à deux millimètres et dépasse trois millimètres dans trois cas pour la fabrication de lamelles à dos en silex. Dans les tests de M. O'Farrell comme dans les nôtres, ces fractures ont une initiation en flexion. Malgré ces observations expérimentales, nous avons choisi d'employer ici le seuil de deux millimètres pour l'identification des armatures de projectiles archéologiques dans la mesure où : 1) nous avons considéré la chronologie entre retouche et fracture, 2) l'interprétation est fondée sur des corpus larges, et 3) le diagnostic est appuyé par d'autres types d'usures (esquillements, stries) ; la tracéologie procède en effet toujours en croisant les informations issues de l'observation de différents stigmates et l'identification des armatures de projectile ne se soustrait pas à cette démarche. En outre, les fractures d'impact ont toujours été rares sur les microlithes latéraux et disto-latéraux issus de nos sessions de tir, ce qui n'a pas permis de vérifier la pertinence d'employer une limite dimensionnelle de deux millimètres pour distinguer les fractures diagnostiques d'impact de celles liées à d'autres causes sur les lamelles à dos. Il sera néanmoins possible de revenir sur les données archéologiques si le cadre méthodologique évolue puisque les dimensions de toutes les fractures de plus de deux millimètres ont été renseignées.

		Longueur		Largeur		Épaisseur	
		Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
Grotte Tastet (US 206a et 306)	doubles-pointes	13,6	4,6	4,7	1,1	1,6	0,4
	tranchants longitudinaux	10,9	4,7	4	0,9	1,6	0,5
	rectangles non tranchants	8	2,8	4	0	1,3	0,4
	monopointes	16,3	5	4,5	0,6	1,8	0,3
Grotte Tastet (US 206b et 206v)	doubles-pointes	13,8	1,9	5,3	0,9	1,8	0,5
	tranchants longitudinaux	12,2	4	4	0,8	1,6	0,5
	rectangles non tranchants	18,2	4,5	4,2	0,8	2,2	0,3
	monopointes	18,2	5,4	4,2	1	1,6	0,7
Grotte Blanchard (c. B3-B6)	tranchants longitudinaux	15,6	6,1	5,1	1,3	2,4	0,7
	rectangles non tranchants	15,3	4,8	5,1	1,1	2,1	0,5
	monopointes	18	8	4,5	1,5	2,3	0,4
La Marche	tranchants longitudinaux	23,7	7,4	7	1,7	2,6	0,8
	rectangles non tranchants	22,5	9,5	6,3	0,5	2,6	0,9
	monopointes	30,1	9,3	6,9	1,7	3	1,1

Tabl. 1 – Dimensions des microlithes étudiés (en millimètres).

Table 1 – Dimensions of the studied microliths (in millimeters).

RÉSULTATS

Catégories morphotechniques de microlithes

Les microlithes sont aménagés sur des supports lamellaires de plein débitage essentiellement produits à partir de surfaces de débitages larges selon un schéma unipolaire. Le profil des portions de support est droit et une retouche généralement rectiligne, rentrante, abrupte et directe permet l'aménagement d'un dos rectiligne. Ces outils sont fortement standardisés morphométriquement. Il existe néanmoins une variation inter-sites du gabarit des microlithes : leur largeur est plus souvent comprise entre 4 et 5 mm à la grotte Blanchard et à la grotte Tastet, et entre 6 et 8 mm à la Marche. Cette différence dimensionnelle peut être liée à l'ancienneté des fouilles de la Marche, à l'utilisation de supports lamellaires plus fins et étroits à la grotte Tastet, ainsi qu'à la fréquence des lamelles à dos doubles à la grotte Blanchard (voir *infra*), induisant une perte millimétrique de largeur des supports (tabl. 1).

Les assemblages microlithiques de la Marche et de la grotte Blanchard sont, comme les sites du Centre-Ouest de la France occupés au MMA, caractérisés par la présence de lamelles à dos à base tronquée (30 % à la grotte Blanchard et 19 % à la Marche). Ces pièces sont plus rares dans les Pyrénées pour la période, et l'US 206b de la grotte Tastet, attribuée à la transition MMA/MMR, en livre plusieurs exemplaires. L'ensemble lithique de la grotte Tastet est caractérisé par la présence de triangles scalènes, qui, au Magdalénien moyen, sont essentiellement rencontrés en contexte MMR (US 206a et 306 à la grotte Tastet).

Quatre catégories morphotechniques de microlithes (*sensu* L. Chesneau, 2014) sont reconnues dans les ensembles archéologiques du corpus, selon la présence

d'un tranchant brut pouvant potentiellement dilacérer et d'une extrémité pointue pouvant potentiellement percer ou jouer un rôle de rétention (fig. 3) :

- Les tranchants longitudinaux : cette catégorie regroupe les lamelles à dos simple à base tronquée ou non, les lamelles à dos double partiel et les lamelles à dos denticulées munies d'un tranchant brut voire denticulé et d'un dos rectiligne. Les tranchants longitudinaux se retrouvent dans la plupart des sites du Magdalénien moyen et regroupent le plus grand nombre de microlithes (53 % du corpus analysé pour les US 206a et 306 de la grotte Tastet, 62 % du corpus analysé pour les US 206b et 206v, 59 % à la grotte Blanchard et 79 % à la Marche).

- Les monopointes tranchantes : ces pièces sont des lamelles à dos appointées ou des lamelles à dos simple dont le tranchant brut converge vers le dos, pour former une pointe déjetée. Cette catégorie est plus fréquente à la Marche (19 %) et dans les US 206b et 206v de la grotte Tastet (14 %) que dans les US 206a et 306 de ce site (3 %) ou à la grotte Blanchard (3 %) ; les lamelles appointées sont néanmoins toujours rares et représentées par deux à trois exemplaires. Les monopointes sont susceptibles d'être sous-représentées au profit des tranchants longitudinaux du fait des taux élevés de fracturation des microlithes et de l'esquillement traumatisant des tranchants (voir *infra*).

- Les rectangles non tranchants : cette catégorie concerne les lamelles à dos double à base tronquée ou non ne présentant ni tranchant brut ni pointe pouvant percer. Ces pièces sont rares à la Marche (2 %) et à la grotte Tastet (2 % dans les US 206a et 306 ; 8 % dans les US 206b et 206v), tandis qu'elles sont nombreuses à la grotte Blanchard (38 %) ; un tranchant à retouche marginale ou un bordage direct voire inverse avec égrissage s'oppose alors au dos abrupt robuste.

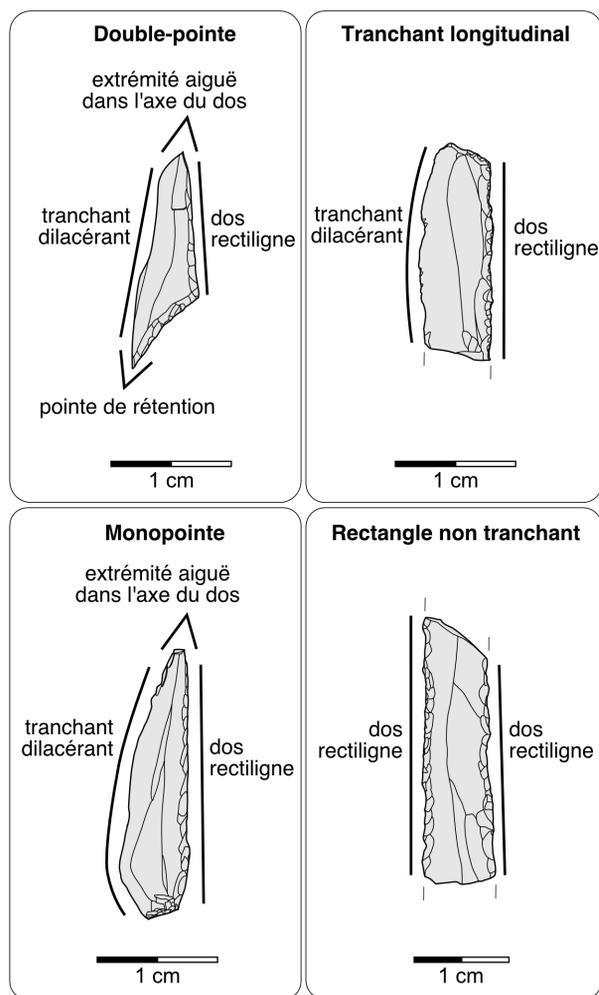


Fig. 3 – Catégories morphotechniques de microlithes reconnues à la Marche, la grotte Blanchard et la grotte Tastet.

Fig. 3 – Microliths morphotechnic categories identified at La Marche, the Blanchard cave and the Tastet cave.

• Les doubles-pointes tranchantes : il s'agit des triangles scalènes de la grotte Tastet, représentant 42 % du corpus des US 206a et 306 et 16 % des US 206b et 206v. Ces pièces présentent un dos droit et une troncature droite ou légèrement concave, permettant de dégager un tranchant brut rectiligne, parfois encoché (3 %) ou denticulé (7 %), une pointe pouvant percer et une pointe de rétention, dont l'angle est en moyenne d'environ 55°.

L'emploi de ces catégories est nécessaire lorsqu'il s'agit de définir les finalités fonctionnelles auxquelles répondent les microlithes, puisque ces dernières sont potentiellement différentes selon les catégories morphotechniques considérées.

Les microlithes et la sphère cynégétique

Les microlithes de l'ensemble des catégories morphotechniques sont quasi-systématiquement fracturés à l'une ou l'autre des extrémités (> 93 % dans les trois ensembles) et les parties proximales sont souvent absentes. Les fractures à section transversale nette sont les plus fréquentes (> 58 % dans les trois ensembles). Bien que les points d'impact soient absents, la fréquence de fragmentation

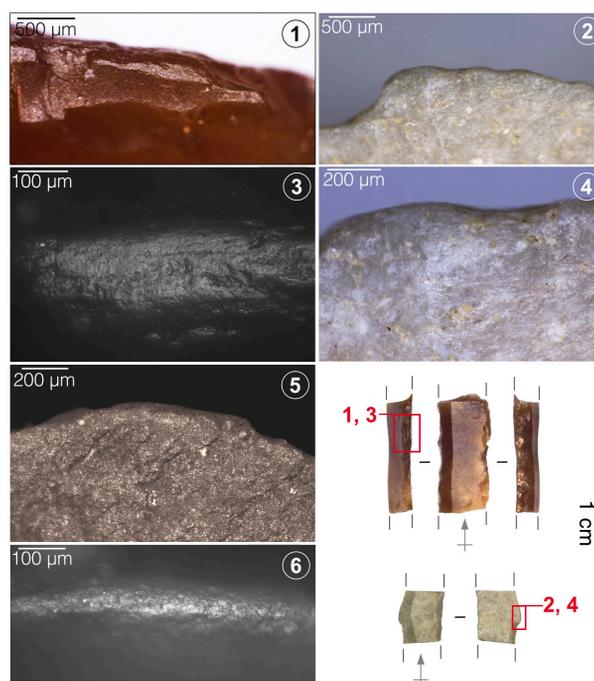


Fig. 4 – Égrissage archéologique et expérimental de silex : 1, 3, abrasion sur le tranchant d'une lamelle à dos double provenant de la grotte Blanchard, c. B5 ; 2, 4, abrasion sur le tranchant d'une lamelle à dos double partiel de la grotte Tastet, US 206b ; 5, 6, exemple d'égrissage expérimental, ici à l'aide de la surface corticale d'une silicite.

Fig. 4 – Archaeological and experimental edge rubbing on flint: 1, 3, abrasion of the edge of a double backed bladelet from the Blanchard cave; 2, 4, abrasion on the edge of a double backed bladelet from the Tastet cave; 5, 6, example of technological rubbing, here with the cortical surface of a chert.

des supports (intervenant après l'abattage du dos) et l'absence des extrémités proximales (souvent les plus épaisses des supports) suggèrent qu'au moins une partie des lamelles à dos a été fracturée intentionnellement. L'objectif de la fracturation ou de la troncature était l'obtention de supports fins, au profil régulier et rectiligne, dont la longueur a pu être calibrée.

Aucun endommagement lié à la découpe ou au raclage n'est identifié sur les microlithes : l'émoussé, le poli et les stries liés à ces cinématiques sont absents. Ce type d'utilisation est toutefois reconnu dans d'autres contextes magdaléniens, où il reste généralement occasionnel (Symens, 1986 ; Ibáñez Estévez, 1993 ; Christensen et Valentin, 2004 ; Taller *et al.*, 2012 ; Clemente Conte *et al.*, 2017). Douze lamelles à bord abrasé de la grotte Blanchard et une de la grotte Tastet (US 206b) présentent des traces de contact longitudinal avec une roche abrasive tendre : l'émoussé est intense et forme un méplat, le poli est absent, les stries sont nombreuses et parallèles au tranchant. Ces traces peuvent renvoyer à une utilisation sur un matériau abrasif ou bien à l'abrasion intentionnelle de certains tranchants. L'observation du référentiel expérimental⁴ de pièces égrissées à l'aide d'un galet, de cortex ou de pierre ponce montre en effet leur proximité avec les usures archéologiques (fig. 4). Pour les pièces archéologiques, l'association des traces à un bordage voire à une

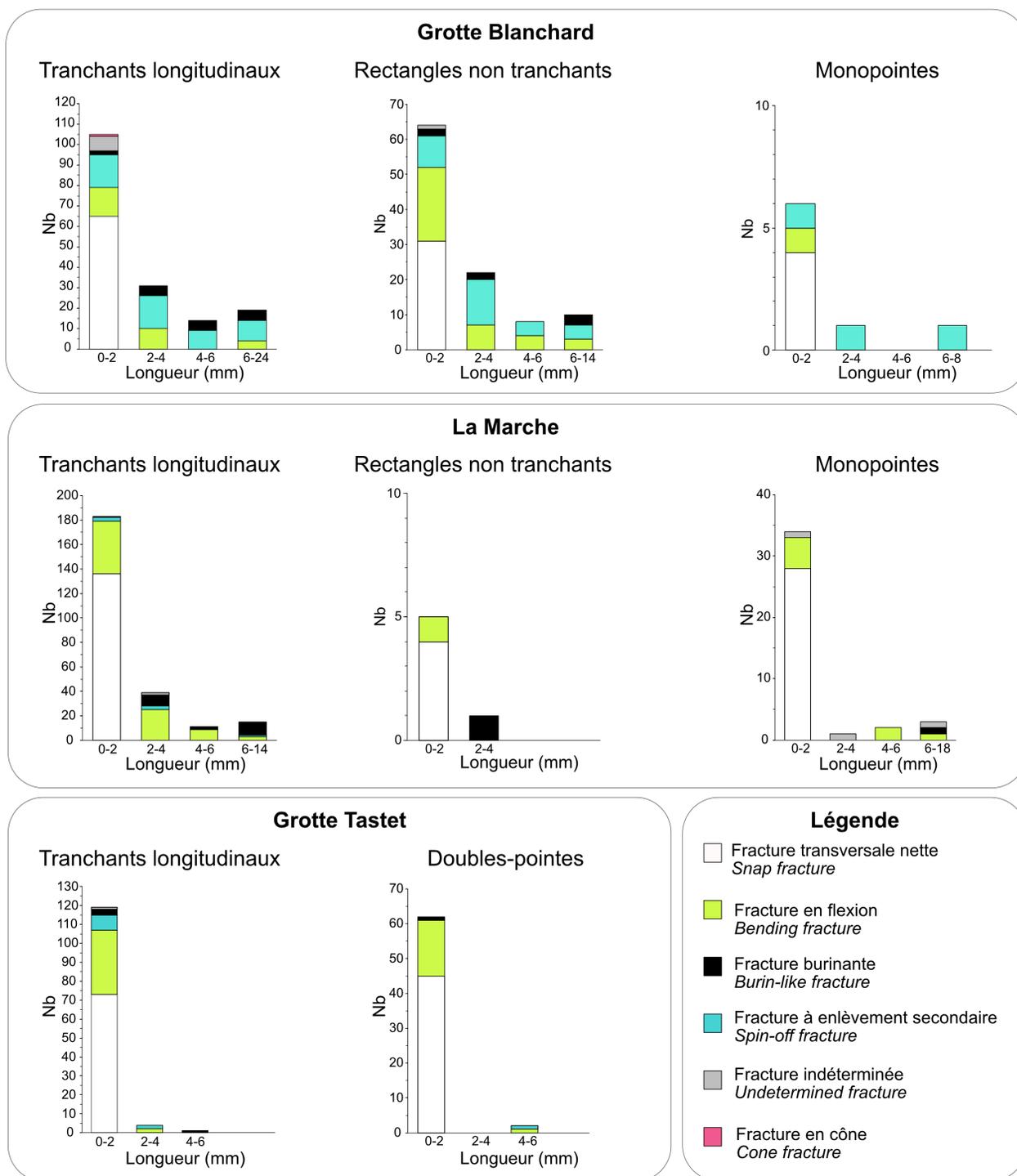


Fig. 5 – Distribution de la longueur des fractures par type de fracture et catégorie morphotechnique de microlithe. Fractures fraîches non prises en compte. Grotte Tastet : US 206a et 306 seulement.

