Réflexion sur le microlithisme en France au cours du Premier Mésolithique Xè-VIIIè millénaire avant J.-C. : approche technologique, expérimentale et fonctionnelle

Lorène Chesnaux

▶ **To cite this version:**

Lorène Chesnaux. Réflexion sur le microlithisme en France au cours du Premier Mésolithique Xè-VIIIè millénaire avant J.-C. : approche technologique, expérimentale et fonctionnelle. Archéologie et Préhistoire. Université Panthéon-Sorbonne - Paris I, 2014. Français. NNT : 2014PA010590 . tel-02134837

HAL Id: tel-02134837
https://theses.hal.science/tel-02134837

Submitted on 20 May 2019

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.

Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne
UFR 03 Histoire de l'Art et Archéologie - Ecole doctorale d'Archéologie

REFLEXION SUR LE MICROLITHISME EN FRANCE AU COURS DU PREMIER MESOLITHIQUE Xe-VIIIe MILLENAIRES AVANT J.-C. Approches technologique, expérimentale et fonctionnelle

Thèse présentée et soutenue publiquement
pour obtenir le grade de Docteure de l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne
en Archéologie préhistorique

par Lorène CHESNAUX

sous la direction de Boris VALENTIN
Professeur à l'Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne

le 27 novembre 2014

Jury :

M. Boris VALENTIN, Professeur, Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne UMR 7041 ArScAn, Ethnologie préhistorique	Directeur
Mme Sylvie PHILIBERT, Chargée de Recherche au CNRS UMR 5608 TRACES, Université Toulouse II le Mirail	Tutrice
Mme Sylvie BEYRIES, Directrice de recherche au CNRS UMR 7264 CEPAM, Université Nice Sophia-Antipolis	Rapporteure
M. Nicolas VALDEYRON, Professeur, Université Toulouse II Le Mirail UMR 5608 TRACES	Rapporteur
M. Jean-Marc PETILLON, Chargé de Recherche au CNRS UMR 5608 TRACES, Université Toulouse II le Mirail	Examinateur

Photo de couverture : Cyril Bernard

Remerciements

Il m'est particulièrement agréable de pouvoir remercier très chaleureusement tous ceux qui ont contribué à ce travail.

Nicole Pigeot qui a dirigé ce mémoire pendant plusieurs années. Je la remercie pour son enseignement et la transmission de son savoir.

Boris Valentin qui a repris la direction de ma thèse il y a peu mais qui a suivi mon travail de près depuis le commencement, c'est-à-dire ma maîtrise. Je le remercie de m'avoir accordé toute sa confiance et sa patience. Je le remercie également pour tout l'enrichissement qu'il a apporté à ce travail par ses nombreux conseils et relectures.

Sylvie Philibert qui a également suivi et enrichi mon travail et m'a soutenue, conseillée et relue durant toutes ces années.

L'ensemble des membres de mon jury : Sylvie Beyries, Sylvie Philibert, Jean-Marc Pétillon, Nicolas Valdeyron et Boris Valentin.

Mon équipe Ethnologie préhistorique et tout particulièrement Pierre Bodu et Nejma Gontas pour leur aide et leur présence.

Le laboratoire du CEPAM qui m'a accueilli durant plusieurs années en m'offrant des conditions de travail optimales. Je remercie vivement ses différents directeurs : Franck Braemer, Didier Binder et Martine Regert.

Je tiens tout particulièrement à remercier Sylvie Beyries qui a largement contribué à mon enseignement en tracéologie et qui m'a notamment offert l'opportunité de codiriger avec elle le stage de tracéologie du CEPAM pendant plusieurs années.

Je garde de très bons souvenirs de ces moments de partage, d'échanges et d'amitiés avec l'ensemble des membres (passés ou actuels) du CEPAM notamment Auréade Henry, Cédric Lepère, Laurence Mercuri, Lamya Khalidi, Elisa Nicoud, Louise Purdue, Julia Chrzavzez, Sylvie Beyries, Didier Binder, Martine Regert, Bernard Gassin, Isabelle Théry, Liliane Meignen, Claire Delhon, Lionel Gourichon, Guillaume Porraz, Nicolas Naudinot, Sébastien Guillon, Khun Hutangkura, Sandrine Bonnardin, Carole Cheval, Antonin Tomasso, Sabine Sorin, Thomas Huet, Alain Carré, Maxime Rageot, Jean-Victor Pradeau, Nicolas Bernigaud, Hala Alarashi, Olivier Langlois, Patricia Anderson, Arnaud Mazuy, Antoine Pasqualini.

Pierre-Yves Nicod et Régis Picavet pour leur amitié et pour toute la confiance qu'ils m'ont accordée (notamment lorsqu'ils m'ont confié des collections).

Evelyne Darque-Ceretti, Eric Felder, Yves Gaillard et Marion Girard du CEMEF (Sophia-Antipolis) et Martine Regert et Maxime Rageot du CEPAM qui ont apporté beaucoup à ce travail par leur recherche et leur expertise physico-chimique des matériaux.

Raphaële Guilbert et Virginie Guillomet-Malmassari pour leur enseignement, leur aide éclairée (l'une concernant le Mésolithique et l'autre l'épistémologie) et leur amitié.

Dominique Cliquet et Catherine Louboutin à qui je dois ma première formation en Préhistoire (théorique et de terrain) et qui m'ont donné le goût et l'envie de continuer dans cette voie.

L'entreprise Paléotime et toute son équipe, notamment Régis Picavet, Pascal Tallet, Paul Fernandes, Mathieu Rué, Jean-Louis Schuh, Marion Dousse, Perrine Tacussel, Jean-Baptiste Caverne, Alexandre Morin, Anne Hauzeur, Sophie Chamberlan, Charlotte Chamberlan, Arnaud Roy, Eric Thirault, Sébastien Bernard-Guelle.

L'ensemble des personnes qui m'ont aidée dans la mise en place et la réalisation des différentes expérimentations : Pierre-Yves Nicod et la fouille de la Grande-Rivoire, Dominique et Régis Picavet, le laboratoire du CEPAM, le laboratoire du CEMEF, Maryse Chesnaux et Jacques Chesnaux, Alain Sunyol, Didier Binder, Sylvie Beyries, Lucie Martin, Gilles Monin, Cyril Bernard, Amandine Mancino, Franck Jouffre, Jean-Baptiste Gobin, Sandy Poirier, Louis Chaix, Patricia Chiquet, Auréade Henry, Cédric Lepère, Guillaume Porraz, Raphaële Guilbert, Bernard Gassin, Carole Cheval, Antonin Tomasso, Colas Guéret, Hermine Xhauflair, Carine Pelletier-Muller, David Pelletier.

Auréade Henry, Mathieu Langlais et Mathieu Rué pour leurs relectures.

Ce travail s'est nourri et enrichi au fil de nombreuses discussions que ce soit au sein du CEPAM, de mon laboratoire, au cours des stages de tracéologie ou encore du stage de technologie lithique de Valbonne, de colloques, de rencontres… Je remercie ici toutes les personnes qui ont donc contribué à cette recherche et/ou qui m'ont prodigué conseils et encouragements tout au long de mon étude : Patricia Anderson, Sylvie Beyries, Olivier Bignon, Didier Binder, Pierre Bodu, Sandrine Bonnardin, Camille Bourdier, Louis Chaix, Patricia Chiquet, Julia Chrzavzez, Claire Delhon, Solène Denis, Klet Donnart, Paul Fernandes, Bernard Gassin, Lionel Gourichon, Sylvain Griselin, Colas Guéret, Raphaële Guilbert, Virginie Guillomet-Malmassari, Caroline Hamon, Auréade Henry, Laurent Ivaldi, Jérémie Jacquier, Lamya Khalidi, Mathieu Langlais, Vanessa Léa, Charlotte Leduc, Cédric Lepère, Laurence Manolakakis, Grégor Marchand, Liliane Meignen, Clément

Ménard, Laurence Mercuri, Sylvène Michel, Nicolas Naudinot, Pierre-Yves Nicod, Clément Nicolas, Elisa Nicoud, Jacques Pélegrin, David Pelletier, Jean-Marc Pétillon, Sylvie Philibert, Régis Picavet, Nicole Pigeot, Hugues Plisson, Guillaume Porraz, Maxime Rageot, Martine Regert, Veerle Rots, Mathieu Rué, Frédéric Séara, Bénédicte Souffi, Alain Sunyol, Antonin Tomasso, Nicolas Valdeyron, Boris Valentin.

Un grand merci les copains de votre patience et de m'avoir toujours faite rire et soutenue quoiqu'il arrive ! Merci Justine, Julie, Mathieu, Shanny, Julia, Virginie, Vanessa, Julita, Seb, Pyn et Lulu, Maëlle, Régis, Max, Isa, Carine, Cyril et Amandine, Joce et Clo, Cédric, Solène, Lorraine, Samuel, Sandy, Benjamin, Geneviève, Bernadette, Anita, Laurence, Nico, Colas, Maxou, Jean-Victor, Flo et Gérard et tous ceux que j'ai malheureusement oubliés…

Je dédie ce travail à mes parents et à mon frère. Leur grande patience et leur soutien inconditionnel m'ont portée durant toutes ces années, qu'ils en soient infiniment remerciés !

Je tiens enfin à remercier de tout mon cœur l'homme sans qui ce travail n'aurait jamais pu aboutir…

Table des matières

Préambule 13

I. Introduction 15

I.1. Le Mésolithique, l'arc et les microlithes 15
I.2. Fonction des microlithes mésolithiques 18
I.2.1. Les preuves tracéologiques 19
I.2.2. Les preuves archéologiques 19
I.3. Problématique et démarche 19
I.4. Corpus archéologique **21**
I.5. De la nécessité de bien observer 22
I.5.1. La retouche des microlithes 22
I.5.2. La fracturation des microlithes 23
I.6. Plan général de l'étude 24

II. Précisions méthodologiques 25

II. 1. Introduction 25
II. 2. Traces de fabrication et méthodes de retouche : nouvelles propositions typologiques 27
II.2.1. Notre classement morphotechnique 27
II.2.2. Méthodes de retouche : paramètres en jeu 29
II.2.2.1. Traitement des parties agissantes 29
II.2.2.2. Inscription du microlithe dans le support 33
II.2.2.3. Les émoussés 35
II.2.2.4. Les indéterminés et les indices problématiques de réfection 36
II.2.2.5. Mode d'enregistrement et prise de mesure 37
II.2.3. Bilan sur notre modèle typologique 39
II.3. Les traces d'utilisation : méthode pour l'analyse fonctionnelle des microlithes 40
II.3.1. Généralités 40
II.3.2. Approche fonctionnelle appliquée aux armatures de projectile 42
II.3.2.1. Rapide historique de l'approche fonctionnelle appliquée aux armatures de projectile en pierre 42
II.3.2.2 Les endommagements présents sur les microlithes : processus, mécanismes de formation et terminologie 45
II.3.3. Problème d'interprétation 53

II.4. Notre référentiel de traces : identification des impacts *vs* fractures à la fabrication ou au piétinement 55
II.4.1. Référentiel de fabrication 55
II.4.2. Référentiel de piétinement 56
II.4.3. Les traces diagnostiques d'impact 60

III. Fonctionnement des flèches mésolithiques : vers un modèle expérimental 63

III.1. Introduction 63
III.2. Première et deuxième sessions expérimentales de tirs 64
III.2.1. Première session expérimentale 65
III.2.1.1. Tester deux types analogues d'armatures 65
III.2.1.2. Choix de la cible 65
III.2.1.3. Montage des flèches 66
III.2.1.4. Description du corpus expérimental 67
III.2.1.5. Déroulement des tirs 67
III.2.1.6. Récupération des flèches et armatures, dépeçage et décarnisation 69
III.2.1.7. Les résultats 69
III.2.1.8. Bilan sur la dispersion des armatures 77
III.2.1.9. Bilan de la première expérimentation 79
III.2.1.10. Différences de comportement entre triangles et segments 79
III.2.2. Deuxième session expérimentale 79
III.2.2.1. Montage des flèches 79
III.2.2.2. Description du corpus expérimental 80
III.2.2.3. Déroulement des tirs 81
III.2.2.4. Récupération des flèches et armatures, dépeçage et décarnisation 81
III.2.2.5. Les résultats 82
III.2.3. Bilan des deux premières expérimentations 87
III.2.3.1. Comparaison du fonctionnement des triangles et des segments 87
III.2.3.2. Bilan sur la fragmentation et la dispersion des armatures axiales versus latérales 88
III.2.3.3. Le détachement des armatures latérales avant pénétration 88
III.3. Troisième session expérimentale de tirs : changement de gibier et de colle 89
III.3.1. Protocole 90
III.3.1.1. Armatures et montages des flèches 92
III.3.1.2. Les tirs 95
III.3.2. Les résultats 97
III.3.2.1. Endommagements des armatures 97

III.3.2.2. Dispersion des armatures 100
III.3.2.3. Reconstitution des scénarios d'endommagements et de dispersion des armatures 101
III.3.2.4. Rôle de la ligature 107
III.3.2.5. Rôle de l'araldite 108
III.3.2.6. Rôle des barbelures 109
III.3.2.7. Concernant les flèches sans armature axiale 109
III.4. Résultats du travail effectué en collaboration avec le CEPAM et le CEMEF et quatrième session expérimentale de tirs 110
III.4.1. Résultats du travail effectué sur le rôle de la colle 110
III.4.1.1. Évaluation de la solidité du mélange résine de pin/cire d'abeille 110
III.4.1.2. Comportement balistique de notre colle expérimentale 110
III.4.1.3. Rôle dilacérant des barbelures (et des armatures de projectile en général) 113
III.4.2. Quatrième session expérimentale de tirs : efficacité des tirs sur sanglier 117
III.4.2.1. Présentation 117
III.4.2.2. Dispersion et fragmentation des armatures axiales, disto-latérales et latérales 118
III.4.2.3. Rôle de la ligature des armatures axiales 121
III.5. Vers un modèle expérimental 121
III.5.1. Spécificités des taux d'endommagements et des stigmates 121
III.5.2. Spécificités des modes de dispersion 124

