HAL open science

Pourquoi l'homme sans arc devrait-il chercher des flèches ?

Laurent Klaric, Sylvain Ducasse, Mathieu Langlais

To cite this version:

Laurent Klaric, Sylvain Ducasse, Mathieu Langlais. Pourquoi l'homme sans arc devrait-il chercher des flèches ? : Discuter une hypothèse non parcimonieuse : le cas de l'arc à la Grotte Mandrin (Paléolithique supérieur initial). Bulletin de la Société préhistorique française, 2024, 121 (1), pp.7-34. hal-04539687

HAL Id: hal-04539687

https://hal.science/hal-04539687

Submitted on 9 Apr 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Open licence - etalab

Bulletin de la Société préhistorique française, tome 121, n°1, p. 7-34, publié le 31 mars 2024.

Pourquoi l'homme sans arc devrait-il chercher des flèches ?
Discuter une hypothèse non parcimonieuse : le cas de l'arc à la Grotte Mandrin (Paléolithique supérieur initial)

Why would a man without a bow look for arrows?
Discussing a non-parsimonious hypothesis: the case of the bow at Mandrin Cave (Initial Upper Palaeolithic)

Laurent Klaric[1], Sylvain Ducasse[2], Mathieu Langlais[2].

1 CNRS, UMR-8068 TEMPS, MSH Mondes, 21 allée de l'Université, 92023, Nanterre, courriel : laurent.klaric@cnrs.fr
2 CNRS, UMR-5199 PACEA, Université de Bordeaux, Bâtiment B2, allée Geoffroy Saint Hilaire, 33600, Pessac.

Résumé

En Préhistoire, au-delà de trouvailles inattendues faites dans des contextes clairs, il arrive que les découvertes ou résultats d'étude « extraordinaires » soient sujet à controverses. Cela reflète en général la difficulté qu'ont les archéologues à s'accorder sur le degré de précisions et la construction de leur argumentation. De manière concomitante, une certaine surmédiatisation vise parfois à informer et convaincre le public de l'importance d'une découverte jugée majeure par ses auteurs, sans que, pour autant, le résultat ne remporte une large adhésion de la communauté scientifique. Constituant un exemple de la dérive sensationnaliste évoquée, une étude récente (Metz et al. 2023) consacrée aux pointes et micro-pointes du niveau E de la Grotte Mandrin (Malataverne, Drôme) vient de conclure à l'usage de l'arc il y a 54 000 ans par un groupe *Homo sapiens* en vallée du Rhône. Ce résultat proclame ainsi le vieillissement de près de 40 000 ans de l'usage reconnu de l'arc en Europe. Une lecture attentive de cette étude ne nous a pas convaincu de la validité de ce résultat « extraordinaire » qui nous semble a priori incompatible avec le principe de parcimonie. C'est sur la base du raisonnement et de la logique argumentaire que nous proposons une réfutation du mode de propulsion inféré qui est en grande partie fondée sur un « postulat d'efficacité » au détriment d'autres données archéologiques pourtant disponibles sur le site. Nous exposons une réfutation basée sur : 1/ les données présentées dans l'étude ainsi qu'à l'occasion d'autres travaux antérieurs sur les armes préhistoriques, 2/ des observations ethnographiques issues de trois continents et relatives à la chasse et son apprentissage par les enfants, 3/ une régularité générale touchant à l'apprentissage dans les sociétés d'*Homo sapiens*. À l'issue de notre réflexion, nous proposons que les pointes microlithiques de Mandrin puissent correspondre à des parties d'armes miniatures potentiellement attribuables à l'activité des enfants.

Abstract

In Prehistory, beyond unexpected finds made in clear contexts, "extraordinary" discoveries or study results are sometimes the subject of controversy. The latter generally reflect the difficulty archaeologists often have in agreeing on the degree of precision and construction of their arguments. From the age of humankind to the settlement patterns of the Americas, the 'modernity' of Homo sapiens and the role of women in prehistory, bold hypotheses and startling conclusions follow one another in the wake of media fashions. At the same time, there may be a certain amount of media hype aimed at informing and convincing the public of the importance of a discovery deemed major by its authors, although the announced result may not be widely supported by the academic community. A recent study (Metz et al. 2023) devoted to the points and micro-points of level E of the Mandrin Cave (Malataverne, Drôme) is just one example of the sensationalist drift mentioned above. It concludes that the bow was used 54,000 years ago by a group of Homo sapiens in the Rhône Valley. The spectacular result proclaims that the recognized use of bow and arrow in Europe is circa 40,000 years

older than previously known. However, a careful reading of this study did not convince us of the validity of this "extraordinary" result, which seems to us a priori incompatible with the principle of parsimony. Indeed, the article by Metz and colleagues would require further comment on the technical aspects of the study (e.g. criteria for morpho-typological and productional distinction of flint points, reality of the existence of a nano-point component, criteria about the functional analysis, details of the parameters of the Initiarc experiment). However, we have chosen to accept as valid the hypothesis that a large proportion of the points analysed correspond to axial tip of hunting projectiles. It is therefore on the basis of reasoning and argumentative logic that we propose a refutation of the use of bow and arrow 54,000 years ago on the Mandrin site. Indeed, the conclusion of the study by L. Metz and colleagues is essentially based on a 'postulate of effectiveness' that ignores certain other archaeological data available on the site. We therefore first propose a rebuttal based on 1/ the data presented in the study and in other works about to prehistoric weapons, 2/ ethnographic data from three continents relating to traditional hunting and the place of children in this activity, and 3/ a general regularity concerning learning in present-day Homo sapiens societies.
Firstly, we analyse the arguments used by L. Metz and colleagues, presenting them from the point of view of argumentative logic, using the categories explained in C. Plantin's dictionary of argumentation (Plantin, 2021). This analyse leads us to distinguish between the main arguments in the Metz et al. demonstration (archaeological impact fractures similar to those used in the experiment, the 'rule' that the diameter of the projectile shaft is necessarily less than the width of the point, the use of the bow for maximum penetration efficiency of a light projectile, calculation of the TCSA) and the premises on which the demonstration is based. We show not only the weakness or artificiality of some of the arguments/premises presented, but also the "argumentation by default" nature of the demonstration put forward by L. Metz and colleagues, since no new decisive argument is proposed that would allow a direct and differential diagnosis of bow use (as opposed to spearthrower or bare-handed use).
The entire demonstration is based on the necessity of using the bow to ensure optimal penetration of projectiles armed with micro- and nano-points. This *reasoning by default* implies a condition of refutability: the demonstration is only valid if the small lithic points were necessarily intended to be effective from the point of view of the projectile penetrating into its target.
We then show that there are many examples among traditional hunters of the ethnographic register of miniature children's weapons, more or less faithful replicas of those used by adults, which constitute children's play or hunting training equipment. These children's weapons are not necessarily intended to be lethal or as effective as those used by adults (i.e. penetration of the tip into a living animal target is not a major requirement, since the main targets are often inanimate for beginners), but they are often functional enough for shooting, practising and playing. In fact, they can reasonably sustain damage during these uses. This simple explanation, which does not imply that the bow was used 40,000 years earlier than archaeologically attested, has not been considered or tested in Metz and colleagues study.
At the end of our analysis, we propose that the Mandrin microlithic points of level E could correspond to tip of miniature weapons that could potentially be used by children. It would, of course, be necessary to ensure that such miniatures could break in the same way as adult weapons when used by children on inanimate target. However, it seems to us that, given the current state of knowledge, this hypothesis is undoubtedly more parsimonious than that of the use of bows and arrows 40,000 years earlier than currently documented in the archaeological record at Stellmoor in Germany. Through this example, we finally underline the excesses of a certain number of sensational studies and publications with a wide international audience, where a critical reading of the arguments would often prevent the promotion of non parsimonious hypotheses as solidly established scientific results.

Introduction

En Préhistoire, les grandes découvertes font souvent l'objet d'âpres controverses. Au-delà de trouvailles inattendues faites dans des contextes clairs et indiscutables, ces polémiques ne sont généralement que le reflet de la difficulté qu'ont les archéologues à s'accorder sur la formulation de leurs démonstrations et sur la construction de leur argumentation. De l'ancienneté de l'Humanité en passant par les scénarios de peuplement des Amériques, la « modernité » des *Homo sapiens* ou encore le rôle des femmes durant la Préhistoire, hypothèses audacieuses et conclusions fracassantes se

succèdent au gré des modes médiatiques. Pourtant, rares sont les études qui débouchent sur de nouveaux consensus ou changements de paradigme. Le plus souvent, une large médiatisation aux titres tapageurs vise à informer et convaincre le public de l'importance d'une découverte jugée révolutionnaire par ses auteurs. Polarisé autour de sujets susceptibles de créer le « buzz », ce coup de projecteur conduit souvent à l'abandon de toute prudence et à la promotion de conclusions définitives présentées sans réserves, alors transformées en « vérités » relayées par les médias (presse écrite, radio, télévision, sites internet, blogs, etc.). Ainsi a-t-on récemment assisté, par exemple, à une déferlante médiatique relayant la mise en évidence supposée des plus anciennes pratiques mortuaires connues à ce jour et attribuées à *Homo naledi* (330 000-230 000 ans avant le présent) avant même leur validation par la communauté scientifique (Berger *et al.*, 2023). Cette *course à la nouveauté*[(1)], travers banal de notre monde contemporain, est un défi quotidien et monumental à tout esprit un tant soit peu critique, en science comme ailleurs. L'archéologie préhistorique n'échappe pas à cette tendance, à l'image des multiples articles internationaux invoquant les « *First », « Oldest », « Earliest* » ou parfois les « *Last* » ou « *Latest* ». Si nombre de travaux philosophiques ou épistémologiques ont pourtant cherché à affuter notre esprit critique depuis la logique aristotélicienne rassemblée dans *l'Organon* jusqu'à la lecture logiciste appliquée à l'archéologie (Gardin, 1979), force est de constater qu'en Préhistoire, la recherche du plus ancien ou de l'ultime occurrence prime souvent sur la prudence nécessaire vis-à-vis de l'état des données, par essence partiel et provisoire.

Parmi les dernières publications à « sensation », une étude publiée par L. Metz et collaborateurs (2023) dans la revue *Science Advances* vient de conclure à l'usage de l'arc il y a 54 000 ans par un groupe d'*Homo sapiens* ayant fréquenté la grotte Mandrin, en vallée du Rhône (Malataverne, Drôme). Le résultat spectaculaire de cette étude[(2)] annonce le vieillissement de près de 40 000 ans de l'usage reconnu de l'arc sur le Vieux Continent[(3)] et a été largement relayé dans la sphère médiatique nationale (par ex. The Conversation[(4)], Le Monde[(5)], Science et Avenir[(6)], France Culture[(7)], etc.) et internationale (par ex. Nature[(8)], CNN[(9)], Smithsonian Magazine[(10)], etc.). Outre son caractère spectaculaire, ce résultat constitue l'une des pierres angulaires d'une plus vaste théorie sur l'arrivée d'Homo sapiens en Europe et la disparition consécutive de Néandertal (par ex. Slimak 2022, 2023). Or, une lecture attentive de cette étude ne nous a pas convaincu de la validité de ce résultat « extraordinaire », a priori incompatible avec le principe de parcimonie qui devrait prévaloir dans toute étude scientifique. Constituant un exemple parmi d'autres des effets préjudiciables évoqués, cette étude sera donc ici abordée comme un cas d'école propre à illustrer efficacement notre propos.

L'article de Metz et collaborateurs mériterait de plus amples commentaires sur les aspects techniques de l'étude (par ex. critères de distinction morpho-typologique et productionnel des pointes en silex, réalité de l'existence d'une composante intentionnelle de nano-pointes, critères de l'analyse fonctionnelle, paramètres de l'expérimentation *Initiarc*). Quoiqu'il en soit, pour les besoins de notre démonstration nous admettrons ici comme valide l'hypothèse qu'une grande part des pointes analysées correspond bien à des éléments d'armatures axiales de projectiles. En revanche, à travers l'analyse de la construction de l'argumentaire présenté dans l'article de Metz et collaborateurs, notamment sur la base des données mises à disposition, nous suggérons une autre lecture possible des faits rapportés par les auteurs. En nous fondant sur la logique argumentaire, nous souhaitons non seulement proposer une réfutation du mode de propulsion inféré, mais aussi proposer une hypothèse alternative.

Nous entendons montrer que l'argumentaire par lequel Metz et collaborateurs concluent à l'usage de l'arc est contestable, puisqu'au-delà des aspects techniques susmentionnés, il se fonde exclusivement sur un « postulat d'efficacité » et fait fi d'autres données archéologiques pourtant disponibles sur le site de Mandrin. La conclusion de leur article est en effet réfutable à partir du croisement : 1/ des données présentées dans leurs propres travaux, 2/ d'observations ethnographiques issues de registres similaires à ceux mobilisés dans leur étude et 3/ d'une régularité générale touchant à l'apprentissage dans les sociétés actuelles d'*Homo sapiens*.

1. Formaliser l'argumentation en archéologie, un défi à relever

1.1. Différentes manières de faire

Face à la prolifération des raisonnements faibles ou mal étayés et à la difficulté, en archéologie, à mettre en œuvre des déductions logiques solides ou d'obtenir des validations expérimentales reproductibles, la nécessité de formaliser et rendre lisible nos inférences et notre logique argumentaire constitue une préoccupation ancienne mais désormais croissante d'une partie de la communauté (par ex. Gardin 1979 ; Stutt et Shenan 1990 ; Gallay et Gardin, 2007 ; Smith 2015, 2023 ; Hussain 2019, Campanaro 2021). Si différentes manières de procéder ont déjà été proposées et appliquées à divers registres chronologiques et culturels (voir par exemple Gallay, 2007 ; Smith, 2023 ; Campanaro 2023 pour des cas d'étude détaillés), force est de reconnaitre qu'il n'existe pas, à l'heure actuelle, de véritable consensus en la matière. La pluralité des pratiques et des points de vue révèle les difficultés liées non seulement à la forte interdisciplinarité de l'archéologie (qui place notre discipline, selon les sensibilité des chercheurs, à l'intersection des sciences physiques, naturalistes et sociales), mais aussi aux phénomènes « d'écoles de pensée » (dont l'un des exemples patent réside incontestablement dans les divergences de vues sur le champ de la technologie lithique entre les - et à l'intérieur même des - mondes anglo-saxons et francophones ; pour davantage de détails voir par exemple Soressi et Geneste, 2011 ; Tostevin, 2011 ; Perlès, 2016 ; Hussain, 2019 ; Hussain et Soressi 2021).

Pour notre part, nous avons ici choisi d'avoir recours à une lecture critique de l'argumentaire présenté par Metz et collaborateurs en nous appuyant sur une classification des arguments qui reprend les définitions proposées par C. Plantin dans son dictionnaire de l'Argumentation (2021). Ce choix, guidé par un souci de simplicité et d'efficacité dans la mise en œuvre de ce travail critique, n'écarte en rien le fait que d'autres manières d'approcher la logique argumentaire de ce texte restent possibles. La méthode logiciste (Gardin, 1979 et 2002 ; Gallay et Gardin 2007) permettrait sans doute de mettre en lueur une discordance interprétative comparable entre le résultat annoncé et la démonstration proposée par les auteurs. D'autres courants de réflexion pourraient également être mobilisés : l'*Inference to the Best Explanation* (inférence basée sur la meilleure explication ou IBE ; par ex. Laursen 2019 ; Campanaro 2021) aussi appelée « abduction » (Catellin, 2004) est sans doute applicable telle que le propose Campanaro (2021), tout comme nous aurions pu recourir exclusivement à l'application du modèle de Toulmin telle que proposée par Smith (2023). Dans les deux cas, cependant, il nous aurait alors fallu également examiner la question des arguments fonctionnels ayant conduit à la conclusion que les pointes de Mandrin correspondent bien à des armatures de projectiles ce qui, au-delà d'allonger considérablement le corps de cet article, nous aurait également éloigné de nos domaines d'expertise.

1.2. Quelques éléments de méthode

Ainsi, plutôt que fonder notre démonstration sur une catégorie d'argument exclusive comme celles proposées par Smith (modèle de Toulmin) ou Campanaro (IBE), nous avons plus simplement choisi de décomposer une partie de l'argumentation de l'article étudié en nous concentrant avant tout sur les constructions logiques propres à chacun des arguments mobilisés et leur nature puis sur leur articulation finale. C'est-à-dire que nous avons fait le choix de ne pas réduire le raisonnement à une seule construction (Toulmin ou IBE), mais que nous avons eu recours à un panel varié de constructions logiques existantes, résumées dans la somme que constitue le dictionnaire de l'Argumentation de C. Plantin (2021). Dans un premier temps, il s'est agi de réduire l'argumentation de l'article examiné à sa plus simple expression, c'est-à-dire aux propositions logiques les plus élémentaires et à leur articulation. Nous sommes donc passés d'une forme écrite élaborée (le texte de l'article) à un ensemble épuré de propositions exprimées sous la forme de phrases courtes et simples. Chacune de ces différentes propositions a ensuite été assignée à la catégorie argumentaire qui semblait la mieux correspondre à la construction logique observée (i.e. « modèle de Toulmin », « arguments à prémisses liées », « arguments convergents » ou encore « raisonnement par défaut », cf. *glossaire*). Le recours à ces catégories multiples (dont tous les éléments constitutifs – prémisse, donnée, loi de passage, conclusion, etc. – sont explicités *in* Plantin 2021 et rappelés dans le glossaire en fin d'article) autorise une certaine souplesse de mise en œuvre. Il est notamment possible d'observer et vérifier si

les propositions extraites du texte analysé satisfont, ou non, aux éléments constitutifs des définitions argumentaires proposées. Pour ce faire, il faut s'assurer de l'ordre et de l'agencement des prémisses entre elles : s'additionnent-elles ? se combinent-elles ? ont-elles le même poids selon qu'elles sont considérées séparément ou associées ? l'une et l'autre sont-elles nécessaires à la conclusion, ou peuvent-elles y suffire indépendamment ? la conclusion dépend-elle d'une donnée initiale à laquelle on peut appliquer une loi de généralisation, etc. Ce travail d'assignation aux catégories argumentaires est essentiel car il permet *in fine* d'apprécier le poids et la solidité de la construction examinée.

En outre, cette démarche analytique permet d'introduire de multiples nuances, possibilité qui nous parait moins évidente à travers les méthodes proposées par Smith (modèle de Toulmin exclusif) et Campanaro (IBE) qui, de leur côté, nous semblent peut-être un peu trop rigides pour restituer fidèlement les nuances de la diversité des raisonnements déployés en Archéologie. Dans le cas présent, cette manière de procéder nous a fourni la possibilité de décomposer des constructions logiques emboitées comme des poupées gigognes où les conclusions individuelles d'une première série de constructions deviennent les éléments clefs d'une seconde construction aboutissant à la conclusion (voir *infra* fig. 1-2-3). Décomposer ainsi ces différents étages argumentaires permet de mettre en lueur les éventuelles fragilités d'une conclusion, en particulier lorsque l'une des prémisses du raisonnement final est le résultat d'une construction faiblement étayée ou que la démonstration omet de rendre compte de données existantes susceptibles de falsifier la conclusion.