Fig. 5 – Distribution of the length of fractures per fracture type and microlith morphotechnic category. Fresh fractures excluded. Tastet cave: only layers 206a and 306 considered here.

retouche marginale directe ou inverse permet en outre de privilégier l’hypothèse d’un égrissage intentionnel, tel que précédemment identifié en contexte magdalénien (Pelegrin, 2004) et mésolithique (Crombé *et al.*, 2001).

Les usures fonctionnelles reconnues sur ces outils sont par conséquent exclusivement liées à l’impact et indiquent leur utilisation en armature de projectile (fig. 5, tabl. 2) :

À la Marche (fig. 6), 34 % des lamelles à bord abattu analysées présentent au moins une fracture diagnostique d’impact. Ces dernières sont souvent traumatisantes et dépassent 4 mm dans près de la moitié des cas. Les esquillements d’impact sont reconnus sur 32 % des lamelles et trois pièces présentent des stries liées à l’impact (dont deux incertaines).

Site	Niveau	Catégorie morphotechnique	Corpus analysé	Lamelles avec au moins un endommagement d'impact	Lamelles avec plusieurs endommagements d'impact	Lamelles avec des stries d'impact	Lamelles avec esquillements d'impact	Nb fractures burinantes diagnostiques	Nb fractures en flexion diagnostiques	Nb fractures à enlèvement secondaire diagnostiques*	
Grotte Tastet	306	double pointe	14	3	1		2			1	
		monopointe	1								
		pièce non tranchante	1								
		tranchant longitudinal	16	2			2				
	206a	double pointe	39	7				6	1		
		monopointe	3								
	206b	pièce non tranchante	1								
		tranchant longitudinal	51	5				4		1	
		double pointe	5								
		monopointe	4								
		pièce non tranchante	3	2				2			
		tranchant longitudinal	16	4	1			2	1	1	
	206v	double pointe	1								
		monopointe	1								
	tranchant longitudinal	7	2				1			1	
	Total	163	25	2			19	1	3	3	
La Marche	monopointe	34	15				12	1	2		
	pièce non tranchante	4	1					1			
	tranchant longitudinal	143	88		20	1	47	22	37	4	
	Total	181	104	20	20	1	59	24	39	4	
B2	tranchant longitudinal	1	1					1			
	monopointe	1	1							1	
B3	pièce non tranchante	10	6		1		1		3	3	
	tranchant longitudinal	20	15	3			7	4	2	5	
B4	monopointe	3									
	pièce non tranchante	23	15	6			5	2	4	10	
	tranchant longitudinal	35	25	6			15	3	2	11	
	pièce non tranchante	2	2	1			1		1	1	
B4+B5	tranchant longitudinal	1	1	1			1			2	
	monopointe	2	1							1	
B5	pièce non tranchante	28	16	7		1	10	2	6	5	
	tranchant longitudinal	42	37	9			19	6	7	16	
B6	pièce non tranchante	2	2					1		1	
	tranchant longitudinal	2	2				1	1			
Indét.	tranchant longitudinal	1	1							1	
	Total	173	125	34	34	1	60	20	25	57	

Tabl. 2 – Endommagements d'impact des microlithes étudiés.

*Les enlèvements secondaires (ou *spin-off*) se sont principalement développés sur des fractures transversales nettes et occasionnellement sur des fractures en flexion ou burinantes.

Table 2 – *Impact damages of the studied microliths. *Spin-offs are mostly observed on snap fractures, and occasionally on bending or burinating fractures.*

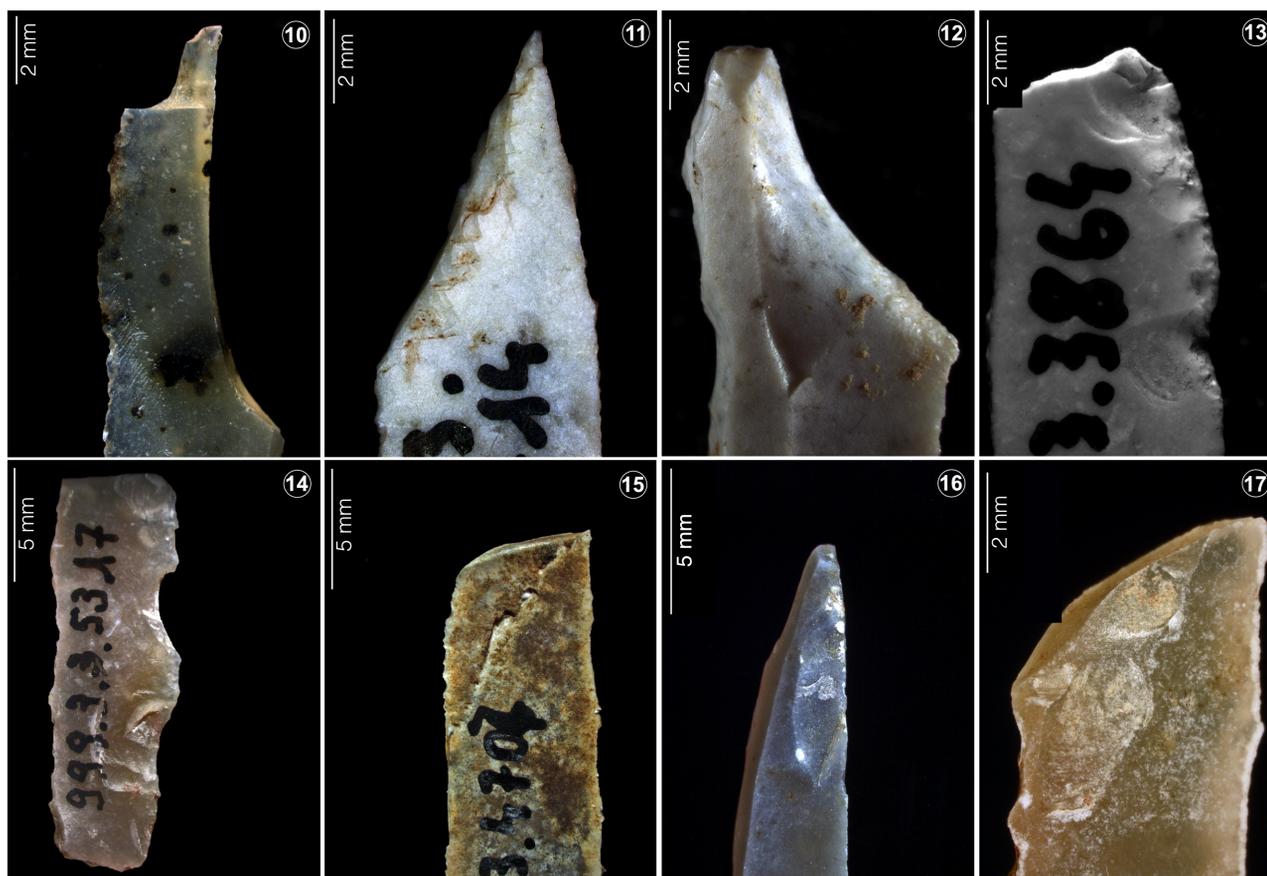
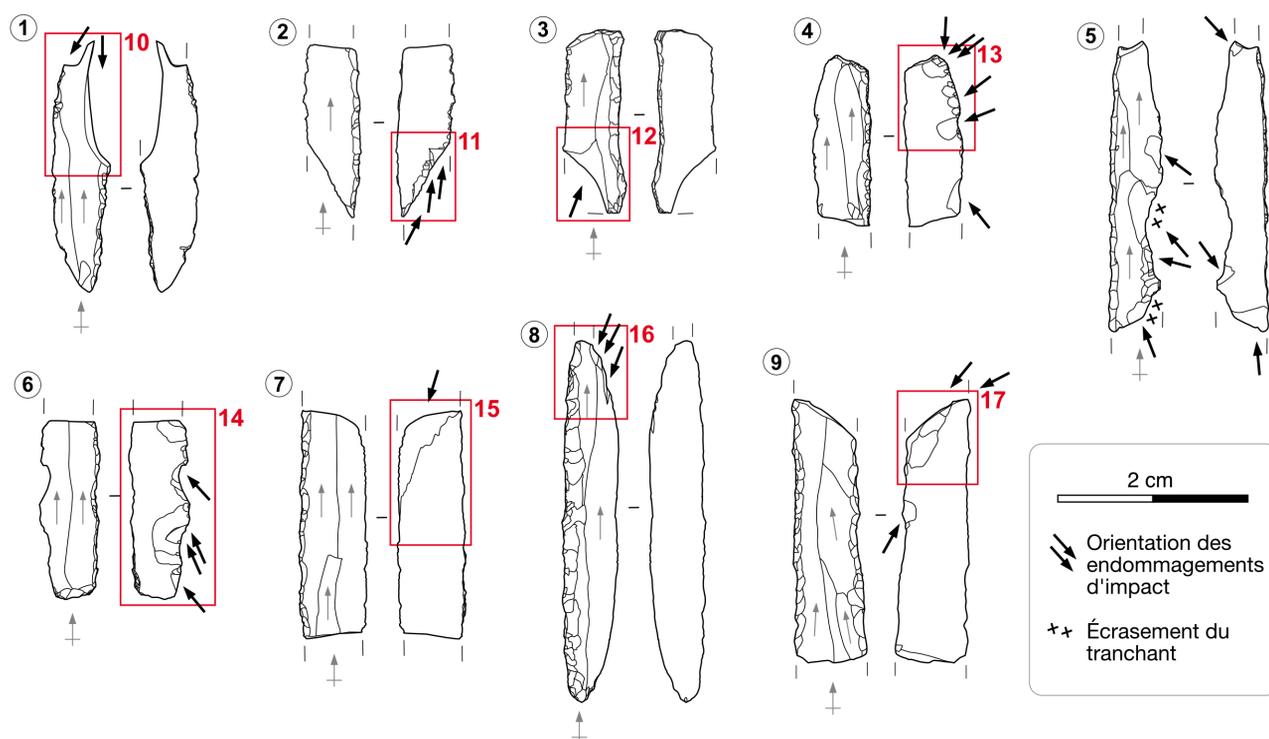


Fig. 6 – Microlithes impactés de la Marche : 1, 2, 3, 5, 7, 8 : lamelle à dos simple ; 4, 6, lamelle à dos tronquée ; 9, lamelle à dos double ; 10, double fracture burinante ; 11, fracture burinante à enlèvements secondaires courts ; 12, fracture en flexion centrée ; 13, 14, 16, esquillements d'impact ; 15, fracture en flexion déjetée ; 17, fracture burinante recoupant une fracture antérieure indéterminée.

Fig. 6 – Impacted microliths from La Marche: 1, 2, 3, 5, 7, 8, simple backed bladelet; 4, 6, truncated backed bladelet; 9, double backed bladelet; 10, double burin-like fracture; 11, burin-like fracture with short spin-offs; 12, centered bending fracture; 13, 14, 16, lateral impact scars; 15, bending fracture that develops laterally; 17, burin-like fracture cutting through an undetermined fracture.