IV. Notre méthode à l'épreuve des faits archéologiques 125

IV.1. Les microlithes beuroniens du site de Paris-15e « 62 rue Henry-Farman » : des flèches diverses pour différents gibiers abattus en des lieux distincts ? 125
IV.1.1. Présentation 125
IV.1.2. Analyse typologique 127
IV.1.3. L'endommagement des microlithes à Farman 130
IV.1.3.1. Fragmentation non diagnostique de l'impact 132
IV.1.3.2. Fragmentation diagnostique de l'impact : des traces différentes selon les types de microlithes 132
IV.1.4. Discussion 136
IV.1.4.1. Fabrication et usage des microlithes à Farman : bilan 136
IV.1.4.2. Fabrication et usage des triangles et segments : unicité de temps et de lieu 137
IV.1.4.3. Fabrication et usage des monopointes axées et triple-pointes : segmentation spatio-temporelle ? 138
IV.1.4.4. Des flèches diverses pour différents gibiers abattus en des lieux distincts ? 138

IV.2. Les microlithes mésolithiques de l'abri de la Grande Rivoire à Sassenage (Isère) : caractérisation typologique d'un assemblage de la fin du Sauveterrien dans les Alpes du nord 139
IV.2.1. Présentation 139
IV.2.2. Analyse typologique 141
IV.2.2.1. Description du corpus 141
IV.2.2.2. Caractérisation de l'assemblage microlithique : variabilité des mises en forme par la retouche 142
IV.2.3. Analyse fonctionnelle 147
IV.2.3.1. État de surface du matériel 147
IV.2.3.2. L'endommagement des microlithes 147
IV.2.3.3. Interprétation de la fragmentation et origine fonctionnelle du dépôt des microlithes de la Grande Rivoire 149
IV.2.4. Conclusion à propos de la Grande Rivoire 150
IV. 3. Analyse de l'assemblage lithique des concentrations 1 et 3 de Creysse : une chaîne opératoire imbriquée 151
IV.3.1. Présentation 151
IV.3.2. Tri du tamisage 151
IV.3.3. La matière première 152
IV.3.4. Les microlithes 152
IV.3.5. Les déchets de fabrication des microlithes : les microburins et les pseudo-microburins krukowskis 156
IV.3.6. Analyse fonctionnelle des microlithes 160
IV.3.7. Une attribution chrono-culturelle délicate 160

V. Bilan et perspectives 163

V.1. Principaux résultats expérimentaux 163
V.1.1. Endommagement et dispersion des armatures selon leur mode d'emmanchement 164
V.1.1.1. Endommagement et dispersion des armatures axiales 164
V.1.1.2. Endommagement et dispersion des armatures latérales 165
V.1.1.3. Endommagement et dispersion des armatures disto-latérales 166
V.1.1.4. Bilan sur l'endommagement et la dispersion des armatures expérimentales 167
V.1.2. Influence de la forme des armatures vs influence de leur position sur leur endommagement et leur dispersion 167
V.1.3. Des précisions sur le rôle de la colle et sur celui des armatures 168
V.1.3.1. Rôle de la colle 168
V.1.3.2. Rôle des armatures 168

V.2. Principaux résultats archéologiques 169
V.2.1 Un décalage frappant entre modèle expérimental et réalité archéologique 169
V.2.1.1 Pas d'armatures axiales au sein des assemblages archéologiques étudiés ? 170
V.2.1.2 Un biais lié aux tactiques de chasse ? Un biais lié à la colle ? 170
V.2.1.3. Un destin fonctionnel différent pour les pointes et pour les barbelures ? 170
V.2.2 Une simplification de la mise en forme au cours du Sauveterrien 171
V.3. Perspectives 173

Bibliographie 175

Liste des figures 193

Liste des tableaux 195

Préambule

Les microlithes[1] sont retrouvés souvent en grand nombre dans les niveaux archéologiques attribués au Mésolithique. Dès leur découverte durant le dernier quart du XIXe, ils ont attiré toute l'attention des préhistoriens, d'une part, par leurs dimensions réduites et la variabilité de leurs formes dites parfois géométriques et, d'autre part, parce qu'ils étaient les seuls représentants de ce qui pouvait alors passer pour un outillage préhistorique au sein d'un assemblage lithique déconcertant et d'une industrie particulièrement pauvre en outillage osseux.

Malgré quelques efforts de reconstitutions technologiques et l'interprétation très précoce de ces objets comme des armatures de projectile, les classifications traditionnelles sur critères morphologiques persistent et servent en priorité à établir le cadre chrono-géographique du Mésolithique. Nos recherches s'appuient toujours sur ces partitions géographiques (Sauveterrien au sud et Beuronien au nord par exemple) et sériations chronologiques (le Montclusien succède à la phase ancienne du Sauveterrien dans le sud par exemple).

Or notre propre travail naît du constat que les classifications traditionnelles des microlithes attribués à la période Mésolithique ne sont pas suffisantes pour caractériser les systèmes techniques dont ils sont issus. Si ces classifications sans lien avec une réalité fonctionnelle précise ont servi à sérier le Mésolithique et à en décrire la variabilité géographique, la variabilité mise en évidence ne permet pas d'expliquer les dynamiques culturelles expliquant cette diversité des faits techniques. Ces classifications sur simples critères morphométriques conduisent en effet à des considérations d'ordre purement stylistique au sens de *style matériel* proposé par Dietler et Herbich (1994). Or notre intérêt est bien la reconstitution du style mais de celui qui provient directement des techniques et pour citer ces mêmes auteurs (1994, p. 204) : « *c'est seulement en étudiant*

1 Dans le dictionnaire de la Préhistoire (Leroi-Gourhan 1988), M. Orliac donne la définition suivante du microlithe : ce terme, qui signifie petite pierre, est plutôt réservé aux armatures, souvent géométriques dont la dimension n'excède pas 40 mm et l'épaisseur à 4 mm. Lorsqu'elles sont très petites les armatures sont dites pygmées (longueur inférieure à 20 mm, largeur inférieure à 10 mm) ou même hypermicrolithiques ou hyperpygmées (longueur inférieure à 10 mm).

les techniques comme processus et la gamme complète des besoins sociaux et physico-techniques auxquels elles répondent, que l'on peut réussir à comprendre les forces et les relations sociales qui conditionnent la culture matérielle ». Nous avons donc appréhendé le microlithisme comme un équipement, plus précisément une partie d'un équipement vulnérant répondant à un besoin physico-technique fondamental pour les sociétés de chasseurs de l'Holocène, à savoir acquérir leurs ressources carnées. Nous avons testé l'action physique et mécanique de ces objets (Mauss 1948 et 1950, Sigaut 2003), celle que visaient les artisans préhistoriques. Notre objectif est alors d'accéder à ce qui pouvait avoir du sens pour ces sociétés préhistoriques, de comprendre pourquoi ils fabriquaient ces objets, et donc d'éclairer une part de leurs pratiques sociales (Godelier 1984). Par l'interprétation de la variabilité technique des microlithes au moyen de la tracéologie et de l'expérimentation, notre ambition est de contribuer à l'explication des processus à l'origine de l'évolution de l'équipement cynégétique et des cultures matérielles dont ils faisaient partie.

I. Introduction

I.1. Le Mésolithique, l'arc et les microlithes

Il est désormais communément admis que le Mésolithique commence, en Europe occidentale, avec le réchauffement climatique du Préboréal plus ou moins concomitant avec l'apparition de nouvelles chaînes opératoires pour l'outillage lithique (10 000 – 9500 av. J.-C., selon les régions) et qu'il se termine avec l'apparition des premières pratiques agricoles (entre 5500 et 4500 av. J.-C. dans l'Europe la plus occidentale).

Aujourd'hui certains emploient la subdivision assez neutre proposée par G. Marchand et J.-L. Costa (2006) à savoir Premier et Second Mésolithique. Très schématiquement, le Premier Mésolithique recouvre les industries du Préboréal et du Boréal (et parfois du Dryas récent) à lamelles courtes et irrégulières, supports de géométriques et non géométriques, microlithiques et hypermicrolithiques, et le Second Mésolithique désigne les industries à lames un peu robustes et très régulières supports de trapèzes dès le début de l'Atlantique. Nous pensons que cette distinction générale est bien appropriée pour définir des stades chronologiques aux contours encore très flous étant donné l'assez faible corpus de dates disponible pour le moment. Dans le cadre de ce travail, c'est au Premier Mésolithique que nous nous intéresserons.

Le terme de Mésolithique fit débat depuis sa création (Barbaza 1999). Son étymologie montre à quel point son identité fut fragile car définie par défaut, entre les entités irrévocables du Paléolithique et du Néolithique. D'anomalie stratigraphique, sa perception passa à celle de phase de transition (ou parfois même « d'âge sombre ») pour être enfin individualisée comme une période voire une civilisation à part entière grâce à J.-G. Rozoy (1978) qui montra, dans son ouvrage *Les derniers chasseurs*, toute l'originalité de cette période en offrant notamment au Mésolithique un cadre humanisé.

Dans les années 1950, les premières constructions typologiques virent le jour subdivisant la période en différents faciès chrono-géographiques, notamment dans le Nord de la France (Daniel et Vignard 1953, 1954).

Mais le Mésolithique a véritablement trouvé sa légitimité scientifique grâce à J.-G. Rozoy (Guillomet-Malmassari 2014) qui, le premier, proposa une problématique de

transition justifiant et légitimant l'étude de cette période spéciale qu'il nomme d'abord Épipaléolithique car il la considère comme prolongement du Paléolithique. Ainsi, pour J.-G. Rozoy (1978 et 1981), les sociétés mésolithiques qui maîtrisaient parfaitement la technologie de l'arc, puisque fabriquant en grand nombre des microlithes, avaient hérité de ce savoir-faire des Magdaléniens, qui, eux, l'auraient inventé.

Le Mésolithique (ou Epipaléolithique) devint « l'ère des microlithes et des archers ». L'originalité de la période réside alors dans la rupture marquée entre les industries de l'Azilien où un type d'armature non microlithique prédomine et celles du Mésolithique où apparaît une grande diversité morphodimensionnelle des assemblages microlithiques armant des flèches tirées à l'arc. Les microlithes sont alors élevés par d'autres au rang de marqueurs identitaires (Thévenin 1990, 1999) puisqu'ils sont censés définir à eux seuls les traditions culturelles des archers mésolithiques.

Or toutes ces assimilations reposent sur des postulats bien fragiles. En effet, si la généralisation des microlithes est liée à la maîtrise de l'arc, il faut alors en déduire que les sociétés mésolithiques ne sont pas les premières sociétés d'archers mais ce sont certainement les Aurignaciens. En effet, l'apparition des premières chaînes opératoires microlithiques destinées à la fabrication de microlithes comme armatures de projectile semble concomitante de l'arrivée des premiers hommes modernes en Europe occidentale (Bon 2005 et 2009, O'farrell 2005, Lebrun-Ricalens (dir) 2005, Tartar *et al.* 2006, Porraz 2009).

Par ailleurs, le fait que les microlithes soient légers est censé justifier à lui seul leur emmanchement sur des flèches. Pourtant emmancher des microlithes en série peut alourdir tout autant la flèche qu'une pointe axiale azilienne. De plus, comme le montrent les exemples de flèches mésolithiques conservées, les microlithes sont souvent destinés à être emmanchés sur une préhampe et parfois même sur des pointes en os (fig. 1d). La masse de ces têtes de projectile (possiblement tirées à l'arc) paraît donc aussi importante que celle d'une tête de sagaie du Paléolithique supérieur et ces exemples sont finalement très proches de ceux conservés pour cette période, comme la pointe composite de Pincevent (Leroi-Gourhan 1983).

On l'aura compris les microlithes ne conditionnent pas l'utilisation de l'arc, pas plus que l'arc ne conditionne l'utilisation des microlithes, ni ne conditionne le Mésolithique… La rupture technique s'estompe alors.

Les sources du phénomène de « globalisation » (Valentin 2008a) qu'est le microlithisme mésolithique en France ne sont peut-être plus à chercher dans la généralisation de la maîtrise de l'arc mais davantage dans les dynamiques économiques dont les paramètres ont pu être bouleversés par les changements climatiques et environnementaux du début