2.. De la pointe au carquois : critique de l'argumentation

Pour bien comprendre le raisonnement qui conduit les auteurs à la conclusion de l'usage de l'arc dans le Néronien de la Grotte Mandrin, il convient de revenir sur les faits et arguments qui sous-tendent cette interprétation. D'après la première partie de l'étude, il apparait qu'à Mandrin niveau E, des pointes lithiques de différents gabarits (nano-, micro-pointes et pointes pluri-centimétriques), exceptionnellement nombreuses dans cet ensemble, présentent des traces indiquant l'usage probable d'une partie significative d'entre elles en armatures axiales de projectiles. Par ailleurs, les auteurs insistent, références bibliographiques à l'appui (Thomas, 1978 ; Shott, 1997 ; Bradbury, 1997 et surtout Snarey et Ellis, 2009, in *Supplementary Note 4*), sur l'idée que la pointe axiale en silex d'un projectile ne peut pas être montée sur un fût dont le diamètre est supérieur à la largeur maximale de l'armature car cela ne serait pas efficace du point de vue des contraintes balistiques. Ils insistent également sur le fait que les fûts inférieur à 10 mm de diamètre sont l'apanage des flèches et de l'arc dans le registre ethnographique (Metz *et al.* 2023, p. 6 : « Ethnographic stone weapons whose shafts' maximum diameter is below 10 mm are exclusively from bow technologies (*11*, *16*, *24*, *26*, *28–31*). ») en déployant pour ce faire tout un éventail de références bibliographiques d'apparence solide : Thomas, 1978 ; Odell et Cowan, 1986 ; Wright, 1994 ; Shott, 1997 ; Lombard, 2005 ; Riede, 2009 et Snarey et Ellis, 2009. Cependant, la consultation de ces références révèle que plusieurs d'entre elles n'étayent pas ce point particulier de *la règle du diamètre du fût nécessairement inférieur ou égal à la largeur de la pointe* mais ne font que l'évoquer, le reprendre, sans le discuter voire n'en disent pas un mot (Riede 2009 et Lombard 2005 par exemple). Certaines de ces **références** correspond donc à ce qu'on peut qualifier de « citations vides » (*empty citation* sensu Harzing 2002 et repris par Smith 2015).

En réalité, seuls les articles de Thomas (1978) et Shott (1997) fournissent des données dimensionnelles précises (sur les pointes de flèches et le diamètre de leur fût), directement issues du registre ethnographique et en l'occurrence essentiellement liées aux populations paléoindiennes nord-américaines. On précisera aussi que Lombard (2005) aborde uniquement la question des macro-fractures d'impact sur les pointes archéologiques et reste extrêmement réservée sur leur capacité à distinguer pointes de lance et pointes de flèches : « However, no distinction could yet be made between macro-fracture types that resulted on stone tools from being used as spearheads or those documented on tools used as arrowheads (Fisher et al. 1984 ; Lombard et al. 2004). Therefore, macro-fracture studies can at present not be used to infer such differences. » (*op. cit.*, p. 117). On ajoutera que l'étude de Snarey et Ellis (2009) est, elle aussi, essentiellement consacrée au registre archéologique

paléoindien et présente ses résultats de manière prudente en rappelant : « In short, a thin and sharp point is probably just as useful on a dart as it is on an arrow and thickness is not that useful to discriminate the different kinds of weapon tips; while an arrow need be thin due to haft size, a dart can be too. » (*op. cit.*, p. 30). Il est cependant vrai qu'ils notent également que : « (…) among the known dart samples virtually **none are under about 14 mm wide whereas the reported stone arrowpoints are often under that mesure** (…) » (*op. cit.*, p. 31). Ce qui, on en conviendra, n'a guère valeur de règle absolue. Par ailleurs, leur réflexion s'inscrit dans un contexte géographique où les deux armes (arcs et propulseurs) sont effectivement attestées archéologiquement (les questions étant : « à partir de quand respectivement ? », et : « comment les reconnaitre dans les sites archéologiques où seules des pointes lithiques sont préservées ? »). Enfin Wright (1994) indique surtout le point suivant : « since reported **post-contact** arrow shaft diameters tend to cluster strongly under 10 mm » (cité par Snarey et Ellis 2009, p. 31), ce qui se base exclusivement sur le contexte paléoindien nord-américain **post-contact**. En réalité, sur cette question des diamètres de fût des projectiles par rapport à la largeur des pointes, les rares références ethnographiques directes ne concernent donc qu'un petit nombre de contextes culturels (c.-à-d. populations paléoindiennes d'Amérique du nord et populations aborigènes d'Australie ; Newman et Moor, 2013). Ainsi, l'échantillon total analysé à travers les différentes études, ajoutées au corpus mobilisé par Metz et collaborateurs, ne correspond qu'à un nombre assez restreint de pièces issues de registres ethnographiques où le mode de propulsion des projectiles est connu (261 pièces au total d'après le tableau 1 de Metz *et al.* 2023). De plus, pour les pointes de sagaies, la grande majorité des exemples (103 sur 143 soit 72% ; toujours d'après le tableau 1) provient de contextes aborigènes (Newman et Moor, 2013). On peut donc s'interroger sur le degré de représentativité et le « poids argumentaire » de ces données, géographiquement restreintes et chronologiquement resserrées (un ou deux siècles au mieux !), dès lors qu'elles sont comparée de manière aveugle à des registres archéologiques de continents distincts et éloignés dans le temps de plusieurs dizaines de milliers d'années.

On retiendra aussi que dans l'expérimentation de Metz et collaborateurs, les répliques des pointes les plus petites (micro et nano-pointes) se sont révélées plus « efficaces[11] » (selon leur terme) emmanchées en armatures de flèches tirées à l'arc. Toutefois, certaines répliques des pointes de Mandrin dont la largeur est supérieure à 10 mm (soit quelques micro-pointes et, surtout, les pointes de plus grand module) ont pu être montées et tirées avec succès sur des sagaies lancées à la main ou à l'aide d'un propulseur, voire utilisées en arme d'estoc (pour les pointes pluri-centimétriques). Par ailleurs, le calcul de l'aire de la section située au niveau de la plus grande largeur des micro- et nano-pointes de Mandrin (ou *Tip Cross Sectional Area* ; TCSA dans la suite du texte) est compatible avec les TCSA obtenus pour d'autres ensembles expérimentaux et ethnographiques de pointes de flèches. Cependant, tout indicatif qu'il soit, ce dernier critère n'est pas décisif (ce que reconnaissent L. Metz et collaborateurs, 2023, p. 13) quant à la discrimination systématique de l'usage de l'une ou l'autre de ces armes[12] (voir par exemple Villa et Soriano, 2010 ou Newman et Moor, 2013 pour des éléments de critique), en particulier dans des contextes où ni l'une ni l'autre ne sont matériellement attestées du point vue archéologique.

Afin de mieux comprendre le cheminement de la démonstration de Metz et collaborateurs, le cœur de l'argumentation qu'ils proposent est résumé ci-dessous et illustré en figure 1. Dans la suite de la discussion, nous nous sommes exclusivement focalisés sur la démonstration de l'usage de l'arc sans examiner plus avant des points relatifs aux autres parties de l'étude. L'ensemble du vocabulaire relatif aux termes de l'argumentation est explicité dans le glossaire en fin d'article.

******

CONSTRUCTION DES ARGUMENTS PRELIMINAIRES POUR LA DEMONSTRATION DE L'ARC A LA GROTTE MANDRIN, NIVEAU E (fig. 1)

1- Premier argument (reposant sur un modèle de Toulmin ; fig. 1, n°1)

1- Donnée : à Mandrin, des micro- et nano-pointes archéologiques de largeur égale ou inférieure à 10 mm sont des pointes axiales de projectiles car elles portent des stigmates d'impact considérés comme diagnostiques par les auteurs.
2- Loi de passage : Pour être **efficace** une pointe de projectile doit être plus large que le diamètre du fût sur lequel elle est montée.
3- Support : en vertu des contraintes balistiques mises en évidence par différentes expérimentations.

Conclusion/Argument 1 : Pour être efficaces, les nano et micro-pointes archéologiques de Mandrin (niveau E) identifiées comme pointes de projectiles et dont la largeur maximale est égale ou inférieure à 10 mm ne peuvent être montées que sur des fûts de projectiles d'un diamètre inférieur à la largeur maximale des pointes selon un gradient compris entre 1 et quelques millimètres (soit un diamètre de fût situé entre 5 à 9 mm d'après les données expérimentales).

2- Deuxième argument (à prémisses liées ; fig. 1, n°2)

A- Prémisse : Le TCSA des micro- et nano-pointes archéologiques de Mandrin qui sont identifiées comme des pointes de projectile est très proche de ceux documentés pour des ensembles ethnographiques et expérimentaux de pointes de flèches tirées à l'arc.
B- Prémisse : Le pourcentage de micro- et nano-pointes avec fractures d'impact à Mandrin est proche de ceux connus pour certains *kill-sites* où arc et flèches ont été utilisés.

Conclusion/Argument 2 : Les micro- et nano-pointes archéologiques de Mandrin (niveau E) présentent des caractéristiques (TCSA et taux de fracture) comparables à celles documentés dans des contextes, archéologiques, ethnographiques et expérimentaux, où arc et flèches ont été employés (par ex : Stellmoor au Paléolithique final).

3. Troisième argument (à prémisses liées ; fig. 1, n°3)

A- Prémisse : Les répliques expérimentales de micro- et nano-pointes dont la largeur est égale ou inférieure à 10 mm ont été **efficaces** montées sur des projectiles de type flèches et tirées à l'arc.
B- Prémisse : Les répliques expérimentales de micro- et nano-pointes dont la largeur est égale ou inférieure à 10 mm ont été **inefficaces** montées sur des sagaies (lancées à la main ou au propulseur).
C- Prémisse : Une fois raccourcies et transformées en flèches, les sagaies armées de micro- et nano-pointes expérimentales dont la largeur est égale ou inférieure à 10 mm (inefficaces à la main ou au propulseur) s'avèrent **efficaces (c'est-à-dire « performante » en terme de profondeur de pénétration du projectile mesurée en centimètre)**.

Conclusion/Argument 3 : Expérimentalement, seul l'arc permet de tirer **efficacement** des projectiles légers et d'un diamètre de fût inférieur ou égal à 10 mm armés de micro- ou nano-pointes analogues à celles de Mandrin, niveau E.

******

On remarquera ici qu'une structure argumentaire de type modèle de Toulmin (cf. Argument 1) possède en général des conditions de réfutation de type « à moins que (…) ». Ce point est absent dans l'article de Metz et collaborateurs, peut-être car leur construction possède l'apparence d'une abduction (« Inférence par la meilleure explication ») et qu'elle ne requerrait alors pas de condition de réfutation. Néanmoins, dans le cas d'une abduction, des hypothèses explicatives alternatives se doivent d'être examinées et écartées à la lueur d'une discussion. Cette démarche d'exclusion d'hypothèses alternatives n'est pas exposée dans l'article de Metz et collaborateurs, mais l'exercice est bien présent,

dans la conclusion du travail de thèse de L. Metz (2015, p. 186-189). Elle y évoque plusieurs hypothèses alternatives pour expliquer l'existence des petites pointes lithiques de Mandrin niveau E : chasse au petit gibier (mais toujours à l'arc), objets/jouets d'enfants (mais toujours dans le cadre d'une chasse à l'arc), usage de poison ou tir à la sarbacane. Toutes ces hypothèses sont cependant rapidement réfutées sur la base d'arguments de valeur variable (et selon nous assez faibles, voire incomplets tout au moins concernant l'hypothèse des miniatures d'enfants, voir *infra* : *Des armes d'enfants à Mandrin, quels arguments*).

Quoiqu'il en soit, le choix de considérer la proposition de Metz et collaborateur comme un « modèle de Toulmin » requérant une condition de falsification nous permet de souligner la faille majeure du raisonnement suivi par les auteurs. Cette faille réside dans le concept central « d'efficacité », trop souvent invoqué sans nuance dans les études consacrées aux armements préhistoriques (voir note 13). Il existe en effet une palette de nuances dans l'efficacité d'un outil ou d'une arme : plus ou moins efficace, très efficace, etc. Cette palette de nuances est d'ailleurs difficile à quantifier par des mesures précises car elle dépend également d'autres paramètres dont certains sont idiosyncrasiques, comme l'expérience ou le talent de son utilisateur ou encore les finalités discrètes non perceptibles de prime abord (par ex. : limiter l'endommagement de la peau de la proie en vue de son tannage). Ainsi, la mesure de la profondeur de pénétration des projectiles n'est qu'un indicateur de performance du projectile mais il n'est pas, de loin, le seul garant de l'efficacité d'une arme. On peut ainsi abattre efficacement un animal avec l'aide d'un javelot, d'une lance, d'une sagaie ou d'une flèche tirée à l'arc, voire avec une sarbacane ou un simple bâton de jet, la profondeur de pénétration du projectile ou sa capacité vulnérante/incapacitante (si l'arme est contondante) étant plus ou moins critique selon les conditions de son emploi, l'objectif poursuivi, le gibier chassé, la distance de tir et l'expérience du chasseur.

Nous proposons donc ici d'ajouter la condition de falsification suivante à l'argument n°1 : « À moins que le critère de *recherche d'efficacité en terme de pénétration* ne s'applique pas à ces petites pointes et qu'elles aient pu être tirées ou employées par d'autres moyens (lancer à la main, au propulseur, ou utilisation en estoc) ».

L'argumentation finale de Metz et collaborateurs (à prémisses liées ; fig. 2) s'appuie donc sur les trois arguments précédemment posés (fig. 1 et ci-dessus) et permet aux auteurs de conclure à l'utilisation de l'arc par le groupe humain à l'origine de la constitution de l'assemblage du niveau E de la Grotte Mandrin. L'examen de cette construction révèle cependant qu'il s'agit d'un **raisonnement par défaut** (aussi appelé « raisonnement révisable » ; fig. 3), les auteurs cumulant et combinant les différents points susmentionnés pour parvenir à la conclusion de l'usage de l'arc. Nous fournissons le détail explicite de ce *raisonnement par défaut* en annexe 1.

La démonstration de l'usage de l'arc à Mandrin repose donc sur : 1/ la compatibilité entre les traces d'impacts reconnues sur les répliques de micro- et nano-pointes utilisées en pointes de flèches et les stigmates d'impacts significatifs lisibles sur les pointes archéologiques de dimensions comparables ; 2/ l'impossibilité que les plus petites pointes (< 10 mm de large) aient pu être tirées à l'aide d'un autre mode de propulsion que l'arc au regard d'un objectif décisif pour les auteurs : la recherche d'efficacité (en corrélant le pouvoir traumatique à une plus profonde pénétration de la pointe) et 3/ la forte proportion de pointes témoignant de fractures d'impact diagnostiques (qui, rappelons-le, correspondent à des épiphénomènes liés à un contact avec un os dans le cas d'un tir réussi ou avec un obstacle dur en cas de tir raté). Cette proposition est également soulignée dans la mesure où ce taux se rapproche des proportions connues pour des *kill-sites* tardiglaciaires ou holocènes (c.-à-d. Casper Site dans le Wyoming et Stellmoor en Allemagne ; des flèches étant attestées archéologiquement sur ce dernier : Meadows *et al.*, 2018). Enfin, vient s'ajouter l'idée que les plus petites pointes aient pu être utilisées conjointement avec un poison. Ce dernier point est toutefois prudemment avancé sur la base d'un TCSA des micro- et nano-pointes de Mandrin proche de celui de pointes de flèche en os enduites de poison actuellement utilisées par certaines populations d'Afrique du Sud dans le cadre de chasses à l'arc.

Force est de constater que l'étude de Metz et collaborateurs n'apporte aucun argument nouveau et décisif permettant effectivement de distinguer l'usage de l'arc de celui du propulseur ; cette « démonstration » repose en réalité sur un raisonnement par défaut guidé par le postulat d'une « efficacité (recherchée) » maximale des projectiles, celle-ci se limitant, dans l'étude de Metz et collaborateurs, à la profondeur de pénétration du projectile et à une courte discussion sur les avantages/inconvénients de l'arc. Tout en restant neutre vis-à-vis des observations tracéologiques considérées par les auteurs comme diagnostiques, insistons ici sur la faiblesse de cette hypothèse fondée sur un postulat d'efficacité exclusif[13]. Sa réfutation permet d'envisager d'autres interprétations du jeu de données mis à disposition. Parmi les alternatives possibles, nous proposons un scénario explicatif qui nous est apparu en accord avec l'état des connaissances et les données disponibles pour le site de Mandrin et qui, symétriquement, ne devra pas non plus être considéré comme une démonstration mais bien comme une hypothèse.

3. De *l'usage des armes*[14]

Outre la démonstration alléguée de l'usage de l'arc pour le niveau E de Mandrin, les auteurs reconnaissent eux-mêmes qu'arc/flèche, propulseur/sagaie et usages à main nue ont pu coexister dans ce niveau car, pour une partie des pointes, les données ne sont pas discriminantes (Metz *et al.*, 2023). On mentionnera que durant l'expérimentation *(Initiarc)* menée par les auteurs, des répliques de micro-pointes ont été utilisées avec succès en pointes de sagaies comme en pointes de flèches. Pour simplifier, l'arc pourrait avoir été employé à Mandrin pour les pointes en silex les plus étroites et légères (c.-à-d. les nano-pointes ainsi qu'une bonne partie des micro-pointes) tandis que les plus grandes pointes (pluri-centimétriques) armeraient des sagaies/lances (lancées au propulseur, à la main, voire utilisées en estoc). Mais les auteurs insistent également sur l'idée que certaines des grandes pointes auraient aussi pu être montées sur des flèches tirées à l'arc (Metz *et al.* 2023, p. 9).

Metz et collaborateurs avancent également que le propulseur est communément accepté comme le mode de propulsion par défaut pour le Paléolithique supérieur eurasien. En réalité, ce point de vue mérite d'être nuancée (voir Lombard, 2022 pour une revue des données). Certes, les tests expérimentaux de lancer à main nue réalisés par les auteurs se sont effectivement avérés peu concluants en termes de pénétration et tendraient donc à appuyer cette idée. Cependant, force est de constater que les usages à main nue (lancer ou estoc) sont souvent peu documentés dans le cadre des expérimentations qui ont été dédiées aux pointes de projectiles lithiques du Paléolithique supérieur français (par ex : Chadelle *et al.*, 1996 ; Soriano, 1998 ; Cattelain et Perpère, 1993 ; O'Farrell, 2000 ; Lansac, 2002 ; Pétillon *et al*., 2011). De récents travaux expérimentaux ont par ailleurs montré que les tirs à main nue et les usages en estoc de hampes armées de pointes en silex développaient une énergie cinétique plus importante que les tirs au propulseur ou à l'arc (Coppe *et al.*, 2019). Plus largement, ces derniers travaux invitent également à une approche plus systématique du contrôle des paramètres expérimentaux de tirs (notamment l'angle d'incidence du projectile dans la cible, un paramètre non pris en compte dans l'étude de Metz et collaborateurs). Ceci étant dit, malgré des résultats prometteurs fondés sur la mesure de l'énergie cinétique et le RIS (*Reactionnal Impact Stress*), cette équipe admet aussi qu'il n'existe pas encore de méthode générale fiable permettant de déterminer les différents modes de propulsion des projectiles préhistoriques (Coppe *et al.*, 2022).

Sur *l'usage des armes*, et au-delà des débats de spécialistes toujours en suspens, on précisera ici notre position en admettant que si le propulseur est souvent *suspecté* pour les phases anciennes du Paléolithique supérieur européen (O'Farrel, 2000 et Lansac, 2004 pour le Gravettien par exemple), son emploi n'était jusqu'à présent avéré qu'à partir du Magdalénien sur la base de propulseurs ou de crochets de propulseurs bien identifiables (voire à partir du Solutréen si l'on admet l'exemplaire issu de l'ensemble solutréen de Combe Saunière dont l'homogénéité reste largement discutée ; voir Cattelain et Pétillon, 2015 ou Pétillon et Cattelain, 2022 pour une position réservée sur l'attribution au Solutréen). Il faut aussi désormais compter avec la récente étude de Coppe *et al.* (2023) qui propose l'usage du propulseur à Maisières-Canal (Belgique), site éponyme du Maisièrien, tradition technique du Paléolithique supérieur qui précède le Gravettien ancien en Belgique (Touzé, 2023). Cette étude,

qui fait reculer de quelques millénaires l'emploi avéré du propulseur, est consacrée aux projectiles armés de pointes pédonculées. Elle s'appuie sur la spécificité des fractures de ces pédoncules en mettant l'accent, lors des expérimentations, sur la question des effets liées à l'angle de pénétration des projectiles dans la cible ainsi que sur les contraintes exercées par leur mode de fixation (Coppe *et al.*, 2023). Bien que nous partagions l'intuition d'un emploi plus large du propulseur dès les phases anciennes du Paléolithique supérieur européen, rares sont, à l'heure actuelle, les éléments archéologiques reconnus permettant de l'affirmer, pas plus en Europe que pour le continent africain (Lombard, 2022). De fait, en dépit de l'intuition générale d'une partie de la communauté, et de ce premier résultat pour le Maisièrien, le lancer de projectiles à main nue et l'usage en estoc de hampes armées de pointes devraient malgré tout constituer, pour la plupart des contextes du Paléolithique supérieur ancien en Europe, l'hypothèse de base si l'on veut s'en tenir aux faits avérés. C'est la position que nous adopterons dans la suite de la discussion.