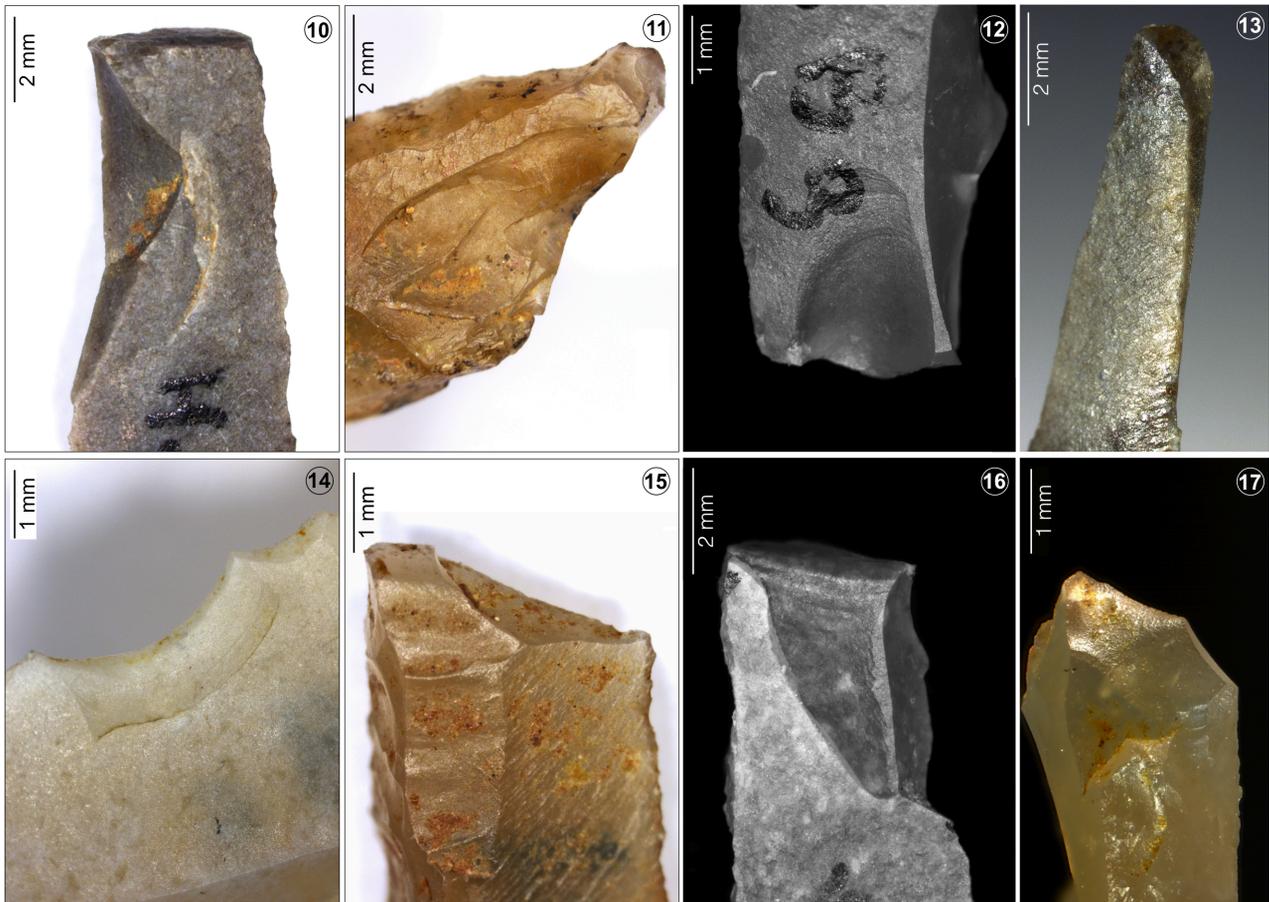
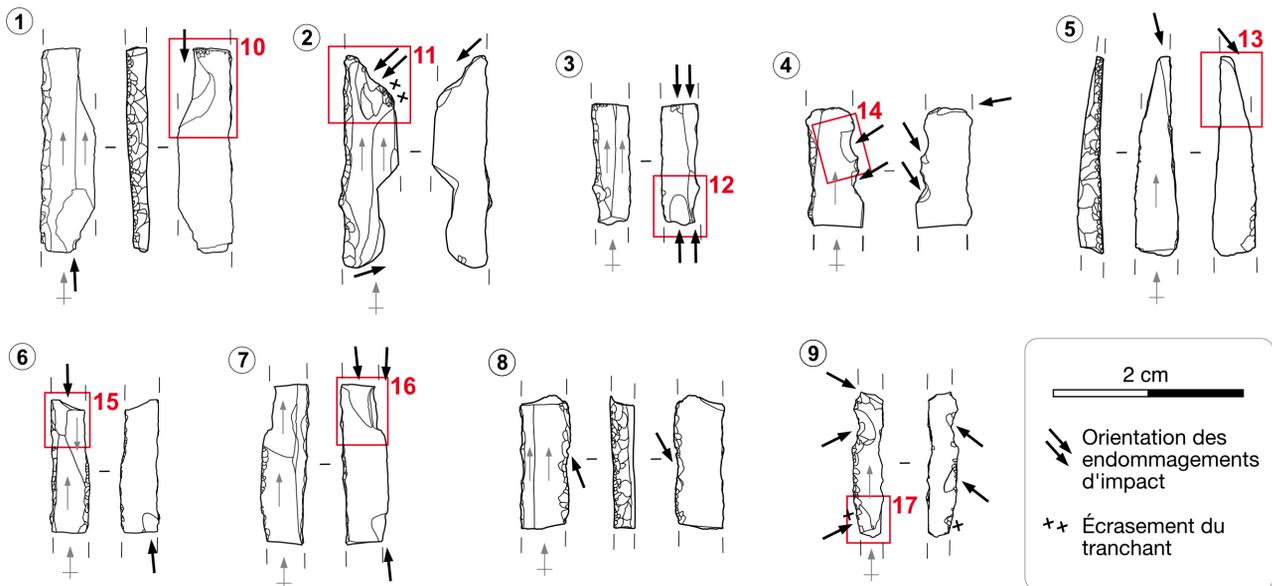


Fig. 7 – Microlithes impactés de la grotte Blanchard : 1, 2, 3, 4, lamelle à dos simple provenant respectivement des couches B4/B5, B5, B3 et B6. 5 ; 7, lamelle à dos double partiel provenant respectivement des couches B6 et B5 ; 6, 8, 9, lamelle à dos double provenant respectivement des couches B4, B5 et B5 ; 10, 12, fracture transversale nette à enlèvement secondaire ; 11, 14, esquillements d'impact ; 13, 17, fracture burinante ; 15, fracture en flexion centrée ; 16, fracture en flexion centrée à enlèvement secondaire.

Fig. 7 – Impacted microliths from the Blanchard cave : 1, 2, 3, 4, simple backed bladelet, respectively from layers B4/B5, B5, B3, and B6. 5 ; 7, partially double backed bladelet, respectively from layers B6, and B5 ; 6, 8, 9, double backed bladelet, respectively from layers B4, B5, and B5 ; 10, 12, snap fracture with spin-off ; 11, 14, lateral impact scars ; 13, 17, burin-like fracture ; 15, centered bending fracture ; 16, centered bending fracture with spin-off.

À la grotte Blanchard (fig. 7), 51 % des pièces portent au moins une fracture diagnostique d'impact et, comme à la Marche, elles sont fréquemment traumatisantes. Les

esquillements d'impact sont présents sur 35 % des pièces et l'une d'entre elles porte un faisceau de stries d'impact à fond rugueux.

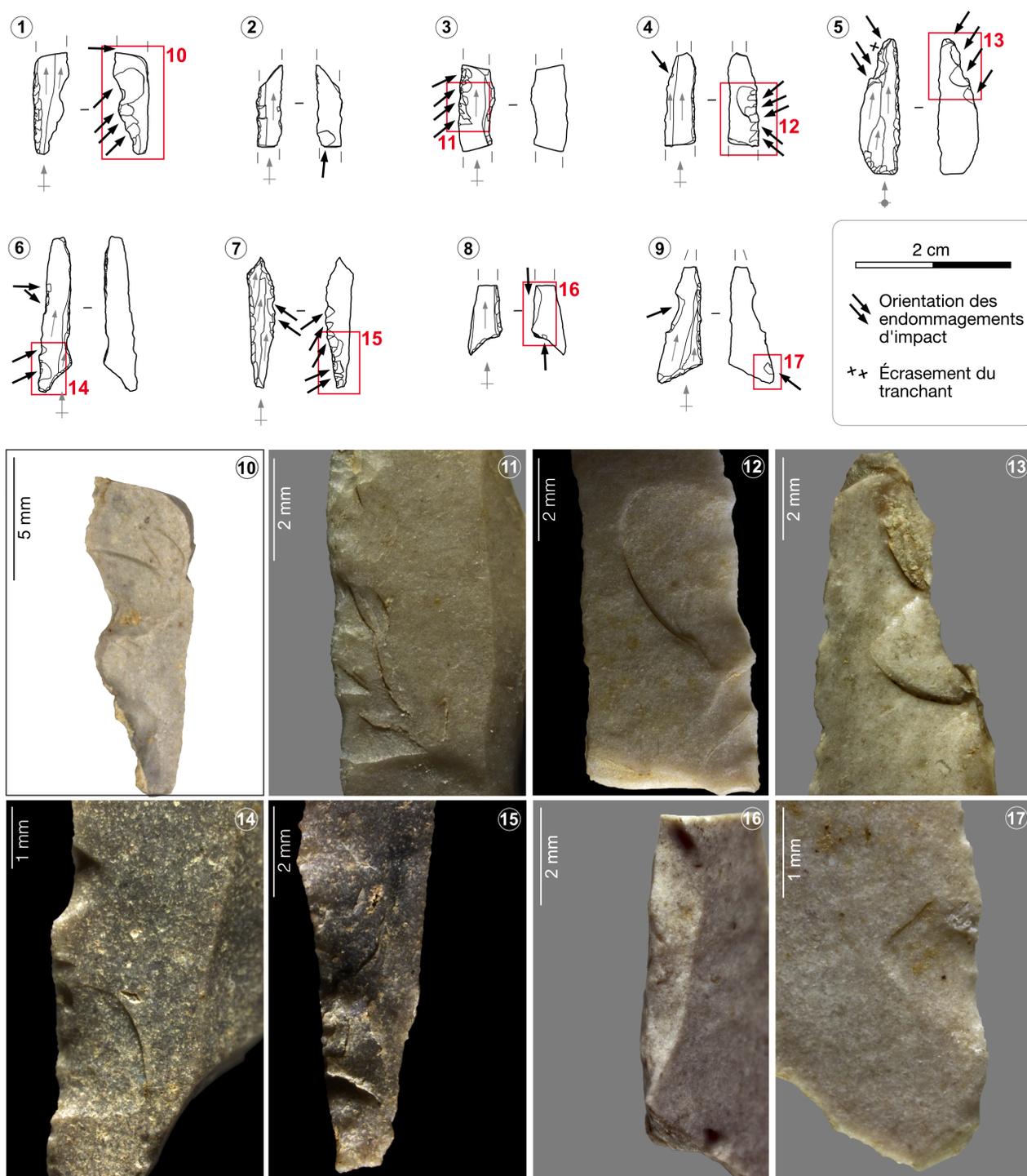


Fig. 8 – Microlithes impactés de la grotte Tastet : 1, 2, 3, 4, 5, lamelles à dos simple provenant respectivement des US 206b, 206b, 206v, 206a et 306 ; 6, 7, 8, 9, triangles scalènes provenant respectivement des US 206a, 206a, 306 et 206a ; 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, esquillements d'impact ; 16, fracture transversale nette à enlèvement secondaire.

Fig. 8 – Impacted microliths from the Tastet cave: 1, 2, 3, 4, 5, simple backed bladelet, respectively from 206b, 206b, 206v, 206a et 306; 6, 7, 8, 9, scalene triangles, respectively from layers 206a, 206a, 306, and 206a; 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, lateral impact scars; 16, snap fracture with spin-off.

À la grotte Tastet (fig. 8), la fréquence d'endommagement des microlithes est moindre du fait de la stratégie d'échantillonnage mise en place (voir supra), mais elle se rapproche davantage des schémas de fracturation expérimentaux. Les microlithes des US 206a et 306 ont ainsi une fracture d'impact dans 2 % des cas et 11 % d'entre eux présentent des esquillements d'impact ; aucune strie

d'impact n'est reconnue. Dans les US 206b et 206v, 11 % des microlithes ont une fracture d'impact et 14 % présentent des esquillements d'impact.

La comparaison de la fréquence et de la spécificité des stigmates d'une catégorie morphotechnique à l'autre montre leur grande homogénéité à l'échelle intra-site (fig. 5, tabl. 2).

Les données des pointes osseuses

La seule étude disponible pour les pointes de Lussac-Angles du site de la Marche est celle de G. Pinçon (1988). Cette étude mêle toutefois des pièces provenant de deux séries, celle du Roc-aux-Sorciers et celle de la Marche ; mais comme ce dernier gisement représente 90 % de l'ensemble (119 pièces sur 132 : Pinçon, 1988, p. 2), nous considérons que les données morphométriques de la totalité de l'échantillon sont assez représentatives de ce second site. Les pointes de Lussac-Angles sont des armatures en bois de cervidé relativement courtes (longueur le plus souvent entre 60 et 80 mm, jusqu'à un maximum de 129 pour une moyenne de 78), dont le calibre est assez réduit (largeur \times épaisseur : en moyenne 11,5 \times 8,5 mm). Elles présentent une base en biseau simple ; le pan du biseau est situé sur la face inférieure du support, ne porte généralement pas de stries d'adhérence et mesure en moyenne 37 mm de long. La section de ces pointes est le plus souvent quadrangulaire, et la partie distale présente la particularité d'être plus épaisse que large, avec une face supérieure plane – ce qui donne à l'extrémité distale un profil souvent décrit comme « tranchant » ou « caréné ». Ces pointes présentent toutes sur leur face supérieure une rainure longitudinale, en moyenne longue de 23 mm et large de 2 mm ; dans la moitié des cas, elle est accompagnée d'une rainure symétrique sur la face inférieure. Les traces d'utilisation des pointes de Lussac-Angles n'ont pas été étudiées. On peut noter que quatre exemplaires expérimentaux en bois de renne, façonnés dans le cadre d'une précédente expérimentation (Pétillon *et al.*, 2011, fig. 6, n° 4), présentaient une masse moyenne de 4,9 g, sans doute légèrement inférieure à celle des pièces archéologiques en raison d'une largeur moindre (Pétillon *et al.*, 2011, tabl. 1).

Depuis les travaux initiaux de J. Allain et ses collaborateurs (Allain et Descout, 1957 ; Allain *et al.*, 1985 ; Allain et Rigaud, 1986, 1992), les pointes osseuses de deux cavités de la Garenne – le Grand Abri et la grotte Blanchard – ont fait l'objet de plusieurs études (Houmard, 2003a, 2003b ; Chauvière et Rigaud, 2005, 2008, 2009 ; Houmard et Jacquot, 2009 ; Rigaud, 2009) dont nous tirons cette synthèse. Ces pointes sont typologiquement diversifiées, avec au moins trois formes d'emmanchement : biseau double, biseau simple et base conique (Allain *et al.*, 1985, p. 101 ; Chauvière et Rigaud, 2009). Les deux derniers types sont minoritaires (respectivement 36 et 13 exemplaires sur 148 déterminables d'après Chauvière et Rigaud, 2009, tabl. 1), ils présentent des calibres relativement homogènes et plutôt fins : en moyenne environ 11 \times 7,5 mm (pour les pointes à biseau simple) et 10 \times 8 mm (pour les pointes à base conique) d'après les données figurées par F.-X. Chauvière et A. Rigaud (2008, graph. 1). Les pointes à biseau double sont plus abondantes (99 exemplaires sur 148 déterminables d'après Chauvière et Rigaud, 2009, tabl. 1), leurs dimensions sont plus variées et peuvent être très importantes : J. Allain et ses collaborateurs (1985, p. 94) évoquent des longueurs pouvant atteindre 300 mm et des sections pouvant dépasser

2 cm² ; de fait, les données figurées par F.-X. Chauvière et A. Rigaud (2008, graph. 1) permettent de calculer un calibre moyen d'environ 15 \times 10,5 mm pour les pointes de ce type. D'après J. Allain et ses collaborateurs (1985, p. 94), sur ces pièces, le biseau double est généralement court (de 15 à 30 mm) et porte des stries d'adhérence, tandis que la face inférieure de la partie mésio-distale est « parfois creusée d'une profonde rainure ». C. Houmard (2003a, p. 94) confirme, pour ces rainures, une position très généralement sur la face inférieure (131 cas sur 158), et rapporte des longueurs variant de 46 à 207 mm (moyenne 111,5) pour une largeur de 2 à 8,5 mm (moyenne 4,6) et une profondeur de 0,5 à 3 mm (moyenne 1,2). De nombreuses pointes osseuses de la Garenne présentent des traces compatibles avec une utilisation comme projectile (fractures en languette notamment). La réfection de la partie distale après fracture et le recyclage de pointes endommagées pour un usage en outil intermédiaire sont également attestés (Houmard, 2003a, p. 80-88 ; Chauvière et Rigaud, 2005, 2008, 2009).