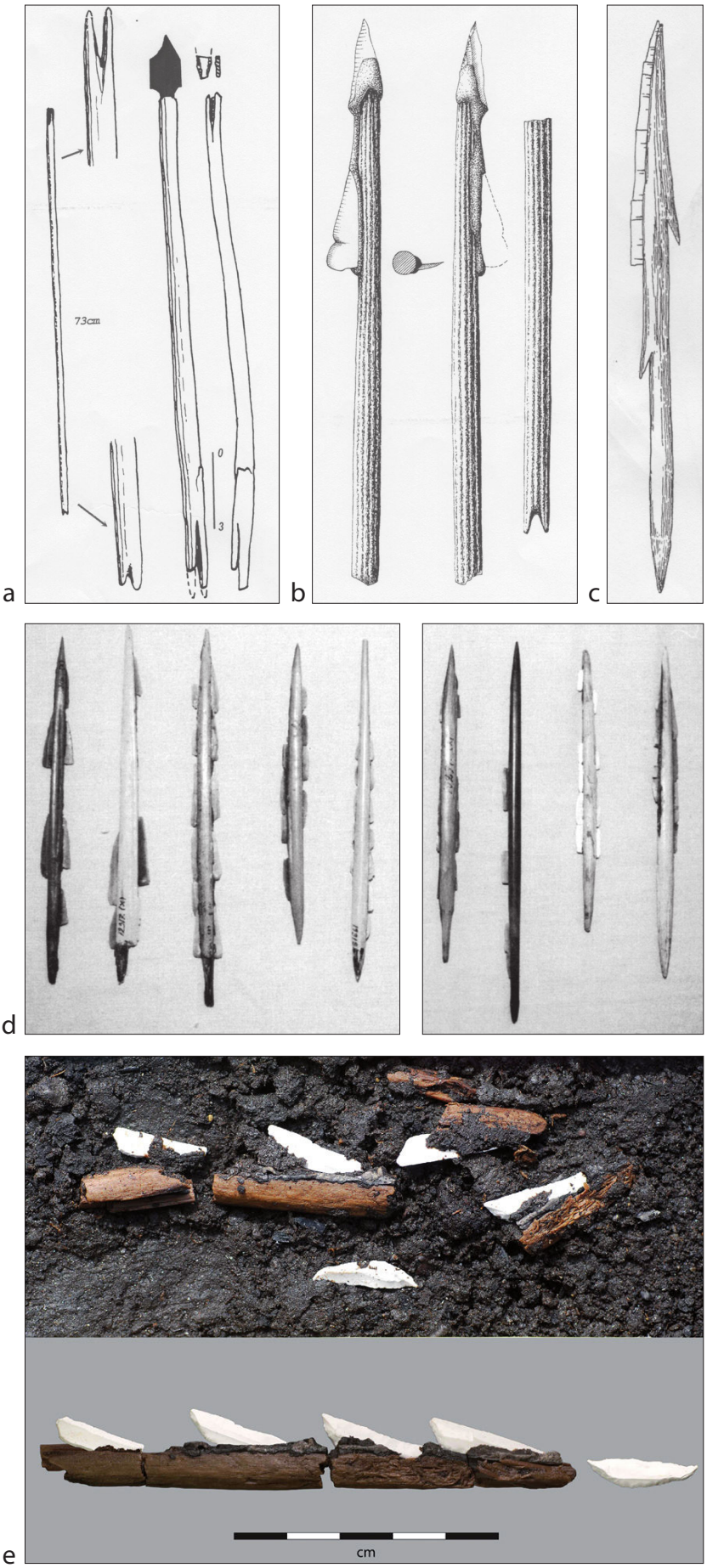


Fig. 1 : Exemples de projectiles ou éléments de projectiles conservés.
a : Préhampe et hampe en bois de pin attribuées au Paléolithique final, Stellmoor (Allemage), d'après Kozlowski 2009.
b : Flèche mésolithique de Loshult (Suède) armée d'une pointe axiale et d'une armature latérale, d'après Kozlowski 2009.
c : Pointe en bois barbelée à armatures latérales mésolithique de Oleni Ostrov (Russie), d'après Kozlowski 2009.
d : Série de têtes de projectile en matière osseuse à armatures latérales mésolithiques de Medvedia (Russie), d'après Junkmanns 2006.
e : Triangles collés sur des fragments, d'une hampe en noisetier datés du VIIe millénaire av. J.-C., d'après Larsson et Sjöström 2010a et 2010b.

de l'Holocène. Ainsi comme le propose F. Bon (2009) avec prudence et à la suite de M. Barbaza (1999), le succès du microlithisme au Mésolithique pourrait provenir d'une transmission des idées épigravettiennes des sociétés méditerranéennes, plus adaptées au climat tempéré, vers les sociétés aziliennes de la fin du Dryas III.

Si notre projet n'est pas de comprendre l'origine du microlithisme du Premier Mésolithique, nous pensons que pour mieux appréhender son sens, un certain recul est nécessaire face au postulat de J.-G. Rozoy.

En parallèle, cette vision quelque peu obnubilante du microlithe comme représentant de la période mésolithique a conduit à de nombreuses constructions typologiques.

Jusque dans les années 1990, le microlithisme mésolithique est essentiellement étudié à travers la forme et les dimensions des microlithes géométriques et non-géométriques. Plusieurs typologies se succèdent afin d'optimiser leur classification en vue de réaliser des répartitions spatiales à plus ou moins grande échelle de types définissant des aires culturelles (notamment Kozlowski 1973 et 1976, Rozoy 1978, Thévenin 1999 et 2002) puis de sérier précisément la période (Valdeyron 1994, Ducrocq 2001). Ces hypothèses de peuplement et d'évolution restent le socle de nos recherches sur le Mésolithique.

Depuis les années 1990, avec l'essor de la méthode technologique et celle de la notion de chaîne opératoire, la vision du Premier Mésolithique s'est complexifiée, les microlithes ont fait l'objet d'analyses expérimentales et fonctionnelles montrant l'originalité et la pluralité de leur montage à la fois comme pointe et barbelure (Philibert 2002).

Pourtant, jusqu'à présent, les microlithes restent toujours assez déconnectés du reste des analyses lithiques et on fait toujours appel aux classifications typologiques traditionnelles pour définir les assemblages. En effet, rares sont les travaux abordant la chaîne opératoire microlithique dans son ensemble, depuis les séquences de retouche et jusqu'à l'abandon des microlithes.

Or il faut bien l'avouer, les constructions typologiques compilatoires sur critères morphodimensionnels ne nous disent pas grand chose quand il s'agit d'établir des scénarios paléohistoriques (Valentin 1995, 2008a, 2008b et 2010) propres à mettre en évidence les raisons de l'évolution des choix techniques des sociétés préhistoriques.

I.2. Fonction des microlithes mésolithiques

En général, tous s'accordent à dire qu'au Mésolithique les microlithes étaient destinés à armer des hampes de flèche.

L'hypothèse de l'utilisation de ces objets comme armatures de projectile fut également celui des premiers découvreurs de microlithes dès la fin du XIXe siècle (Mortillet 1986), par comparaisons ethnographiques. Elle fut ensuite développée, comme nous l'avons vu, en tant que problématique socio-économique par J.-G. Rozoy durant les années 1970.

I.2.1. Les preuves tracéologiques

Depuis, l'hypothèse a largement été démontrée grâce à l'expérimentation et par les analyses fonctionnelles d'assemblages microlithiques attribués au Mésolithique (notamment Odell 1978, Philibert 1991, Pignat et Plisson 2000, Crombé *et al.* 2001, Philibert 2002).

Néanmoins, dans ces mêmes analyses certaines observations font état de traces de boucherie sur quelques rares objets de leur corpus (notamment Finlayson et Mithen 1997, Pignat et Plisson 2000, Crombé *et al.* 2001, Philibert 2002, Kedhaier 2003). Les auteurs émettent alors l'hypothèse de l'utilisation de ces objets comme armatures de couteau (pour la boucherie dans la majorité des cas). Néanmoins, ces traces (ébréchures et micropolis d'os) restent toujours très minoritaires au sein d'un même assemblage en comparaison avec les traces diagnostiques de l'utilisation comme armatures de projectile. Il est donc plus probable que les microlithes étaient essentiellement dévolus à l'armement des hampes de flèches au cours du Premier Mésolithique. Nous discutons plus précisément de cette hypothèse dans la partie II (II.3.2.2).

I.2.2. Les preuves archéologiques

Les preuves de l'emmanchement des microlithes comme armatures de projectile sont nombreuses à la fois grâce aux exemples conservés par imbibition dans les tourbières du nord et de l'est de l'Europe (fig. 1, Rozoy 1978, Nuzhny 1989, Junkmanns 2006, Kozlowski 2009) et grâce aux microlithes retrouvés insérés dans le squelette des animaux chassés (Noe-Nygaard 1974).

I.3. Problématique et démarche

Si nous savons à quoi ont servi globalement les microlithes mésolithiques, nous ne connaissons pas précisément leurs fonctionnements, c'est-à-dire comment ceux-ci ont rempli leur fonction principale (Sigaut 1991).

Dans le cadre de ce travail, nous avons donc cherché à définir le rôle fonctionnel des microlithes et de surcroît des hypermicrolithes quand ils sont emmanchés le long d'une hampe de flèche, ainsi qu'à évaluer leur efficacité.

On s'est donc demandée quelle était la signification fonctionnelle de la diversité formelle des microlithes au Mésolithique. Par exemple, un segment fonctionne-t-il de la même manière qu'un triangle ? Pour cela, dans un premier temps, nous proposons de classer les assemblages selon une méthode typologique reposant, cette fois, sur la prise en compte de la mise en forme des parties agissantes (parties actives ou emmanchées telle qu'une pointe, un tranchant, un dos, une base, etc.) et le mode de mise en forme pouvant refléter l'intention guidant la fabrication et donc *a priori* le fonctionnement de l'armature achevée.

Toutefois, si l'on se réfère à la définition très juste de la typologie par J.C. Gardin (1979, p. 116) – « *toute ordination d'un ensemble d'objets dont l'auteur tire des inférences relatives à des faits qui ne sont pas contenus dans la représentation initiale de cet objet* » – et au postulat d'A. Gallay (2002) sur la nécessité de fonder l'interprétation archéologique sur un raisonnement analogique[2], il était nécessaire de créer un champ interprétatif extérieur.

C'est pourquoi, dans un deuxième temps, nous avons mis en place une batterie d'expérimentations nous permettant de tester la fabrication des microlithes, de créer un modèle fonctionnel interprétatif de la fragmentation et de la dispersion des armatures selon leur position sur la hampe et de proposer un modèle de fonctionnement pour les flèches composites mésolithiques. Ces expérimentations nous ont ainsi permis d'évaluer l'efficacité de ces objets.

Enfin, nous avons testé notre méthode typologique et notre modèle expérimental sur trois séries attribuées au Premier Mésolithique que nous détaillerons un peu plus bas.

L'objectif de ce travail est donc de mettre en place un outil méthodologique afin de « *comprendre les paramètres fonctionnels relatifs aux modes d'accumulation des catégories technologiques* [des microlithes] *dans les sites* » (Chadelle *et al.* 1991) et *in fine* de reconstituer le « […] *statut de ces outils dans leur stratégie sociales et économiques.* » (Guilbert, Philibert, Peresani 2006).

2 « *Nous ne reviendrons pas ici sur les mécanismes de l'interprétation archéologique que pour insister une fois encore sur le caractère inévitable du recours au raisonnement analogique (Gardin 1979 ; Gallay 1986). L'archéologue qui travaille en vase clos ne peut aboutir qu'à des constructions typologiques intégrant le temps et l'espace, c'est-à-dire à des rapports d'expertise. Il est en revanche incapable de proposer, sur la seule base des vestiges archéologiques, des interprétations fonctionnelles et des explications d'ordre historique. Le modèle naturaliste nous permet de sortir de cette impasse, d'aborder cet enjeu et de fonder l'épistémologie pratique dont nous avons besoin. Ce dernier reste en effet l'approche la plus robuste dans ce domaine.* » (Gallay 2002, p.80).

I.4. Corpus archéologique

Les observations nécessaires à la recherche de critères pertinents pour fonder notre typologie fonctionnelle repose sur un corpus relativement important de microlithes archéologiques. Nous avons étudié cinq assemblages issus de cinq sites français (fig. 2) attribués au Premier Mésolithique.

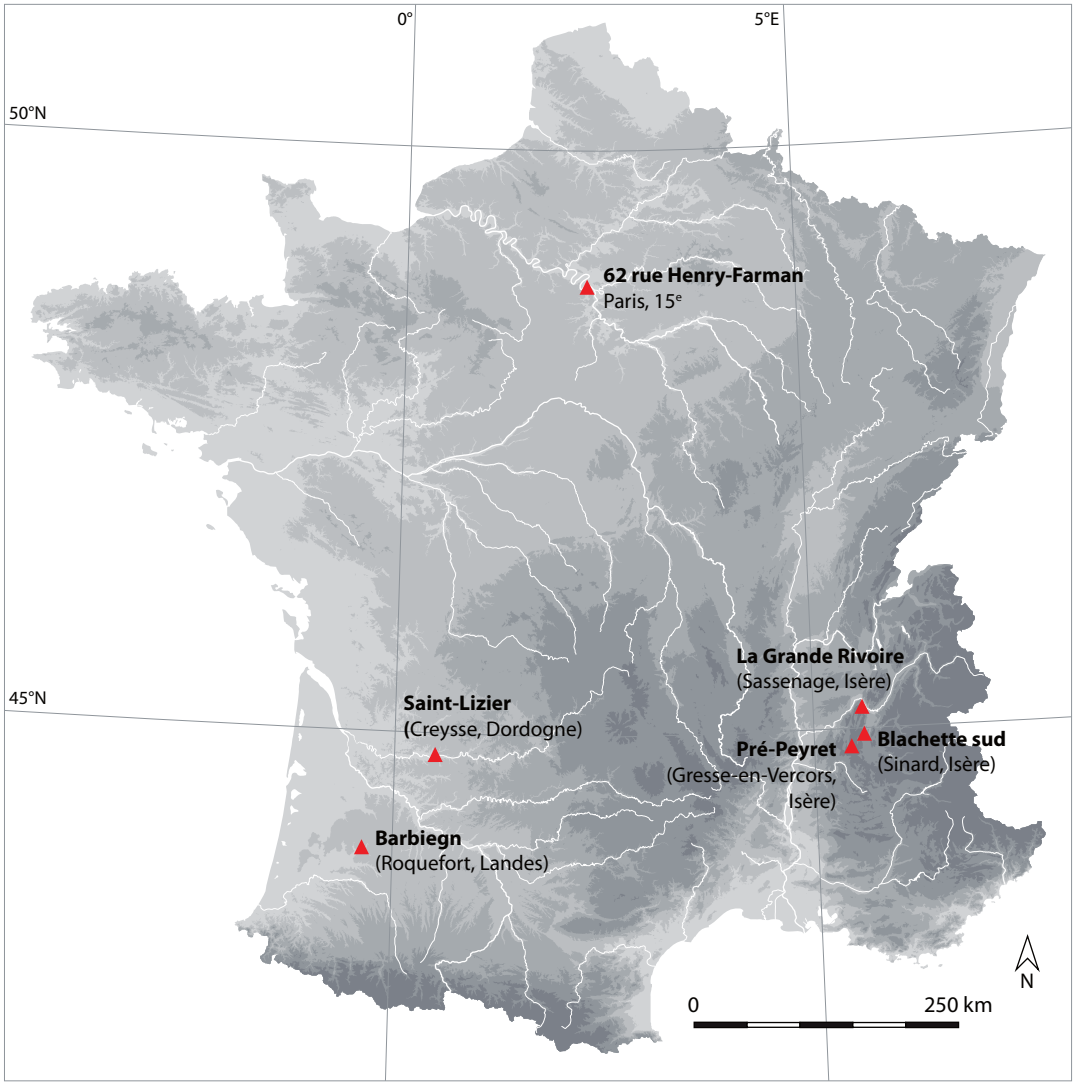


Fig. 2 : Carte des sites étudiés.