4. Les microlithes de Mandrin, niveau E : un jeu d'enfant(s) ?

Ces éléments rappelés, l'hypothèse alternative que nous proposons de développer ici nécessite d'élargir le cadre de réflexion en se penchant sur un domaine peu visible et rarement exploré du registre archéologique : celui du monde des enfants (par ex. Lillehammer, 1989 ; Derevenski, 1996, 2000 ; Kamp, 2001 ; Baxter, 2005 ; Shea, 2006b) et de l'apprentissage de la chasse (par ex. Gallois *et al.*, 2015 ; Dira et Hewlett, 2016 ; Lew-Levy *et al.*, 2017 ; Kamp et Whittaker, 2020 ; Riede *et al.*, 2023).

4.1. L'apprentissage de la chasse dans les sociétés pratiquant une activité cynégétique traditionnelle: quelques régularités ethnographiques

De nombreuses observations ethnographiques ont montré que l'apprentissage de la chasse (en particulier au gros gibier) dans les populations actuelles ou sub-actuelles d'*Homo sapiens* pratiquant une chasse traditionnelle (c.-à-d. à l'arc, la sagaie, la lance, la sarbacane ou autre), pouvait démarrer très tôt, vers 5 ou 6 ans, et être tout à fait courant vers l'âge de 12 ans (par ex. Gould, 1970 ; Dawe, 1997 ; McDonald, 2010 ; Bock et Johnson, 2004 ; Politis, 2005 ; Nishiaki, 2013 ; Dira et Hewlett, 2016 ; Gallois *et al.*, 2015 ; Lew-Levy *et al.*, 2017 ; Kamp et Whittaker, 2020). Dans bon nombre de cas, il a été documenté que les enfants possèdent leur propre « équipement », soit qu'il fut confectionné par un ou des adultes (en général un parent ou un proche parent), soit par d'autres enfants plus âgés, soit par eux-mêmes lorsqu'ils en sont capables (Gould, 1970 ; Haagen, 1994 ; Park, 1998 ; Nishiaki, 2013 ; Crittenden, 2016 ; Dira et Hewlett, 2016 ; Kamp et Whittaker, 2020 ; Milks *et al.*, 2021). Ces équipements, parfois assimilés à des « jouets », ne sont pas toujours fonctionnels (et mortels) à la différence de ceux des adultes (*ibid.*). Ainsi, les données ethnographiques issues de l'observation de différentes populations traditionnelles réparties sur trois continents (Aka, Andagiringa, Baka, Chabu, Commanches, Guayaki, Hadza, Inuinnait, Kivallirmiut, Ngatatjara, Nukak, Wonie, Dani, etc.) montrent bien l'existence de petites armes de chasse à l'efficience limitée et qui n'ont, contrairement aux armes des adultes, pas nécessairement vocation à être efficaces du point de vue létal. Selon les contextes, elles correspondent à des jouets d'enfants ou à de véritables petites armes pour entrainer les enfants à la chasse par l'initiation, le jeu et la pratique.

Ces équipements peuvent cependant s'avérer tout à fait fonctionnels, notamment lorsque les parents produisent de véritables répliques en miniature des instruments (propulseurs, arcs, sarbacanes, flèches, sagaies, etc.). Ces reproductions, de taille plus ou moins réduite, peuvent être fidèles aux originaux dans leurs matériaux et méthodes/techniques de fabrication (par ex. Gould, 1970 ; Park, 1998 ; Nishiaki, 2013) ou encore être faits de matériaux plus légers, moins appropriés, moins dangereux ou moins précieux (par ex. Gould, 1970 ; Pétrequin et Pétrequin, 1990 ; McDonald, 2010 ; Kamp et Whittaker, 2020 ; Riede *et al.*, 2023). Ainsi, les répliques miniatures peuvent être identiques aux objets des adultes ou bien s'avérer de qualité médiocre et présenter alors une variabilité morphologique voire typologique notable[15] (par ex. Dawe, 1997 ; Pétrequin et Pétrequin, 1990 ; Kamp et Whittaker, 2020). Mais dans bien des cas, ces armes sont suffisamment fonctionnelles pour que les enfants puissent jouer ou s'exercer avec, que cela soit sur des cibles inertes (sol, arbre, pierre,

morceau d'écorce, etc. ; par ex. Gould, 1970 ; Pétrequin et Pétrequin, 1990 ; Park, 1998 ; Bock et Johnson, 2004) ou vivantes (oiseau, chien, lézard, petit rongeur, etc ; par ex. Politis, 2005 ; Pétrequin et Pétrequin, 1990). Notons que les cibles vivantes ne correspondent pas forcément aux gibiers préférentiellement chassés par les adultes avec ces mêmes armes (par ex. Gallois *et al.*, 2015 ; Kamp et Whittaker, 2020 ; Riede *et al.*, 2023).

À notre connaissance, ces équipements d'enfants issus de l'ethnographie n'ont jamais été abordés de manière approfondie et aucune étude des performances comparées entre armes d'adultes et armes/jouets d'enfants n'a jusqu'ici été conduite (voir Gilsen, 2011 cité par Josey et Hull, 2019 pour un rare exemple archéologique), pas plus que des tests basés sur le calcul du TCSA.

4.2. Des armes d'enfants à Mandrin : quels arguments ?

Cette grille de lecture en tête, nous pensons que les nano- et micro-pointes du niveau E de Mandrin pourraient tout à fait correspondre à certains des cas de figure ethnographiques présentés plus haut, c'est-à-dire à de petites pointes de sagaies pour enfants, ces dernières étant lancées à main nue ou utilisées en estoc (voire, pourquoi pas, au propulseur) comme, peut-être, celles des adultes. Une hypothèse voisine (mais distincte), non mentionnée dans l'article de Metz et collaborateurs a pourtant été partiellement envisagée dans la thèse de l'autrice (2015, p. 187). Elle stipule que les pièces de Mandrin puissent correspondre à des petites pointes de flèches propres à armer des jouets d'enfants. Mais l'hypothèse est rejetée par L. Metz au regard de deux arguments : « À la différence des exemples ethnographiques mentionnées par B. Dawe, les petites pointes du niveau Néronien de la Grotte Mandrin sont technologiquement hautement investies et d'une grande standardisation morphologique et métrique. Cela n'induit pas la possibilité que des enfants ou de jeunes adultes aient possédé des armes (arc et flèches) proportionnelles à leur poids et carrure mais on ne peut ici considérer les plus petites armatures de Mandrin E comme des jouets ou le témoignage d'armes d'apprentissage pour les plus jeunes. Plus encore que leur efficience c'est leur très fort investissement technique qui ne s'accorde que piètrement avec une telle proposition. » (*op. cit.*). On remarquera la faiblesse de l'argumentaire déployé ici. Tout d'abord, la documentation de cette hypothèse alternative avancée par L. Metz se résume au seul l'article de Dawe sur le registre archéologique lithique paléoindien et à deux autres articles mentionnant les équipements d'enfants relatifs aux jouets en matière organiques des contextes archéologiques thuléens (Kenyon et Arnold 1985) et aux flèches d'enfants en matière végétale des Ye-neri et Tangma de Nouvelle-Guinée (Pétrequin et Pétrequin 1990). Une recherche plus exhaustive lui aurait offert un panorama plus complet de la variabilité qualitative des miniatures d'enfants et de leur usage (cf. *supra* : *Les microlithes de Mandrin, niveau E : un jeu d'enfant(s) ?*). En l'état, la comparaison avec les pièces présentés par Dawe (1997) constitue une sorte d'analogie *ad hoc* (Smith 2015) « inversée », c'est-à-dire que L. Metz réduit pratiquement le registre des miniatures comparables à Mandrin aux seuls exemples fournit par Dawe.

Ensuite, les pointes de Mandrin présentent un aspect très standardisé et investi (comparés aux exemplaires de pointes paléo-indiennes figurées par Dawe dans son article) et ces pointes (en réalité : les pointes expérimentales analogues à celles de Mandrin) employées en armature de flèche sont efficaces du fait qu'elles ont pénétré profondément (voire traversé) la cible. On ne voit de fait pas en quoi ce point interdirait leur usage par des enfants.

Un autre des contre-arguments avancés concerne les aspects productionnels de ces pointes et il faut pour cela se référer aux travaux de L. Slimak (2004). Malgré son importance, ce point particulier n'est en effet guère évident de prime abord (ni même étayé solidement dans l'article) : les schémas de production décrits par L. Slimak (i.e. débitage sur tranche et face inférieure d'éclat, débitage proche du type Kostienki) n'apparaissent pas vraiment plus « investis techniquement » que d'autres schémas connus pour le Paléolithique supérieur ancien et attribués à *Homo sapiens.* On pensera par exemple à certaines productions carénées de l'Aurignacien (par ex. les burins busqués de l'Aurignacien récent : par ex. Chiotti 2003 ; Flas et al. 2006 ; Michel, 2010) ou aux débitages sur burin-nucléus du Gravettien (par ex. la méthode du Raysse du Gravettien moyen ; par ex. Klaric et al. 2002 ; Klaric 2017 ; Pottier 2006). On rappellera également que les petites pointes de Mandrin ne sont pas (ou

pratiquement pas) retouchées et que, par conséquent, l'intégralité de « l'investissement technique » se concentre donc dans les phases de débitage du support.

Quant à la standardisation morphologique de ces pointes, les éléments fournis dans l'article de Metz et collaborateurs, repris de sa thèse, ne permettent pas véritablement d'apprécier ce point, ni par les aspects statistiques fournis, ni par les pièces figurées. Nombre de ces dernières sont fragmentaires et donc difficilement comparable**s** à des éléments entiers. Certaines pièces montrent des caractéristiques qui semblent être en contradiction avec les descriptions générales présentées dans le texte (par ex : supplementary Note 2, p.4 : « These points are perfectly straight and homogeneously rectilinear » contre Fig. 1, n°s 45-46 de l'article). Les pièces sont assignées à une classe (nano-pointe ou lamelle) qui est difficilement intelligible à l'œil nu : c'est le cas, par exemple, des pièces n°s 1-13 de la Fig. 1 où l'appartenance individuelle de chaque pièce aux différentes catégories – nano-, micro-, pointes ou lamelles – n'est jamais précisée. En outre, les critères considérés pour classer les fragment distaux ne sont pas explicités ; on peine donc, pour bon nombre d'entre eux, à appréhender les dimensions originelles et à inférer la morphologie exacte du support d'origine (pointe ou lamelle ?). Par exemple, en Fig. 6 de l'article, la pièce n° 9, considérée comme « Elongated micro-point », présente à première vue toutes les caractéristiques d'une lamelle. La « grande standardisation morphologique et métrique » de ces pointes gagnerait donc à être mise en évidence par une analyse morpho-dimensionnelle de fond, en utilisant par exemple les outils et méthodes de la morphométrie géométrique. Cela permettrait de quantifier précisément cet aspect qui, pour l'heure, relève au mieux d'une observation empirique en lieu et place d'un argument objectif et vérifiable.

In fine, à la lueur de ces remarques il nous semble que la réfutation de l'hypothèse de miniatures de flèches d'enfants formulée par L. Metz dans sa thèse eut gagné en développements des contre-arguments.

En revanche, l'hypothèse que nous défendons de notre côté (i.e. miniatures d'enfants tirées à la main/lance ou utilisés en estoc/épieu) et dont l'argumentaire est détaillé en annexe 2, est en bon accord avec l'idée que ces deux modes de propulsion sont admis pour le Paléolithique supérieur ancien européen (voir *supra* : « De *l'usage des armes »*) et compatible avec les données disponibles pour le site. Dans le cas de la Grotte Mandrin, l'idée que la miniaturisation des pointes renvoie à l'existence de « jouets » ou parties d'armes miniatures de type sagaie ou lance constitue selon nous, et contre l'opinion de Metz (*ibid.*), une hypothèse alternative crédible à celle de l'usage de l'arc (fig. 5 à 7).

Nous l'avons vu, les enfants ont souvent été considérés comme les grands invisibles du registre archéologique alors que leur présence est pourtant indubitable (voir *supra*) tout comme, de fait, les vestiges matériels associées à leur présence. Ils sont cependant longtemps restés difficiles à identifier pour les préhistoriens. Pourtant, depuis une trentaine d'années, de nouvelles études ont abordé cette question sous différents angles, et obtenu des résultats concrets (voir Milks *et al.*, 2021 pour une revue récente). Plusieurs exemples tirés du Paléolithique montrent que dans certains sites du Magdalénien supérieur français, la diversité des niveaux de savoir-faire reconnue à travers l'analyse des productions laminaires en silex permet, en suivant un modèle ontogénique de l'apprentissage technique, d'estimer qu'au moins 20 à 30 % des opérations de taille sont vraisemblablement l'œuvre d'enfants et/ou d'adolescents aux savoir-faire imparfaits (par ex. Ploux, 1988 ; Pigeot, 1987, 1990 ; Bodu, 1993 ; Janny, 2010 ; Caron-Laviolette, 2021). Des évaluations quantitatives similaires ont été avancées pour d'autres périodes du Paléolithique supérieur (par ex. Klaric dir., 2018 ; Anderson, 2019). Citons également d'autres travaux qui abordent régulièrement cette question pour le Magdalénien notamment (par ex. Pfeiffer 2015, Langley 2017, Langley et Litser 2018). Une part de ces travaux s'appuie en particulier sur les quelques exemples archéologiques d'armes (propulseur, harpons) ou d'autres objets « miniatures » (spatules, figurines en terre, etc.) mentionnés comme pouvant relever de l'univers des enfants dans divers contextes du Magdalénien ou du Gravettien par exemple (Julien, 1982, p. 118 ; Julien et Orliac, 2003, p. 236-237 ; Cattelain, 2020, p. 20 ; Pétillon et Cattelain, 2020, p. 404-405 ; Hromadova 2017 ; fig. 4) Au-delà de ces exemples qui démontrent la possibilité d'identifier archéologiquement la présence d'enfants de diverses manières, on peut s'accorder sur le fait que parmi les vestiges issus d'une couche ou d'un niveau archéologique d'un site préhistorique, il est très

probable qu'une certaine proportion de ces restes soit le fruit direct de l'activité d'enfants « whether or not we are competent to recognize them » (Chamberlain, cité par Baxter, 2005, p. 2).

Les données publiées sur la Grotte Mandrin fournissent une preuve bien tangible de la présence d'au moins un enfant au sein du niveau E de Mandrin où fut découverte la couronne d'une 2nde molaire déciduale attribuée à un *Homo sapiens* juvénile âgé entre 2 et 6 ans(16) (Slimak *et al.*, 2022). Par ailleurs, si l'on admet la réalité de l'association entre ce reste dentaire et l'assemblage lithique néronien ainsi que la longue série de réoccupations du site dans le temps, estimée à environ « 40 ans » pour le niveau E (Slimak, 2023, p. 13), il n'est pas interdit de penser, comme le suggère l'auteur (*ibid.*, p. 14), que la part des individus juvéniles devait être autrement plus importante que les données anthropologiques dentaires ne le laissent supposer (fig. 5, 1er argument). L'âge de 5-6 ans correspond au début de la tranche d'âge où les apprentissages de la chasse sont signalés dans bon nombre de sociétés pratiquant encore une chasse traditionnelle (voir *supra*). Au demeurant, si le niveau E correspond bien à près de 40 ans de fréquentation par le même groupe d'individus, il parait donc improbable qu'il ne recèle aucune trace matérielle liée à la présence d'individus juvéniles. Sauf à considérer que le niveau E corresponde exclusivement à une série d'occupations de très courte durée de type « halte de chasse » ne comptant que des adultes. Si l'hypothèse « halte de chasse » est bien avancée pour le niveau E dans les travaux de L. Metz (2015, p. 107), ce point semble contradictoire non seulement avec les données anthropologiques susmentionnées et la présence probable de jeunes enfants sur le site mais aussi avec la présence d'une structure empierrée évoquant un fond de cabane. De plus, les résultats de l'analyse de la faune du niveau E (Roussel, 2023) offre une vision nuancée indiquant différents modes de fréquentation du site selon les années, mais dont aucun ne semble compatible avec une halte de chasse *stricto sensu*. On rappellera par ailleurs la difficulté à reconnaitre et définir clairement ce qu'est une « halte de chasse » selon les périodes et les contextes (ex. : Bon *et al.* dir. 2011). Costamagno et collaborateurs (2011) listent une série de critères non univoques individuellement mais dont plusieurs semblent mal s'accorder avec les données de Mandrin couche E(17). L'hypothèse de miniatures d'enfants n'apparait donc ici pas totalement saugrenue (fig. 6, 2ème argument).

Même si l'on doit se méfier d'un comparatisme simpliste avec le registre ethnographique, la transmission et l'apprentissage de tâches complexes comme la taille du silex, la chasse et la fabrication de l'équipement afférent constituent une régularité générale évidente. Le registre ethnographique est éclairant sur cette question : sur les lieux de vie, les enfants (qui représentent souvent une part importante des groupes) accompagnent les adultes, les aident parfois, jouent avec leurs équipements, se confectionnent ou reçoivent le leur puis l'abandonnent, parfois même n'importe où (*op. cit.*). On peut donc dire que ne jamais détecter de traces d'enfants sur les campements préhistoriques et interpréter *de facto* l'ensemble des vestiges en pierre taillée provenant d'un niveau archéologique comme le seul fruit d'intentions fonctionnelles optimisées de la part d'adultes recèle une part d'erreur interprétative. À Mandrin, le mode de raisonnement permettant de conclure à l'usage de l'arc peut tout à fait relever d'une telle erreur d'appréciation, erreur d'autant plus lourde qu'elle conduit les auteurs à proposer un recul de l'usage de cette arme de près de 40 000 ans avant les premières traces matérielles de son emploi sur le continent européen, datées du Paléolithique final (Stellmoor : Meadows *et al.*, 2018).

L'un des arguments que l'on pourrait objecter à cette hypothèse réside dans le fait que ces très petites pointes semblent provenir d'une chaine opératoire spécifique et relèvent, d'après les auteurs, d'une certaine maitrise technique a priori incompatible avec de (très) jeunes tailleurs. Mais, comme le montre le registre ethnographique (cf. *supra*), cet argument ne peut valoir réfutation dans la mesure où ces petites pointes peuvent tout à fait avoir été confectionnées par des adultes à destination d'un ou de plusieurs enfants, ou encore récupérées dans les déchets des adultes par les enfants eux-mêmes, voire même produites (pour une partie d'entre-elles) par des enfants en cours d'apprentissage (fig. 6, 3ème argument). Rappelons que l'efficacité de ces petites pointes en termes de profondeur de pénétration, prouvée expérimentalement pour un montage en pointe de flèche (Metz *et al.*, 2023), ne peut à elle seule valoir démonstration que tel fut bien leur usage dans le passé. Cette *compatibilité* permet simplement de démontrer leur aptitude technique à être utilisées comme telles. Les données fournies

par Metz et collaborateurs ne s'opposent donc pas non plus à l'idée qu'elles aient tout à fait pu être utilisées en pointes de sagaies ou de lances, fracturées (ou non) et abandonnées sur le site par des enfants.