Dans le MMR de la grotte Tastet, les rares pointes typologiquement déterminables proviennent toutes des US du secteur intérieur (305 à 309). Il s'agit de trois fragments de pointes à biseau simple en bois de cervidé présentant des dimensions de 67 \times 8 \times 6,5 mm (fig. 9, n° 3), 77 \times 10 \times 10 mm (fig. 9, n° 2) et 90 \times 9,5 \times 10 mm (fig. 9, n° 1). Leur longueur originelle est difficile à estimer mais pourrait se situer entre une dizaine de centimètres (pour la pièce n° 3, qui a été réaffûtée) et une quinzaine de centimètres (pour les pièces n° 1 et 2). Situé sur la face inférieure du support, le pan de leur biseau mesure entre 26 et 43 mm (le plus court étant amputé de quelques millimètres) ; ce biseau présente, dans un cas, des stries d'adhérence dessinant un motif approximativement losangique (fig. 9, n° 2), tandis que, dans un autre cas, c'est la face supérieure de la partie proximale qui porte deux incisions longitudinales parallèles (fig. 9, n° 1). La section de ces pointes est arrondie (ovale ou circulaire selon les cas) ; elles ne présentent aucune rainure longitudinale. Nous y joignons une quatrième pièce présentant également une extrémité biseautée, mais dont les dimensions très différentes (un biseau très court, 14 mm ; une section très aplatie, 11 \times 5 mm, et de forme plutôt plan-convexe) signalent un sous-type distinct, voire peut-être une autre détermination typologique (outil plutôt qu'armature ? fig. 9, n° 4). Les trois premières pièces présentent, à l'extrémité distale, un endommagement compatible avec une utilisation comme armature de projectile : esquille (pièce n° 3) et fractures en languette (pièces n° 1 et 2). Il s'agit vraisemblablement de pointes rapportées sur le site à l'extrémité d'une hampe de projectile, à l'issue d'un épisode de chasse, et démanchées en vue d'être remplacées. L'état des extrémités de la pièce n° 1 indique un probable recyclage comme outil intermédiaire (l'extrémité distale de la pointe étant utilisée comme plan de frappe, et le biseau comme partie active). La fracture de la quatrième pièce est post-dépositionnelle. Signalons enfin que ces pointes de projectile « monobloc » (au sens de Rigaud, 2006) voisinent avec trois fragments de baguettes demi-rondes provenant des US 206a



Fig. 9 – Pointes à biseau simple du Magdalénien moyen récent de la grotte Tastet : 1 et 3, US 309 ; 2 et 4, US 306.

Fig. 9 – Single-bevelled points from the Late Middle Magdalenian of the Tastet cave: 1 and 3, stratigraphic unit 309; 2 and 4, stratigraphic unit 306.

et 308. Dépourvues d'aménagements de surface, ces trois pièces sont interprétées comme des éléments d'armatures bivalves (également au sens de Rigaud, 2006), mais leur état de conservation et leur degré de fragmentation ne permettent que difficilement de reconstituer la morphométrie des armatures complètes, même si on peut estimer que leur diamètre se situait autour de 10-12 mm.

Vers une restitution du design des projectiles

L'endommagement des armatures lithiques varie selon un ensemble de paramètres, en particulier leur position sur les projectiles, c'est-à-dire leur orientation et leur distance par rapport au point d'impact. Ces éléments conditionnent l'orientation et l'intensité des forces subies par les armatures ; ces forces conditionnent elles-mêmes le taux et la spécificité d'endommagement des microlithes. L'analyse des endommagements d'impact et la comparaison avec les référentiels expérimentaux peuvent donc permettre de restituer la position des armatures. Cette dernière peut être latérale (microlithe à distance de la pointe pénétrante), disto-latérale (à proximité immédiate de la pointe pénétrante) ou axiale (en pointe).

Position des lamelles

Les dimensions réduites des microlithes impliquent leur emmanchement pour fonctionner en armature de

projectile et deux éléments suggèrent que leur dos était la partie fixée aux projectiles :

Les esquillements d'impact sont localisés sur le tranchant brut ou égrisé, parfois sur toute sa longueur. Ce bord subissait donc la plupart des forces d'impact et était vraisemblablement opposé à la zone emmanchée, en l'occurrence le dos.

Par ailleurs, une partie des lamelles présente des résidus en quantité parfois importante, composés d'oxyde de fer dont la couleur est rouge, brun-orangé ou orangée (38 % des lamelles de la Marche et 3 % à la grotte Blanchard). La localisation préférentielle de ces résidus sur le dos ou à proximité du dos est cohérente avec l'hypothèse selon laquelle cette zone était adossée au projectile.

L'orientation des stigmates d'impact indique que les forces subies par les armatures s'exerçaient dans la longueur des lamelles : les fractures diagnostiques d'impact sont proximales et/ou distales et se développent vers l'une et/ou l'autre des extrémités, le plus souvent parallèlement aux bords latéraux. Les esquillements d'impact développés sur le tranchant brut ou égrisé sont généralement obliques à ce bord. Les rares stries d'impact (dont incertaines) sont parallèles à l'axe de débitage et parallèles aux tranchants latéraux. L'orientation de ces usures renvoie aux positions dans lesquelles le dos de l'armature est parallèle à l'axe du projectile.

Le tranchant dilacérant des lamelles placées latéralement et disto-latéralement absorbe des contraintes

mécaniques importantes à l'impact, c'est pourquoi les taux d'esquillements latéraux sont si élevés sur le matériel expérimental (Pignat et Plisson, 2000 ; Chesnaux, 2014 ; Gauvrit Roux *et al.*, 2020). Ce type d'endommagement est bien plus rare lorsque les microlithes sont positionnés axialement, car c'est alors la pointe perforante qui absorbe la plupart des forces d'impact. Dans ce cas, le bord brut des tranchants longitudinaux, doubles-pointes tranchantes et monopointes tranchantes peut dilacérer la proie lors de la pénétration du projectile. Le fort taux de microlithes à dos double observé à la grotte Blanchard questionne alors, puisque la retouche et l'égrisage atténuent le potentiel dilacérant des projectiles. Deux hypothèses peuvent être avancées pour expliquer le rôle de l'égrisage des tranchants non emmanchés : une recherche de régularité des bords ou une recherche de robustesse (Pelegrin, 2004 ; Chesnaux, 2014). Pour la grotte Blanchard, l'aménagement de lamelles à dos double a indéniablement accru la robustesse des tranchants dilacérants, puisqu'ils sont bien moins souvent esquillés lors de l'impact lorsqu'ils sont retouchés (26 %) que lorsqu'ils sont bruts (40 %). Cette recherche de robustesse fait sens dans le cas d'armatures lithiques placées latéralement ou disto-latéralement car leur fin tranchant dilacérant constitue une partie vulnérable des microlithes.

Les taux de fracture et d'esquillement élevés de la Marche et de la grotte Blanchard doivent être considérés avec précaution lorsqu'il s'agit de définir la position des armatures, puisque le corpus a été spécifiquement choisi en fonction des stigmates d'usure macroscopiques n'ayant pas été quantifiés sur les milliers d'autres lamelles non sélectionnées. Les taux d'endommagement des microlithes provenant des US 206b et 206v de la grotte Tastet ne sont pas non plus intégrés à cette réflexion car le corpus est à ce jour trop réduit pour que les données soient pertinentes. En revanche, dans les US 206a et 306 de ce même site, où le corpus est conséquent et où nous avons mis en place un échantillonnage sans sélection fonctionnelle, nous pouvons observer que le taux d'esquillement latéral des tranchants longitudinaux (9 %) et des doubles-pointes (15 %) est proche de celui observé expérimentalement, qui varie entre 6 % (Chesnaux, 2014) et 37 % (Gauvrit Roux *et al.*, 2020) sur les inserts latéraux et est de 2 % pour les inserts disto-latéraux (Chesnaux, 2014). Le taux de fracturation diagnostique des tranchants longitudinaux (1 %) et des doubles-pointes (4 %) de cet ensemble est également proche du taux expérimental, qui varie de 0 % (Chesnaux, 2014) à 6 % (Gauvrit Roux *et al.*, 2020) sur les inserts latéraux et est de 5 % pour les armatures disto-latérales (Chesnaux, 2014)⁵.

Ces différents éléments concourent à montrer que les microlithes des trois ensembles archéologiques, toutes catégories morphotechniques comprises, étaient vraisemblablement positionnées latéralement ou disto-latéralement. Dans ce cadre, les monopointes et doubles-pointes tranchantes pouvaient jouer le rôle de lamelle de tête puisque leur extrémité aiguë pouvait faciliter la pénétration du projectile dans la proie (Pétillon *et al.*, 2011). Les schémas d'endommagement expérimentaux des arma-

tures latérales et disto-latérales sont particulièrement proches et de nombreux paramètres taphonomiques et techno-économiques peuvent altérer les taux de fracturation en contexte archéologique. Nous estimons donc qu'il n'est pas possible de différencier ces deux positions sur le matériel archéologique sans l'apport de données complémentaires, provenant en particulier de l'industrie osseuse.

Les lamelles à dos étaient-elles fixées aux pointes osseuses ?

D'un côté, nous avons des pointes osseuses magdaléniennes présentant des endommagements comparables à ceux obtenus expérimentalement lors de leur utilisation en pointe de projectile (e.g. Pétillon *et al.*, 2016). D'un autre côté, l'analyse fonctionnelle des microlithes magdaléniens montre qu'ils ont surtout servi en armature de projectile (Symens, 1986 ; Ibáñez Estévez, 1993 ; Sano, 2009 ; Christensen et Valentin, 2004 ; Taller *et al.*, 2012 ; Clemente Conte *et al.*, 2017 ; Jacquier *in* Langlais *et al.*, 2019), bien que ces outils ne présentent pas de trace d'emmanchement. Comment peut-on alors lier les productions osseuses et lithiques ? Deux sites magdaléniens livrent d'exceptionnelles pièces en bois de renne armées de microlithes ou de fragments de microlithes positionnés latéralement : un fragment de baguette recyclé à la grotte Blanchard (Allain et Descout, 1957 ; Rigaud, 2009) et une pointe à Pincevent (Leroi-Gourhan, 1983). Ces exemplaires montrent que l'utilisation des pointes osseuses est, au moins en partie, liée à celle des microlithes et que les rainures aménagées dans la longueur des pointes osseuses sont liées à la fixation latérale des microlithes. Cela permet 1) de lier le fonctionnement des centaines de pointes en bois de renne rainurées à l'utilisation de projectiles composites armés de lamelles à dos, sans pour autant exclure l'hypothèse de l'utilisation de pointes végétales et de pointes osseuses non rainurées, et 2) de proposer que les lamelles étaient, au moins pour partie, positionnées latéralement.

Différentes modalités d'application des forces à l'impact

Nous avons vu qu'il existe une homogénéité des schémas de fracturation entre catégories morphotechniques à l'échelle intra-site, toutefois, à l'échelle inter-sites, il existe des différences d'endommagement significatives : en dépit de la grande proximité technologique et morphologique des lamelles des trois ensembles, les spécificités des stigmates d'impact sont très variables selon les ensembles (fig. 5, tabl. 2). À la Marche, les fractures à initiation en flexion dont la longueur est supérieure à 2 mm sont les fractures d'impact les plus fréquentes, suivies des fractures burinantes. À la grotte Tastet, les fractures en flexion dominent parmi le petit nombre de fractures diagnostiques. En revanche, dans toutes les couches d'occupation de la grotte Blanchard considérées, les fractures transversales à enlèvements secondaires faciaux ou burinants dont la longueur est supérieure à 2 mm sont de loin

les plus nombreuses. Les différences observées entre ces ensembles renvoient à des modalités distinctes d'application des forces lors de l'impact.

DISCUSSION

Économie de l'armement de chasse

L'outillage lamellaire est géré de façon très différente de l'outillage laminaire et des pointes osseuses. Les lames font l'objet de cycles d'utilisation longs et plusieurs stratégies sont mises en œuvre pour prolonger la durée de vie de ces supports ou de certains tranchants : ravivage, recyclage, réutilisation, multiplication des zones d'utilisation, aménagement d'outils doubles, possiblement fracturation et réaménagement des outils (Gauvrit Roux, 2019a, 2019b, 2022).

Ces stratégies ne sont pas reconnues sur les microlithes de la Marche, de la grotte Blanchard et de la grotte Tastet, où seuls des spécimens isolés témoignent d'une réfection ponctuelle d'armatures endommagées à l'impact. De façon générale, il semble que les microlithes soient rarement entretenus mais plutôt remplacés et utilisés spécifiquement pour la chasse, ne déviant pas (ou peu) de ce fonctionnement. La gestion contrastée des outils laminaires et lamellaires peut être liée à des aspects économiques (i.e. utilisation des supports plus ou moins intensive selon le coût de transport des différents gabarits de modules de silex débités, la plupart étant d'origine allochtone) et aux exigences ergonomiques très strictes pour obtenir un équipement de chasse performant (e.g. pointe perforante, pointe de rétention et tranchant dilacérant devant être réguliers et affûtés).

Bien qu'à la grotte Tastet la proportion de pièces avec des endommagements d'impact soit proche des modèles expérimentaux, elle ne correspond pas nécessairement à une panoplie de microlithes remplacés au retour de la chasse. Les données technologiques (Langlais et Pétillon, 2019) montrent qu'au moins une partie de la production lamellaire a lieu sur place et il est par conséquent probable qu'une partie des microlithes soient des pièces abandonnées après production, c'est-à-dire non sélectionnées pour l'utilisation. Le faible taux de microlithes portant des endommagements d'impact à la grotte Tastet peut ainsi révéler à la fois la faible longévité des microlithes (i.e., des microlithes utilisés mais non endommagés peuvent être remplacés) et leur surproduction en prévision des besoins futurs (i.e., abandon sur place de dizaines de microlithes non sélectionnés pour l'utilisation).

Les activités liées à la fabrication et à l'entretien/réfection partielle des projectiles composites occupent une place importante dans les deux ensembles archéologiques. La longévité des inserts de microlithes et des pointes osseuses diffère fortement car ces dernières s'endommagent rarement à l'impact et que leur confection requiert un temps de travail bien plus conséquent. L'industrie osseuse de la grotte Blanchard a ainsi livré des témoignages de réfection d'objets endommagés et

plusieurs éléments (déchets de fabrication, supports) de la grotte Blanchard et de la grotte Tastet attestent la confection sur place de pointes de projectiles osseuses (Houmard, 2003a, 2003b ; Chauvière et Rigaud, 2005, 2008, 2009 ; Rigaud, 2009). Bien que les données technologiques pour les pointes de la Marche fassent défaut, il semble que nous nous trouvions face à une situation analogue à celle du Magdalénien supérieur d'Isturitz (Pétillon, 2006 ; Pétillon et Letourneux, 2007), à savoir : des projectiles rapportés sur les sites après les épisodes de chasse, dont les armatures lithiques et osseuses endommagées étaient remplacées le cas échéant. L'accumulation d'armatures lithiques endommagées par l'impact et de pointes osseuses indique que ces sessions d'entretien des armes de chasse étaient récurrentes. La forte normalisation des pointes (e.g., morphotype de Lussac-Angles, de la Garenne, pointes courtes à biseau simple du Magdalénien moyen récent) et des lamelles (e.g. lamelles à dos à base tronquée, triangles scalènes) devait alors permettre aux différents éléments des projectiles composites d'être interchangeable.