L'assemblage de l'abri de la Grande Rivoire (Sassenage, Isère) provient d'un contexte stratifié (daté de 8540-8280 av. J.-C. pour les niveaux inférieurs et de 7790-7570 av. J.-C. pour les niveaux supérieurs). Il nous a fourni 292 microlithes répartis selon des décapages successifs révélant une certaine évolution des modes de retouche au cours de la fin du Premier Mésolithique.

Nous avons également analysé 272 microlithes du site de Paris-15e « 62 rue Henry-Farman » (Paris) nous permettant de nous interroger sur la diversité des projectiles

mésolithiques et d'évoquer l'éventualité d'une segmentation de la chaîne opératoire cynégétique.

Enfin la toute petite série très homogène de Creysse (Saint-Lizier, Dordogne) ne comprend que 22 microlithes et elle est datée du Xe millénaire av. J.-C. (9810-9380 cal BC et 9440-9280 cal BC). Elle nous a offert l'opportunité de nous interroger tout à la fois sur l'évolution des microlithes au cours du Premier Mésolithique en comparaison avec l'assemblage de la Grande Rivoire et sur la segmentation spatio-temporelle de la chaîne opératoire cynégétique. L'analyse détaillée de ces trois séries fait l'objet de la partie III de notre étude.

En arrière-plan, l'observation de trois autres assemblages a nourri notre compréhension des gestes de retouche et nous a permis de les distinguer des endommagements éventuels qu'il est souvent particulièrement délicat d'identifier sur de si petits objets. Nous évoquerons parfois ce corpus complémentaire qui nous a permis de mettre en place progressivement notre méthode de reconstitutions des modes de mises en forme des parties agissantes (partie II) ainsi que nos reconstitutions expérimentales (partie III). L'assemblage microlithique de Sinard (Blachette sud, Isère) fouillé par David Pelletier (INRAP, Pelletier *et al.* 2004) est constitué de 70 microlithes essentiellement triangulaires. Cette série fut une des premières observées, nous n'avons pu y revenir ensuite. Ainsi, bon nombre de critères nous ont malheureusement échappé (Chesnaux 2005). L'assemblage microlithique de Barbiegn (Roquefort, Landes ; Pellissier *et al.* 2011) est composé de 43 armatures microlithiques attribuables au Premier Mésolithique (dont 21 lamelles appointée et 22 triangles isocèles et scalènes). Malheureusement, les observations sur cet assemblage sont difficiles à synthétiser étant donné l'absence de stratigraphie et les mélanges probables constatés au sein des assemblages. Il en va de même de l'assemblage de Pré-Peyret (Gresse-en-Vercors, Isère ; Picavet *et al.* 2007 et 2008) constitué de 104 armatures microlithiques pour l'essentiel triangulaires.

I.5. De la nécessité de bien observer

I.5.1. La retouche des microlithes

L'observation à la loupe binoculaire (grossissements de 10x à 60x dans le cadre de notre travail) de l'ensemble de notre corpus nous a permis d'accéder à une vision très précise des caractéristiques morphologiques des supports et des méthodes de retouche (succession d'enlèvements témoignant des gestes de retouches conduisant à la mise en forme d'un microlithe). Il nous a fallu un certain temps afin de nous familiariser avec

ce que nous observions. En effet, les négatifs d'enlèvements se superposant les uns aux autres, il est parfois délicat de les individualiser. Une certaine confusion « topographique » provient également du fait que le détachement d'une seule retouche conduit souvent à la production de plusieurs microenlèvements plus ou moins rebroussés. Des vestiges de partie brute du support ou encore de négatif de fracture peuvent aussi se mêler au relief des troncatures ou bords abattus. Ainsi, il est primordial de prendre le temps d'observer et d'individualiser chaque négatif d'enlèvement afin d'identifier leur nature (négatif de retouche, négatif d'enlèvement accidentel type fracture ou ébréchure, vestige de la partie proximale ou distale du support, vestige du négatif de fracture témoignant d'une segmentation du support incluant notamment le vestige du piquant-trièdre) et d'observer précisément leur superposition afin de pouvoir décrire la chronologie de ceux-ci.

I.5.2. La fracturation des microlithes

L'observation à la loupe binoculaire nous a ainsi permis d'observer des fractures invisibles à l'œil nu et parfois même difficilement identifiables à faibles grossissements. C'est notamment le cas des enlèvements burinants discrets. Il nous a fallu un certain temps avant de nous former l'œil et avant de pouvoir les identifier sans difficulté. Il est d'ailleurs probable que nous ne les ayons pas tous reconnus au sein des premiers assemblages analysés. En effet, nous fûmes surprise d'observer une importance grandissante du nombre d'enlèvements burinants *stricto sensu* (cf. définition dans le II.3.2.2) sur les microlithes triangulaires et segmentiformes au fur et à mesure de nos observations. Par ailleurs, rares sont les analyses fonctionnelles portant sur les microlithes et mettant en évidence ce type d'enlèvement (cf. *infra*).

Un autre fait nous a particulièrement interpelée. Il est arrivé fréquemment qu'un microlithe observé à l'œil nu nous paraisse *a priori* fragmenté. Pourtant, en l'observant à la loupe binoculaire, il apparaissait que la fracture n'en était pas véritablement une (cf. *infra*). Nous nous sommes ainsi rendue compte que l'observation à l'œil nu était souvent source d'erreurs d'interprétation.

L'observation à la loupe binoculaire nous a alors permis de remettre en question l'idée que nous nous faisions d'un triangle par exemple (microlithe à deux ou trois côtés retouchés présentant une petite pointe et une grande pointe selon la définition du GEEM 1969). Dans l'objectif d'appréhender la variabilité formelle des microlithes, cela nous a offert l'opportunité de nous questionner sur l'utilisation des typologies traditionnelles et sur l'importance de la révision des critères de celles-ci.

I.6. Plan général de l'étude

Notre constat établi en préambule de ce travail (à savoir que les classifications traditionnelles des microlithes attribués à la période Mésolithique ne sont pas suffisantes pour caractériser les systèmes techniques dont ils sont issus) provient donc en premier lieu de l'observation des microlithes de notre corpus archéologique.

C'est pourquoi, afin de mettre en lumière la complexité du fonctionnement des microlithes mésolithiques, nous avons cherché à établir une méthode prenant en compte l'ensemble des observations macroscopiques et microscopiques faites sur notre corpus afin dans un premier temps (partie II) de produire des critères pour une nouvelle typologie et dans un deuxième temps, de les interpréter par l'expérimentation (partie III). La partie IV est consacrée à un retour sur notre corpus archéologique. Enfin, la synthèse de nos résultats permet d'établir un pont entre nos résultats expérimentaux et nos observations archéologiques de façon à proposer quelques premières explications sur le fonctionnement des microlites mésolithiques.

II. Précisions méthodologiques

II. 1. Introduction

Ayant fait allusion en introduction aux limites interprétatives imposées par l'utilisation des typologies traditionnelles dans l'approche des systèmes techniques mésolithiques, nous proposons maintenant une méthode permettant de réintégrer les microlithes au sein des chaînes opératoires dont ils sont issus. L'enjeu d'une nouvelle typologie est de caractériser les intentions fonctionnelles sous-jacentes à la mise en forme de parties agissantes. L'objectif est, d'une part, de discriminer les assemblages à partir de la mise en évidence de normes de mise en forme par la retouche et, d'autre part, de créer un support objectif à notre réflexion sur les normes de fonctionnement des microlithes.

Notre protocole d'analyse des procédés de fabrication et d'utilisation des armatures relève dans son ensemble de la méthode tracéologique.

En effet, la tracéologie repose sur l'observation des traces visibles à la surface d'un artefact. Elle vise à identifier l'origine de leur formation (taphonomique et/ou intentionnelle) afin d'expliquer les modes de fabrication et d'utilisation de l'outillage préhistorique. Toute modification de l'état physique d'un artefact, qu'elle soit visible à l'œil nu, à la loupe binoculaire (traces macroscopiques) ou encore au microscope (traces microscopiques), peut s'interpréter comme étant liée ou non à un geste technique ou fonctionnel. L'interprétation se fait par comparaison avec un référentiel de traces reproduites expérimentalement et/ou ethnographiquement.

Étonnamment, la tracéologie est souvent perçue comme la discipline permettant de ne reconstituer que les modes d'utilisation de l'outillage préhistorique. En cela, elle complèterait la technologie conçue dans un sens restreint qui aurait, elle, pour mission d'étudier « l'ensemble des procédés employés pour produire un outil ou une arme » (Tixier *et al.*, 1980, p. 7). Pourtant, la tracéologie, telle qu'elle est définie par Semenov (1964), est une discipline qui est au service de toute la technologie préhistorique et elle n'exclut donc en aucune façon l'observation des modes de fabrication. Elle l'impose même puisque reconnaître une trace d'usure est avant tout la différencier d'une trace de fabrication.

En corollaire, J.-M. Pétillon, dans l'introduction de sa thèse (2006, p. 17), dénonce « une dérive sémantique et un appauvrissement du sens originel du terme *technologie* » par l'usage restrictif qu'il en est communément fait par les Préhistoriens. En effet, il constate très justement que « les fondateurs de l'approche des techniques en Préhistoire : A. Leroi-Gourhan (1943), M. Mauss (1947) et A.G. Haudricourt (1964) » (p. 16) avaient défini la technologie, non comme l'analyse des seuls processus de fabrication mais comme un moyen d'accès à l'ensemble de la chaîne opératoire d'un artefact.

La tracéologie n'est autre qu'un outil de l'analyse technologique et l'observation des traces de fabrication telle que nous la concevons relève donc parfaitement de la tracéologie. Cette mise au point conceptuelle est fondamentale puisqu'elle nous permet de proposer une typologie qui opère une relation forte entre les procédés de retouche et les modes d'utilisation. Cette nouvelle typologie repose sur l'hypothèse d'une cohésion importante entre intentions présidant à la retouche et modes de fonctionnement. Elle nous autorise d'autant mieux à écarter les pièces déviantes (celles dont les caractéristiques diffèrent de la norme, Valentin 2005) ou les ébauches.

Une perception unifiée des séquences de façonnage et d'utilisation permet enfin d'observer la chaîne opératoire dans son intégrité et de soulever la question de sa segmentation (Binder et Perlès 1990, Perlès 1991, Langlais 2010), propre à mettre en évidence des comportements techniques touchant à l'organisation de la chasse et aussi au système de mobilité de ces groupes.

Concernant les armatures de projectile, plusieurs travaux, que nous prenons pour modèle, ont développé avec succès cette vision cohérente de l'analyse technologique : Geneste et Plisson (1986), Plisson et Geneste (1989), Chadelle *et al.* (1991), Binder (1991), Gassin (1996), Caspar et De Bie (1996), Christensen et Valentin (2004), O'Farrell (2004), Pelegrin et O'Farrell (2005), Marder *et al.* (2006), Pétillon (2006), Langlais (2010).

Pour résumer, l'ambition palethnographique de ce travail nous impose un point de vue de technologue que la tracéologie nous permet d'adopter en reconstituant les étapes finales de la chaîne opératoire des microlithes, à savoir : la retouche, l'utilisation, le recyclage éventuel et l'abandon.

II. 2. Traces de fabrication et méthodes de retouche : nouvelles propositions typologiques

II.2.1. Notre classement morphotechnique

Notre étude a dû passer par la création d'une nouvelle terminologie classificatoire fondée sur la recherche de critères pertinents dans la définition de types morphotechniques de microlithes. Cette classification a pour objectif de sérier les assemblages archéologiques sur la base de critères techniques, propres à mettre en évidence des similitudes de mise en forme et de fonctionnement supposé des microlithes, ainsi que d'isoler des pièces déviantes ou des ébauches.

Comme annoncé en première partie, nous nous sommes intéressée à l'évaluation de l'efficacité mécanique des microlithes au travers de l'observation de leurs parties agissantes (Chaste et Chaptal 1996).

Les microlithes que nous avons étudiés dans le cadre de cette recherche et dont l'analyse fonctionnelle fait l'objet de la troisième partie, présentent une certaine variabilité de « mises en forme » par la retouche, autrement dit de modes de façonnage appliqués aux parties agissantes. Grâce à l'observation de ces modes, nous avons mis en évidence des intentions possibles d'utilisation (Christensen et Valentin 2004, Valentin 2005 et 2008b, Marder *et al.* 2006, Langlais 2010, Chesnaux, 2008 et 2013) à travers la mise en forme des parties agissantes composées éventuellement d'une pointe (toute extrémité à angle aigu qu'elle soit axée ou déjetée), d'un tranchant, ou bien encore d'un bord abattu (un dos par exemple), ces diverses parties pouvant être combinées sur un même microlithe. Les extrémités aigües mises en forme peuvent être des parties actives – elles sont alors vulnérantes et participent à la pénétration et/ou à la rétention de la flèche dans l'animal –, ou bien elles forment des parties emmanchées – elles facilitent alors l'insertion dans la hampe. Tranchants et bords abrupts sont présents sur l'armature à la fois en tant que partie active et/ou partie emmanchée et, par leur convergence, mettent en forme les extrémités aigües que sont les pointes.

Ainsi, à partir de la combinaison de ces trois grandes catégories de parties agissantes – pointe (toute extrémité à angle aigu), tranchant et bords abrupts –, cinq types morphotechniques ont été reconnus au sein de notre corpus (fig. 3) :

Type 1 – Monopointes axées (avec ou sans tranchant et bord(s) abrupt(s)) : il s'agit des pointes de Sauveterre de la Grande Rivoire et de Pré-Peyret, des pointes à troncature oblique et de certaines pointes à base retouchée de Farman ; elles présentent toutes une pointe aménagée en partie distale ou proximale du support **dans l'axe longitudinal** de l'armature.