De nouveaux tests expérimentaux s'avéreraient nécessaires pour évaluer le comportement de ces petites pointes montées à l'extrémité, non plus de flèches, mais bien de sagaies tirées à main nue (et pourquoi pas au propulseur) et utilisées en estoc par un enfant (5-6 ans) ou un jeune adolescent (environ 12 ans) sur divers types de cibles inertes analogues à celles offertes par l'environnement de Mandrin (sol, paroi d'abri, rocher, scapula de cheval, arbre, morceau d'écorce, etc.). Seule une telle démarche expérimentale pourrait permettre d'exclure l'hypothèse « miniature d'enfant », à la condition bien sûr que les fractures[18] résultant possiblement de ces impacts s'avèrent discriminantes, c'est-à-dire nettement différentes de celles obtenues par un adulte tirant à l'arc sur une cible organique en conditions expérimentales.

Les jouets et miniatures des enfants n'ayant pas nécessairement vocation à tuer, la plus faible efficacité (pénétration) constatée par Metz et collaborateurs pour les projectiles armés de micro- et nano-pointes tirés à main nue (ou au propulseur) s'avère compatible avec notre hypothèse. Si les armes/jouets d'enfants n'ont pas nécessairement vocation à être efficaces, il arrive cependant qu'il y ait une progression dans le potentiel létal des armes confiées aux et/ou utilisées par les enfants : inoffensives aux premiers âges, elles deviennent plus efficaces à mesure que l'enfant grandit, s'aguerrit et entre dans le monde des adultes (par ex. Gould, 1970 ; Pétrequin et Pétrequin, 1990, Nishiaki, 2013 ; Dira et Hewlett, 2016 ; fig. 6, 4ème argument).

Enfin, les auteurs évoquent le fait qu'à Mandrin, les nano- et micro-pointes présentent un fort taux de fracture d'impact caractéristiques (entre 30 % et 36 % environ) ce qui est, selon eux, comparable à certains *kill-sites* (Casper Site et Stellmoor notamment) où le taux d'impact sur les pointes est très élevé (plus de 40 %). Mais, à notre connaissance, l'occupation du niveau E de Mandrin n'est pas interprétée comme un *kill-site* (Roussel 2023, p. 256 – en réalité la situation semble complexe, la fonction du site ayant apparemment évolué dans le temps) et si l'on rapporte mécaniquement (et un peu artificiellement) les 199 « petites pointes » (153 micro et 46 nano-pointes[19]), aux 40 années d'occupations proposées, cela ne fait guère que 5 pièces par an en moyenne (sachant que le site a pu être occupée plus d'une fois par an). Le chiffre est encore plus faible si on considère les « petites pointes » impactées : un peu moins d'une quarantaine au total détectées sur le site, ce qui n'est pas non plus incompatible avec l'hypothèse de miniatures d'enfants, bien au contraire. En effet, le nombre limité de petites pièces diagnostiquées comme impactées (38 pièces seulement en valeur absolue) pourrait tout à fait être lié à l'activité d'enfants, en général moins soigneux que les adultes et qui ont tendance à abandonner leurs effets personnels au gré de leur jeux (par ex. Politis, 2005 ; fig. 6, 4ème argument). En l'attente de données expérimentales spécifiques aux armes miniatures et à l'activité d'enfants, le taux de pièces impactées documenté à Mandrin, *in fine* pas aussi élevé que cela une fois rapporté à la durée d'occupation, pourrait donc trouver un début d'explication.

Une autre des objections possibles à l'hypothèse défendue ici réside d'une part dans le caractère exceptionnel de ces pointes microlithiques et, d'autre part, dans le fait que si les miniatures d'enfants devaient constituer une régularité générale du registre archéologique, leur fréquence au sein des sites devrait être bien mieux documentée. On rappellera en premier lieu que les sites attribués au Néronien réunissent cinq occurrences géographiquement concentrées (Slimak, 2008) et que, parmi ceux-ci, rares sont les cas qui ont pu livrer un niveau aussi bien préservé que celui de Mandrin et/ou bénéficier de méthodes de fouilles ayant permis la collecte systématique des micro-vestiges. Les possibilités de comparaisons sont donc pour l'instant limitées.

Il faut d'autre part envisager, à l'échelle du Paléolithique moyen et supérieur, plusieurs cas théoriques pour l'apprentissage de la chasse. Dans cette perspective, le recours à des miniatures (réalistes ou non) ne constitue qu'une possibilité parmi d'autres. Dans le cas d'armes composées de pointes axiales en pierre[20], cinq principaux scénarios non exclusifs permettent d'expliquer – théoriquement – ces différences de visibilité :

1. **Présence de miniatures (projectiles ou épieux), analogues fidèles des armes utilisées par les adultes : l'équipement miniature évolue avec l'enfant jusqu'aux équipements adultes**.
Visibilité archéologique : bonne, à condition de disposer d'une gamme représentative des gabarits propres aux exemplaires d'adultes et d'enfants (Politis, 2005, p. 137).
Cas ethnographiques : Aborigene Ngatatjara (sagaie et propulseur, lance ; Gould, 1970, p. 6) ; Wonie (arc et flèches ; Nishiaki, 2013) ; Nukak (arc, lance, sarbacane, etc. ; Politis, 2005).

⇨ **Cas possible de Mandrin ?**

2. **Présence de miniatures simplifiées des armes d'adultes (projectiles ou épieux armés de copies simplifiées des pointes lithiques et/ou d'imitations en matériaux autres) : on passe du jouet plus ou moins élaboré à l'arme véritable lorsque le moment est venu**.
Visibilité archéologique : variable selon les matériaux utilisés, mais (quasi-)nulle pour des matériaux végétaux.
Cas ethnographiques : Aborigene (lance ; Haagen, 1994, p. 31-35 ; un exemple moderne est visible ici : https://australian.museum/learn/cultures/atsi-collection/aboriginal-toys/toy-spears-general/)

3. **Absence de miniature mais présence de projectiles ou épieux en matière végétale simplement appointés et sans armature lithique/osseuse : le jouet « élémentaire » est directement remplacé, le moment venu, par une arme véritable.**
Visibilité archéologique : nulle.
Cas ethnographique : Aborigene Ngatatjara (sagaie et propulseur « impromptu » ; Gould, 1970, p. 4), Chabu (lance ; Dira et Hewlett, 2016) ; Yámanas (harpon ; Gusinde, 1987, cité par Politis, 2005), Danis de Nouvelle Guinée (arc et flèche ; Pétrequin et Pétrequin, 1990, p. 496)

4. **Absence de miniature mais présence d'armes « raccourcies » (ou non) et parfaitement fonctionnelles** : **l'arme véritable (dont la hampe ou le fût est simplement raccourci) est utilisée dès le plus jeune âge et les premières phases d'apprentissage.**
Visibilité archéologique : nulle (sauf cas exceptionnel avec préservation des matériaux organiques).
Cas ethnographique : une revue non exhaustive de la littérature ethnographique ne nous a pas livré d'exemple de ce cas de figure que l'on doit donc considérer comme théorique.

Notons qu'il est tout à fait plausible d'imaginer que le bâton de jet de Schöningen (Conard *et al.*, 2020) puisse entrer dans un tel cas de figure. Concrètement, rien ne s'oppose à ce qu'un tel bâton puisse être manipulé par un enfant assez jeune (moins de 5 ans) sans qu'il soit cependant besoin d'adapter sa taille ou son poids. Qu'il parvienne à l'utiliser efficacement est cependant peu probable avant un certain âge.

5. **Emprunt des armes des adultes par les enfants** : **l'enfant utilise une arme d'adulte (fonctionnelle ou cassée) pour jouer ou s'exercer avec.**
Visibilité archéologique : nulle
Cas ethnographique : Aborigene Ngatatjara (sagaie et propulseur, lance ; Gould, 1970, p. 6) ; Nukak (arc, lance, sarbacane, etc. ; Politis, 2005)

Il est important de préciser que ces différents scénarios ne sont pas exclusifs et peuvent se combiner au sein d'un même groupe. Ainsi, parmi les aborigènes Ngatatjara, Gould (1970) souligne qu'il est possible que les enfants empruntent subrepticement les armes d'un adulte, mais qu'ils confectionnent également des jouets « impromptus » et simplifiés (fabriqués uniquement en bois, sans armatures disto-axiale ou décoration) ; ils peuvent également se voir offrir des reproductions miniatures fidèles, fabriquées avec soin par un adulte (en général le père) quand ce dernier estime que le moment est venu (*ibid.*). Ainsi, sur un plan archéologique, seuls les cas de miniatures en pierre ou matières dures animales seraient potentiellement visibles et détectables dans un contexte du Paléolithique européen où le bois végétal n'est quasiment jamais préservé.

En suivant notre logique, et en gardant à l'esprit que le scénario 4 ne peut être totalement exclu (c.à-d. le corpus de micro et nano-pointes de Mandrin correspondrait à un amalgame de pointes de toutes tailles - grandes et petites - utilisées en contexte de chasse **par les adultes ET de petites pointes utilisées par les enfants** dans le cadre de jeux/d'apprentissage), la première de ces propositions (c.-à-d. miniatures analogues aux armes des adultes) est celle dont la compatibilité avec les données disponibles pour la Grotte Mandrin nous semble la plus satisfaisante. Par ailleurs, si aucun des scénarios présentés ci-dessus n'implique une visibilité archéologique immédiate, on rappellera que l'identification des enfants dans le registre archéologique du Paléolithique français n'a constitué qu'une préoccupation marginale ces 50 dernières années, en particulier pour le Paléolithique moyen où les débuts du Paléolithique supérieur. En d'autres termes, il y a peu de chance de trouver trace de potentielles armes miniatures sans faire l'effort de les chercher. À Mandrin, prolonger et approfondir la réflexion menée ici impliquerait notamment de se pencher sur les niveaux de savoir-faire perceptibles sur le corpus des nucléus disponibles pour le niveau E, en particulier ceux *à priori* destinés à l'obtention des micro- et nano-pointes.

Conclusion

Pour clore momentanément cette réflexion, nous pensons avoir montré que, sur la base des éléments mobilisés et mobilisables par Metz et collaborateurs, la conclusion de l'usage de l'arc par les chasseurs-cueilleurs *Homo sapiens* de la Grotte Mandrin (niveau E) ne constitue ni la seule hypothèse, ni la plus robuste ou parcimonieuse. La combinaison des arguments avancés par les auteurs ne permet pas de démontrer que l'arc fut bien utilisé par le groupe humain qui a résidé sur le site il y a 54 000 ans et aucun élément déterminant permettant l'identification indubitable de l'arc n'a été proposé. Tout au plus, et en laissant de côté la discussion critique des données techno-fonctionnelles proposées par Metz et collaborateurs, peut-on dire que les *Homo sapiens* du niveau E de Mandrin ont utilisé des pointes lithiques de tailles différentes pour armer leurs projectiles et que certaines des plus petites **seraient** compatibles avec l'usage de l'arc **si (et seulement si)** n'est considérée que la question de leur efficacité mesurée expérimentalement. En outre, les auteurs excluent toute proposition alternative, à commencer par l'hypothèse, fondée ethnographiquement, qu'il puisse s'agir de pointes de projectiles miniatures pour enfants sans vocation d'efficacité maximale. Outre qu'elle soit en bon accord avec l'état des connaissances et la présence quasi-certaine d'individus juvéniles sur le site, l'hypothèse d'armes miniatures d'enfants lancées à main nue, ou utilisées en estoc[(21)], ne nécessite pas d'accepter un résultat « révolutionnaire » (fig. 7). Son principal défaut, somme toute trivial, est qu'elle apparait nettement moins séduisante sur un plan médiatique, quoique l'identification de l'activité d'enfants préhistoriques soit sans doute, elle aussi, tout à fait valorisable auprès des médias.

In fine, outre les aspects les plus techniques développés dans cette étude, une lecture critique ainsi qu'une prise en compte plus large des données archéologiques, palethnographiques et ethnographiques (entre autres) permettent de requalifier un résultat surmédiatisé en hypothèse non parcimonieuse adossée à un raisonnement incomplet et donc réfutable malgré son apparente solidité. Dans un souci de transparence, nous fournissons en annexe 2 le déroulé de la construction de l'argumentaire structurant l'hypothèse alternative présentée ici en suivant un modèle analogue à celui proposé plus haut pour l'hypothèse de Metz et collaborateurs (les figures 5, 6 et 7 résument visuellement notre argumentaire). Dans le prolongement de cette réflexion, la solidité de certaines des autres prémisses de cette étude, ici concédées comme admises, reste à -questionner de manière approfondie.

Il nous semble qu'en l'état, notre analyse remet en question l'assertion finale de l'article de Metz et collaborateurs selon laquelle : « The use of these advanced technologies may be of crucial importance in the understanding of the remarkable expansion of the modern populations. » (Metz *et al.* 2023, p. 11). Il apparait donc selon nous tout aussi hasardeux de suggérer implicitement l'idée que cette soit-disant « supériorité technique » prêtée à Sapiens sur cette base lui ait donné un avantage stratégique décisif sur Néandertal concernant l'accès « aux protéines animales » (Slimak 2022, p. 208). Pis encore, n'est-il pas problématique de laisser planer l'idée subliminale que cet armement ait aussi pu servir des fins moins avouables (un conflit inter-humains que l'on n'oserait nommer guerre ?) en recourant à une comparaison périlleuse entre la colonisation historique (et sanglante), en à peine

quelques siècles, du continent américain par les Européens et le lent processus de peuplement de l'Europe par *Homo Sapiens* à la charnière du Paléolithique moyen et supérieur (*ibid*. p. 212) ?

Enfin, et pour revenir sur un terrain plus méthodologique, il nous semble que l'on devrait également s'interroger sur les prémisses fondant, dans d'autres études, l'hypothèse d'un usage ancien de l'arc en Europe (Hays et Surmely, 2005 ; Odar, 2011 ; Marreiros *et al.*, 2016), au Sri Lanka (Langley *et al.*, 2020), au Japon (Sano, 2016) ou encore en Afrique (voir Lombard et Shea, 2021 pour une synthèse). Bien souvent, ces études reposent sur des combinaisons de critères et d'approches globalement analogues à celles proposées par Metz et collaborateurs : fractures d'impact axiales dites « caractéristiques », largeur réduites des pointes et nécessité d'un diamètre de fût compatible avec des flèches pour garantir leur efficacité, référentiel expérimental, comparaisons ethnographiques et calculs de TCSA. Pour autant, et comme mentionné plus haut, ces critères ne font pas l'unanimité pour démontrer l'usage préférentiel de telle ou telle arme dans le registre paléolithique et, bien qu'un diagnostic plus précis soit désormais ponctuellement possible pour certaines armes (propulseur) et catégories particulières de pointes lithiques à pédoncule (Coppe *et al.*, 2023), il n'existe à ce jour pas de formule miracle permettant de déterminer à coup sûr, à partir des seules pointes lithiques ou osseuses, le mode de propulsion employé (par ex. Coppe *et al.*, 2022 ; Pétillon et Cattelain, 2022). L'effet pervers de la multiplication des études alléguant, ici ou là, du « plus ancien arc » (sur la base d'un argumentaire comparable à celui de Metz et collaborateurs), réside dans le fait qu'elles se « renforcent » mutuellement, créant artificiellement l'apparence d'une accumulation de cas et d'une convergence d'arguments et d'exemples qui ne reflètent en réalité qu'une simple *possibilité*. Un rapide examen des conclusions de certains de ces travaux révèle d'ailleurs que plusieurs auteurs hésitent souvent à conclure définitivement à « l'usage de l'arc », préférant en général l'usage d'une forme conditionnelle (« may have been used », c'est-à-dire « peut » ou « pourrait avoir été utilisé » : par ex. Odar, 2011 p. 445 ; Marreiros *et al.*, 2016, p. 156 ; Surmely et Hays, 2015, p. 10 ; Sano, 2016, p. 139 ; voir également Sano *et al.*, 2019 pour une position un peu plus « prudente » suggérant l'emploi du propulseur ou de l'arc pour les projectiles armés des microlithes typiques de l'Uluzzien). À ce sujet, le récent article de M. Lombard traitant des origines de l'usage du propulseur est tout à fait éclairant (Lombard, 2022). Après avoir listé les études susmentionnées suggérant prudemment que : « bows-and-arrows, amongst other weapon systems, **may have been** part of a hunter's arsenal in Eurasia long before direct evidence for dart hunting » (Lombard, 2022, p. 1), l'autrice conclut, quelques pages plus loin, de manière bien moins circonspecte : « With **increasing evidence for bow hunting used by Homo sapiens groups pre-dating indications of dart hunting** [c'est-à-dire les exemples susmentionnées qui sont antérieurs aux traces archéologiques des propulseurs du Magdalénien], it is necessary to be more nuanced in our discussions about the possible origins of spearthrower technology in both Eurasia and Africa. » (*ibid*., p. 5). Ici, un glissement s'opère donc d'une forme conditionnelle (« **may have been used** ») vers une forme affirmative (« **evidence for bow hunting** ») sans arguments complémentaires. À ce rythme, et sans contradiction apportée à de telles assertions, il n'est guère douteux qu'on finisse par identifier l'usage de l'arc dans de nombreux contextes du Paléolithique supérieur ancien européen, sans pour autant n'avoir jamais eu l'ombre d'une confirmation matérielle. À notre sens, toute discussion anthropologique ou technique adossée à de tels « glissements » ne peut donc être que pure spéculation.

Au-delà de l'exemple emblématique que constitue la question de l'arc, on peut également s'interroger sur ce que deviendraient certaines des controverses archéologiques majeures évoquées en introduction si l'on appliquait une même lecture rigoureuse des prémisses mobilisées et de leur construction. Dans ces controverses où la dispute rhétorique et l'emphase d'un discours médiatique en apparence soutenu par les sciences analytiques ont souvent finalement plus de poids que les faits et la logique argumentaire attendus pour une démonstration scientifique, il est aisé de perdre le lecteur, aussi éclairé soit-il.

Davantage encore, il nous semble salutaire de ne plus nous satisfaire de déléguer, sans regard critique, la validation de résultats scientifiques et archéologiques majeurs aux seuls comités éditoriaux (voire parfois au seul éditeur) d'une revue (aussi prestigieuse soit-elle) ainsi qu'au système d'évaluation par les pairs dont on connait les limites et parfois malheureusement les dérives. En outre, si la plus grande

part des revues, comité éditoriaux et pairs mènent un travail irréprochable, conforme aux règles d'éthique les plus élémentaires, leur fonction de validation du processus scientifique ne doit pas pour autant être confondue avec une fonction de « consécration » du résultat : la vie d'une publication commence avec la controverse – au sens le plus noble du terme – qu'elle suscite (ou non). Consécutivement à l'emballement démesuré de *l'économie de la connaissance* et les exigences politiques et institutionnelles croissantes de résultats « valorisables », l'avalanche quasi quotidienne de « découvertes » toutes plus spectaculaires les unes que les autres dans des revues dont le modèle est souvent basée sur le système *Gold auteur-payeur*[22], constitue une évolution pour le moins préoccupante des pratiques de publications de notre monde académique. Un retour de la mesure, de l'esprit critique et du débat nous parait essentiel.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier Catherine Perlès et Jean-Marc Pétillon pour leur relecture attentive et conseils avisés. Ils adressent aussi leurs remerciements à François Bon et Shumon Hussain pour leur remarques et suggestions constructives. Enfin, les auteurs remercient également Pierre Cattelain et Louise Poquet pour leur avoir transmis et permis d'utiliser leurs photographies des propulseurs de Laugerie-Basse et du Mas d'Azil ainsi que Bibiana Hromadova pour avoir attiré leur attention sur les spatules du Kostienkien.