Unité et variations de l'équipement de chasse

Les techniques de production des lamelles à dos (Jacquot et Taylor, 2009 ; Airvaux *et al.*, 2012 ; Gauvrit Roux, 2019 ; Langlais et Pétillon, 2019), leur gestion, leur morphologie, leurs propriétés morphotechniques ainsi que l'orientation et la distribution des endommagements varient peu d'un ensemble à l'autre. Seules les spécificités des fractures d'impact diffèrent nettement. Plusieurs options non exclusives sont envisagées pour expliquer cette variabilité inter-sites : cela peut être le reflet de différences de modes de propulsion (e.g. propulseur, arc, lancer à la main), des propriétés physiques des projectiles (e.g. masse, longueur, équilibre) ou de modalités d'emmanchement des armatures (e.g. juxtaposition ou non, propriétés des colles d'emmanchement, ligature ou non). Les contextes analysés livrent une riche industrie osseuse devant être intégrée à une réflexion systémique visant à cerner les causes possibles de ces variations fonctionnelles inter-sites.

Des modes de propulsion différents ?

Le propulseur est attesté au Magdalénien moyen et la Garenne livre deux exemplaires de tête de propulseur de type 2a. L'un d'eux provient de la grotte Blanchard (c. B5), l'autre d'une cavité indéterminée du coteau de la Garenne. Ils comptent parmi les plus anciens exemplaires de propulseurs (Cattelain, 1978 ; Cattelain et Pétillon, 2015 ; Cattelain, 2017). Toutefois, rien ne prouve que l'usage du propulseur était exclusif au Magdalénien moyen. La question de l'utilisation conjointe de l'arc est en effet posée dès l'émergence des microlithes et hypermicrolithes gravettiens (Cattelain, 1994, 1997 ; Hays et Surmely, 2005 ; Chesnaux, 2020). Le registre ethnographique montre que les projectiles tirés au propulseur sont généralement plus longs et plus lourds que ceux tirés à

l'arc, et présentent un diamètre supérieur. Les dimensions des armatures ne sont toutefois pas nécessairement indicatrices du type de propulsion, car une large zone de recouvrement existe entre les gabarits des têtes de projectiles tirés à l'arc et ceux des armatures de sagaies lancées au propulseur (Cattelain, 1994). Les pointes de Lussac-Angles, les pointes à biseau simple du MMR de la grotte Tastet et les pointes les plus fines parmi celles des cavités de la Garenne (pointes à biseau simple et pointes à base conique) font ainsi partie des armatures pouvant potentiellement équiper les deux types de projectile. Seules les grandes pointes à biseau double des cavités de la Garenne, dont le calibre peut largement dépasser le centimètre carré et dont la masse peut être estimée à plusieurs dizaines de grammes (par comparaison avec Pétillon *et al.*, 2011, tabl. 1), paraissent trop imposantes pour avoir été montées sur des flèches tirées à l'arc : elles renvoient à des projectiles lourds, lancés à la main ou au propulseur.

La comparaison des endommagements provoqués par le tir à l'arc et au propulseur de pointes de la Gravette emmanchées axialement indique que les fractures sont généralement plus longues lors des tirs à l'arc et que les armatures portent plus souvent plusieurs endommagements diagnostiques au tir au propulseur qu'au tir à l'arc (Cattelain et Perpère, 1996). La longueur moyenne des fractures est de 3,4 mm à la Marche (pour 118 fractures mesurées, hors fractures transversales nettes, indéterminées et fraîches), de 3,6 mm à la grotte Blanchard (pour 172 fractures mesurées) et de 0,7 mm dans les US 206a et 306 la grotte Tastet (pour 50 fractures mesurées). À la Marche, 11 % des lamelles à dos portant des usures diagnostiques d'impact ont plusieurs types d'endommagements (fracture proximale, fracture distale, esquillements, stries), contre 19,7 % à la grotte Blanchard et 0,8 % à la grotte Tastet (rappelons que pour ce dernier ensemble et contrairement aux deux autres, la stratégie d'échantillonnage n'est pas centrée sur les pièces portant des usures fonctionnelles, c'est pourquoi le taux d'endommagement multiple et les longueurs des fractures sont moins importants). De nombreux paramètres peuvent avoir influencé ces différences somme toute peu marquées, comme la fréquence de l'impact contre l'os ou le sol ou bien le type de montage des microlithes. À ce stade des développements méthodologiques, l'hypothèse de variations des modalités de propulsion ne peut donc être vérifiée.

Des designs de projectiles différents

Sans écarter l'hypothèse d'une variation des modalités de propulsion, nous proposons que les différences de spécificités d'endommagement soient davantage liées à une combinaison entre différences de morphologie des pointes de projectile et modalités de fixation des armatures lithiques.

La distinction entre le Magdalénien à navettes, celui à pointes de Lussac-Angles et les traditions du Magdalénien moyen récent repose en partie sur les différences morphologiques des pointes osseuses. Notons que les pointes de Lussac-Angles ne sont pas les seules pointes

représentées à la Marche (Astier, com. pers.) ou dans les autres sites associés à la tradition à pointes de Lussac-Angles ; cette variabilité intra-site est encore mal connue dans le Centre-Ouest. Néanmoins, les principales différences inter-sites renvoient à des variations de longueur des pointes, à la présence et la longueur des rainures, et aux modalités de fixation de la pointe à la hampe (i.e. biseau simple ou double, longueur des biseaux) et des armatures lithiques à la pointe (i.e. longueur et profondeur des rainures). Bien que les rainures ne soient pas nécessaires à la fixation de microlithes aux pointes osseuses, ces aménagements peuvent guider une réflexion quant au design des projectiles.

Les pointes à biseau simple de type Lussac-Angles ont des rainures aménagées au moins sur une face, et sur les deux faces dans la moitié des cas. La longueur moyenne de ces rainures (23 mm pour celles de la face supérieure : Pinçon, 1988) correspond à la longueur moyenne des microlithes de la Marche (25 mm en moyenne pour un mode de 23 mm). Bien que les plus petites lamelles soient susceptibles d'être sous-représentées du fait de l'ancienneté des fouilles de la Marche et que les longueurs moyennes indiquées soient de ce fait probablement légèrement majorées, les rainures des pointes de Lussac ne peuvent, le plus souvent, accueillir qu'une seule lamelle (fig. 10).

Les pointes de la Garenne sont en revanche plus longues : C. Houmard (2003a, p. 101) indique une longueur moyenne de 161,5 mm pour les 16 exemplaires entiers portant des rainures. Ces rainures, généralement présentes sur la face inférieure des pointes, sont plus ou moins profondes et sont longues (111,5 mm en moyenne : Houmard, 2003a, p. 94). Elles peuvent ainsi potentiellement accueillir plusieurs lamelles juxtaposées, puisque la longueur des microlithes retouchés est de 16 mm en moyenne avec un mode de 12 mm. Cela coïncide avec l'exemplaire de baguette en bois de renne découvert à la grotte Blanchard, dont la longue rainure présente des fragments d'éléments lithiques répartis sur presque toute sa longueur (Allain et Descout, 1957 ; Rigaud, 2009).

Les pointes à biseau simple de la grotte Tastet sont vraisemblablement d'une longueur intermédiaire entre celles des deux autres sites, et leur calibre les rapproche des pointes de Lussac-Angles. L'absence de rainure peut renvoyer à de multiples modalités de fixation des microlithes : position disto-latérale et/ou latérale, armatures multiples ou isolées, une ou plusieurs rangées d'armatures, symétrie ou non des rangées d'armatures, combinaison de plusieurs types de microlithes sur un même projectile... (fig. 10). L'analyse tracéologique devra être étendue à d'autres contextes du Magdalénien pyrénéen livrant à la fois des lamelles à dos simple et des triangles scalènes, comme Peyre Blanque en Ariège ou le Bignalats dans les Pyrénées-Atlantiques (Pétillon *et al.*, 2015 ; Langlais et Pétillon, 2019), afin de déterminer si les tranchants longitudinaux et les doubles-pointes avaient des positionnements différents sur les projectiles et avaient donc des finalités distinctes ou non, et si nous pouvons percevoir des différences fonctionnelles entre les phases

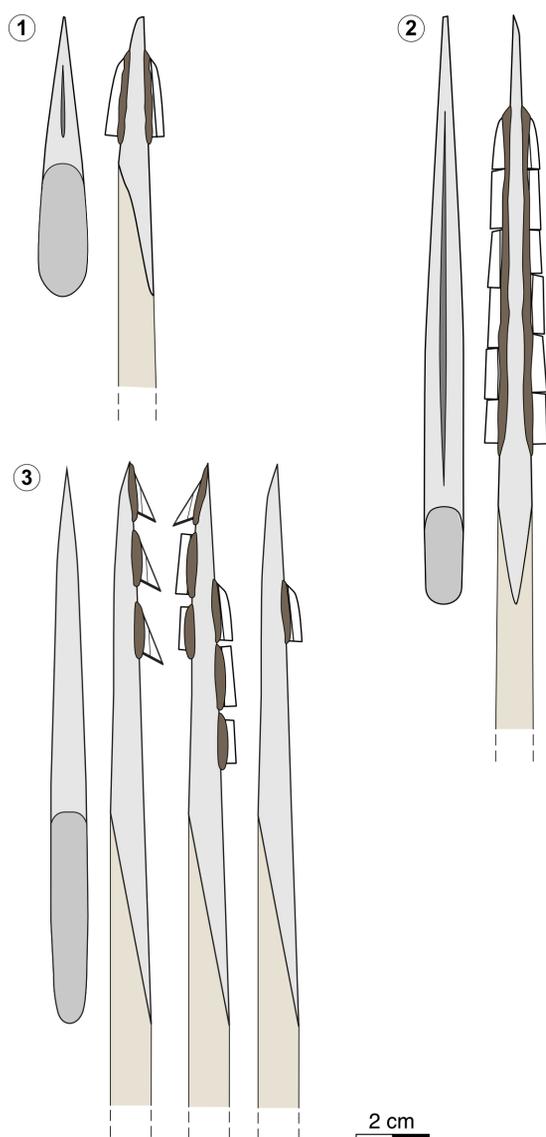


Fig. 10 – Proposition de reconstitution de têtes de projectiles composites : **1**, pointe de Lussac-Angles rainurée armée de deux lamelles à dos isolées ; **2**, pointe à biseau double rainurée de la Garenne armée de deux rangées de lamelles à dos juxtaposées, une dans chaque rainure ; **3**, exemples d'emmanchements possibles pour différents types de lamelles à dos fixées aux pointes osseuses sans rainures de la grotte Tastet.

Fig. 10 – *Hafting hypotheses of composite projectiles: 1, Lussac-Angles point hafted with two isolated backed bladelets in each slot; 2, double-bevelled point from La Garenne hafted with two ranks of juxtaposed backed bladelets, one in each slot; 3, examples of possible hafting hypotheses for different types backed bladelets fixed to the unslotted points of Tastet cave.*

anciennes et récentes du Magdalénien moyen dans les Pyrénées.

Les variations de design des projectiles sont cohérentes avec les différences de schémas de fracturation des lamelles : à la grotte Blanchard, la forte proportion de lamelles à fracture à enlèvement secondaire dont la longueur est supérieure à 2 mm indique l'exercice de forces dans la longueur des supports dans le cadre d'une fixation axiale ou, plus vraisemblablement ici (voir *supra*), d'une

fixation latérale ou disto-latérale avec juxtaposition des lamelles. Les lamelles ainsi positionnées s'entrechoquent à l'impact et c'est alors que se développent les fractures à enlèvement secondaire (Fischer *et al.*, 1984 ; Chesnaux, 2014). Ce type d'endommagement est rare à la Marche et à la grotte Tastet, indiquant que les armatures lithiques n'étaient pas soumises aux contraintes de l'emmanchement axial ou de la juxtaposition des lamelles. Comme nous venons de le voir, c'est également ce que suggère la morphologie des pointes de Lussac-Angles où une seule lamelle était probablement insérée par rainure (fig. 10). Par extension, on peut supposer un type de montage similaire sur le modèle de pointe courte de la grotte Tastet (fig. 9, n°3).

Moteurs potentiels des variations de l'armement

Les variations inter-sites de conception de l'équipement de chasse peuvent relever de causes multiples, combinées et imbriquées dans un système technique complexe (fig. 1 et Costamagno *et al.*, 2019). Elles peuvent être liées à des facteurs environnementaux tels que le couvert végétal et le climat, la topographie, la saison, l'éthologie et la disponibilité du gibier. Ces éléments peuvent par exemple influencer la masse et la longueur des projectiles, les modalités de propulsion ou les techniques d'approche (Testart, 1984 ; Cattelain, 1994). Les données disponibles ne permettent pas d'évaluer l'influence de paramètres environnementaux et archéozoologiques sur la variabilité inter-sites. Les pointes de Lussac-Angles et les pointes à biseau double du Magdalénien à navettes se retrouvent en effet dans des contextes environnementaux variés : elles sont notamment identifiées dans les plaines et vallées ouvertes de steppe ou de steppe-toundra du Centre-Ouest et de l'embouchure de la Garonne, et dans collines des pré-Pyrénées et des contreforts occidentaux du Massif central. Les lamelles à dos tronquées et les triangles scalènes du type documenté à la grotte Tastet sont également identifiés dans des environnements variés de plaine ou de colline en France et en Espagne (Langlais, 2007a ; Airvaux *et al.*, 2012 ; Pétilion *et al.*, 2015 ; Sécher, 2017 ; Langlais et Pétilion, 2019) et en association avec des ensembles fauniques témoignant d'objectifs de chasse parfois différents (e.g., chasse centrée sur le renne, le cheval, l'antilope saïga, les bovinés...). Les spectres fauniques des ensembles analysés sont par ailleurs diversifiés et dominés par le renne et le cheval (Pradel, 1980 ; Bayle *et al.*, 2009 ; Costamagno et Birouste, 2018), tandis que pour chaque site le design des armes est différent. Il ne semble donc pas y avoir de covariation entre la morphologie des pointes de projectile et des microlithes et le contexte environnemental ou les principaux objectifs des chasses (Langlais *et al.*, 2012 ; Costamagno *et al.*, 2016).