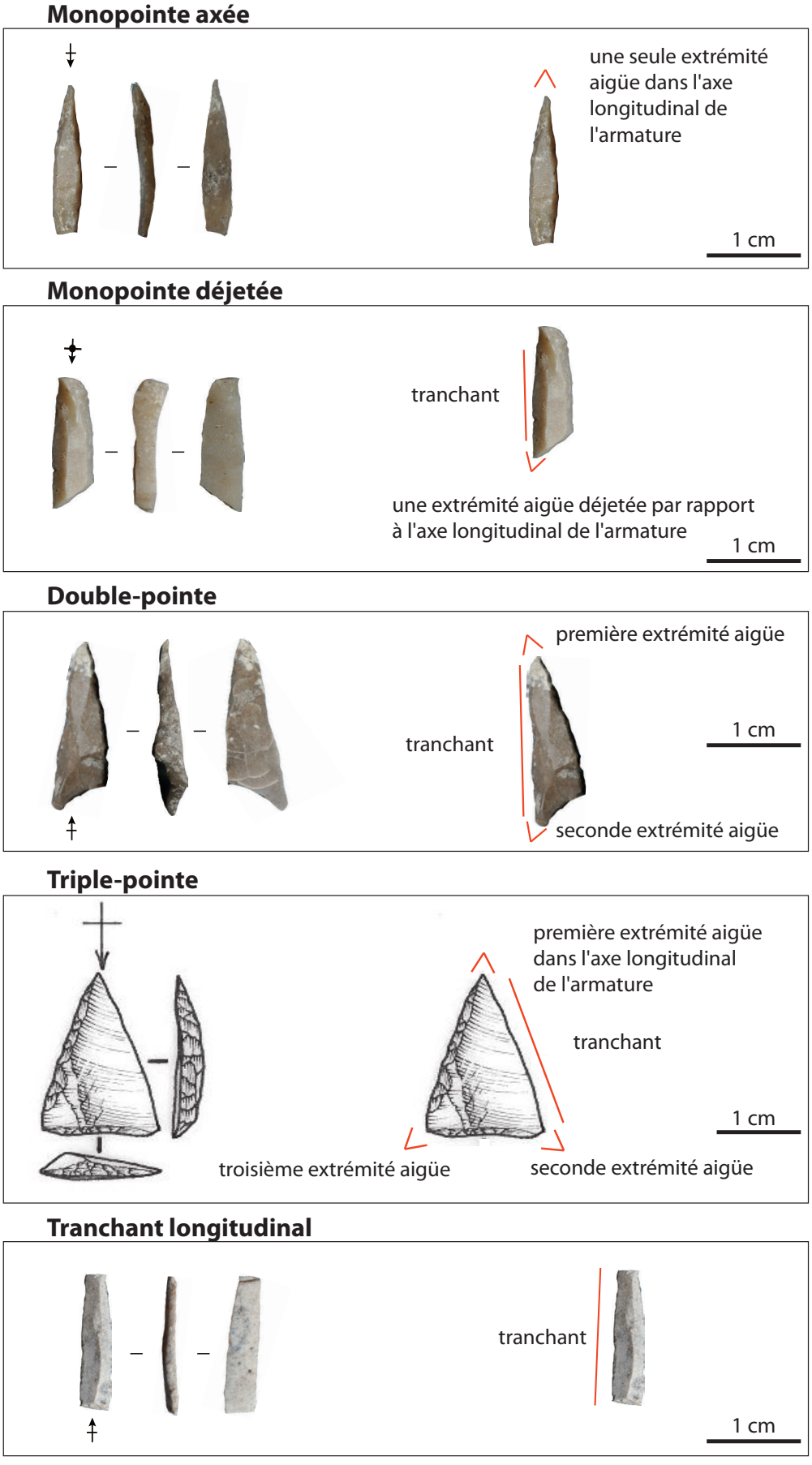


Fig. 3 : Types morpho-techniques (dessin d'après E. Boitard-Bidaut *in* Souffi et Marti 2011).

Type 2 – Monopointes déjetées (avec ou sans tranchant et bord abrupt) : il s'agit de triangles scalènes, de segments et de triangles isocèles. Une seule vraie pointe est aménagée dans la partie proximale ou distale de l'armature. La pointe est **déjetée par rapport à l'axe longitudinal** de l'armature. Ce type est très rare à Farman tandis qu'il constitue presque l'essentiel de l'assemblage microlithique des phases récentes du Premier Mésolithique de la Grande Rivoire (Chesnaux, 2010 et *cf. infra*).

Type 3 – Double-pointes (avec ou sans tranchant et bord abrupt) : il s'agit d'une grande majorité des segments et des triangles isocèles de notre corpus et d'une partie des triangles scalènes. Ces armatures présentent **deux pointes opposées de part et d'autre de l'axe transversal de l'armature**. Tous les triangles scalènes et certains segments sont mis en forme par une pointe orientée dans l'axe longitudinal de l'armature et une autre, plus aigüe, déjetée par rapport à ce même axe.

Type 4 – Triple-pointes (avec ou sans tranchant et bord abrupt) : il s'agit de certaines pointes à base retouchée (celles dont la troncature de la base est concave) ; elles présentent une pointe aménagée en partie distale ou proximale du support dans l'axe de l'armature et deux pointes basales opposées de part et d'autre de l'axe longitudinal de l'armature.

Type 5 – Bords abattus (et tranchant) : ils sont excessivement rares au sein de notre corpus ; ils présentent un bord abrupt formé par abattage et opposé de part et d'autre de l'axe longitudinal de l'armature à un tranchant. Ce type se caractérise par l'absence de toute extrémité aigüe. Faute d'une observation précise de la chronologie des enlèvements à la loupe binoculaire (superposition éventuelle d'une fracture à la retouche), il est possible que, dans la typologie traditionnelle, certains microlithes fragmentés (triangles scalènes par exemple) aient été classés parmi les bords abattus.

Cette proposition typologique est ouverte et est destinée à être enrichie au fil des observations ultérieures de microlithes – et pourquoi pas des armatures en général.

II. 2.2. Méthodes de retouche : paramètres en jeu

II.2.2.1. Traitement des parties agissantes

Grâce à l'observation des microlithes archéologiques au moyen d'une loupe binoculaire (à des grossissements de 10x à 63x), nous avons pu mettre en évidence différents gestes de mise en forme des parties agissantes dont les caractères seront pris en compte dans notre étude. Rappelons que l'utilisation d'une loupe binoculaire est essentielle pour mener à bien une diagnose juste des modes de façonnage et reconnaître

l'état de l'armature – entière ou fragmentée –, les retouches étant le plus souvent inframillimétriques.

A ce stade, nous avons également utilisé des référentiels expérimentaux (les nôtres et celui de Pelegrin, 2004) afin d'identifier les outils utilisés pour les divers modes de retouche.

a. Le tranchant peut être :

Brut

Celui-ci est obtenu naturellement au moment du détachement du support.

(Re)Mis en forme par l'égrisage

Nous observons parfois sur le troisième côté des triangles, la corde des segments ou encore le tranchant de certaines pointes une retouche continue ou partielle semi-abrupte très marginale. D'après les référentiels expérimentaux, ce genre de retouche observé sur notre matériel archéologique a été produit par un « frottement oblique du bord du support à retoucher contre la surface de l'outil, de pierre tendre ou de matière organique dure ou réciproquement » (Pelegrin 2004, p. 164). En l'occurrence, le bord reste vif et n'est pas émoussé. Nous pensons donc que ce geste était réalisé avec un outil de matière organique (type andouiller) afin de conserver l'acuité d'un bord tranchant tout en le renforçant. En effet, lors de nos expérimentations de tirs, nous avons pu observer que les bords tranchants non égrisés s'ébréchaient tandis que les bords égrisés restaient intacts.

En théorie, un tranchant ébréché par l'usage peut être égrisé partiellement ou totalement afin de le renforcer à nouveau sans perte d'acuité. Néanmoins, nous n'avons pas de témoignage archéologique de ce type de réfection.

b. Bords abrupts

Mis en forme par la retouche

Etant donné la très faible épaisseur des supports, la retouche d'abattage se fait par pression/frottement du bord avec une baguette en matière organique (bois de cervidé ou os) contre un appui (par exemple morceau de bois ou d'os ou encore éminence thénar du pouce, fig. 4). L'utilisation d'un outil en matière minérale pour ce geste n'est pas envisageable étant donné l'absence d'émoussé au niveau des parties proximales des enlèvements sur les bords des pièces archéologiques.

Fig. 4 : Geste de retouche par pression.

Ce type de bords abrupts a pu être choisi pour l'emmanchement. En effet, leur surface étant plus importante et accidentée par la retouche, le collage est mieux assuré qu'avec un tranchant.

Particularités originelles du support

Le tailleur a pu également profiter de bords abrupts naturellement présents sur le support. Ainsi des pans naturels, des pan-revers ou des pans de fracture survenus au cours du débitage (n'obligeant pas à l'abandon du support) sont observables sur certains microlithes archéologiques entiers.

c. La/les pointe(s)

Dégagement par la technique du coup de microburin

Une pointe peut être obtenue par la technique bien connue de fragmentation du support dite en microburin (Tixier *et al.* 1981, Albarello 1987, Rozoy 1968). Le piquant-trièdre est soit laissé brut, soit partiellement retouché. Dans le second cas, il est parfois à peine visible mais une lèvre, la languette de la flexion/torsion produite par la fragmentation, accroche l'ongle lorsqu'on effleure l'arête du trièdre située en face supérieure de l'armature (fig. 5). Il est bien sûr aussi possible que la retouche ait totalement oblitéré un piquant-trièdre, auquel cas la pointe est identifiée comme étant aménagée seulement par la retouche et seul un nombre important de microburins associés à un assemblage cohérent de microlithes peut être alors un indice de l'utilisation de cette technique.

Fig. 5 : Vestige de piquant-trièdre partiellement retouché.

Mise en forme par la retouche (fig. 6)

Une pointe peut bien sûr être mise en forme partiellement ou totalement par la retouche : plusieurs cas de figure se présentent alors :

- La pointe est formée par la rencontre de deux bords : l'un tranchant, l'autre abrupt. Le second est obtenu soit par abattage, soit par troncature (fig. 6a). Le

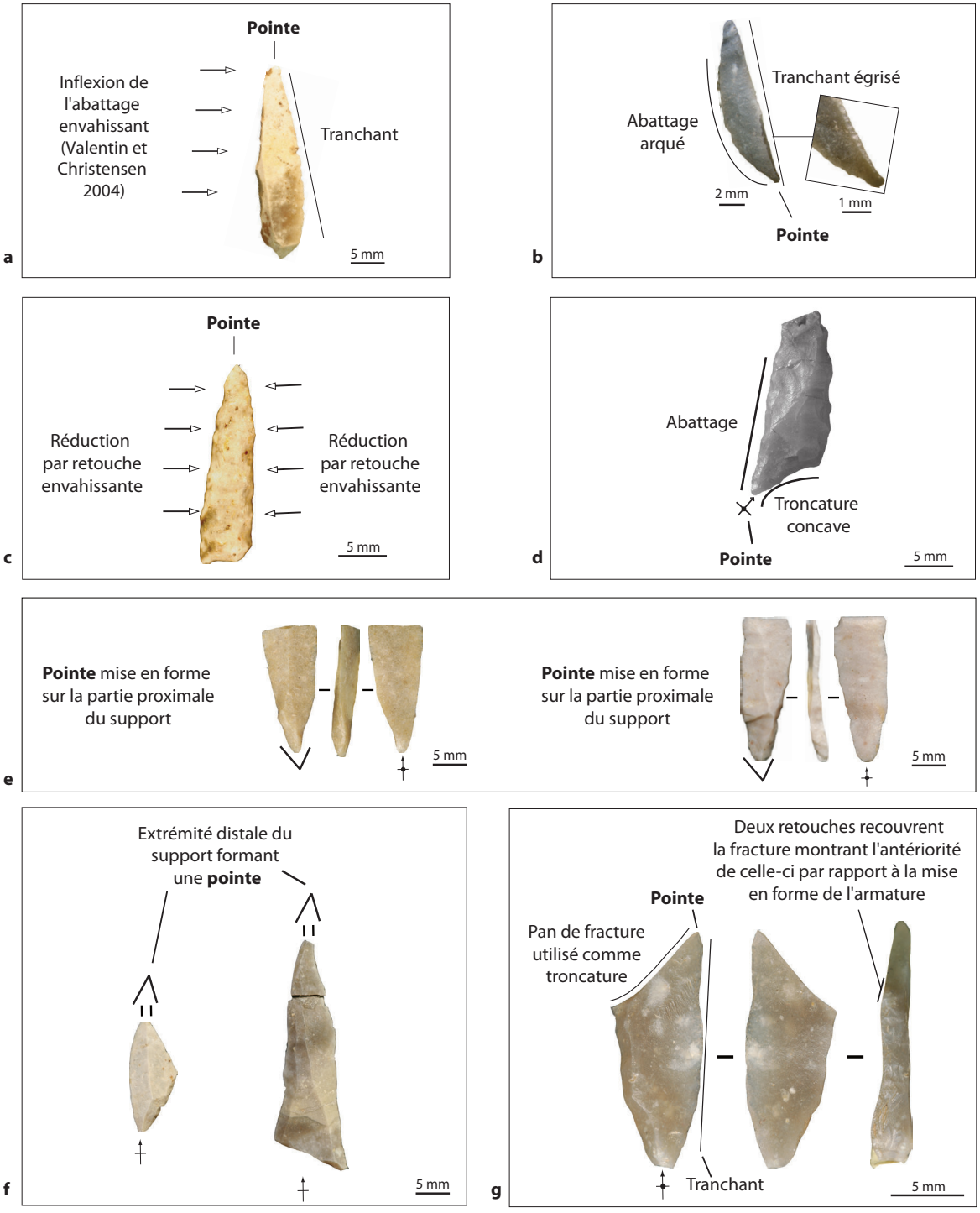


Fig. 6 : Différents types de mise en forme d'une pointe par la retouche (a, b, c, d et e) et au moyen des caractéristiques intrinsèques du support (e, f et g).

tranchant peut être égrisé, partiellement ou totalement, accentuant l'acuité de la pointe (fig. 6b).

- La pointe est formée par la rencontre de deux bords abrupts, obtenus soit par abattage, soit par troncature (fig. 6c et 6d).