Notes de bas de page

(1) Emprunt tronqué au titre de l'article salutaire d'Yves Bréchet (2018) : « L'innovation et la course à la nouveauté dans la recherche : une analyse des risques … ».
(2) Extraite d'un travail doctoral soutenu en 2015 (Metz, 2015).
(3) Il faut toutefois rappeler que l'hypothèse d'un âge relativement ancien de l'usage de l'arc sur le continent européen au Paléolithique supérieur a déjà été discutée, notamment pour le Gravettien ancien (par ex. Cattelain et Perpère, 1993 ; Soriano 1998 ; Lansac, 2004 ; Hays et Surmely, 2005).
(4) https://theconversation.com/nouvelle-decouverte-dans-la-vallee-du-rhone-les-homo-sapiens-deurope-tiraient-deja-a-larc-il-y-a-54-000-ans-200326
(5) https://www.lemonde.fr/sciences/article/2023/02/22/l-arc-et-les-fleches-etaient-deja-utilises-en-france-il-y-a-54-000-ans_6162906_1650684.html
(6) https://www.sciencesetavenir.fr/archeo-paleo/la-plus-ancienne-preuve-de-tir-a-l-arc-hors-d-afrique-trouvee-en-france-a-54-000-ans_170068
(7) https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/le-journal-des-sciences/homo-sapiens-utilisait-deja-des-arcs-et-des-fleches-il-y-a-54-000-ans-2294315
(8) https://www.nature.com/articles/d41586-023-00526-y
(9) https://edition.cnn.com/2023/02/23/world/france-cave-earliest-bow-arrow-use-outside-africa-scn/index.html
(10) https://www.smithsonianmag.com/smart-news/archery-may-have-arrived-in-europe-thousands-of-years-earlier-than-thought-180981690/
(11) « L'efficacité » du projectile étant ici exclusivement évaluée par sa profondeur de pénétration dans la cible.
(12) On précisera que le TCSA a été développé pour l'étude des pointes bifaciales de flèches et de sagaies paléoindiennes (Hughes, 1998) et a ensuite été appliqué à d'autres types de pointes (pointes non bifaciales, pointes en os, etc.) issues (1) de différents contextes géographiques et chronologiques de la Préhistoire (voir notamment les travaux de Shea, 2006a et Shea et Sisk, 2010 basés sur des données de Thomas, 1978 et Shott, 1997) ou (2) de groupes de chasseurs actuels ou sub-actuels. Cependant, le succès de ce transfert a été variable dans certains contextes archéologiques, révélant un niveau de confiance tout relatif. En l'état, l'outil est particulièrement intéressant pour tenter de discriminer des tendances (arc *versus* propulseur) dans des contextes où les deux moyens de propulsion sont bien documentés archéologiquement (par ex : le continent américain). En revanche, il est beaucoup moins fiable dans des contextes « à l'aveugle », c'est-à-dire où l'on ne dispose pas de traces archéologiques de l'existence des modes de propulsion comme l'arc (ce qui est le cas de l'ensemble du Paléolithique supérieur ancien européen ; voir: *L'usage des armes*).

(13) Cette critique de la prégnance du postulat d'efficacité maximale a d'ailleurs aussi été adressée aux promoteurs des études basées sur le calcul du TCSA (voir Newman et Moor, 2013, p. 2615).
(14) Expression empruntée au titre de l'ouvrage de science-fiction de Iain Banks (1990).
(15) Il nous semble regrettable que ce point n'ait d'ailleurs jamais vraiment été pris en compte dans les études de TCSA, alors même que l'un de ses promoteurs (Shea, 2006a) a parallèlement et paradoxalement pointé le problème posé par l'absence de prise en considération des enfants dans les registres archéologiques (Shea, 2006b).
(16) Cette dernière précision sur l'âge provient d'un article grand public publié par L. Slimak et collaborateurs dans le media en ligne The Conversation : https://theconversation.com/decouverte-des-plus-anciens-hommes-modernes-en-europe-et-ce-que-cela-change-de-ce-que-lon-pensait-de-ses-relations-avec-neandertal-176919
(17) On retiendra, en particulier et parmi d'autres, le point suivant : « Toute signature témoignant de la présence de jeunes enfants sur le site (sépulture infantile, dent de lait, trace d'apprentissage) exclut l'hypothèse d'une halte de chasse » (Costamagno et al. 2011, p. 354).
(18) Si tant est que ces usages particuliers provoquent bien des fractures, ce qui nous semble plausible.
(19) Chiffres tirés du *Supplementary Table S1* de Metz *et al.*, 2023, mais qui ne tiennent pas compte du fait que l'intégralité du site n'a pas été fouillé.
(20) Il va sans dire que la visibilité archéologique de cet armement d'apprentissage est susceptible de variations importantes en fonction du type d'arme constituant le modèle fonctionnel utilisé par les chasseurs adultes (pointe osseuse/végétale armée – ou pas – de tranchants latéraux en silex *versus* pointe lithique emmanchée axialement sur un fût, etc.). En effet, plus le design d'une arme est simple et non composite (par ex : les épieux/lances en bois de Shöningen) plus les miniatures pourront être fidèles et donc peu visibles pour l'archéologue (si ce n'est peut-être en terme de taille ?). En revanche, plus les designs seront complexes, associant de nombreux matériaux (par ex. les flèches composites des Wonies, ou les flèches paléo-indiennes), plus les copies (plus ou moins habilement réalisées) seront susceptibles de diverger notablement des originaux. Hélas, en ce qui concerne le registre paléolithique, on ne peut guère raisonner qu'à partir des pointes lithiques ou en matières dures animales (c-à-d. une partie seulement du projectile), ce qui constitue une limite difficile à dépasser tant les designs des projectiles de chasse (en particulier les exemplaires composites) restent encore mal connus.
(21) L'hypothèse du propulseur serait *à fortiori* tout aussi révolutionnaire que celle l'arc étant donné qu'aucun usage aussi ancien de cette arme n'est documenté archéologiquement sur le Vieux Continent.
(22) « Des frais de publication ou de traitement (« Article Processing Charges », APC) sont demandés aux auteurs et acquittés par leur institution. Les APC prennent généralement la forme d'un coût à l'article, dont le montant varie de quelques centaines d'euros à plusieurs milliers. » https://scienceouverte.couperin.org/modeles-eco-du-gold/

ANNEXE 1 : RAISONNEMENT PAR DEFAUT DE L'HYPOTHESE DE L'USAGE DE L'ARC À MANDRIN

Argument 3 / PRÉREQUIS : (On sait que) Expérimentalement, seul l'arc permet de tirer efficacement des projectiles légers et d'un diamètre inférieur ou égal à 10 mm armés de répliques de micro ou nano-pointes analogues à celles de Mandrin.

Argument 1 / JUSTIFICATION : (Or) Pour être efficaces, les nano et micro-pointes archéologiques de Mandrin identifiées comme pointes de projectiles et dont la largeur maximale est égale ou inférieure à 10 mm ne peuvent être montées que sur des fûts de projectiles d'un diamètre inférieur à la largeur maximale des pointes selon un gradient compris entre un et quelques millimètres (soit un diamètre de fût situé entre 5 à 9 mm d'après les données expérimentales).

CONCLUSION : (Donc, a priori) L'arc a été utilisé à Mandrin.

L'Argument 2 stipulant que « les micro et nano-pointes archéologiques de Mandrin présentent des caractéristiques (TCSA et taux de fracture) comparables à celles documentés dans des contextes,

archéologiques, ethnographiques, ou expérimentaux où arc et flèches ont été employés (ex : Stellmoor au Paléolithique final) » ne devient donc qu'un simple élément complémentaire non décisif qui vise à consolider la conclusion en apportant deux arguments convergents.

ANNEXE 2 : CONSTRUCTION DES ARGUMENTS POUR LA DEMONSTRATION DE L'HYPOTHESE DES ARMES MINIATURES POUR ENFANTS A MANDRIN

L'hypothèse des miniatures d'enfants nécessite une construction reposant sur la combinaison de 4 arguments, chacun d'entre eux étant adossés à plusieurs prémisses.

Argument 1 : Plusieurs enfants ont fait partie du groupe d'Homo sapiens qui a fréquenté le site de Mandrin et qui est à l'origine de la constitution du niveau E.

Prémisse 1 : la présence <u>d'au moins 1 enfant</u> sur le site de Mandrin (niveau E) est avérée (modèle de Toulmin)

1. Donnée : une dent déciduale d'Homo sapiens a été découverte dans le niveau E de la Grotte Mandrin
2. Loi de passage : Cette dent appartenait à un individu juvénile âgé de 2 à 6 ans
3. Support : en vertu des données biologiques propres au développement anatomique des Homo sapiens et des résultats de l'étude anthropologique.

Réfutation : à moins que la dent déciduale soit intrusive dans le niveau E ou non directement liée à l'un des individus à l'origine de la constitution de l'assemblage lithique du niveau E.

Conclusion : confirmation de la présence d'au moins un enfant âgé entre 2 et 6 ans au sein du groupe d'Homo sapiens qui a fréquenté le site de Mandrin et qui est à l'origine de la constitution de l'assemblage archéologique du niveau E (cette conclusion s'appuie sur les résultats de l'étude de Slimak *et al.,* 2022).

Prémisse 2 : les 40 années d'occupation du site par le groupe d'Homo sapiens du niveau E suggèrent la présence <u>de plusieurs enfants</u> (modèle de Toulmin)

1. Donnée : les résultats de l'étude fuliginochronologique et l'étude de l'assemblage archéologique indiquent que le niveau E correspond à 40 années de réoccupations du site par le même groupe d'Homo sapiens.
2. Loi de passage : Cette longue durée d'occupation suggère que le groupe a pu être composé non seulement d'adultes mais aussi de <u>plusieurs</u> enfants (i.e. les données anthropologiques ne fournissent ici qu'une indication du nombre minimum d'individus juvéniles).
3. Support : en vertu des comportements grégaires et reproductifs des Homo sapiens ainsi que des données ethnographiques disponibles indiquant que les enfants accompagnent fréquemment les adultes dans leurs activités et suivent les cycles de nomadismes.

Conclusion : Sur les 40 années d'occupations du niveau E, il est donc probable que **plusieurs** enfants aient fréquenté le site de Mandrin.

Réfutation : à moins que, de manière contrintuitive, la dent déciduale découverte en couche E corresponde au seul individu juvénile ayant fréquenté le site durant cette phase d'occupation ou que la Prémisse 1 soit invalidée par la réfutation proposée (i.e. le reste humain juvénile est intrusif) ou bien encore que, durant les 40 années d'occupation, les enfants aient été exclus des activités qui ont eu lieu sur place.

CONCLUSION / ARGUMENT 1 : Plusieurs enfants ont fait partie du groupe d'Homo sapiens qui est à l'origine de la constitution de l'assemblage archéologique du niveau E suite à une occupation

répétée de la grotte et à plusieurs épisodes de chasse menés aux alentours. On rappellera d'ailleurs que l'un des auteurs de étude accrédite l'idée que ce groupe a pu compter plusieurs enfants (Slimak, 2023, p. 14 : « This group was therefore made up of men, women, and **young children**, whether they were part of the trip or were conceived within these new territories. »).

Argument 2 (à prémisses convergentes) : Vue la longue durée d'occupation du site de Mandrin (niveau E), la présence de traces d'apprentissage de la chasse par les enfants y est très probable et implique l'usage d'un équipement spécifiquement adapté.

Prémisse 1/Argument 1 : Des enfants faisaient partie du groupe d'Homo sapiens qui est à l'origine de la constitution de l'assemblage archéologique du niveau E, correspondant à près de 40 ans d'occupation(s).
Prémisse 2 : Le groupe d'Homo sapiens qui a fréquenté le site de Mandrin il y a 54 000 ans (niveau E) a pratiqué la chasse à l'aide de projectiles équipés de pointes lithiques de divers gabarits (pointes pluri-centimétriques, micro et nano-pointes). *Cette prémisse résulte de l'étude de Metz et al. ; nous ne la discuterons pas ici davantage.*
Prémisse 3 : l'apprentissage de la chasse dès le plus jeune âge est une régularité dans les sociétés traditionnelles pratiquant cette activité. Cette régularité est attestée par les données ethnographiques recueillies sur trois continents et démontre l'utilisation d'un équipement adapté aux enfants (Afrique, Amérique, Australie).

CONCLUSION / ARGUMENT 2 : Les enfants qui faisaient partie du groupe d'Homo sapiens qui est à l'origine, sur près de 40 ans d'occupation, de la constitution de l'assemblage archéologique du niveau E, ont sans doute suivi un apprentissage de la chasse pratiquée par les adultes ; cet apprentissage, impliquant potentiellement l'utilisation d'un équipement spécifique à leur âge a pu laisser des traces sur le site et/ou au sein des assemblages.

Argument 3 (à prémisses liées) : Les pointes en silex miniatures peuvent correspondre à des éléments de l'équipement cynégétique des enfants utilisés dans le cadre de l'apprentissage de la chasse.

Prémisse 1 : les armes miniatures destinées aux enfants sont fréquentes dans les registres ethnographiques africain, américain et australien.
Prémisse 2 : d'après ces sources, les miniatures d'enfants peuvent (ou non) correspondre à des reproductions fidèles aux armes des adultes ; elles sont fabriquées par les adultes pour les enfants et/ou par les enfants eux-mêmes.
Prémisse 3 : en dehors du cas du niveau E de la Grotte Mandrin, de nombreux exemples archéologiques d'objets miniatures existent dans le registre paléolithique européen, qu'il s'agisse de pointes lithiques ou osseuses (harpons magdaléniens) ou, plus rarement, d'armes (propulseurs) ou objets divers.

CONCLUSION / ARGUMENT 3 : Une partie des équipements de chasse pour enfant est potentiellement présente sur de nombreux sites archéologiques, notamment sous la forme d'objets miniatures répliquant les modèles d'armature utilisées par les adultes. *Cela pourrait aussi être le cas à Mandrin.*

Argument 4 (à prémisses convergentes) : Bien qu'elles n'aient pas nécessairement la même efficacité que celles des adultes, les armes miniatures d'enfants sont utilisées et peuvent donc être endommagées ; elles peuvent être abandonnées sur le site ou ailleurs.

Prémisse 1 : les armes d'enfants ne sont ni nécessairement létales ou efficaces, ni destinées à chasser le même gibier que les adultes ; elles peuvent être utilisées lors de jeux ou lors d'entrainement sur des cibles inertes.
Prémisse 2 : lorsqu'elles sont utilisées, les armes miniatures d'enfants peuvent subir des endommagements au même titre que celles des adultes.
Prémisse 3 : les miniatures peuvent être abandonnées sur le site (d'après ce qu'indiquent plusieurs références ethnographiques).

CONCLUSION / ARGUMENT 4 : Une partie des équipements de chasse d'enfants sont potentiellement présents sur de nombreux sites archéologiques, notamment sous la forme de miniatures répliquant les modèles utilisés par les adultes. Bien que ces « armes » ne soient pas aussi efficaces que celles des adultes et qu'elles aient été utilisées dans des circonstances différentes, leur utilisation par les enfants peut conduire à leur endommagement et leur abandon.

Résumé des 4 arguments

Argument 1 (<u>validé par Slimak *et al.* 2022 et 2023</u>) : Plusieurs enfants ont fait partie du groupe d'Homo sapiens qui a fréquenté le site de Mandrin et qui est à l'origine de la constitution du niveau E.

Argument 2 (*argument basé sur une probabilité raisonnable*) : Vue la longue durée d'occupation du site de Mandrin (niveau E), la présence de traces d'apprentissage de la chasse par les enfants y est très probable et implique l'usage d'un équipement spécifiquement adapté.

Argument 3 (<u>argument basé sur les données ethnographiques et de rares exemples archéologiques</u>) : Les pointes en silex miniatures peuvent correspondre à des éléments de l'équipement cynégétique des enfants utilisé dans le cadre de l'apprentissage de la chasse.

Argument 4 (<u>argument basé sur données ethnographiques</u> *et sur une probabilité raisonnable, mais restant à démontrer*) : Bien qu'elles n'aient pas nécessairement la même efficacité que celles des adultes, les armes miniatures d'enfants sont utilisées et peuvent-être endommagées. Ces Miniatures peuvent-être abandonnées au gré des jeux menés sur le site (et/ou hors de celui-ci).

Nb : les parties <u>soulignées</u> sont les mieux établies tandis que celles signalées *en italique* comportent davantage d'incertitudes.

La liaison de ces quatre arguments permet de proposer une…

NOUVELLE HYPOTHESE : les micro- et nano-pointes de Mandrin couche E peuvent correspondre à des pointes miniatures de projectile lancées à main nue ou de lance d'estoc destinées aux enfants en vue de l'apprentissage de la chasse.

Nb : sur le mode de propulsion ou l'usage de ces armes : *compte tenu de l'état des connaissances disponibles sur l'usage des armes au Paléolithique moyen et supérieur en Europe, le lancer à main nue et/ou l'usage en estoc constituent l'hypothèse minimale. L'usage de l'arc (non formellement démontré antérieurement au DMG) ou du propulseur (identifié ca 31 000 ans) apparait moins plausible car l'un et l'autre ne sont identifiés sans équivoque qu'à des périodes bien plus tardives (près de 20 000 ans plus tard pour le propulseur et 40 000 ans pour l'arc). Par ailleurs, dans des contextes anciens où aucun vestige de ces types d'armes n'est archéologiquement attesté, il n'existe à ce jour pas de méthode consensuelle permettant de discriminer systématiquement ces différentes armes avec fiabilité, et ce uniquement à partir des pointes de projectile.*

Pour démontrer/réfuter l'hypothèse « miniatures d'enfants », il conviendrait de :

1. Démontrer expérimentalement la capacité des enfants à casser ces pointes durant leur utilisation et provoquer des fractures d'impact, analogues ou non à celles des adultes.

Nb : si ces usages par les enfants ne produisaient **aucune fracture, alors l'hypothèse serait invalidée**. Si les enfants parviennent à produire des fractures non diagnostiques, alors l'hypothèse ne serait que partiellement invalidée. Enfin s'ils parviennent à produire des fractures diagnostiques similaires, l'hypothèse serait toujours valide.

2. Rechercher de manière complémentaire les indices potentiels de l'activité technique des enfants parmi les vestiges liés à la production des pointes lithiques (notamment en étudiant les niveaux de savoir-faire identifiables à partir des nucléus). Ce point permettrait d'apporter un argument convergent à la matérialité de l'apprentissage des enfants sur le site de Mandrin (niveau E).

Glossaire

(pour plus de détails, nous renvoyons le lecteur au Dictionnaire de l'argumentation 2021 : http://icar.cnrs.fr/dicoplantin/)

Modèle de Toulmin : « Structure [qui] combine deux composantes faisant entendre deux voix : 1/ Une composante positive, qui justifie une conclusion (Claim) par une Donnée (Data), appuyée sur des principes généraux de généralité croissante, la Loi de passage (Warrant) et son Support (Backing) ; 2/ Une composante négative, attachant à la conclusion un Modélisateur (Qualifier) pointant vers les conditions de Réfutation (Rebuttal) du raisonnement positif » (Plantin, 2021).

Prémisse : « Tout argument qui sert de fondement à un raisonnement, dont découle une conséquence » (Dictionnaire de l'Académie française).

Donnée/Data : « Fait ou principe indiscuté, ou considéré comme tel, sur lequel se fonde un raisonnement ; constatation servant de base à un examen, une recherche, une découverte. » (Dictionnaire de l'Académie française). « Le proposant doit être capable de justifier sa proposition (…) par un fait (…) capable de la soutenir (Plantin, 2021, *Structure du dialogue et du monologue argumentatif prototypique*).

Loi de passage/Warrant : Le proposant doit « expliciter la règle (Warrant) (le principe, le permis d'inférer) qui lie la donnée à la conclusion. » ; « Le terme anglais *warrant*, traduit par "mandat, garantie, justification", signifie « (…) Autorisation ou approbation [*sanction*] donnée par (…) une loi » (…) ; la transition de l'argument à la conclusion est permise par une décision faisant autorité. » (Plantin, 2021, *Structure du dialogue et du monologue argumentatif prototypique*).