Les différences de design des armes de chasse pourraient être liées à une volonté de modifier les propriétés mécaniques des projectiles. En effet, le potentiel d'endommagement au gibier est probablement différent pour les projectiles des trois ensembles : la juxtaposition de

plusieurs lamelles le long des pointes osseuses proposée pour la grotte Blanchard a pour effet d'accroître la longueur de tranchant dilacérant, ce qui pourrait influencer les dommages causés à la cible en termes de profondeur de pénétration et de largeur de dilacération (Pétillon *et al.*, 2011 ; Chesnaux, 2014). Ainsi, « il est probable qu'ajouter des armatures latérales permette de créer davantage de blessures secondaires (déchirures successives) » (Chesnaux, 2014, p. 169). L'égrisage occasionnel du tranchant des lamelles de la grotte Blanchard peut néanmoins atténuer les dommages à la cible et potentiellement contrebalancer en partie l'effet de l'accroissement de la longueur de tranchant dilacérant ; l'effet de ces deux paramètres (égrisage et nombre de lamelles latérales) sur l'efficacité des projectiles reste toutefois mal connu et méritera de nouveaux développements méthodologiques. À la Marche, si une seule lamelle est insérée dans les rainures des pointes de Lussac-Angles, le tranchant dilacérant est plus court qu'à la grotte Blanchard et les dommages causés à la cible pourraient être moins importants. Les doubles-pointes de la grotte Tastet sont composées de plusieurs parties agissantes pouvant à la fois dilacérer, perforer et jouer un rôle de rétention, ce qui contraste profondément avec le modèle répandu des lamelles à dos simple, dont la partie agissante se limite habituellement à un tranchant longitudinal dilacérant. Des développements expérimentaux visant à mieux cerner le design et l'efficacité de l'armement de chasse du Magdalénien pyrénéen sont en cours dans le cadre de la fouille de la grotte Tastet (Gauvrit Roux *et al.*, 2021).

Enfin, dans le Centre-Ouest, les différences de design de projectiles pourraient correspondre à des styles techniques distincts. Cette proposition rejoint les observations faites pour d'autres productions matérielles : les parures en partie distinctes entre les traditions à navettes et à pointes de Lussac-Angles (Taborin et Tymula, 2009 ; Granger et Airvaux, 2010 ; Peschoux, 2017 ; Peschoux *et al.*, 2017) et les gravures et sculptures de figures humaines (Fuentes, 2010, 2013) montrent en effet que les manières de se représenter et de paraître sont aussi différentes. Si l'archéologie ne permet pas de définir à quoi correspondent les différents styles d'armes, de parure ou d'art dans les sociétés magdaléniennes (e.g., entités culturelles distinctes, refus/acceptation de transfert technique, statut des sites... ; Cleuziou, 1984), ces données soulignent bien que la diversité régionale et chronologique du Magdalénien s'exprime dans de multiples domaines et que, dans certains cas, seule l'analyse fine et intégrée des artefacts permet de la percevoir.

Les résultats du projet ANR Magdatis avaient à ce propos permis de montrer qu'il n'y avait pas systématiquement de coévolution entre morphotypes et modalités de production des pointes osseuses et des microlithes entre les phases anciennes et récentes du Magdalénien moyen et supérieur (Pétillon *et al.*, 2016). Nous montrons ici qu'il n'y a pas non plus de covariation des paramètres entourant la pratique de la chasse au Magdalénien moyen, c'est-à-dire entre les techniques de fabrication des armatures, les spécificités d'endommagement, les systèmes

de fixation des armatures lithiques et osseuses, le design des projectiles, la gestion économique des armatures et les principales faunes chassées. Il apparaît en effet qu'en dépit d'une importante variabilité régionale des systèmes techniques à cette période, les rythmes du changement de ces éléments sont variés et corrélés à des facteurs environnementaux, économiques, balistiques ou symboliques encore mal compris. Afin de mieux cerner les rythmes de changement des sociétés préhistoriques et en particulier de leur panoplie de chasse, il sera nécessaire de développer des modèles actualistes associés à des analyses fonctionnelles de corpus archéologiques lithiques et osseux larges, croisées aux données productionnelles et archéozoologiques.

CONCLUSION

Ces données croisées des industries lithiques et osseuses dédiées à la chasse participent à renouveler notre approche des traditions du Magdalénien moyen. Les différences de conception des équipements de chasse mises en évidence ont un poids fort puisqu'elles sont entièrement dépendantes de normes liées à l'environnement technique, économique et social d'un groupe donné. Ces résultats ouvrent de nombreuses perspectives de recherche méthodologiques et archéologiques visant à restituer plus finement les techniques d'utilisation des outils, leurs designs et leurs modalités de variation dans les sociétés de chasseurs-cueilleurs nomades dans différents écosystèmes tardiglaciaires.

La démarche que nous présentons possède une valeur méthodologique certaine pour la tracéologie lithique puisqu'elle permet non seulement de mettre en évidence des différences entre ensembles archéologiques jusqu'ici imperceptibles, mais aussi de mener une réflexion approfondie sur le design des armes de chasse dans des contextes où l'industrie osseuse se conserve mal. En cela, elle présente un intérêt particulier pour la caractérisation des sites dépourvus de matériel osseux, comme c'est souvent le cas des sites de plein air. Il sera ainsi particulièrement intéressant de tester cette méthode sur les ensembles magdaléniens de plein air tels que la Croix-de-Bagneux (Loir-et-Cher ; Kildéa, 2008 ; Angevin *et al.*, 2020), les Marineaux (Vienne ; Foucher et San Juan, 1994), Jonzac Chez-Pinaud ZAC Val de Seugne 2 (Charente-Maritime ; Connet *et al.*, 2010), le Rocher-de-la-Caille (Loire ; Deloge et Deloge, 2003) ou encore Peyre Blaque (Ariège ; Lacombe *et al.*, 2015). Au-delà, cette méthode puissante peut être appliquée à large échelle, puisque les armatures à dos sont répandues pendant tout le Paléolithique supérieur européen.

À l'échelle du Magdalénien, le développement des approches systémiques des registres lithiques et osseux permettra à l'avenir d'explorer les liens techniques et économiques entre la régionalisation des espèces d'ongulés chassés (Langlais *et al.*, 2012 ; Costamagno *et al.*, 2016) et le fonctionnement de l'outillage lithique impliqué

dans l'acquisition (activité cynégétique) et le traitement des ressources animales (travail des peaux, des matières dures animales, boucherie).

Remerciements. Nous remercions le musée Sainte-Croix de Poitiers, le musée d'Argentomagus à Saint-Marcel et le Musée de la Sabline à Lussac-les-Châteaux pour avoir facilité l'accès au matériel archéologique. Cette recherche a bénéficié d'un financement doctoral de l'Université Côte d'Azur et d'une allocation post-doctorale de la Fondation Fyssen. La fouille et l'étude de la grotte Tastet sont financées par le ministère de la Culture (DRAC Nouvelle-Aquitaine).

NOTES

- (1) Binoculaires Olympus (15,3- 76,5) et MFU MBS-10 (4,8- 98)
- (2) Microscope digital Dino-Lite (*Dino-Lite Digital Microscope Premier*, 30- 250)
- (3) Binoculaires Olympus SZ ET (10- 63) et Leica Z16 APO (5,7- 92) ; microscope optique Leica DMRM (100- 200)
- (4) Tracéothèque du CEPAM UMR 7264 CNRS, Nice.
- (5) Pour mémoire, dans le modèle de L. Chesnaux (2014), le taux de fracturation diagnostique des armatures lithiques axiales est de 26 % et le taux d'esquillement latéral est de 0 %.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AIRVAUX J. (2001) – *L'art préhistorique du Poitou-Charentes. Sculptures et gravures des temps glaciaires*, Paris, La Maison des Roches, 223 p.
- AIRVAUX J., PRIMAULT J., BROU L. (2012) – Les outils sur lames tronquées et amincies du Magdalénien moyen de Lussac-Angles, *Préhistoire du Sud-Ouest*, 20, 2, p. 143-178.
- ALLAIN J. (1957) – Nouvelles découvertes dans le gisement magdalénien de la Garenne (com. de St-Marcel, Indre). Note préliminaire, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 54, 3, p. 223-227.
- ALLAIN J. (1984) – Grotte Blanchard, in A. Leroi-Gourhan (dir.), *L'Art des cavernes : Atlas des grottes ornées paléolithiques françaises*, Paris, La Documentation Française, p. 27-30.
- ALLAIN J., DESBROSSE R., KOZŁOWSKI J.K., RIGAUD A., JEANNET M., LEROI-GOURHAN A. (1985) – Le Magdalénien à navettes, *Gallia Préhistoire*, 28, 1, p. 37-124.
- ALLAIN J., DESCOUT J. (1957) – À propos d'une baguette à rainure armée de silex découverte dans le Magdalénien de Saint-Marcel, *L'Anthropologie*, 61, 5, p. 503-508.
- ALLAIN J., RIGAUD A. (1986) – Décor et fonction, quelques exemples tirés du Magdalénien, *L'Anthropologie*, 90, 4, p. 713-739.
- ALLAIN J., RIGAUD A. (1992) – Les petites pointes dans l'industrie osseuse de la Garenne : fonction et figuration, *L'Anthropologie*, 96, 1, p. 135-162.
- ALLAIN J., TROTIGNON F. (1973) – La place des figurations humaines dans le Magdalénien « à navettes », in *L'Homme, hier et aujourd'hui. Recueil d'études en hommage à André Leroi-Gourhan*, Paris, Cujas, p. 235-240.
- ANGEVIN R., MEVEL L., CARON-LAVIOLETTE É., KILDEA F., SOUFFI B. (2020) – Les occupations magdaléniennes de « La Croix de Bagneux » à Mareuil-sur-Cher (Loir-et-Cher) : premiers résultats et perspectives paléolithographiques, in M. Langlais et L. G. Straus (dir.), *Corrélations chrono-stratigraphiques et connexions culturelles au cours du Magdalénien entre l'Espagne cantabrique et le Sud-Ouest de la France... et au-delà*, Actes de la séance de la Société Préhistorique Française, Session XVII-2 du XVIIIe Congrès de l'UISPP, Paris, 6 juin 2018, Paris, Société préhistorique française (coll. Séances de la SPF, 15), p. 251-273.
- ANGEVIN R., SURMELY F. (2013) – Le Magdalénien moyen et la trajectoire historique des sociétés du XVI^e millénaire av. J.-C. en France centrale, *Palevol*, 12, p. 57-68.
- AUBRY T. (2003) – L'approvisionnement en matières premières lithiques sur le site de « la Garenne » Saint-Marcel (Indre), in G. Bayle, A. Rigaud, D. Vialou, et R. Gageonnet (dir.), *Le Paléolithique de la vallée moyenne de la Creuse. Le Coteau de « la Garenne » : Grand Abri et Grotte Blanchard, Saint-Marcel (Indre). Projet Collectif de Recherches, études 1999-2001*, Bulletin de l'Association pour la sauvegarde du site archéologique d'Argentomagus et Amis du Musée, p. 37-46.
- BARSHAY-SZMIDT C., COSTAMAGNO S., HENRY-GAMBIER D., LAROULANDIE V., PÉTIILLON J.-M., BOUDADI-MALIGNE M., KUNTZ D., LANGLAIS M., MALYE J.-B. (2016) – New Extensive Focused AMS ¹⁴C Dating of the Middle and Upper Magdalenian of the Western Aquitaine/Pyrenean Region of France (ca. 19-14 ka cal BP): Proposing a New Model for its Chronological Phases and for the Timing of Occupation, *Quaternary International*, 414, p. 62-91.
- BAYLE G., CRÉPIN L., DAVID F. (2009) – Évolution des comportements de subsistance des magdaléniens « à navettes » du Centre France, in J. Despriée, S. Tymula, A. Rigaud (dir.), *Données récentes sur le Magdalénien de « La Garenne » (Saint-Marcel, Indre) : la place du Magdalénien « à navettes » en Europe*, Argenton-sur-Creuse, Archéologie du val de Creuse en Berry, Bulletin de l'ASSAAM numéro spécial, p. 65-99.
- BERTRAND A., DUJARDIN V., PINÇON G. (2003) – Les répartitions d'éléments clés de l'industrie en matière dure animale au cours du Magdalénien moyen en Europe et leur signification, in R. Desbrosse et A. Thévenin (dir.), *Préhistoire de l'Europe des Origines à l'Âge du Bronze*, Actes du 125^e congrès des sociétés historiques et scientifiques, Lille, CTHS, p. 247-269.
- BOURDIER C. (2010) – *Paléogéographie symbolique au Magdalénien moyen. Apport de l'étude des productions graphiques pariétales des abris occupés et sculptés de l'Ouest français. (Roc-aux-Sorciers, Chaire-à-Calvin, Reverdit, Cap-Blanc)*, Thèse de doctorat, Bordeaux I, 407 p.
- BOURDIER C., BOSSELIN B., GAUSSEIN P., PAILLET P., PINÇON G. (2017) – Regards croisés sur la représentation animale des faciès du Magdalénien moyen à pointes de Lussac-Angles et à navettes. Choix thématiques et formels, in C. Bourdier, L. Chehmana, R. Malgarini, et M. Połtowicz-