- On peut enfin choisir la partie proximale du support pour y aménager une pointe solide et épaisse. En effet, le débitage tangentiel à la pierre tendre de petits supports lamellaires caractéristiques de certains microlithes de notre corpus produit un talon punctiforme qui, même à peine retouché, présente un angle aigu adéquat. La pointe est alors particulièrement solide étant donné l'épaisseur de la pièce à cet endroit du support (fig. 6e).

Mise en forme d'une pointe sans recours à la retouche

- Une pointe peut aussi être formée par deux bords tranchants bruts (prédétermination de la forme pointue au cours du débitage ; fig. 6f).

- Ou encore un bord tranchant et un bord abrupt non mis en forme par la retouche (cf. supra : II.2.2.1.b. ; fig. 6g)

II.2.2.2. Inscription du microlithe dans le support (fig. 7)

Un autre critère révélateur des intentions de mise en forme est le choix de la partie du support dans laquelle le tailleur façonne l'armature. Nous avons attribué un numéro (entre 1 et 3) à chaque armature selon sa position au sein du support initial. Le type d'aménagement 1 correspond à une mise en forme de l'armature au sein de la partie distale du support. Celle-ci reste alors présente (peu ou pas retouchée) au sein de l'objet fini. Le type d'aménagement 2 résulte d'une mise en forme de l'armature dans la partie proximale du support qui demeure présente au sein de l'objet fini. Enfin le type d'aménagement 3 est représenté par les armatures qui ont été façonnées dans la partie mésiale du support. Ni la partie proximale, ni la partie distale ne sont alors visibles sur l'armature finie.

Ces aspects, s'ils sont répétitifs à l'échelle de l'assemblage, conduisent à s'interroger sur les intentions du débitage et sur une éventuelle prédétermination de la forme des supports selon le fonctionnement du microlithe recherché.

Ainsi, le tailleur a pu choisir de façonner une extrémité aigüe dans la partie proximale ogivale du support (cas de certains triangles scalènes du Sauveterrien de la Grande Rivoire). Il a pu également choisir un support à talon plus large et, conservant celui-ci pour l'emmanchement, y façonner une pointe dans la partie distale (cas des pointes à base naturelle du Beuronien). Un autre exemple est celui de certaines lamelles pointues

du Beuronien dans lesquelles on a façonné une petite pointe par troncature oblique. La grande pointe est, quant à elle, naturelle et obtenue au débitage par un aménagement spécifique de la table lamellaire.

Nous verrons également plus loin (cf. IV) que le positionnement de l'armature finie au sein de son support évolue au cours du Sauveterrien révélant une simplification de la chaîne opératoire des microlithes.

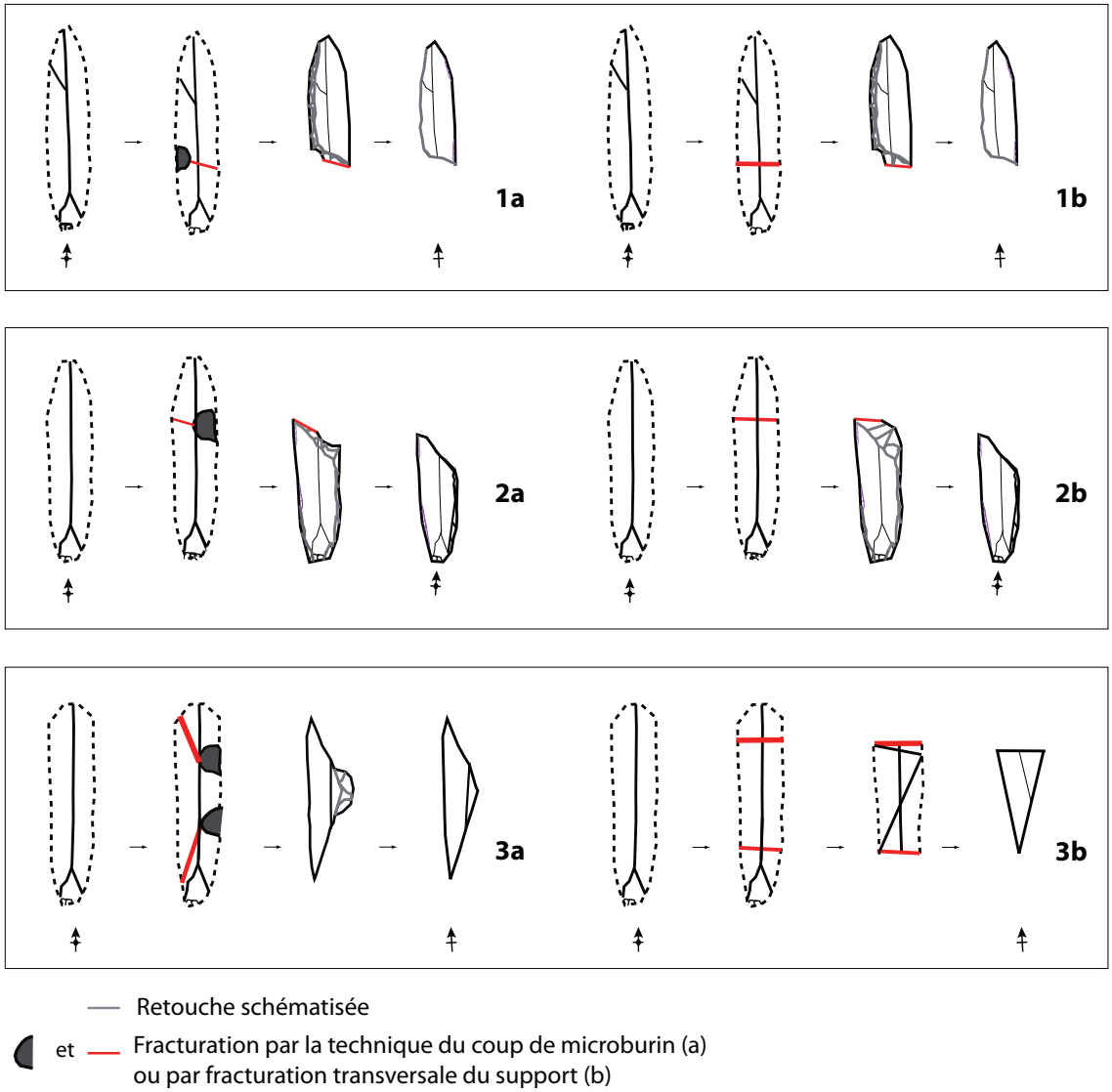


Fig. 7 : Positionnement du microlithe au sein de son support.
1 : Le microlithe est façonné dans la partie distale du support.
2 : Le microlithe est façonné dans la partie proximale du support.
3 : Le microlithe est façonné dans la partie mésiale du support.

II.2.2.3. Les émoussés (fig. 8)

Lors de nos observations archéologiques, nous avons parfois mis en évidence des émoussés que nous pensons avoir été produits intentionnellement afin d'homogénéiser certains bords *a priori* fragiles. Ces émoussés seraient donc à relier à un geste technique de doucissage d'un bord dans l'objectif d'optimiser sa résistance au choc d'impact.

Cela peut également être un geste de préparation de la surface d'emmanchement afin d'améliorer le pouvoir adhésif de la colle (analyse rhéologique en cours en collaboration avec le laboratoire du CEMEF, Sophia-Antipolis).

De même, Crombé *et al.* (2001) ont observé la présence d'émoussés sur bords arqués retouchés de segments beuroniens. B. Gassin (1996) a également montré la présence d'émoussés au niveau des bords de quelques armatures tranchantes du Néolithique moyen de la grotte de l'Eglise Supérieure dans le Var.

Par ailleurs, nous avons eu l'occasion d'observer une lamelle certainement appointée par abrasion, issue d'un niveau PPN du site de Beisamoun en Israël fouillé par Fanny Bocquentin, l'analyse technologique du matériel lithique étant réalisée par Boris Valentin. Cette lamelle était *a priori* brute mais présentait au niveau de sa partie proximale, un fort émoussé partant du talon rétréci et couvrant les surfaces adjacentes supérieure et inférieure. Ce geste permettait nettement de renforcer l'angle aigu du talon obtenu par débitage tangentiel à la pierre tendre. Elle portait également une fracture transversale à languette diagnostique d'impact. Ainsi il est possible que cette lamelle ait été utilisée en pointe axiale (emmanchée par sa partie distale dans la hampe de projectile).

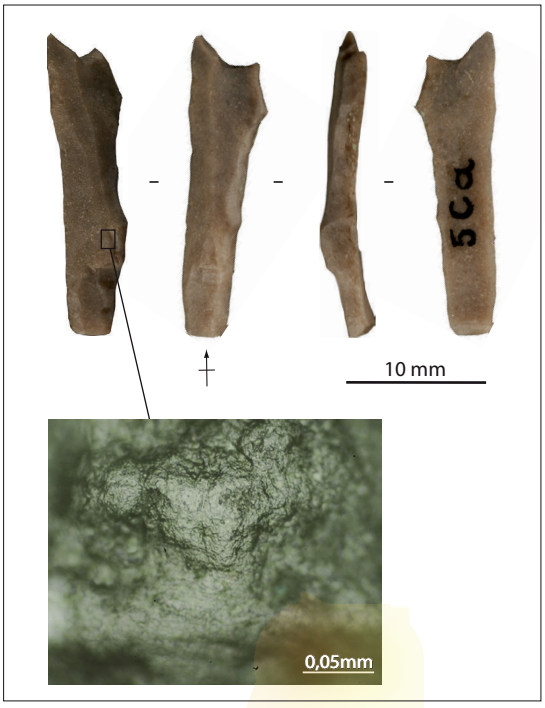


Fig. 8 : Détail de l'émoussé sur la face supérieure d'une monopointe déjetée archéologique présentant un micropoli strié de matière minérale (x 200).

II.2.2.4. Les indéterminés et les indices problématiques de réfection

La fragmentation liée à différents facteurs que nous décrirons ensuite peut oblitérer les parties agissantes. Si l'endommagement est trop important, il n'est pas toujours possible d'attribuer le microlithe à une catégorie morphotechnique, il est alors classé parmi les indéterminés.

A contrario, certains pans de fracture, observés trop rapidement, conduisent au classement d'un microlithe parmi les indéterminés et/ou les fragmentés. Pourtant, il est assez fréquent que des négatifs de fracture soient antérieurs à la dernière utilisation ou au dernier geste de façonnage de l'armature. La retouche de mise en forme recoupe alors discrètement la fracture. Un grossissement optique (entre 10x et 60x) est souvent requis pour déterminer la chronologie de ces enlèvements.

Deux cas de figure se présentent alors :

1. Soit la retouche recoupe une fracture éventuellement diagnostique d'impact.

2. Soit la retouche recoupe une fracture non diagnostique d'impact.

Dans le premier cas, soit la retouche est une réfection en vue du réarmement du microlithe pour une autre utilisation, soit la retouche est un geste de première mise en forme d'un support fracturé en cours de débitage et présentant une fracture transversale à languette supérieure à 2 mm donc identique à celle de l'impact (cf. II.4.3.). La figure 9 présente un microlithe archéologique (soit une double pointe transformée en monopointe déjetée, soit une monopointe déjetée) pour lequel il est impossible de trancher.

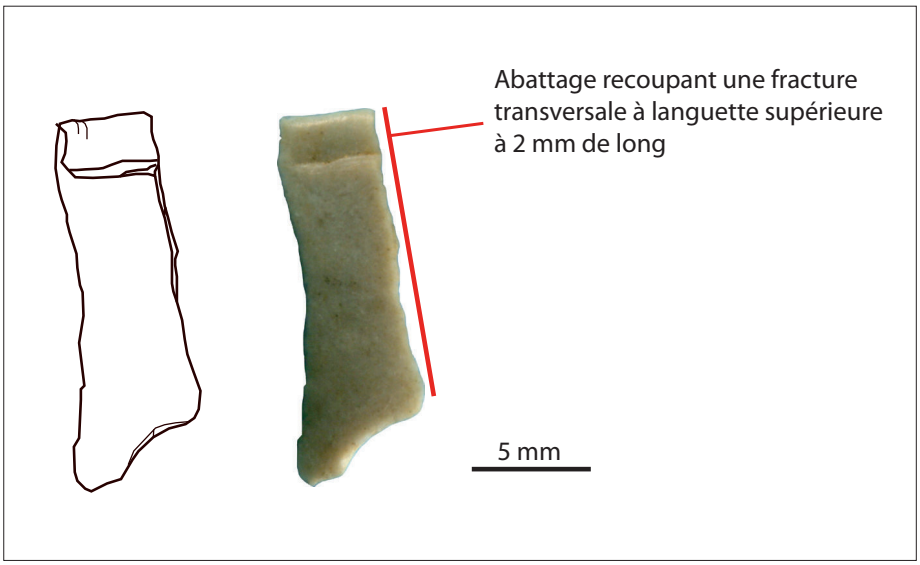


Fig. 9 : Monopointe déjetée ou double-pointe réaménagée en monopointe déjetée ?

Dans le second cas, ou bien la retouche est une réfection après utilisation ou après fracturation accidentelle, ou bien le négatif de fracture préexistait sur le support.

Ces cas de figure sont problématiques puisque nous voyons qu'ils ne permettent pas de proposer une interprétation tranchée de l'état du microlithe. Néanmoins, leurs récurrences au sein d'un assemblage peuvent nous aiguiller sur une piste plus probable qu'une autre.

II.2.2.5. Mode d'enregistrement et prise de mesure

a. Mode d'enregistrement

Pour faciliter l'enregistrement des critères, nous avons codifié notre observation de la fragmentation des microlithes. Ainsi nous affectons un code à chacun selon ses endommagements macroscopiques :

- E0 : le microlithe est entier et ne porte aucun endommagement

- PEX : le microlithe est presque entier, les endommagements sont peu invasifs et ne sont pas diagnostiques de l'impact (ébréchures discrètes du bord tranchant et/ou microfracture transversale nette ou à languette non diagnostique (< 2 mm) d'une ou des pointe(s) et/ou microfracture en cône d'une (ou des) pointe(s). Ces types d'endommagements sont analogues à ceux obtenus lors du piétinement ou de la fabrication.