Modalisateur/Qualifier et Réfutation/Rebuttal : « Le *Modalisateur* (*Qualifier*) est un adverbe qui correspond à des *Réserves*, ou *Restrictions*, qui conditionnent l'acceptabilité de la conclusion » ; l'introduction de réserves transforme la conclusion en « une présomption (…), probable, mais pas certaine ». « Le Qualifier (…) "pointe sur les conditions exceptionnelles qui, si elles étaient réalisées, annuleraient (defeat or rebut) la conclusion (…)"» (Plantin, 2021, *Structure du dialogue et du monologue argumentatif prototypique*).

Support/Backing : « Le terme anglais *backing signifie* "renforcement, support, appui, aval" : "(…) Quelque chose placé à l'arrière pour soutenir ou renforcer"». Le proposant doit pouvoir

« fournir un support (…) (*backing*) rendant le warrant acceptable » (Plantin, 2021, *Structure du dialogue et du monologue argumentatif prototypique*).

Arguments à prémisses liées : « L'argumentation liée (…) est définie comme une argumentation où la conclusion repose sur plusieurs propositions dont la combinaison produit un argument. On dit également que la conclusion est soutenue par un ensemble de prémisses indépendantes ; ou que ces propositions ne sont suffisantes pour la conclusion que si elles sont prises conjointement. » (Plantin, 2021, *Liaison : Argumentation à prémisses liées*).

Arguments à prémisses convergentes : « Deux ou plusieurs arguments sont convergents lorsqu'ils soutiennent indépendamment la même conclusion ; ils sont coorientés vers cette conclusion. (…) On a affaire à un cumul d'arguments, qui, pris séparément, peuvent être relativement faibles, peu concluants, mais qui, pris en bloc, se renforcent (…). » (Plantin, 2021, *Convergence*).

Raisonnement par défaut : « Du point de vue *logique*, le raisonnement révisable est étudié dans le cadre des logiques dites *non monotones*. À la différence des logiques classiques (ou « *monotones* »), elles admettent la possibilité qu'une conclusion soit déductible d'un ensemble de prémisses {P1} et ne le soit pas de {P1} augmenté de nouvelles prémisses. (…) il s'agit de formaliser l'idée simple qu'un apport nouveau d'information peut amener à réviser une croyance déduite d'un premier ensemble restreint de données. » (Plantin 2021, *Raisonnement par défaut*).

Bibliographie

ANDERSON L. (2019) – *Essai de paléosociologie aurignacienne. Gestion des équipements lithiques et transmission des savoir-faire parmi les communautés établies dans le sud de la France*, thèse de doctorat, université de Toulouse-Jean Jaurès, Toulouse, 1261 p.

BAXTER J.E. (2005) – *The Archaeology of Childhood: Children, Gender and Material Culture*, Walnut Creek, Altamira press (Gender and archaeology series, 10), 176 p.

BERGER L.R., MAKHUBELA T., MOLOPYANE K., KRÜGER A., RANDOLPH-QUINNEY P., ELLIOTT M., PEIXOTTO B., FUENTES A., TAFFOREAU P., BEYRAND V., DOLLMAN K., JINNAH Z., BREWER GILLHAM A., BROAD K., BROPHY J., CHINAMATIRA G., DIRKS P.H.M., FEUERRIEGEL E., GURTOV A., HLOPHE N., HUNTER L., HUNTER R., JAKATA K., JASKOLSKI C., MORRIS H., PRYOR E., RAMAPHELA M., ROBERTS E., SMILG J. S., TSIKOANE M., TUCKER S., VAN ROOYEN D., WARREN K., WREN C.D., KISSEL M., SPIKINS P., HAWKS J. (2023) – Evidence of deliberate burial of the dead by Homo naledi, *bioRxiv*. https://doi.org/10.1101/2023.06.01.543127

BOCK J., JOHNSON S.E. (2004) – Subsistence Ecology and Play Among the Okavango Delta Peoples of Botswana, *Human Nature*, 15, 1, p. 63-81.

BODU P. (1993) – *Analyse techno-typologique du matériel lithique de quelques unités du site magdalénien de Pincevent (Seine-et-Marne) : applications spatiales, économiques et sociales*, thèse de doctorat, université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Paris, 1293 p.

BON F., COSTAMAGNO S., VALDEYRON N. dir. (2011) – *Halte de chasse en préhistoire. Quelles réalités archéologiques*, actes du colloque international (Toulouse, 13-15 mai 2009), *Palethnologie*, 3, 354 p.

BRADBURY A.P. (1997) – The Bow and Arrow in the Eastern Woodlands: Evidence for an Archaic Origin, *North American Archaeologist*, 18, 3, p. 207-233.

BRÉCHET Y. (2018) – L'innovation et la course à la nouveauté dans la recherche : une analyse des risques…, *Raison présente*, 206, 2, p. 59-68.

CAMPANARO D.M. (2021) – Inference to the Best Explanation (IBE) and Archaeology: Old Tool, New Model, *European Journal of Archaeology,* 24, 3, p. 412–432.

CAMPANARO D.M. (2023) – A Roof for the *atrium* of the House of the Greek Epigrams in Pompeii? A Three-Dimensional Critical Study, *Theoretical Roman Archaeology Journal*, 5, 1, p. 1-34.

CARDILLO M. (2010) – Somme applications of Geometric Morphometrics to archaeology, *in* M. Ashraf, T. Elewa (dir.), *Morphometrics to Nonmorphometricians*, Heidelberg, Springer-Verlag Berlin (Lecture Notes in Earth Sciences, 124), p. 324-341. https://doi.org/10.1007/978-3-540-95853-6_15

CATELLIN S. (2004) – L'abduction : un pratique de la découverte scientifique et littéraire, *Hermès, La Revue*, 39, 2, p. 179-185.

ATTELAIN P., PERPÈRE M. (1993) – Tir expérimental de sagaies et de flèches emmanchées de pointes de la Gravette, *Archéo-Situla*, 17-20, p. 5-28.

CATTELAIN 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, *PALEO*, 26, p. 17-32.

CATTELAIN P. (2020) – Les propulseurs magdaléniens de type 3 : un exemple d'association d'un même type de décor à un même type de support fonctionnel, du Magdalénien moyen au Magdalénien supérieur. Continuité et variations, *in* E. Paillet, M. Sepulveda, E. Robert, P. Paillet et N. Mélard (dir.), *Caractérisation, continuités et discontinuités des manifestations graphiques des sociétés préhistoriques*, actes de la session 4 du XVIIIème congrès de l'UISPP (4-9 juin 2018, Paris), Oxford, Archaeopress Archaeology, vol.3, p. 3-30.

CARON-LAVIOLETTE E. (2021) – *(Ré)occupations : réflexions autour de la variabilité magdalénienne à travers une séquence exceptionnelle d'occupations à Étiolles*, thèse de doctorat, université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 762 p.

CHADELLE J.-P., GENESTE J.-M., PLISSON H. (1996) – Technologie fonctionnelle des pointes de projectiles solutréennes (TFPS), *in* : Bilan scientifique de la région Aquitaine, 1995, service régional de l'Archéologie, Bordeaux, p. 131-132.

CHIOTTI L. (2003) – Les productions lamellaires dans l'Aurignacien de l'abri Pataud, Les Eyzies-de-Tayac (Dordogne), *Gallia Préhistoire*, 45, p.113-156.

CONARD N., SERANGELI J., BIGGA G., ROTS V. (2020) – A 300,000-Year-Old Throwing Stick From Schöningen, Northern Germany, Documents the Evolution of Human Hunting, *Nature Ecology & Evolution*, 4, p. 690-693.

COPPE, J., LEPERS, C., CLARENNE, V., DELAUNOIS, E., PIRLOT, M., & ROTS, V. (2019) – Ballistic study tackles kinetic energy values of Paleolithic weaponry, *Archaeometry,* 61, 4, p. 933–956. https://doi.org/10.1111/arcm.12452

COPPE J., LEPERS C., ROTS V. (2022) – Projectiles Under a New Angle: a Ballistic Analysis Provides an Important Building Block to Grasp Paleolithic Weapon Technology, *Journal of Archaeolgical Method and Theory*, 29, p. 1131-1157.

COPPE J., TAIPALE N., ROTS V. (2023) – Terminal Ballistic Analysis of Impact Fractures Reveals the Use of Spearthrower 31 ky ago at Maisières-Canal, Belgium, *Scientific Reports*, 13, 18305. https://doi.org/10.1038/s41598-023-45554-w

COSTAMAGNO S., BON F. VALDEYRON N. (2011) – Conclusion, *in* F. Bon, S. Costamagno, N. Valdeyron (dir.), *Halte de chasse en préhistoire. Quelles réalités archéologiques*, actes du colloque international (Toulouse, 13-15 mai 2009), *Palethnologie*, 3, p. 351-360.

CRITTENDEN A.N. (2016) – Children's foraging and Play among the Hadza. The Evolutionary Significance of « Work Play », *in* C.L. Meehan, A.N. Crittenden (eds.), *Childhood: Origins, evolution and implications*, Albuquerque, University of New Mexico Press, p. 155–170.

DAWE B. (1997) – Tiny Arrowheads: Toys in the Toolkit, *Plains Anthropologist*, 42, 161, p. 303-318.

DEREVENSKI J.S. (1996) – Where are the children? Accessing children in the past, *Archaeological Review from Cambridge*, 13, 2, p. 7-20.

DEREVENSKI J.S., (ed.) (2000) – *Children and material culture*, London-New York, Routledge, 256 p.

DIRA S.J., HEWLETT B.S. (2016) – Learning to Spear Hunt among Ethiopian Chabu Adolescent Hunter-Gatherers, *in* H. Terashima et B.S. Hewlett (eds.), *Social Learning and Innovation in Contemporary Hunter-Gatherers, Evolutionary and Ethnographic Perspectives*, Tokyo, Springer, p. 71-81.

FISHER A., VEMMING HANSEN P., RASMUSSEN P. (1984) – Macro and Micro Wear Traces in Lithic Projectile Points: Experimental Results and Prehistoric Examples, *Journal of Danish Archaeology*, 3, p. 19-46.

FLAS D., MILLER R. JACOBS B. (2006) – Les "burins" de l'atelier de débitage aurignacien de Maisières-Canal (Province du Hainaut, Belgique), *in* M. de Araujo Igreja, J.-P. Bracco et F. Le Brun-Ricalens (dir.), *Burins préhistoriques : formes, fonctionnements, fonctions*, actes de la table ronde d'Aix-en-Provence (Aix-en-Provence, 3-5 mars 2003), Luxembourg, Publications du Musée national d'histoire et d'art (ArchéoLogiques, 2), p. 55-74.

GALLOIS S., DUDA R., HEWLETT B., REYES-GARCIA V. (2015) – Children's Daily Activities and Knowledge Acquisition: A Case Study Among the Baka From Southeastern Cameroon, *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 11, 86, p. 1-13. doi: 10.1186/s13002-015-0072-9

GALLAY A. (2007) – Le mégalithisme sénégambien, une approche logiciste, *in* C. Descamps, A. Camara (eds.), *Senegalia, études sur le patrimoine ouest-africain : hommage à Guy Thilmans*, Saint Maur-des-Fossés, Sépia, p. 205–22.

GALLAY A., GARDIN J.-C. (2007) – 25 ans de logicisme en archéologie : quel bilan ? *in* J. Evin (dir.), *Un siècle de construction du discours scientifique en préhistoire*, vol. 3, actes du XXVIème Congrès préhistorique de France (Avignon, 21-25 septembre 2004), Paris, Société préhistorique française, p. 23-36.

GARDIN J.-C. (1979) – *Une archéologie théorique*, Paris, Hachette, 339 p.

GARDIN J.-C. (2002) – Les modèles logico-discursif en archéologie, *Archaeologie e Calculatorri*, 13, p. 19-30.

GILSEN L. (2011) – Miniature atlatl, *Bulletin of Primitive Technology*, 41, p. 66–69.

GOULD R.A. (1970) – Spears and Spear-Throwers of the Western Desert Aborigines of Austalia, *Amerian Museum Novitates*, 2403, p. 1-42.

GUSINDE M. (1987) – *Los indios de Tierra del Fuego, Tomo II. Los Yámana*, Buenos Aires, Centro Argentino de Etnología Americana.

GVOZDOVER M. D. (1997) – *Art of the Mammoth Hunters. The finds from Avdeevo*, Oxford, Oxbow Books (Oxford Monograph, 49), 186 p.

HAAGEN C. (1994) – *Bush Toys, Arboriginal Children at Play*, Canberra, Arboriginal Studies Press, 165 p.

HARZING A.-W. (2002) – Are Our Referencing Errors Undermining our Scholarship and Credibility? The Case of Expatriate Failure Rates, *Journal of Organizational Behavior*, 23, p. 127-148.

HAYS M., SURMELY F. (2005) – Réflexions sur la fonction des microgravettes et la question de l'utilisation de l'arc au gravettien ancien, *PALEO,* 17, p. 145-156.

HUGHES S.S. (1998) – Getting to the Point: Evolutionary Change in Prehistoric Weaponry, *Journal of Archaeological Method and Theory*, 5, 4, p. 345-408.

HUSSAIN S.T. (2019) – *The French-Anglophone Divide in Lithic Research: A Plea for Pluralism in Palaeolithic Archaeology*, these de doctorat, Leiden University, 470 p. https://hdl.handle.net/1887/69812

HUSSAIN S.T., SORESSI M.A. (2021) – The Technological Condition of Human Evolution: Lithic Studies as Basic Science, *Journal of Palaeolithic Archaeology*, 4, 25. https://doi.org/10.1007/s41982-021-00098-1

HROMADOVA B. (2017) – Technological and stylistic peculiarities of the design of Kostenki-Avdeevo spatulas, Poster *in Late Palaeolithic monuments of Eastern Europe*, Scientific conference in memory of Marianna Davidovna Gvozdover to the 100th anniversary of her birth (Moscou, 5-6 juin 2017).

JANNY F. (2010) – Technologie lithique à Verberie. Production domestique et apprentissage, *in* E. Zubrow, F. Audouze and J. Enloe (eds.), *The Magdalenian Household: Unraveling Domesticity*, Albany, State University of New York Press (the Institute for European and Mediterranean archaeology distinguished monograph series), p. 51-75.

JULIEN M. (1982) – *Les harpons magdaléniens*, Paris, Éditions du CNRS (coll. Supplément à Gallia Préhistoire, 17), 302 p.

JULIEN M., ORLIAC M. (2004) – Les harpons et les éléments barbelés, *in* J. Clottes et H. Delporte (dir.), *La grotte de la Vache (Ariège). Fouilles Romain Robert*, Paris, Éditions du CTHS, vol. 1, p. 221-274.

JOSEY R. J., HULL E. (2019) – Learning to Use Atlatls: Equipment Scaling and Enskilment on the Oregon Coast, *Antiquity,* 93, 372, p. 1569–1585. https://doi.org/10.15184/aqy.2019.172

KAMP K.A. (2001) – Where Have All the Children Gone? The Archaeology of Childhood, *Journal of Archaeological Method and Theory*, 8, 1, p. 1-34.

KAMP K.A., WHITTAKER J.C. (2020) – Weaponry and Children: Technological and Social Trajectories, *in* K. Rebay-Salisbury et D. Pany-Kucera (dir.), *Ages and Abilities: The Stages of Childhood and their Social Recognition in Prehistoric Europe and Beyond*, Oxford, Archaeopress, p. 10-25.

KENYON D., ARNOLD C.D. (1985) – Toys as Indicators of Socialization in Thule Culture, *in* M. Thompson, M.T. Garcia et F.J. Kense (dir.), *Status, structure and stratification: current archaeological reconstructions*, Proceedings of the 16th Annual Chacmool Archaeology Conference, Calgary, University of Calgary Press, p. 347-353.

KLARIC L. (2017) – « La réussite d'une production repose sur l'attention prêtée aux détails » : L'exemple des débitages lamellaires par méthode du Raysse (Gravettien moyen, France), *Journal of Lithic Studies*, 4, 2, p. 387-421.

KLARIC L. (dir.) (2018) – *The Prehistoric Apprentice: Investigating Apprenticeship, Know-How and Expertise in Prehistoric Technologies*, Brno, The Czech Academy of Sciences, Institut of Archaeology (Dolni Vestonice Studies, 24), p. 375 p.

KLARIC L., AURBY T., WALTER T. (2002) – Un nouveau type d'armature en contexte gravettien et son mode de production sur les burins du Raysse (la Picardie, commune de Preuilly-sur-Claise), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 99, 4, p. 751-764.

LANGLEY M.C. (2017) – Magdalenian Children: Projectile Points, Portable Art and Playthings, *Oxford Journal of Archaeology*, 37, 1, p. 1-22

LANGLEY M.C., M. LITSER (2018) – Is it Ritual? Or Is It Children? Distinguishing Consequences of Play from Ritual Actions in the Prehistoric Archaeological Record, *Current Anthropology*, 59, 5, p. 616-643.

LANGLEY M. C., AMANO N., WEDAGE O., DERANIYAGALA S., PATHMALAL M. M., PERERA N., BOIVIN N., PETRAGLIA M. D., ROBERTS P. (2020) – Bows and Arrows and Complex Symbolic Displays 48,000 Years Ago in the South Asian Tropics, *Sciences Advances*, 6. doi: 10.1126/sciadv.aba3831

LANSAC J.-P. (2002) – *Fonction des pointes de la Font-Robert : étude archéologique et expérimentale appliquée aux collections de la Font-Robert, Pré-Aubert et la Grotte des Morts (Corrèze)*, mémoire de DEA, université de Rennes, Rennes, 27 p.

LANSAC J.-P. (2004) – Un cadre chronologique pour l'utilisation du propulseur et de l'arc durant le Paléolithique supérieur, *Bulletin des Chercheurs de la Wallonie*, 43, p. 29-36.

LAURSEN B.K. (2018) – On the intersection of Interdisciplinary Studies and Argumentation Studies: The Case of Inference to the best Explanation, *Issues in Interdisciplinary Studies*, 36, 1, p. 93-125.

LEW-LEVY A., RECKIN R., LAVI N., CRISTÓBAL-AZKARATE J., ELLIS-DAVIES K., (2017) – How do Hunter-Gatherer Children Learn Subsistence Skills, *Human Nature*, 28, p. 367-394. doi: 10.1007/s12110-017-9302-2

LILLEHAMMER G. (1989) – A Child Is Born. The Child's World in an Archaeological Perspective, *Norwegian Archaeologial Review*, 22, 2, p. 89-105.

LOMBARD M. (2005) – A Method for Identifying Stone Age Hunting Tools, *South African Archaeological Bulletin*, 60, 182, p. 115-120.

LOMBARD M. (2022) – Re-Considering the Origins of Old World Spearthrower-and-Dart Hunting, *Quaternary Science Reviews*, 293, 107677. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107677

LOMBARD M., PARSONS I., van der RYST M.M. (2004) – Middle Stone Age Lthic Point Experimentation for Macro-Fracture and Residue Analysis: the Process and Preliminary Results With Reference to Sibudu Cave Points, *South African Journal of Science*, 100, p. 159-166.

LOMBARD M., SHEA J.J. (2021) – Did Pleistocene Africans Use the Spearthrower-and-Dart? *Evolutionary Anthropology*, 30, 5, p. 307-315. https://doi.org/10.1002/evan.21912

MACDONALD K. (2010) – Learning to Hunt, *in* D.F Lancy, J. Bocks et S. Gaskins (eds.), *The Anthropology of Learning in Childhood*, Walnut Creek, Altamira Press, p. 371-396.

MACDONALD K. (2007) – Cross-Cultural Comparison of Learning in Human Hunting, *Human Nature*, 18, p. 386–402.