- Bobak (dir.), *L'essor du Magdalénien : aspects culturels, symboliques et techniques des faciès à navettes et à Lussac-Angles : actes de la séance de la Société préhistorique française de Besançon, 17-19 octobre 2013*, Paris, Société préhistorique française (coll. Séances de la SPF, 8), p. 103-117.
- BROU L., PRIMAULT J., AIRVAUX J. (2013) – *Projet collectif de Recherche. Chronologie absolue du Magdalénien en Poitou-Charentes*, ministère de la Culture, Direction régionale des Affaires Culturelles, Service régional de l'archéologie, Région Poitou-Charentes, 48 p.
- CATTELAÏN P. (1978) – *Les propulseurs au Paléolithique supérieur en France. Essai d'un inventaire descriptif et critique*, Mémoire de maîtrise, Université Libre de Bruxelles, 438 p.
- CATTELAÏN P. (1994) – La chasse au Paléolithique supérieur : arc ou propulseur, ou les deux ? *Archéo-Situla*, 21-24, p. 5-26.
- CATTELAÏN P. (1997) – Hunting During the Upper Palaeolithic. Spear thrower or Bow, or Both? in H. Knecht (dir.), *Projectile Technology*, New York, Plenum Press, p. 213-240.
- CATTELAÏN P. (2017) – Les propulseurs du Magdalénien moyen ancien et apparentés, in C. Bourdier, L. Chehmana, R. Malgarini, et M. Poltowicz-Bobak (dir.), *L'essor du Magdalénien : aspects culturels, symboliques et techniques des faciès à navettes et à Lussac-Angles : actes de la séance de la Société préhistorique française de Besançon, 17-19 octobre 2013*, Paris, Société préhistorique française (coll. Séances de la SPF, 8), p. 235-247.
- CATTELAÏN P., PERPÈRE M. (1993) – Tir expérimental de sagaies et de flèches emmanchées de pointes de la Gravette, *Archéo-Situla*, 17-20, p. 5-28.
- CATTELAÏN P., PERPÈRE M. (1996) – Tir expérimental de répliques de pointes de la Gravette. Bilan et perspectives, *Notae Praehistoricae*, 16, p. 55-61.
- CATTELAÏN P., PÉTILLON J.-M. (2015) – Le « type 2a », plus ancien modèle de propulseur paléolithique : une nouvelle pièce dans le Magdalénien moyen d'Isturitz (Pyrénées-Atlantiques, France) et ses implications, *Paléo*, 26, p. 17-32.
- CHAUVIÈRE F.-X., RIGAUD A. (2005) – Les « sagaies » à « base raccourcie » ou les avatars de la typologie : du technique au « non-fonctionnel » dans le Magdalénien à navettes de la Garenne (Saint-Marcel, Indre), in V. Dujardin (dir.), *Industrie osseuse et parures du Solutréen au Magdalénien en Europe*, actes de la table ronde sur le Paléolithique supérieur récent, Angoulême (Charente), 28-30 mars 2003, Paris, Société préhistorique française (coll. Mémoires, 34), p. 233-242.
- CHAUVIÈRE F.-X., RIGAUD A. (2008) – Le travail du bois de renne à la Garenne (Saint-Marcel, Indre, France) : entre conceptions préhistoriques et techniques magdalénienne ou comment séparer ébauches et déchets des pointes vraies ? *Préhistoire du Sud-Ouest*, 16, 2, p. 173-183.
- CHAUVIÈRE F.-X., RIGAUD A. (2009) – Le travail du bois de renne à « la Garenne » : entre conceptions préhistoriques et techniques magdaléniennes ou comment séparer ébauches et déchets des pointes vraies ? in J. Despriée, S. Tymula, A. Rigaud (dir.), *Données récentes sur le Magdalénien de « La Garenne » (Saint-Marcel, Indre) : la place du Magdalénien « à navettes » en Europe*, Argenton-sur-Creuse, Archéologie du val de Creuse en Berry, Bulletin de l'AS-SAAM numéro spécial, p. 125-136.
- CHEHMANA L., BEYRIES S. (2010) – L'industrie lithique du Roc-aux-Sorciers (collection Rousseau), in J. Buisson-Catil et J. Primault (dir.), *Préhistoire entre Vienne et Charente : Hommes et sociétés du Paléolithique*, Association des publications chauvinoises, Chauvigny, ministère de la Culture et de la Communication, Mémoire XXXVIII, p. 453-460.
- CHESNAUX L. (2014) – *Réflexion sur le microlithisme en France au cours du premier Mésolithique, X^e-VIII^e millénaires avant J.-C. Approches technologique, expérimentale et fonctionnelle*, Thèse de doctorat, Paris I, Paris, 197 p.
- CHESNAUX L. (2020) – Analyse tracéologique des marqueurs de la nappe 4, in D. Pesesse (dir.), *Grotte Bouyssonie, Brive-la-Gaillarde, Corrèze. Rapport d'analyse concernant la partie ancienne de la séquence Aurignacien - Gravettien. Rapport d'analyses 2019-2020*, p. 47-53.
- CHRISTENSEN M., VALENTIN B. (2004) – Armatures de projectiles et outils : de la production à l'abandon, in N. Pigeot (dir.), *Les Derniers Magdaléniens d'Étiolles : Perspectives Culturelles et Paléohistoriques (l'unité d'habitation Q31)*, Paris, CNRS Éditions (coll. Suppléments à Gallia Préhistoire), p. 107-160.
- CLAUD É. (2008) – *Le statut fonctionnel des bifaces au Paléolithique moyen récent dans le Sud-Ouest de la France. Étude tracéologique intégrée des outillages des sites de La Graulet, La Conne de Bergerac, Combe Brune 2, Fonseigner et Chez-Pinaud / Jonzac*, Thèse de doctorat, Université Sciences et Technologies - Bordeaux I, 546 p.
- CLEMENTE CONTE I., DÍAZ V.G., I MITJÀ A.V. (2017) – Análisis funcional de los restos líticos tallados de la cueva de Praileaitz I (Deba, Gipuzkoa), *Munibe Monographs: Anthropology and Archaeology Series*, 1, p. 399-409.
- CLEUZIQU S. (1984) – Des objets, des archéologues et des sauvages : vers une archéologie anthropologique ? *Raison présente*, 69, 1, p. 77-101.
- CONNET N., BERTRAN P., CLAUD É., FOUÉRE P., NICOUÉ É., RENDU W., SORESSI M. (2010) – *Occupations du Paléolithique moyen et supérieur dans la vallée de la Seugne, au lieu-dit « Chez-Pinaud », Poitou-Charentes, Charente-Maritime, Jonzac « ZAC Val de Seugne 2 », Rapport de diagnostic*, Inrap, 122 p.
- COSTAMAGNO S., BARSHAY-SZMIDT C., KUNTZ D., LAROU-LANDIE V., PÉTILLON J.-M., BOUDADI-MALIGNE M., LANGLAIS M., MALIYE J.-B., CHEVALLIER A. (2016) – Reexamining the Timing of Reindeer Disappearance in Southwestern France in the Larger Context of Late Glacial Faunal Turnover, *Quaternary International*, 414, p. 34-61.
- COSTAMAGNO S., BIROUSTE C. (2018) – Taphonomie et archéozoologie de la grande faune, in J.-M. Pétillon (dir.), *La grotte Tastet à Sainte-Colome (canton d'Arudy, Pyrénées-Atlantiques). Troisième année d'autorisation triennale. Rapport de fouille archéologique programmée du 30 juin au 28 juillet 2018*, p. 126-140.
- COSTAMAGNO S., CLAUD É., THIÉBAUT C., CHACÓN-NAVARRO M.G., SOULIER M.-C. (2019) – L'exploitation des ressources végétales et animales au Paléolithique : quels outils méthodologiques pour quelles questions ? *Palethnologie*, 10, en ligne.

- CROMBÉ P., PERDAEN Y., SERGANT J., CASPAR J.P. (2001) – Wear Analysis on Early Mesolithic Microliths from the Verrebroek Site, East Flanders, Belgium, *Journal of Field Archaeology*, 28, 3-4, p. 253-269.
- DELOGE H., DELOGE L. (2003) – *Le Rocher de la Caille, un site magdalénien de plein air au Saut-du-Perron. Saint-Jean/Saint-Maurice-sur-Loire (Loire)*, Société préhistorique française (coll. Mémoires, 31), Paris, 244 p.
- DESPRIÉE J., TYMULA S., RENAULT-MISKOWSKY J. (2009) – Chronologie absolue des sites magdaléniens du Coteau de « la Garenne » à Saint-Marcel (Indre), in J. Despriée, S. Tymula, A. Rigaud (dir.), *Données récentes sur le Magdalénien de « La Garenne » (Saint-Marcel, Indre) : la place du Magdalénien « à navettes » en Europe*, Argenton-sur-Creuse, Archéologie du val de Creuse en Berry, Bulletin de l'ASSAAM numéro spécial, p. 53-54.
- DESPRIÉE J., TISSOUX H., MIGAUD B., ABDESSADOK S., VOINCHET P., BAHAIN J.-J., FALGUÈRES C. (2009) – Le coteau de « la Garenne » dans le bassin d'Argenton-sur-Creuse : tectonique locale et relations avec la Creuse, in J. Despriée, S. Tymula, A. Rigaud (dir.), *Données récentes sur le Magdalénien de « La Garenne » (Saint-Marcel, Indre) : la place du Magdalénien « à navettes » en Europe*, Argenton-sur-Creuse, Archéologie du val de Creuse en Berry, Bulletin de l'ASSAAM numéro spécial, p. 29-40.
- DUJARDIN V., PINCON G. (2000) – Le Magdalénien dans la Vienne et la Charente, in G. Pion (dir.), *Le Paléolithique supérieur récent : nouvelles données sur le peuplement et l'environnement*, Actes de la table ronde de Chambéry, 12-13 mars 1999, Paris, Société Préhistorique française (coll. Mémoires, 28), p. 213-222.
- ERIKSON P., SIDÉRA I., VILA E. (2006) – Introduction, in I. Sidéra, E. Vila, et P. Erikson (dir.), *La chasse : Pratiques sociales et symboliques*, Paris, de Boccard (Colloques de la Maison René-Ginouvès 3), p. IX-XIII.
- FISCHER A., HANSEN P.V., RASMUSSEN P. (1984) – Macro and Micro Wear Traces on Lithic Projectile Points: Experimental Results and Prehistoric Examples, *Journal of Danish Archaeology*, 3, 1, p. 19-46.
- FOUCHER P., SAN JUAN C. (1994) – L'atelier de taille paléolithique des Marineaux (Leigné-les-Bois, Vienne) et le problème d'attribution chronologique des sites de plein air du Bassin de la Creuse, *Paléo*, 6, p. 175-196.
- FUENTES O. (2010) – Les représentations humaines au Magdalénien en Poitou-Charentes, in J. Buisson-Catil et J. Primault (dir.), *Préhistoire entre Vienne et Charente : Hommes et sociétés du Paléolithique*, Association des publications chauvinoises, Chauvigny, ministère de la Culture et de la Communication, Mémoire XXXVIII, p. 383-396.
- FUENTES O. (2013) – *La forme humaine dans l'art magdalénien et ses enjeux. Approche des structures élémentaires de notre image et son incidence dans l'univers symbolique et social des groupes paléolithiques*, Thèse de doctorat, Paris I, 716 p.
- GAUVRIT ROUX E. (2019a) – *Comportements techniques au Magdalénien moyen ancien. Approche techno-fonctionnelle de l'industrie lithique de deux gisements du Centre-Ouest de la France : la Marche (Vienne) et la Garenne (Indre)*, Thèse de doctorat, Université Côte d'Azur, Nice, 490 p.
- GAUVRIT ROUX E. (2019b) – L'industrie lithique : analyse fonctionnelle, in J.-M. Pétillon et P. Gardère (dir.), *Sainte-Colome (canton d'Arudy, Pyrénées-Atlantiques). Géomorphologie, topographie et études complémentaires. Rapport de fouille archéologique programmée du 1^{er} au 15 juin 2019*, p. 69-88.
- GAUVRIT ROUX E. (2022) – Socio-Economic Dynamics of Magdalenian Hunter-Gatherers: Functional Perspective, *PLoS One*, 17, 10, e0274819.
- GAUVRIT ROUX E., ANTOLINOS-BASSO E., AUDEBERT N., BETOULLE D., CLÉRO M., COSTAMAGNO S., LACOSTE M., LANGLAIS M., LAROUANDIE V., MARQUEBIELLE B., MAZUY A., PÉTILLON J.-M. (2021) – Enquête sur le design, la performance et la durabilité de l'équipement de chasse du Magdalénien moyen pyrénéen à partir de l'expérimentation, in J.-M. Pétillon (dir.), *La grotte Tastet à Sainte-Colome (canton d'Arudy, Pyrénées-Atlantiques). Deuxième année d'autorisation triennale. Rapport de fouilles archéologique programmée du 10 juillet au 7 août 2021*, p. 64-86.
- GAUVRIT ROUX E., BEYRIES S. (2018) – Travail de la peau au Magdalénien moyen : analyse techno-fonctionnelle des grattoirs de la Marche (Lussac-les-Châteaux, Vienne), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 115, 4, p. 647-675.
- GAUVRIT ROUX E., BEYRIES S. (2020) – Approche des comportements techniques au Magdalénien moyen ancien dans le Centre-Ouest de la France. L'industrie lithique de la Marche (Vienne) et de la grotte Blanchard à la Garenne (Indre), in M. Langlais et L. G. Straus (dir.), *Corrélations chrono-stratigraphiques et connexions culturelles au cours du Magdalénien entre l'Espagne cantabrique et le Sud-Ouest de la France... et au-delà, Actes de la séance de la Société Préhistorique Française, Session XVII-2 du XVIII^e Congrès de l'UISPP, Paris, 6 juin 2018*, Paris, Société préhistorique française (coll. Séances de la SPF, 15), p. 377-409.
- GAUVRIT ROUX E., CATTIN M.-I., YAHEMDI I., BEYRIES S. (2020) – Reconstructing Magdalenian hunting equipment through experimentation and functional analysis of backed bladelets, *Quaternary International*, 554, p. 107-127.
- GRANGER J.-M., AIRVAUX J. (2010) – Nouveaux éléments sur la parure du Magdalénien moyen de la Grotte de la Marche (Lussac-les-Châteaux, Vienne) : les coquillages, *Préhistoire du Sud-Ouest*, 18, 2, p. 123-139.
- HAYS M., SURMELY F. (2005) – Réflexions sur la fonction des microgravettes et la question de l'utilisation de l'arc au gravettien ancien, *Paléo*, 17, p. 145-156.
- HOUARD C. (2003a) – *Les têtes de projectiles rainurées du site de la Garenne (Indre). Études typo-technologiques et fonctionnelles.*, Mémoire de maîtrise, Paris I Panthéon-Sorbonne, 132 p.
- HOUARD C. (2003b) – Réflexions sur les têtes de projectiles rainurées d'après l'étude du site de la Garenne (Indre), *Préhistoires Méditerranéennes*, 12, p. 165-172.
- HOUARD C., JACQUOT É. (2009) – Des têtes de projectile composites à « La Garenne », in J. Despriée, S. Tymula, A. Rigaud (dir.), *Données récentes sur le Magdalénien de « La Garenne » (Saint-Marcel, Indre) : la place du Magdalénien « à navettes » en Europe*, Argenton-sur-Creuse, Archéologie du val de Creuse en Berry, Bulletin de l'ASSAAM numéro spécial, p. 137-150.