- PE* : le microlithe est presqu'entier, les endommagements sont peu invasifs (ébréchures et/ou enlèvement(s) burinant(s)) ; l'un d'eux, au moins, est diagnostique de l'impact.

- FX : le microlithe est fragmenté, les endommagements non diagnostiques de l'impact sont invasifs et le type n'est pas toujours reconstituable (le plus souvent une ou plusieurs fracture(s) transversale(s) à languette nette ou non diagnostique (< 2 mm) ont supprimé la partie distale et/ou proximale de l'armature).

- F* : le microlithe est fragmenté, les endommagements dont l'un d'eux, au minimum, est diagnostique de l'impact, sont invasifs et le type n'est pas toujours reconstituable.

- FXbrûlé : le microlithe est fragmenté, les endommagements dont l'origine principale est l'exposition au feu, sont invasifs et le type n'est pas toujours reconstituable.

b. La prise de mesure

Quelque soit le type de microlithes, les plus grandes longueurs, largeurs et épaisseurs sont enregistrées.

Les angles mesurés sont les angles de dilacération (ou de pénétration), de rétention ou de retrait (fig. 10). Ainsi, pour les triangles l'attention est portée sur l'angle formé par la petite troncature et la grande troncature (cf. terminologie du GEEM 1969 et 1972). En effet, la position de l'armature sur la hampe de flèche conditionne la rétention ou non de la flèche dans la cible. Les formes générales des triangles peuvent être très similaires mais les effets recherchés très différents selon la position après emmanchement. Nous nous sommes référée aux caractéristiques des pointes et lames de projectile actuelles dont le fonctionnement est connu. Ainsi le pouvoir de rétention d'une armature comme celle de la figure 10a à droite est tel que l'armature est interdite dans bon nombre de pays (Chaste et Chaptal 1996, Lecaille et Menu 1998).

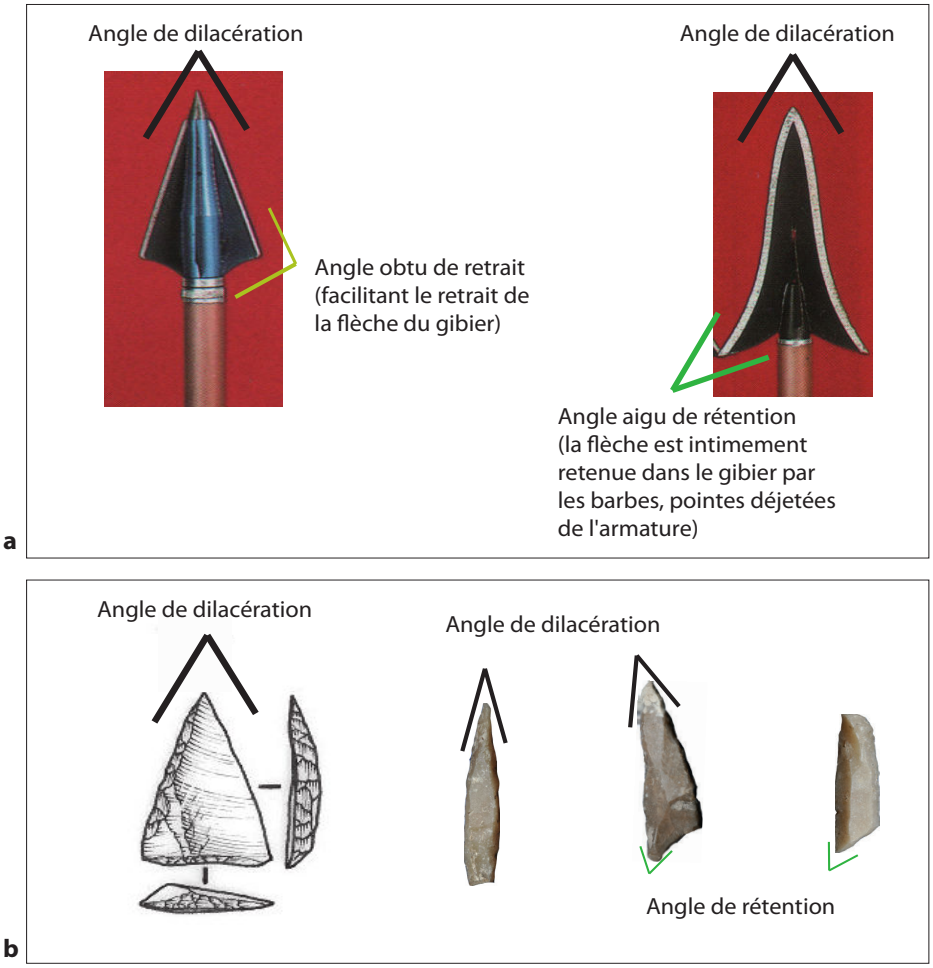


Fig. 10 : Types d'angle relevés pour chaque microlithe.
a : Armatures actuelles dont le fonctionnement est précisément connu (photos d'après Chaste et Chaptal 1996).
b : Armatures archéologiques dont on suppose le fonctionnement (dessin d'après Boitard-Bidaut *in* Souffi et Marti 2011).

II.2.3. Bilan sur notre modèle typologique

Dans le cadre de cette nouvelle typologie, nous sommes partie du principe que reconnaître le façonnage d'une pointe sur un microlithe et l'absence de façonnage d'une pointe sur un autre était certainement l'indice d'un fonctionnement différent de ces deux microlithes. La discrimination entre deux microlithes ou encore leur rapprochement se fait alors de manière simple et rigoureuse. En effet, il est plus aisé de décompter le nombre d'extrémités aigües sur un microlithe que d'identifier une forme géométrique générale qui ne dépend que de l'appréciation de son observateur et dont la signification peu fonctionnelle nous éloigne des intentions des chasseurs mésolithiques.

Décrire à la fois les parties agissantes et leurs modes de façonnage revient à identifier une combinaison de gestes dont le dessein implique étroitement parties actives et parties emmanchées, les secondes permettant souvent de mettre en forme les premières.

Dans le cadre des typologies traditionnelles, on confond trop souvent les moyens et les objectifs. En effet, la définition des types est déconnectée du sens technique de l'objet même lorsqu'elle aborde les modes de mise en forme des microlithes. Parler, par exemple, de *double-troncature* ou encore de *bord abattu* permet de décrire des moyens dont les objectifs – mise en forme d'une pointe ou dégagement d'un tranchant – n'ont pas été reconnus. L'analyse reste alors partielle et la typologie perd une partie de son potentiel heuristique.

Insistons enfin sur le fait que cette typologie n'a pas pour but de décrire directement le fonctionnement d'un microlithe. Celle-ci est un outil de classement intermédiaire fondé sur des critères techniques propres à mettre en évidence des normes et des variabilités de mise en forme de parties supposées actives ou emmanchées d'après des exemples de flèches archéologiques, ethnographiques ou encore actuelles. Il convient dans un second temps de reconstituer le fonctionnement des assemblages ainsi classés.

Dans la continuité de cette analyse des modes de fabrication des microlithes, nous présentons, dans les chapitres qui suivent, la méthode utilisée en vue de la reconstitution de leurs modes d'utilisation.

II.3. Les traces d'utilisation : méthode pour l'analyse fonctionnelle des microlithes

II.3.1. Généralités

En vue de l'analyse fonctionnelle, la tracéologie repose sur la recherche de traces d'utilisation. La méthode que nous avons adoptée est celle de différents travaux fondateurs en matière d'observation des traces d'usure qu'elles soient macroscopiques ou microscopiques, des recherches par ailleurs exemplaires dans la construction de référentiels expérimentaux et/ou ethnographiques : Semenov (1964), Hayden (1979), Keeley (1980), Anderson-Gerfaud (1981), Beyries (1984), Plisson (1985), Mansur-Franchomme (1986), Gonzalez Urquijo et Ibanez Estevez (1994), Gassin (1996), Christensen (1999), Philibert (2002), Beyries (2008).

Notre formation à l'analyse fonctionnelle entamée au cours de notre maîtrise et assurée alors par M. Christensen s'est poursuivie au cours de notre DEA et durant les années de notre thèse au sein du laboratoire du CEPAM sous le tutorat de S. Philibert et avec l'aide de S. Beyries. B. Gassin et H. Plisson ont aussi contribué à enrichir notre apprentissage. Dans l'un puis l'autre laboratoire, nous disposions de référentiels de traces produits par différents chercheurs (L. Astruc, S. Beyries, M. Christensen, B. Gassin, S. Philibert et H. Plisson). Ces référentiels ont constitué la base matérielle de notre formation à la reconnaissance des diverses traces d'usure.

Deux types de traces nous guident dans l'analyse fonctionnelle. Ce sont d'abord les traces macroscopiques : fractures, ébréchures et esquillements, identifiables à l'œil nu ou à la loupe binoculaire. Ce sont aussi les traces microscopiques : les micropolis, les stries, les émoussés ou encore les microenlèvements (type microébréchures). Ces dernières, bien que parfois reconnaissables à l'œil nu, à la loupe binoculaire ou au toucher dans le cas de l'émoussé par exemple, ne sont précisément identifiables qu'à des grossissements de 100x et 200x (voire plus), nécessitant un appareillage plus lourd de type microscope métallographique (appareil à éclairage zénithal).

Lorsque ces traces sont conservées, elles sont observables à la surface de l'outil, à l'endroit où il y a eu contact entre l'outil et la matière travaillée ou entre la main et/ou le manche et l'outil (notamment Rots 2011**)**. Ainsi, les bords et les arêtes (points hauts de l'objet) sont préférentiellement marqués par l'usage (sauf dans le cas d'une fracture transversale). Ces traces résultent de divers genres de contact. Il est donc essentiel de pouvoir faire la différence entre un contact accidentel lié à la taphonomie de l'objet

(contact avec l'encaissant ou entre les artefacts eux-mêmes au sein de l'encaissant ou au sein de leur conditionnement post-fouille) et un contact lié à l'usage. Le premier produit une usure souvent généralisée et peut affecter sans distinction milieu et bords de la pièce. Le second est localisé et se différencie de l'état physique général de surface du reste de la pièce (Fernandes 2011, 2012).

Les traces d'usage diffèrent selon de nombreux paramètres : la matière d'œuvre, la matière première de l'outil, la cinématique du geste, l'angle de travail, la cinématique de l'outil, son emmanchement, le temps de travail, l'énergie produite au cours du travail, etc.

Malgré la comparaison avec des référentiels expérimentaux enregistrant l'ensemble de ces paramètres, il est parfois délicat d'identifier précisément l'utilisation d'un outil. En effet, les traces peuvent être équivoques. Les ébréchures, par exemple, peuvent être produites par un éventail assez important de type de contact (à la fois taphonomique et fonctionnel). D'autre part, les processus mécaniques de formation des traces, relevant de la rhéologie (étude des comportements mécaniques des matériaux) et plus particulièrement de la tribologie (étude du frottement), sont encore peu ou mal connus. L'interprétation des traces d'usage se fonde donc sur la reconnaissance de critères purement morphologiques parfois subjectifs et laissés à l'appréciation de l'observateur. C'est pourquoi, concernant les microtraces et en particulier les micropolis, nous utilisons une grille de lecture adoptée par tous et qui a fait ses preuves (cf. *infra*, L.H. Keeley 1980, Plisson 1985, Gassin 1996). Pour les traces macroscopiques, la terminologie reste encore assez disparate.

Enfin, concernant plus particulièrement notre corpus, les problèmes liés à la conservation de ces pièces au sein de niveaux remaniés ou ayant subi les ruissellements intenses du début de l'Holocène (Berger et Brochier 2000) peuvent être un frein à l'interprétation fonctionnelle. Ainsi nos assemblages sont souvent affectés d'un lustré de sol et d'un plus ou moins léger émoussé généralisé des bords et des arêtes.

Nous avons pu tout de même détecter des émoussés ponctuels bien discernables du bruit de fond taphonomique.

Il est donc primordial de pouvoir croiser un maximum d'informations sur un corpus le plus large possible pour pouvoir interpréter les traces d'un outil. C'est pourquoi, également, les deux approches macroscopiques et microscopiques doivent toujours être menées de manière conjointe. Il est désormais loin le temps où « s'affrontaient » les partisans d'une *Low Power Approach* menée par R. Tringham dans les années 70 et ceux de la *High Power Approach* soutenue notamment par L.H. Keeley (1980).

Dans le cadre de cette recherche, il nous a paru opportun de nous attarder spécifiquement sur les traces communément observées sur les microlithes.

II.3.2. Approche fonctionnelle appliquée aux armatures de projectile

Les microlithes, d'après leurs formes et leurs dimensions, ont aussi bien pu servir comme armatures de projectile que comme armatures de couteau (Finlayson et Mithen 1997, Pignat et Plisson 2000, Crombé *et al.* 2001, Philibert 2002, Valdeyron *et al.* 2011) ou encore comme armatures de faucille (par exemple en contexte natoufien : Anderson-Gerfaud 1983).

Les travaux expérimentaux publiés ont permis de tester essentiellement l'utilisation des microlithes comme armatures de projectile. Rares ont été les expérimentations de microlithes emmanchés comme armatures de couteau (Domingo Martinez 2003).

II.3.2.1. Rapide historique de l'approche fonctionnelle appliquée aux armatures de projectile en pierre

C'est seulement avec le développement de la discipline tracéologique au cours des années 70 qu'on commence à vérifier l'utilisation des microlithes comme armature de projectile. Auparavant on supposait une utilisation de ce genre par comparaison avec des exemples ethnographiques (Mortillet 1896, Vayson de Pradenne 1936).