MARREIROS J., BICHO N., GIBAJA J., CASCALHEURA J., PEREIRA T. (2016) – Early Gravettian Projectile Technology in Southwestern Iberian Peninsula: The Double Backed and Bipointed Bladelets of Vale Boi (Portugal), *in* R. Iovita et Sano K. (eds.), *Multidisciplinary Approaches to the Study of Stone Age Weaponry*, Dordrecht, Springer (Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology series), p. 147-158. doi: 10.1007/978-94-017-7602-8_10

MEADOWS J., HERON C., HÜLS M., PHILIPPSEN B., WEBER M-J. (2018) - Dating the Lost Arrow Shafts From Stellmoor (Schleswig-Holstein, Germany), *Quartär*, 65, p. 105-114.

METZ L. (2015) – *Néandertal en armes ? Des armes, et de l'arc, au tournant du 50ème millénaire en France méditerranéenne*, thèse de doctorat, université d'Aix-Marseille, Aix-en-Provence, 2 vol., 395 p.

METZ L., LEWIS J.E., SLIMAK L. (2023) – Bow-and-Arrow, Technology of the First Modern Humans in Europe 54,000 Years Ago at Mandrin, France, *Science Advances*, 9, 8. doi: 10.1126/sciadv.add4675

MICHEL A. (2010) – *L'Aurignacien récent (post-ancien) dans le Sud-Ouest de la France : variabilité des productions lithiques. Révision taphonomique et techno-économique des sites de Caminade-Est, abri Pataud, Roc-de-Combe, Le Flageolet I, La Ferrassie et Combemenue*, thèse de doctorat, université de Bordeaux 1, Bordeaux, 600 p.

MILKS A., LEW-LEVY S., LAVI N., FRIESEN D.E., RECKIN R. (2021) – Hunter-Gatherer Children in the Past: An Archaeological Review, *Journal of Archaeological Method and Theory*, 64, 101369. https://doi.org/10.1016/j.jaa.2021.101369

NEWMAN K., MOOR M. W. (2013) – Ballistically Anomalous Stone Projectile Points in Australia, *Journal of Archaeological Science*, 40, p. 2614-2620.

NISHIAKI, Y. (2013) – « Gifting » As a Means of Cultural Transmission: The Archaeological Implications of Bow-and-Arrow Technology in Papua New Guinea, *in* T. Akazawa, Y. Nishiaki, and K. Aoki (eds.), *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans. Cultural Perspectives (vol. 1)*, Tokyo, Springer, p. 173-185.

O'FARREL M. (2000) – Les pointes de la Gravette de Corbiac (Dordogne) et considérations sur la chasse au Paléolithique supérieur ancien, *in* P. Bodu, C. Constantin (dir.), *Approches fonctionnelles en Préhistoire*, actes du XXVème Congrès Préhistorique de France (Nanterre, 24-26 novembre 2000), Paris, Société préhistorique française, p. 121-138

ODAR B. (2011) – Archers at Potočka zijalka? *Arheološki vestnik*, 62, p. 433-456.

ODELL G. H., COWAN F. (1986) – Experiments with Spears and Arrows on Animal Targets, *Journal of Field Archaeology*, 13, 2, p. 195-212.

PARK R.W. (1998) – Size counts: the miniature archaeology of childhood Inuit Societies, *Antiquity*, 72, 269-281.

PERLÈS C. (2016) – La technologie lithique de part et d'autre de l'Atlantique, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 113, 2, p. 221-240.

PÉTILLON J.-M., CATTELAIN P. (2020) – Le tir expérimental de projectiles préhistoriques. Aperçu de trente ans de recherches, *in* S. Beyries (dir.), *Expérimentation en archéologie de la préhistoire*, Paris, Éditions des archives contemporaines (coll. Sciences Archéologiques), p. 61-77. hal-02937796

PÉTILLON J.-M., CATELAIN P. (2022) – Experimental Evidence of Spearthrower Usage in the Late Upper Palaeolithic (Upper Magdalenian) from the Isturitz Cave Site, Pyrénées-Atlantiques, France, *Arheologia*, 2, p. 5-18.

PÉTILLON J.-M., BIGNON O., BODU P., CATTELAIN 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., SACCHI D., CATTELAIN P. (2020) – Un propulseur androgyne magdalénien dans la grotte Gazel (Sallèles-Cabardès, Aude). Comparaisons et commentaires, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 117, 3, p. 391-407.

PÉTREQUIN A.-M., PÉTREQUIN P. (1990) – Flèches de chasse, flèches de guerre, le cas des Danis d'Irian Jaya (Indonésie), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 87, 10-12, p. 484-511.

PFEIFFER S.J. (2015) – Projectile for Kids – New Evidence of Child and Youth Versions of Magdalenian Osseous Poiints from Teufelsbrücke Cave site (Thuringia, Germany), *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift*, 56, 1-2, p. 243-254.

PIGEOT N. (1987) – Magdaléniens d'Étiolles: Économie de débitage et organisation sociale (l'unité d'habitation U5), Paris, Éditions du CNRS (coll. Supplément à Gallia Préhistoire, 25), 158 p.

PIGEOT N. (1990) – Technical and Social actors in Prehistory: Flintknapping specialists and Apprentices at Magdalenian Étiolles, *Archaeological Review from Cambridge*, 9, 1 (Numéro spécial: Technology in the Humanities), p. 126-141.

PLANTIN C. (2021) – *Dictionnaire de l'argumentation. Une introduction aux études d'argumentation*, Lyon, ENS Éditions (coll. Langages), 633 p. http://icar.cnrs.fr/dicoplantin/

PLOUX S. (1988) – *Approche archéologique de la variabilité des comportements techniques individuels. L'exemple de quelques tailleurs magdaléniens à Pincevent*, thèse de doctorat, université de Paris X, Nanterre, 2 vol. 362 p.

POLITIS G. (2005) – Children's Activity in the Production of Arachaeological Record of Hunter-Gatherers, an Ethnoarchaeological Approach, *in* P.P. Funari, A. Zarankin et E. Stovel (eds.), *Global Archaeological Theory*. *Contextual Voices and Contemporary Thoughts*, London, Springer, p. 121-143.

POTTIER C. (2006) – Productions lamellaires et burins du Raysse du Gravettien moyen de l'abri Pataud (Dordogne, France), *in* M. de Araujo Igreja, J.-P. Bracco et F. Le Brun-Ricalens (dir.), *Burins préhistoriques : formes, fonctionnements, fonctions*, actes de la table ronde d'Aix-en-Provence (Aix-en-Provence, 3-5 mars 2003), Luxembourg, Publications du Musée national d'histoire et d'art (ArchéoLogiques, 2), p. 121-140

RIEDE F., LEW-LEVY S., JOHANNSEN N.N., LAVI N., MALMDORF ANDERSEN M. (2023) – Toys as Teachers: A Cross-Cultural Analysis of Object Use and Enskillment in Hunter–Gatherer Societies, *Journal of Archaeological Method and Theory,* 30, p. 32–63. https://doi.org/10.1007/s10816-022-09593-3

ROUSSEL A. (2023) – *Stratégies de subsistance et mobilité, au Paléolithique moyen, dans le Midi de la France. Approches archéozoologique et cémentochronologique*, thèse de doctorat, université Côte d'Azur, Nice, 452 p.

SANO K. (2016) – Evidence for the Use of Bow-and-Arrow Technology by the First Modern Humans in the Japanese Islands, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 10, p. 130-141.

SANO K., CIPRIANI A., ARRIGHI S., STANI C., AURELI D., BOSCHIN F., FIORE I., SPAGNOLO V., RICCI S., CREZZINI J., BOSCATO P., GALA M., TAGLIACOZZO A., BIRARDA G., VACCARI L., RONCHITELLI A., MORONI A., BENAZZI S. (2019) – The Earliest Evidence for Mechanically Delivered Projectile Weapons in Europe, *Nature Ecology & Evolution*, 3, p. 1409–1414.

SHEA J.J. (2006a) – The Origins of Lithic Projectile Point Technology: Evidence From Africa, the Levant, and Europe, *Journal of Archaeological Science*, 33, p. 823-846.

SHEA J.J. (2006b) – Child's Play: Reflections on the Invisibility of Children in the Paleolithic Record, *Evolutionary Anthropology*, 15, p. 212-216.

SHEA J.J., SISK M.L. (2010) – Complex Projectile Technology and *Homo sapiens* Dispersal into Western Eurasia, *PalaeoAnthropology*, 2010, p. 100-122.

SHOTT M.J. (1997) – Stones and Shafts Redux: The Metric Discrimination of Chipped-Stone Dart and Arrow Points, *American Antiquity*, 62, 1, p. 86-101.

SMITH M.E. (2015) – How Can Archaeologists Make Better Arguments, *The SAA Archaeological Record,* 15, 4, p. 18-23.

SMITH M.E. (2023) – Making Good Arguments in Archaeology, *in* C. Gonzalez-Perez, P. Martin-Rodilla et M. Pereira-Fariña (dir.), *Discourse and Argumentation in Archaeology: Conceptual and Computational Approaches*, Berlin, Springer Nature (Quantitative Archaeology and Archaeological Modelling), p. 37–54.

SLIMAK L. (2004) – *Les dernières expressions du Moustérien entre Loire et Rhône*, thèse de doctorat, Université de Provence, Aix-en-Provence, 2 vol. 868 p.

SLIMAK L. (2008) – The Neronian and the Historical Structure of Cultural Shifts from Middle to Upper Palaeolithic in Mediterranean France, *Journal of Archaeological Science*, 35, p. 2204-2214.

SLIMAK L. (2022) – *Néandertal nu. Comprendre la créature humaine*, Paris, Odile Jacob, 235 p.

SLIMAK L. (2023) – The three Waves: Rethinking the Structure of the First Upper Palaeolithic in Western Eurasia, *PloS One*, 18, 5, e0277444. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277444

SLIMAK L., ZANOLLI C., HIGHAM T., FROUIN M., SCHWENNIGER J.-L., ARNOLD L.J., DEMURO M., DOUKA K., MERCIER N., GUÉRIN G., VALLADAS H., YVORRA P., GIRAUD Y., SEGUIN-ORLANDO A., ORLANDO L., LEWIS J.E., MUTH X., CAMUS H., VANDEVELDE S., BUCKLEY M., MALLOL C. STRINGER C., METZ L. (2022) – Modern Human Incursion into Neanderthal Territories 54,000 Years Ago at Mandrin, France, *Sciences Advances*, 8, 6, eabj9496. doi: 10.1126/sciadv.abj9496

SNAREY K., ELLIS C. (2010) – Evidence for Bow and Arrow Use in the Small Point Late Archaic of Southwestern Ontario, *in* C.J. Ellis, N. Ferris, P.A. Timmins, C.D. White (eds.), *The "Compleat Archaeologist": Papers in Honnor of Michael W. Spence*, Toronto, *Ontario Archaeology*, 85-88 et Toronto, *Occasional Publication of the London Chapter*, OAS, 9, p. 21-38.

SORIANO S. (1998) – Les microgravettes du Périgordien de Rabier à Lanquais (Dordogne) : analyse technologique fonctionnelle, *Gallia Préhistoire*, 40, p. 75-94.

SORESSI M. GENESTE J.-M. (2011) – The History and Efficacy of the Chaîne Opératoire Approach to Lithic Analysis: Studying Techniques to Reveal Past Societies in an Evolutionary Perspective, *PaleoAntrhopology*, 2011, p. 334-350. doi:10.4207/PA.2011.ART63

STUTT A., SHENAN S. (1990) – The nature of archaeological arguments, *Antiquity*, 64, 245, p. 766-777.

THOMAS D.H. (1978) – Arrowheads and Atlatl Darts: How the Stones Got the Shaft, *American Antiquity*, 43, p. 461-472.

TOSTEVIN G. (2011) – Levels of Theory and Social Practice in the Reduction Sequence and *Chaîne Opératoire* Methods of Lithic Analysis, *PaleoAnhropology*, 2011, p. 351-375. doi:10.4207/PA.2011.ART64

TOUZÉ O. (2023) – La séquence gravettienne de Belgique : mise à jour et mises au point, *Comptes Rendus Palevol*, 22, 25, p. 511-540. https://doi.org/10.5852/cr-palevol2023v22a25

VILLA P. SORIANO S. (2010) – Hunting Weapons of Neanderthals and Early Modern Humans in South Africa. Similarities and Differences, *Journal of Anthropological Research*, 66, p. 5-38.

WRIGHT J.V. (1994) – The Prehistoric Transportation of Goods in the St. Lawrence River Basin, *in* T.G. Baugh et J.E. Ericson (eds.), *Prehistoric Exchange Systems in North America*, New-York, Springer, p. 47-71.

Bulletin de la Société préhistorique française, tome 121, n°1, p. 7-34, publié le 31 mars 2024.

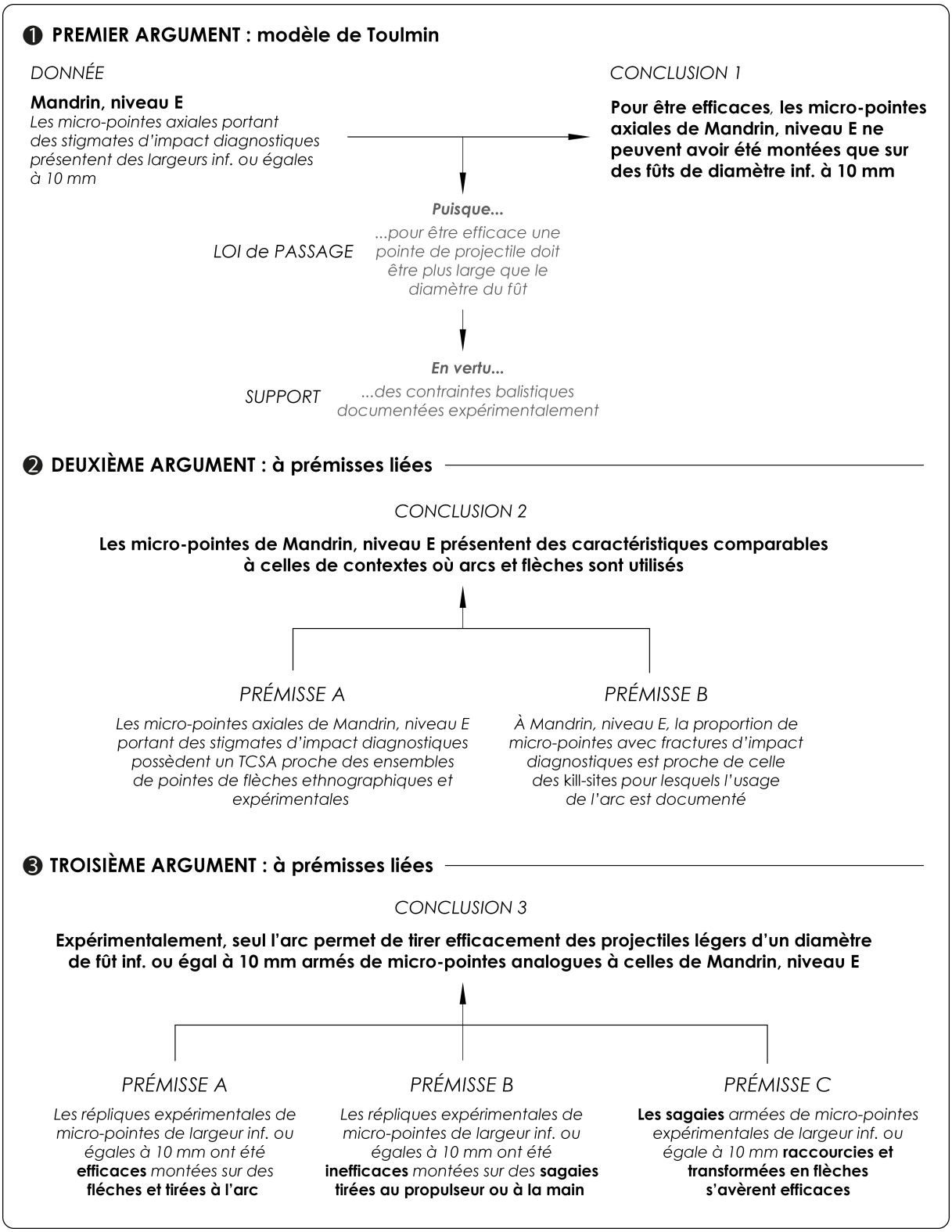

Fig. 1 : Construction logique des trois arguments structurant la démonstration de l'usage de l'arc à la Grotte Mandrin (niveau E) selon Metz *et al.*, 2023. Infographie S. Ducasse.

Fig. 1: Logical structure of the three arguments structuring the demonstration of bow use at Grotte Mandrin (level E) according to Metz *et al.*, 2023. Infographics S. Ducasse.

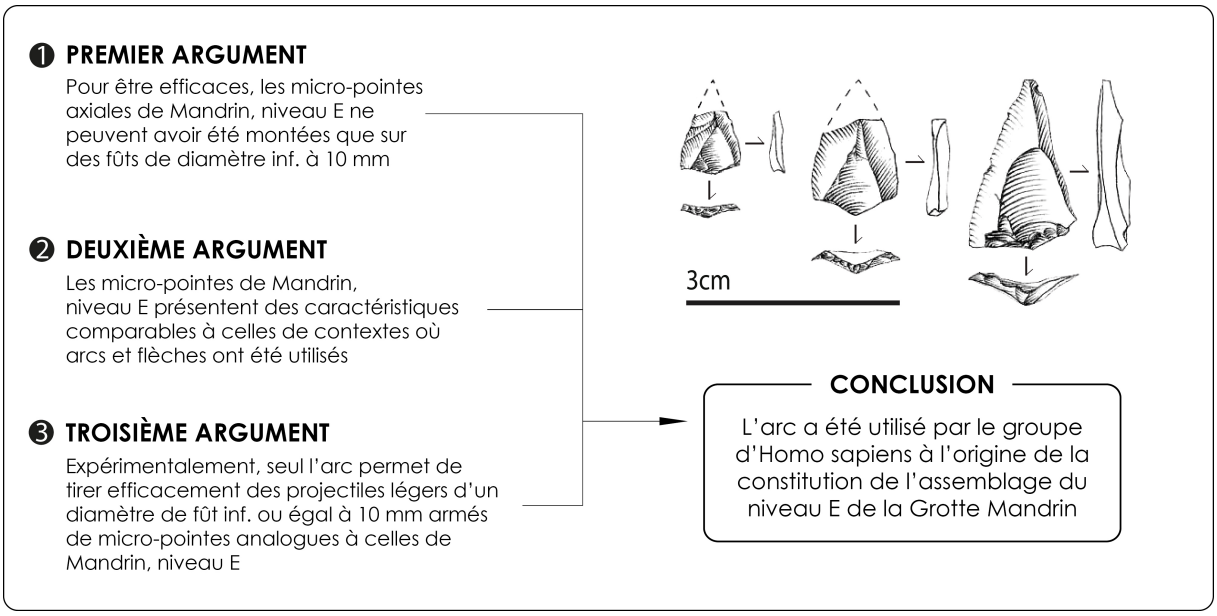

Fig. 2 : Combinaison des arguments et conclusion de la démonstration de l'usage de l'arc à la Grotte Mandrin (niveau E) selon Metz *et al.*, 2023. Infographie S. Ducasse.
Fig. 2: Combination of arguments and conclusion of the demonstration of bow use at Grotte Mandrin (level E) according to Metz *et al.*, 2023. Infographics S. Ducasse.