- IBÁÑEZ ESTÉVEZ J.J. (1993) – *Métodos de análisis funcional e interpretación de resultados*, Tesis doctoral, Universidad de Deusto, Deusto, 807 p.
- JACQUOT E., TAYLOR A. (2009) – Technologie des microlithes de la Grotte Blanchard « à La Garenne », in J. Despriée, S. Tymula, A. Rigaud (dir.), *Données récentes sur le Magdalénien de « La Garenne » (Saint-Marcel, Indre) : la place du Magdalénien « à navettes » en Europe*, Argenton-sur-Creuse, Archéologie du val de Creuse en Berry, Bulletin de l'ASSAAM numéro spécial, p. 113-124.
- KILDEA F., LANG L., SOUFFI B., SELLAMI F., HOLZEM N., DUMARÇAY G., LIVET J., AUBRY T., ALMEIDA M., WALTER B., JOAO NEVES M. (2008) – « La Croix de Bagneux » à Mareuil-sur-Cher (Loir-et-Cher), un site paléolithique à occupations multiples dans la vallée du Cher, vol. 1, *Rapport final d'opération de fouille archéologique*, SRA Centre, Inrap, 645 p.
- KOZŁOWSKI J.K. (1984) – Sur la contemporanéité des différents faciès du Magdalénien, *Jahrbuch des Bernischen Historischen Museums*, 63-64, p. 211-216.
- LACOMBE S., STERLING K., CONKEY M.W., DIETRICH W. (2015) – Le site de plein air de Peyre Blanque (Fabas, Ariège) : un jalon original du Magdalénien dans le Sud-Ouest de la France, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 112, 2, p. 235-268.
- LANGLAIS M. (2007a) – *Dynamiques culturelles des sociétés magdaléniennes dans leurs cadres environnementaux. Enquête sur 7000 ans d'évolution de leurs industries lithiques entre Rhône et Èbre*, Thèse de doctorat, Université de Toulouse II et Universitat de Barcelona, 552 p.
- LANGLAIS M. (2007b) – *Les Sociétés magdaléniennes de l'isthme pyrénéen*, Paris, CTHS (coll. Documents préhistoriques), 336 p.
- LANGLAIS M., COSTAMAGNO S., LAROULANDIE V., PÉTILLON J.-M., DISCAMPS E., MALLYE J.-B., COCHARD D., KUNTZ D. (2012) – The Evolution of Magdalenian societies in South-West France Between 18,000 and 14,000 calBP: Changing Environments, Changing Tool Kits, *Quaternary International*, 272-273, p. 138-149.
- LANGLAIS M., DELVIGNE V., JACQUIER J., LENOBLE A., BEAUVAL C., PESCHAUX C., ORTEGA FERNANDEZ A.M., LESVIGNES É., LACRAMPE-CUYAUBÈRE F., BISMUTH T., PESESSE D. (2019) – Une nouvelle archéo-séquence pour le Magdalénien en Corrèze. Focus sur le Magdalénien moyen ancien de la grotte Bouysonnie (Brive-la-Gaillarde, Corrèze, France), *Paléo*, 30-1, p. 204-229.
- LANGLAIS M., FAT CHEUNG C., LAROULANDIE V., LEFEBVRE A., MARQUEBIELLE B., PÉTILLON J.-M. (2020) – Dix mille ans de peuplement humain sur le versant nord des Pyrénées (21000-11000 cal BP) : entre unification et régionalisation culturelles, *Munibe*, 71, p. 59-71.
- LANGLAIS M., PÉTILLON J.-M. (2019) – Les Pyrénées, une frontière pré-historiographique pour le Magdalénien ? Réflexions à partir du Magdalénien moyen récent de la grotte Tastet (Sainte-Colome, Pyrénées-Atlantiques), in M. Deschamps, S. Costamagno, P.-Y. Milcent, J.-M. Pétillon, C. Renard, et N. Valdeyron (dir.), *La conquête de la montagne : des premières occupations humaines à l'anthropisation du milieu*, Paris, CTHS, p. 1-23.
- LANGLAIS M., PÉTILLON J.-M., DUCASSE S., LENOIR M. (2010) – Badegoulien versus Magdalénien : Entre choc culturel et lente transition dans l'Aquitaine paléolithique, in V. Mistrot (éd.), *De Néandertal à l'Homme moderne. L'Aquitaine préhistorique, vingt ans de découvertes (1990-2010)*, Bordeaux, Confluences, p. 117-129.
- LANGLAIS M., SÉCHER A., CAUX S., DELVIGNE V., GOURC L., NORMAND C., SÁNCHEZ DE LA TORRE M. (2016) – Lithic Tool Kits: A Metronome of the Evolution of the Magdalenian in Southwest France (19,000–14,000 cal BP), *Quaternary International*, 414, p. 92-107.
- LEROI-GOURHAN A. (1983) – Une tête de sagaie à armature de lamelles de silex à Pincevent (Seine-et-Marne), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 8, 5, p. 154-156.
- LWOFF S. (1942) – Fouilles Péricard et Lwoff à la Marche (Vienne) - Industrie de l'Os, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 39, 1, p. 51-64.
- LWOFF S. (1962) – Industrie de l'os. Iconographie humaine et animale du Magdalénien III, 7e publication : Grotte de la Marche, commune de Lussac-les-Châteaux (Vienne), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 59, 1, p. 73-91.
- LWOFF S. (1989) – Grotte de la Marche (Lussac-les-Châteaux-Vienne), recensement de l'outillage en silex, courbes cumulatives de comparaison et abaques à points cumulés, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 86, 3, p. 71-74.
- MALGARINI R., MEVEL L., BÉREIZIAT G., BODU P., CUPILLARD C., DEBOUT G., CARQUIGNY N. (2017) – Les faciès du Magdalénien moyen dans l'Est de la France : confrontation et discussion des industries osseuses et lithiques, in C. Bourdier, L. Chehmana, R. Malgarini, et M. Poltowicz-Bobak (dir.), *L'essor du Magdalénien : aspects culturels, symboliques et techniques des faciès à navettes et à Lussac-Angles : actes de la séance de la Société préhistorique française de Besançon, 17-19 octobre 2013*, Paris, Société préhistorique française (coll. Séances de la SPF, 8), p. 139-156.
- MÉLARD N. (2006) – *Les pierres gravées du Magdalénien moyen à la Marche (Lussac-les-Châteaux, Vienne) - Réalisation, fonctions et interprétations*, Thèse de doctorat, Muséum National d'Histoire Naturelle, 2 vol., 438 p.
- NORMAND C. (2018) – Les matières premières lithiques des campagnes 2016-2018, in *La grotte Tastet à Sainte-Colome (canton d'Arudy, Pyrénées-Atlantiques). Troisième année d'autorisation triennale, Rapport de fouille*, SRA Nouvelle-Aquitaine, p. 91-103.
- O'FARRELL M. (2004) – Les pointes de la Gravette de Corbiac (Dordogne) et considérations sur la chasse au Paléolithique supérieur ancien, in P. Bodu et C. Constantin (dir.), *Approches fonctionnelles en Préhistoire, Actes du XXI^e Congrès préhistorique de France, Nanterre, 24-26 novembre 2000*, Paris, Société préhistorique française, p. 121-138.
- PAILLET P., PINÇON G., BOURDIER C. (2017) – Historique des recherches sur les faciès à Lussac-Angles et à navettes, in C. Bourdier, L. Chehmana, R. Malgarini, et M. Poltowicz-Bobak (dir.), *L'essor du Magdalénien : aspects culturels, symboliques et techniques des faciès à navettes et à Lussac-Angles : actes de la séance de la Société préhistorique française de Besançon, 17-19 octobre 2013*, Paris, Société préhistorique française (coll. Séances de la SPF, 8), p. 19-32.

- PALES L., TASSIN DE SAINT PÉREUSE M. (1976) – *Les Gravures de la Marche. II-Les humains.*, Paris, Ed. Ophrys, 178 p.
- PELEGRIN J. (2004) – Sur les techniques de retouche des armatures de projectile, in N. Pigeot (dir.), *Les derniers Magdaléniens d'Étiolles : perspectives culturelles et paléohistoriques (l'unité d'habitation Q31)*, Paris, CNRS Éditions (coll. Suppléments à *Gallia Préhistoire*), p. 161-166.
- PÉRICARD L., LWOFF S. (1940) – La Marche, commune de Lussac-les-Châteaux (Vienne) : Premier atelier de Magdalénien III à dalles gravées mobiles (campagne de fouilles 1937-1938), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 37, 7, p. 155-180.
- PESCHAUX C. (2017) – *La parure des sociétés durant le Dernier Maximum Glaciaire. Évolution des pratiques et traditions ornementales entre la fin du Solutréen, le Badegoulien et le début du Magdalénien dans les Bassins parisien, ligérien et aquitain*, Thèse de doctorat, Université de Paris I Panthéon-Sorbonne, Paris I, 296 p.
- PESCHAUX C., CHAUVIÈRE F.-X., TYMULA S. (2017) – La parure de la Garenne (Saint-Marcel, Indre) et les traditions de l'ornementation corporelle du début du Magdalénien moyen, in C. Bourdier, L. Chehmana, R. Malgarini, et M. Połtowicz-Bobak (dir.), *L'essor du Magdalénien : aspects culturels, symboliques et techniques des faciès à navettes et à Lussac-Angles : actes de la séance de la Société préhistorique française de Besançon, 17-19 octobre 2013*, Paris, Société préhistorique française (coll. Séances de la SPF, 8), p. 73-85.
- PÉTILLON J.-M. (2006) – *Des Magdaléniens en armes. Technologie des armatures de projectile en bois de Cervidé du Magdalénien supérieur de la grotte d'Isturitz (Pyrénées-Atlantiques)*, Treignes, CEDARC (coll. Artefacts 10), 302 p.
- PÉTILLON J.-M. (2016) – Technological Evolution of Hunting Implements Among Pleistocene Hunter-Gatherers: Osseous Projectile Points in the Middle and Upper Magdalenian (19-14 ka cal BP), *Quaternary International*, 414, p. 108-134.
- PÉTILLON J.-M., BIGNON O., BODU P., CATTELAÏN P., DEBOUT G., LANGLAIS M., LAROULANDIE V., PLISSON H., VALENTIN B. (2011) – Hard Core and Cutting Edge: Experimental Manufacture and Use of Magdalenian Composite Projectile Tips, *Journal of Archaeological Science*, 38, p. 1266-1283.
- PÉTILLON J.-M., GARDÈRE P., LANGLAIS M., NORMAND C. (2020) – Les plus anciens peuplements humains du bassin d'Arudy : anatomie d'une lacune, *Archéologie des Pyrénées occidentales et des Landes*, 32, p. 7-13.
- PÉTILLON J.-M., LANGLAIS M., KUNTZ D., NORMAND C., BARSHAY-SZMIDT C., COSTAMAGNO S., DELMAS M., LAROULANDIE V., MARSAN G. (2015) – The Human Occupation of the Northwestern Pyrenees in the Late Glacial: New Data from the Arudy Basin, Lower Ossau Valley, *Quaternary International*, 364, p. 126-143.
- PÉTILLON J.-M., LAROULANDIE V., COSTAMAGNO S., LANGLAIS M. (2016) – Testing Environmental Determinants in the Cultural Evolution of Hunter-Gatherers: A Three-Year Multidisciplinary Project on the Occupation of the Western Aquitaine Basin during the Middle and Upper Magdalenian (19–14 kyr cal BP), *Quaternary International*, 414, p. 1-8.
- PÉTILLON J.-M., LETOURNEUX C. (2007) – Des gibiers, des armes... et des questions. Les pratiques cynégétiques du Magdalénien supérieur à Isturitz (Paléolithique), in I. Sidéra, E. Vila, et P. Erikson (dir.), *La chasse : Pratiques sociales et symboliques*, Paris, de Boccard (Colloques de la Maison René-Ginouvès 3), p. 13-26.
- PÉTILLON J.-M., PLISSON H., CATTELAÏN P. (2016) – Thirty Years of Experimental Research on the Breakage Patterns of Stone Age Osseous Points. Overview, Methodological Problems and Current Perspectives, in R. Iovita et K. Sano (dir.), *Multidisciplinary Approaches to the Study of Stone Age Weaponry*, Dordrecht, Springer Netherlands (Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology), p. 47-63.
- PIGNAT G., PLISSON H. (2000) – Le quartz, pour quel usage ? L'outillage mésolithique de Vionnaz (CH) et l'apport de la tracéologie, in P. Crotti (dir.), *MESO '97, Actes de la table ronde Épipaléolithique et Mésolithique*, Lausanne, 21-23 novembre 1997, CAR, Lausanne, p. 65-78.
- PINÇON G. (1988) – Fiche sagaies de Lussac-Angles, i in H. Delporte, J. Hahn, et L. Mons (dir.), *Fiches typologiques de l'industrie osseuse préhistorique. Cahier 1 : sagaies*, Université de Provence, Aix-en-Provence, p. 1-7.
- PRADEL L. (1958) – La grotte magdalénienne de la Marche, commune de Lussac-les-Châteaux (Vienne), in : *Mémoires de la Société Préhistorique Française*, 5, p. 170-191.
- PRADEL L. (1980) – Datations par le radiocarbone du Magdalénien III de la Marche, commune de Lussac-les-Châteaux (Vienne), *L'Anthropologie*, 84, 2, p. 307-308.
- PROST D.-C. (1988) – Essai d'étude sur les mécanismes d'enlèvements par les façons agricoles et le piétinement humain sur des silex expérimentaux, in S. Beyries (dir.), *Actes de la table ronde du C.R.A. à Valbonne, 18-20 octobre 1986*, Oxford, Archaeopress (BAR International Series), p. 49-63.
- RIGAUD A. (1977) – Analyse typologique et technologique des grattoirs magdaléniens de la Garenne à Saint-Marcel (Indre), *Gallia Préhistoire*, 20, 1, p. 1-43.
- RIGAUD A. (2006) – Étude technologique des baguettes demi-rondes de Labastide (Hautes-Pyrénées), *Archéologie des Pyrénées occidentales et des Landes*, 25, p. 229-246.
- RIGAUD A. (2009) – Les avatars d'une pointe de « 13 ». En hommage à Jacques Allain, *Bulletin de l'Association pour la sauvegarde du site d'Argentomagus et Amis du musée*, 4, p. 41-42.
- SANO K. (2009) – Hunting Evidence from Stone Artefacts from the Magdalenian Cave Site Bois Laiterie, Belgium: A Fracture Analysis, *Quartär*, 56, p. 67-86.
- SÉCHER A. (2017) – *Traditions techniques et paléogéographie du Magdalénien moyen ancien dans le Sud-Ouest de la France (19 000 - 17 500 cal. BP). Des groupes humains à plusieurs visages ?* Thèse de doctorat, Université de Bordeaux, France, 369 p.
- SÉCHER A. (2020) – Les débuts du Magdalénien moyen dans le Sud-Ouest de la France : essai d'approche paléogéographique des traditions culturelles, in M. Langlais et L.G. Straus (dir.), *Corrélations chrono-stratigraphiques et connections culturelles au cours du Magdalénien entre l'Espagne cantabrique et le Sud-Ouest de la France... et au-delà, Actes de la séance de la Société Préhistorique Française, Session XVII-2 du XVIII^e Congrès de l'UISPP, Paris, 6 juin 2018*, Paris, Société Préhistorique Française (coll. Séances de la SPF, 15), p.41-64.

SYMENS N. (1986) – A Functional Analysis of Selected Stone Artifacts from the Magdalenian Site at Verberie, France, *Journal of Field archaeology*, 13, 2, p. 213-222.

TABORIN Y., TYMULA S. (2009) – Les coquillages des magdaléniens de « la Garenne » à Saint-Marcel (Indre), in J. Despriée, S. Tymula, A. Rigaud (dir.), *Données récentes sur le Magdalénien de « La Garenne » (Saint-Marcel, Indre) : la place du Magdalénien « à navettes » en Europe*, Argenton-sur-Creuse, Archéologie du val de Creuse en Berry, Bulletin de l'ASSAAM numéro spécial, p. 201-206.

TALLER A., BEYRIES S., BOLUS M., CONARD N.J. (2012) – Are the Magdalenian Backed Pieces from Hohle Fels just Projectiles or Part of a Multifunctional Tool Kit? *Mitteilungen der Gesellschaft für Urgeschichte*, 21, p. 37-54.

TESTART A. (1984) – La classification des méthodes de chasse, *Techniques et Culture*, 3, p. 119-128.

TRINGHAM R., COOPER G., ODELL G., VOYTEK B., WHITMAN A. (1974) – Experimentation in the Formation of Edge Damage: A New Approach to Lithic Analysis, *Journal of Field Archaeology*, 1, 1, p. 171-196.

Eugénie GAUVRIT ROUX
CNRS, International Research Laboratory
2013 ZooSCan
Paris, France
CNRS, UMR 7264 CEPAM
Nice, France
eugenie.gauvrit.roux@gmail.com

Jean-Marc PÉTILLON
CNRS, UMR 5608 TRACES
Toulouse, France
petillon@univ-tlse2.fr