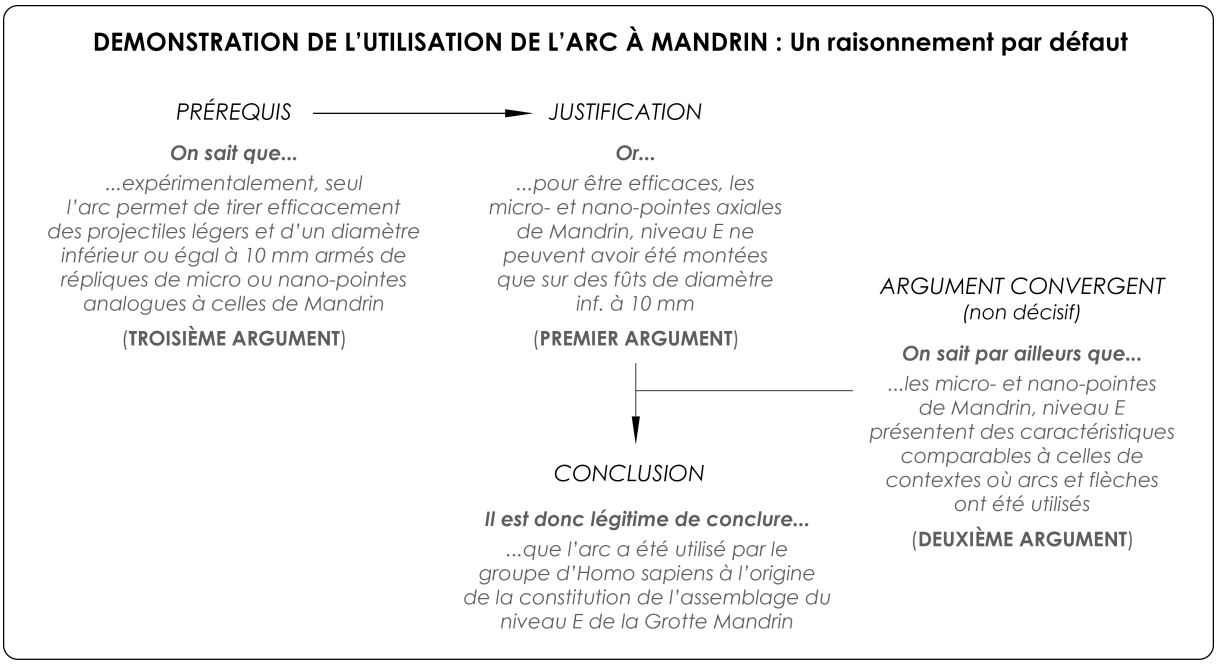

Fig. 3 : Raisonnement par défaut menant à la conclusion d'un usage de l'arc à la Grotte Mandrin (niveau E). Infographie S. Ducasse.
Fig. 3: Default reasoning leading to the conclusion of bow use at Grotte Mandrin (level E). Infographics S. Ducasse.

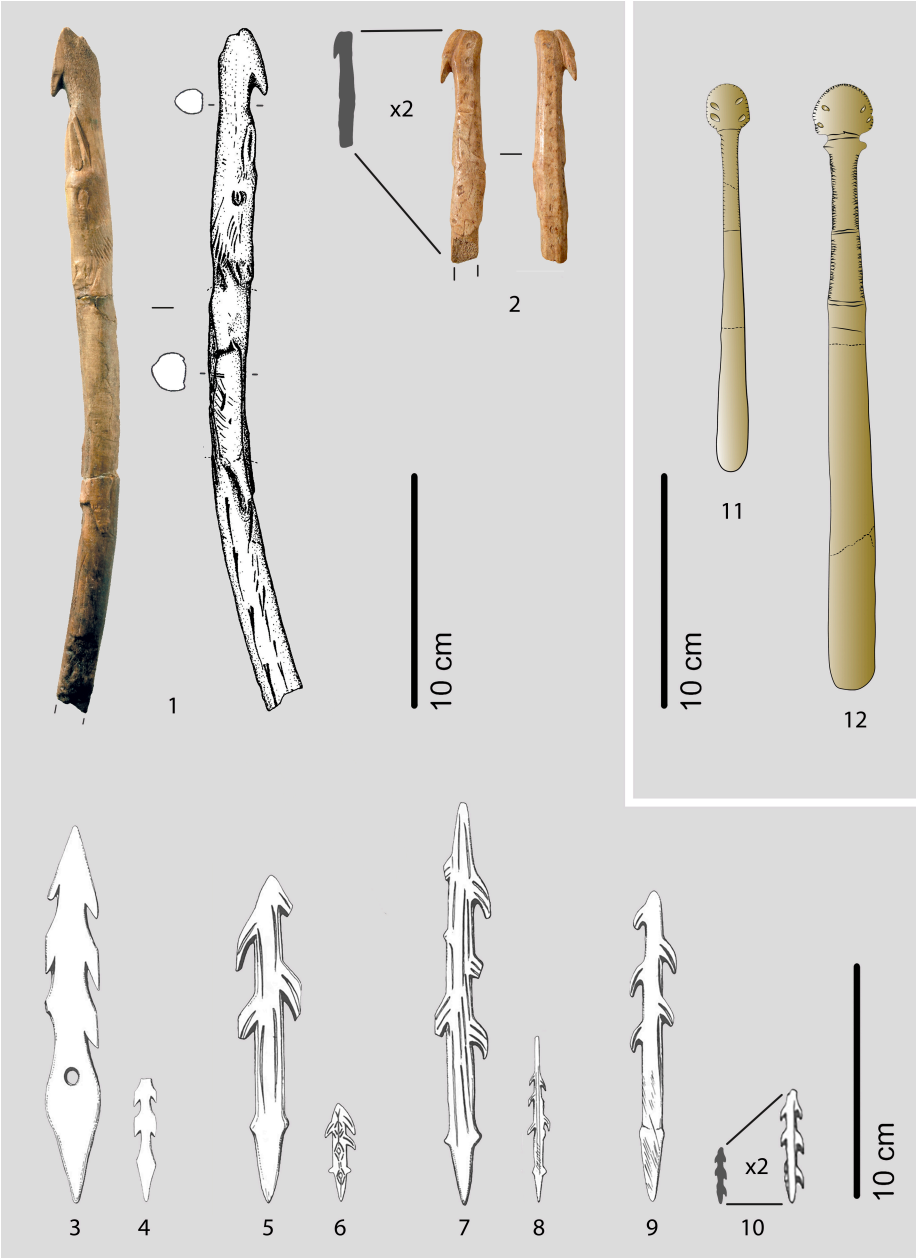

Fig. 4 : Quelques exemples d'armes ou objets miniatures présentées en vis-à-vis de pièces analogues, de gabarits classiques, issues de contextes magdaléniens (n°s 1-2 et 5 à 12) ou gravettien (n°s 3-4). n°1 : Propulseur de type 3.2 (abri de Laugerie Basse, Dordogne, d'après Cattelain, 2005 et 2020, dessin D. Buisson), n°2 : Propulseur miniature de type 3.2 (Grotte du Mas d'Azil, Ariège ; photos P. Cattelain) ; n^{os}3-10 : Harpons et miniatures du Magdalénien (n^{os}3-4 : Laugerie-Basse, Dordogne ; n^{os}5-8 : Le Soucy, Dordogne ; n^{os}9-10 : Fontalès, Tarn-et-Garonne ; d'après Julien, 1982), n^{os}11-12 : Spatule miniature et spatule du Kostienkien (Avdeevo, Russie ; d'après Gvozdover, 1997, modifié). Infographie L. Klaric.

Fig. 4: Examples of weapons or miniature objects presented alongside analogous pieces in classic sizes, from Magdalenian (n°s 1-2 and 5 to 12) or Gravettian (n°s 3-4) contexts; n°1: Spear-thrower of the type 3.2 (Laugerie Basse rockshelter, Dordogne, after Cattelain, 2005 and 2020, drawing by D. Buisson); n°2: Miniature spear-thrower of the type 3.2 (Mas d'Azil cave, Ariège; picture by P. Cattelain); n^{os}3-10: Magdalenian harpoons and miniatures (n^{os}3-4: Laugerie-Basse rockshelter, Dordogne; n^{os}5-8: Le Soucy, Dordogne; n^{os}9-10: Fontalès, Tarn-et-Garonne; after Julien, 1982); n^{os}11-12: Miniature and Kostienkian spatulas (Avdeevo, Russia; after Gvozdover, 1997, modified). Infographics L. Klaric.

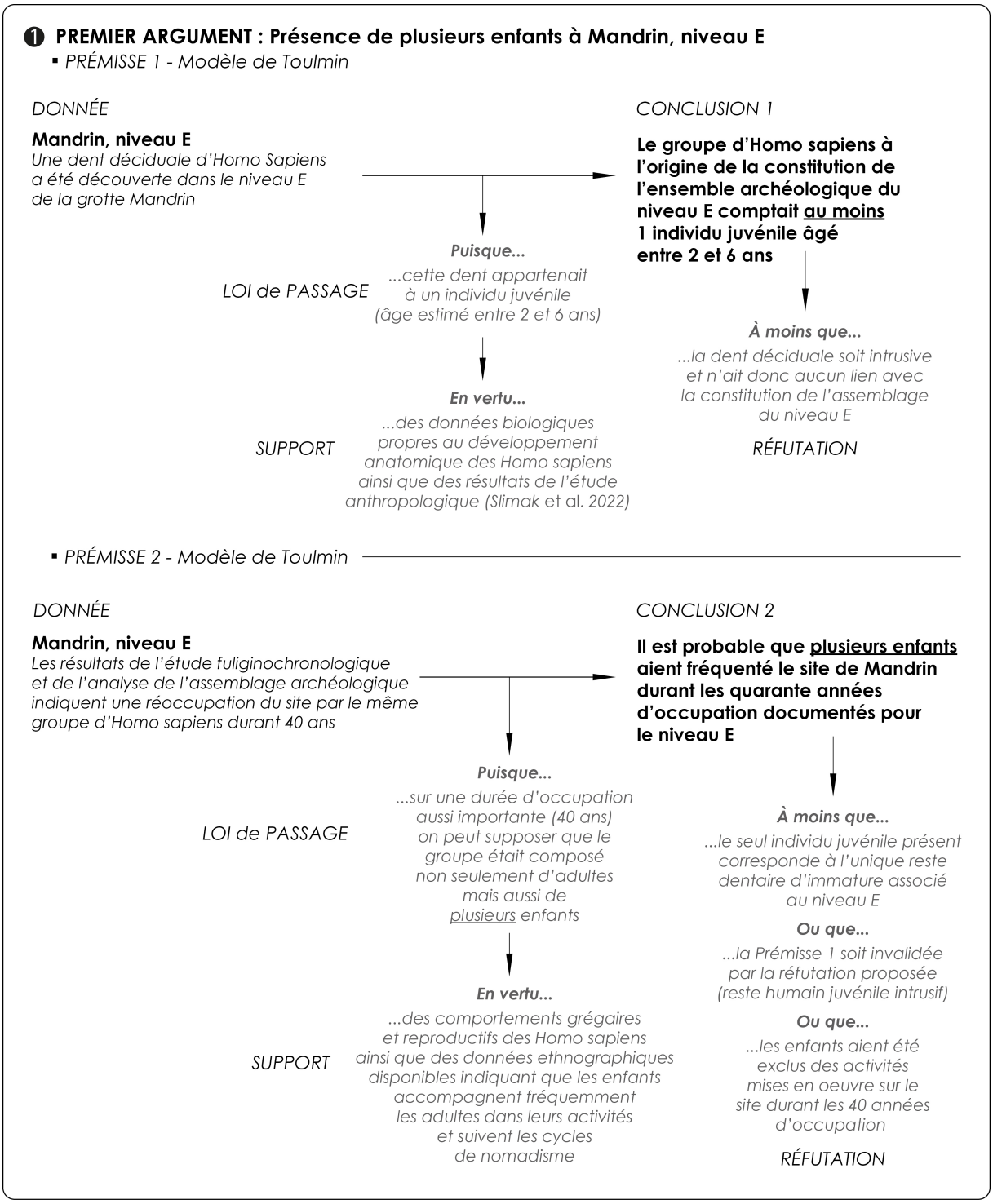

Fig. 5 : Construction logique de l'hypothèse « miniatures d'enfants » à la Grotte Mandrin (niveau E). Infographie S. Ducasse.

Fig. 5: Logical structure of the "miniatures children's weapons" hypothesis at Grotte Mandrin (level E). Infographics S. Ducasse.

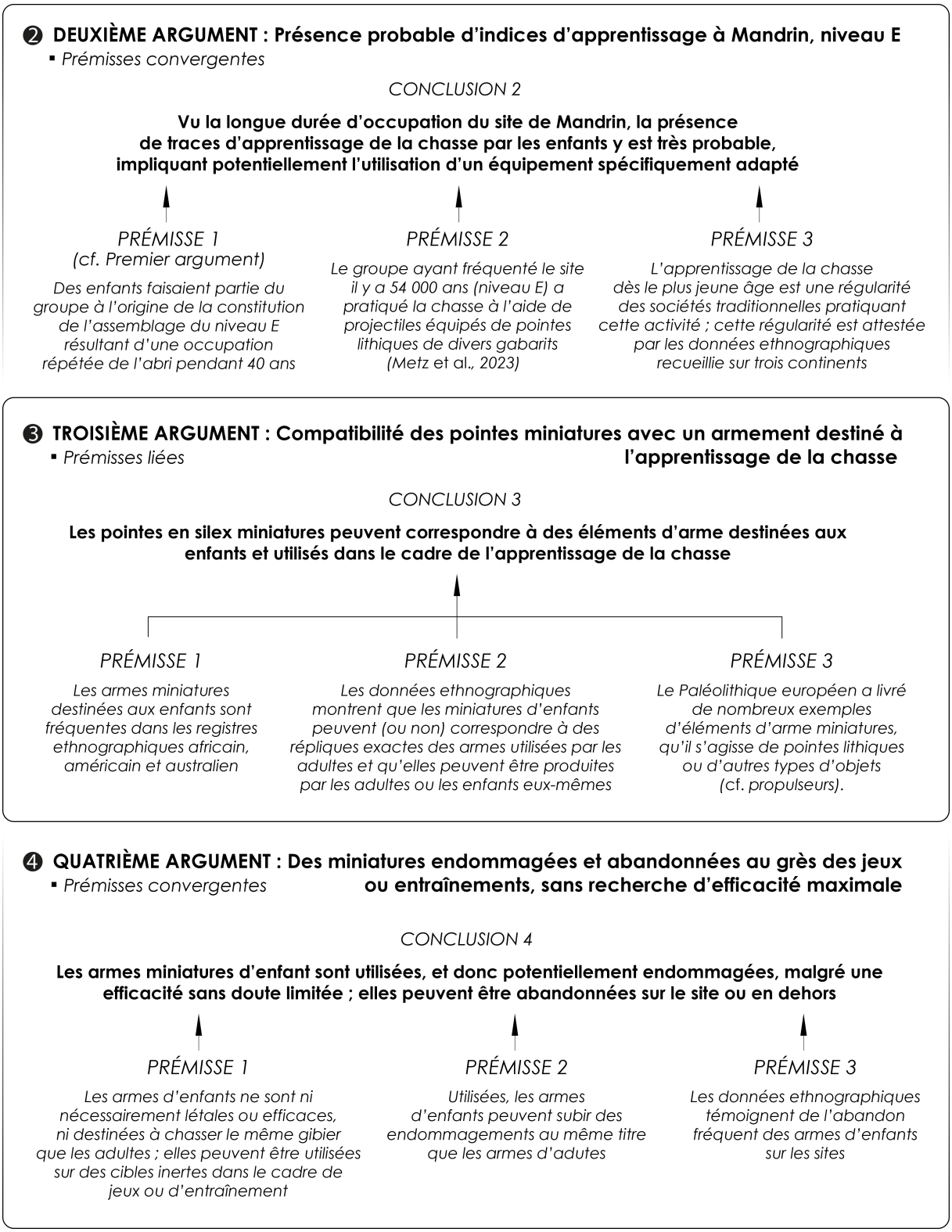

Fig. 6 : Construction logique de l'hypothèse « miniatures d'enfants » à la Grotte Mandrin, niveau E (suite). Infographie S. Ducasse.

Fig. 6: Second part of the logical structure of the "miniatures children's weapons" hypothesis at Grotte Mandrin (level E). Infographics S. Ducasse.

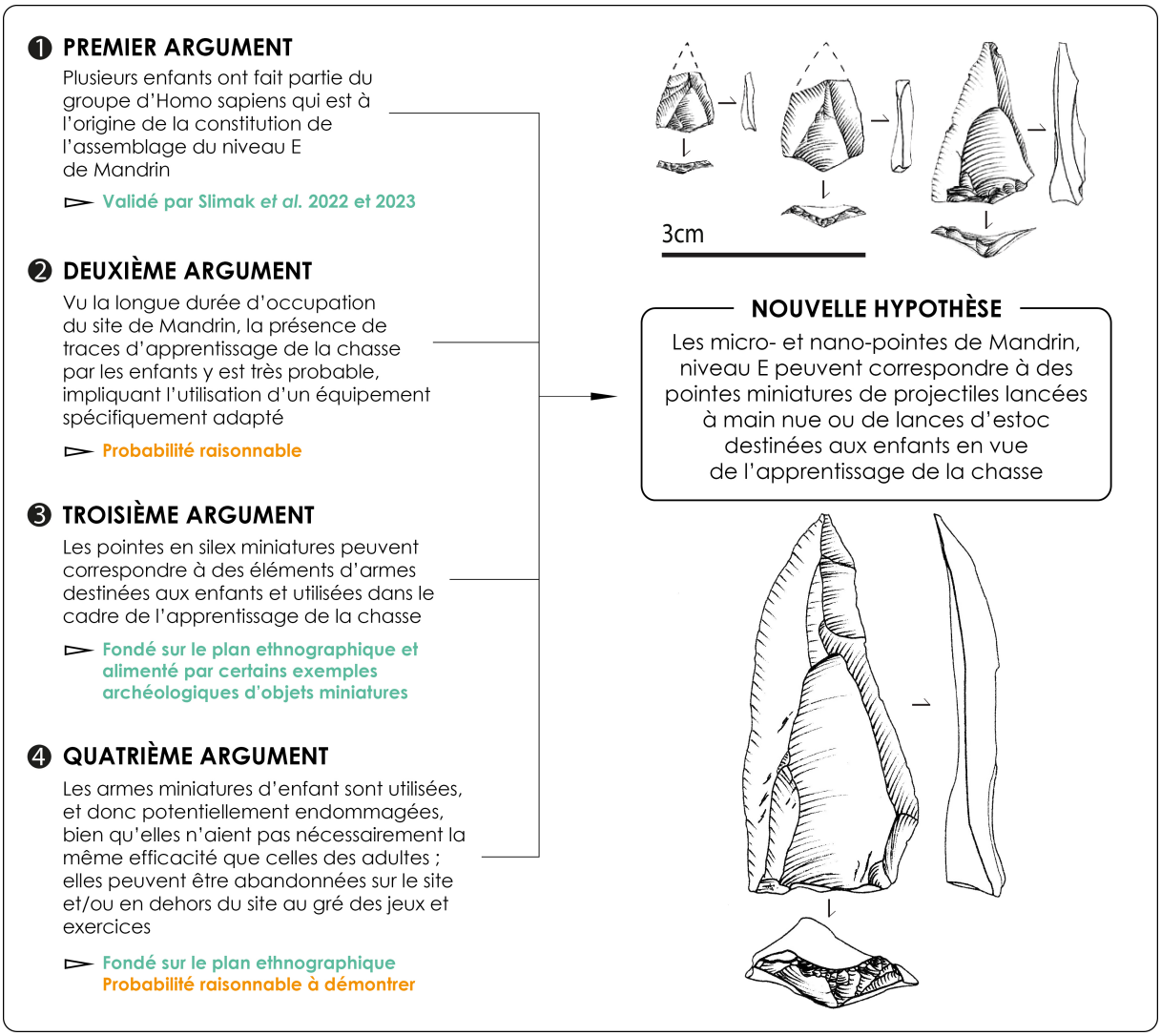

Fig. 7 : Combinaison logique des quatre arguments et naissance de l'hypothèse alternative proposant l'existence de « miniatures d'enfants » à la Grotte Mandrin (niveau E). Infographie S. Ducasse.
Fig. 7: Logical combination of the four arguments leading to the alternative hypothesis proposing the existence of "miniatures children's weapons" in the Grotte Mandrin (level E). Infographics S. Ducasse.