Dans les années 1960-70, en lien avec le développement de l'ethnologie amérindienne, plusieurs américains testent arcs et flèches dits « primitifs » sans problématique archéologique spécifique (Ahler 1971). C'est certainement G. Odell (1978 et 1981) qui s'intéresse véritablement en premier à la reconnaissance des traces d'impact. Pour cela, il se fonde sur les travaux collectifs du Ho Ho Committee (1979 et Tringham *et al.*, 1974) dont il fait d'ailleurs partie. Ces différents chercheurs avaient mis en place des expérimentations systématiques afin de montrer les processus de fracturation des bords d'outils selon différentes cinématiques de gestes appliquées à diverses matières d'œuvre. Dans ce cadre généraliste, ils avaient testé la fracturation d'armatures de projectile emmanchées en pointe axiale. De ces travaux est né un vocabulaire fondateur permettant de décrire la morphologie des endommagements macroscopiques de type fracture et ébréchure (cf. *infra*). Il s'agit alors pour G. Odell (1981) de développer une méthode d'analyse systématique comme on le fait pour le reste de l'outillage. L'approche est donc tout d'abord macroscopique.

Une expérimentation fort intéressante mais très ponctuelle est celle de Moss et Newcomer (1982). Ils sont, à notre connaissance, les premiers à tester des emmanchements latéraux (lamelles à dos insérées dans des pointes de sagaie) et à proposer une approche

microscopique appliquée à leurs armatures de projectile expérimentales. En effet, il est communément admis que l'impact, produisant un frottement trop bref, ne peut modifier la microtopographie du silex. C'est ainsi que les armatures de projectiles expérimentales n'ont pas systématiquement fait l'objet d'analyses microscopiques. Pourtant Moss et Newcomer, qui se sont attardés sur la microtopographie de leurs lamelles à dos expérimentales emmanchées latéralement y ont trouvé des micropolis à coalescence fluide de type boucherie.

En 1984, est publié l'article de Fischer *et al.* cité depuis par tous ceux qui s'intéressent aux projectiles. Bien que l'expérimentation de tirs soit complétée d'expérimentations de fabrication et de piétinement, le test ne concerne que des pointes axiales tirées sur sanglier. Du coup, les fractures transversales à languette diagnostiques d'impact y sont surreprésentées.

C'est finalement au cours des années 90 que les microlithes mésolithiques font l'objet d'une investigation fonctionnelle approfondie, menée par S. Philibert (1991 et 2002) et basée sur l'expérimentation de flèches composites sur le modèle de celles conservées dans les tourbières d'Europe du nord. L'auteure pose la question de la diversité des fonctionnements des microlithes en lien avec leur forme et de la variabilité des types d'endommagements selon la position des armatures sur la hampe. Cette recherche précède celle réalisée par Plisson et Pignat (2000), celle de Crombé *et al.* (2001) et celle de Yaroshevich (2010) dont les questionnements sont assez similaires mais appliqués à des contextes mésolithiques différents.

À ce jour, diverses expérimentations de tirs ont donc permis d'identifier des traces spécifiques à l'utilisation d'artefacts lithiques en tant qu'armatures de projectile. La liste des travaux publiés que nous avons utilisée est issue de « l'inventaire des publications et mémoires universitaires contenant des comptes-rendus de tirs expérimentaux d'armatures de projectiles préhistoriques » de J.-M. Pétillon (2006). Nous y avons ajouté quelques publications récentes et les avons classées selon leur problématique et leur contenu (tab. 1). Notre liste est loin d'être exhaustive mais elle est bien représentative de l'état de la recherche sur les armatures de projectile en pierre. D'une part, mis à part les travaux cités ci-dessus, les expérimentations ont concerné essentiellement des armatures (pointues ou tranchantes) emmanchées en tête de hampe. D'autre part, seules quelques analyses expérimentales ont permis de produire des modèles interprétatifs concernant la fragmentation du silex à l'impact, c'est-à-dire des modèles fondés sur un assemblage d'armatures expérimentales suffisamment important pour définir tout à la fois des endommagements diagnostiques de l'impact et un mode de dispersion et d'endommagement précis selon le type d'armature testée. Citons les travaux, malheureusement pour la plupart non publiés, du groupement

Liste bibliographique	Expérimentation de tirs avec armatures lithiques emmanchées de manière : axiale	disto-latérale	latérale	tranchante	Expérimentation de fabrication	Expérimentation de piétinement	Objectifs et/ou problématique	Adhésif utilisé	Type de cible
O'Farrell 1996, 2004	X				X	X	Reconnaissance des traces d'impact spécifiques aux pointes de la Gravette, référentiel expérimental de fabrication, d'utilisation et de piétinement ; reconstitution des processus de formation des assemblages et inférences fonctionnelles sur la chaîne opératoire cynégétique au cours du Gravettien / arc et propulseur	mélange résine de pin, cire d'abeille et ocre	carcasse fraîche de bœuf entière
Soriano 1998	X	x					Création d'un référentiel expérimental de traces d'impact sur microgravettes / arc	résine de pin, cire d'abeille, cendre	une brebis et un sanglier éviscérés
Albarello 1986	X	x		x	x		Création d'un référentiel de traces d'impact sur des trapèzes emmanchés en pointe-barbelure et en tranchante / arc	résine de pin, charbon de bois, résidus d'os, de bois ou cire d'abeille ou colle d'os et colle de tendon	"cible constituée, sur 15 cm, de peau, de viande (bœuf) et partiellement d'os" p. 129
Barton, Bergman 1982	X						Création d'un référentiel de traces d'impact sur des pointes mésolithiques. Question de l'origine fonctionnelle des fragments de microlithes présents sur le site mésolithique de Hengistbury (England) / arc	résine de pin, cire d'abeille	chevreuil entier suspendu par les pattes, tête en bas
Caspar, De Bie 1996	x						p.444, "tester le degré de fragmentation avec la technique d'emmanchement" / arc	résine de pin et tendon	"carcasses entières" p. 440
Crombé *et al.* 2001	X		X				Référentiel de traces sur pointes axiales et barbelures : endommagement très rares des barbelures et détachement de celles-ci à l'impact ou lors du retrait de la flèche / arc	résine de pin et cire d'abeille	sanglier entier suspendu par les pattes, tête en bas
Fischer *et al.* 1984	X	x				x	Création d'un référentiel de traces d'impact et réflexion sur les processus de fracturation, s'incrit dans la lignée du HoHo committee (Hayden 1979) / arc	résine de pin et cire d'abeille	sanglier (entier?)
Fischer 1985	x	x					Création d'un référentiel de traces d'impact d'impact et réflexion sur les processus de fracturation / arc	résine de pin et cire d'abeille	sanglier (entier?)
Philibert 2002	X	x	X	X			Création d'un référentiel de traces d'utilisation de microlithes et hypermicrolithes géométriques et non géométriques selon leur mode d'emmanchement : modèle : traces rares sur les éléments barbelés. Discussion sur le type de traces / arc	cire d'abeille, résine végétale	carcasse de brebis écorchée
Gassin 1996				X			Reconnaissance des traces d'impact spécifiques aux bitroncatures du Néolithique moyen de la Grotte de l'Eglise supérieure emmanchées axialement en tranchantes; reconstitution des fonctionnements et implications sur la chaîne opératoire cynégétique / arc	cire d'abeille, résine végétale	sanglier (entier?)
Beyries, Plisson 1998	x						Question du fonctionnement des pointes levallois en armatures de chasse (en pointes d'hast)	bitume	chamois entier
Bergman, Newcomer 1983	x						Création d'un référentiel de traces d'impact sur des pointes axiales du Paléolithique supérieur libanais / arc	résine de pin et cire d'abeille	mélange de viande de bœuf et d'os dans un carton
Odell, Cowan 1986	x						Création d'un référentiel de traces sur des pointes axiales emmanchées sur des lances tirées à la main et des flèches propulsées à l'arc	"Elmer's glue" (colle de peau ou d'os d'élan) et lien de chanvre	carcasse de chien
Yaroshevich 2010	X	X	X	X			Recherche d'une corrélation entre le fonctionnement et la forme de l'objet / arc	cire d'abeille, résine de pin, ocre	chèvre sans peau et chèvre avec mais sans viscères
Pignat, Plisson 1996		X	X				Création d'un référentiel de comparaison de traces d'impact sur microlithes / arc	cire d'abeille, résine de pin, ocre	non mentionné
Pétillon *et al.* 2011			X				Création d'un référentiel de traces d'impact sur pointes de sagaie en os et lamelles à bord abattu emmanchées latéralement ; réflexion sur l'efficacité de ces projectiles, le rôle des éléménts latéraux et reconstitution des processus de formation des assemblages / propulseur	cire d'abeille, résine de pin, ocre et brai de bouleau	daims entiers en position naturelle
Geneste, Plisson 1986 ; Plisson, Geneste 1989 ; Geneste, Plisson 1990 ; Chadelle *et al*. 1991	X				X		Analyse fonctionnelle des pointes à cran solutréennes afin de reconstituer leur fonctionnement ; le groupe d'étude TFPPS est le premier à développer un protocole expérimental afin de reconstituer les processus de formation des assemblages de ces pointes (proposition d'un modèle de dispersion) / arc, propulseur et arbalète	cire d'abeille, résine de pin, ocre	différents gibiers entiers en position naturelle
Moss, Newcomer 1982			X				Identification du fonctionnement des lamelles à dos de Pincevent / arc	résine de pin dans encoche	cible artificielle : carton rempli de chaire et d'os
Prost D. C. 1990, 1991						X	Discrimination des retouches d'utilisation, de fabrication et taphonomiques	_	_
Tringham *et al.* 1974	x					X	Création d'un référentiel généraliste de traces macroscopiques	non mentionné	_

Tab.1 : Liste non exhaustive des travaux expérimentaux sur les armatures de projectile.

d'études TFPPS[3] (Geneste et Plisson 1986, Plisson et Geneste 1989, Chadelle *et al.* 1991) et dans sa veine (et plus ou moins en collaboration), ceux de M. O'Farrell (1996, 2004, 2005). Celle-ci a réalisé une batterie complète d'expérimentations (piétinement, fabrication et tirs) afin de tester les pointes de la Gravette. Elle a défini avec précision les traces diagnostiques d'impact de ces objets tout en cherchant à reconstituer les processus de formation des assemblages archéologiques de pointes issues de son corpus d'étude sur le modèle de Chadelle *et al.* (1991). C'est également ce qu'a fait J.-M. Pétillon (2006) pour un autre matériau que le silex.

Pour résumer, la recherche sur les armatures de projectile préhistoriques a débuté par l'exploration expérimentale dans un cadre généraliste afin de créer un premier vocabulaire de description des traces macroscopiques applicable aux armatures. Elle a essentiellement concernée les pointes emmanchées axialement dans l'objectif de définir des traces diagnostiques d'impact. Rares sont les travaux expérimentaux qui ont testé des flèches dont les armatures étaient emmanchées latéralement.

II.3.2.2 Les endommagements présents sur les microlithes : processus, mécanismes de formation et terminologie

Les endommagements macroscopiques

La question de la formation des fractures nous a préoccupée en tout premier lieu. La définition des mécanismes de formation des traces est souvent floue même si les processus sont bien compris et admis par tous. Ainsi, comme nous l'évoquions plus haut, G. Odell, R. Tringham ou encore J. Hayden (repris spécifiquement par Fischer *et al.* pour la question des armatures de projectile) avaient identifié et formalisé quelques processus de fracturation du silex liés à l'utilisation de l'outillage lithique selon différentes cinématiques (transversale, longitudinale, rotative et percussion).

Néanmoins, les mécanismes de rupture sont peu explicités et l'utilisation de certains termes peut porter à confusion. Ainsi, chez H. Bertouille (1989 et 1991), théoricien de la taille du silex, la flexion est un processus de taille particulier dont le mécanisme de rupture est lié à un moment de forces fléchissant produit lorsque la pièce en silex est encastrée à une ou deux extrémités. Lorsqu'elle est encastrée à une extrémité, « la force s'exerce à l'autre extrémité restée libre » (Bertouille 1989, p. 48) et lorsqu'elle est posée entre deux appuis (encastrées aux deux extrémités), la force s'applique entre les deux points de maintien. C'est cette fracture que décrivent Fischer *et al.* (1984) lorsqu'ils parlent de *bending fracture*.

3 Technologie Fonctionnelle des Pointes de Projectile Solutréennes

La rupture ne se transmet pas par le passage d'une onde de choc. Ainsi l'absence d'ondulations visibles au niveau du négatif d'enlèvement et parfois la présence d'une languette pourraient être des critères de reconnaissance de la fracture par flexion. Néanmoins, la rupture conchoïdale ne produit pas systématiquement d'ondulations. Par contre, selon H. Bertouille, seule la flexion peut produire une languette.

La définition que propose D. C. Prost (1990 et 1991) de la flexion est peu claire car ce ne sont que les conséquences de cette rupture qui sont exposées. Ainsi l'auteur différencie les enlèvements à contre-bulbe des enlèvements sans contre-bulbe, ces derniers étant produits, selon lui, par la flexion. Néanmoins, le mécanisme de rupture n'est pas explicité.

Nous nous fonderons donc sur la démonstration de H. Bertouille qui nous paraît la plus pertinente à savoir que la flexion se définit par une rupture due à un moment fléchissant. Tant que celui-ci n'est pas avéré par la présence d'une languette, on ne peut parler d'une fracture par flexion. C'est pourquoi ce terme nous paraît trop souvent employé de manière abusive. En ce qui concerne la terminologie identifiant les différents types de fractures, les critères les plus pertinents de dénomination nous semblent finalement être d'ordre purement morphologique. C'est ainsi qu'en reprenant le vocabulaire commun à bon nombre d'auteurs nous avons défini les traces de fractures observées sur les microlithes sans mention du mécanisme de fracturation qui, comme nous l'avons vu, peut porter à confusion (en l'absence d'une analyse spécialisée permettant de vérifier les mécanismes complexes de fracturation du silex). Seule la position de la fracture par rapport à l'objet et sa morphologie sont les critères que nous avons retenus pour dénommer les endommagements macroscopiques observés (fig. 11) :

- Les fractures transversales

La fracture transversale peut se faire aussi bien **par flexion que par un impact ponctuel**. Cette fracture **« tronque »** la pièce et elle est (plus ou moins) perpendiculaire à son axe.

Elle peut être alors :

- nette (ou lisse ou plate), c'est-à-dire sans languette (fig. 11a),

- à languette (*a priori* par flexion ; la languette peut parfois être très atténuée, fig. 11b et 11c),

- en cône (le négatif de fracture présente un négatif de cône de percussion).

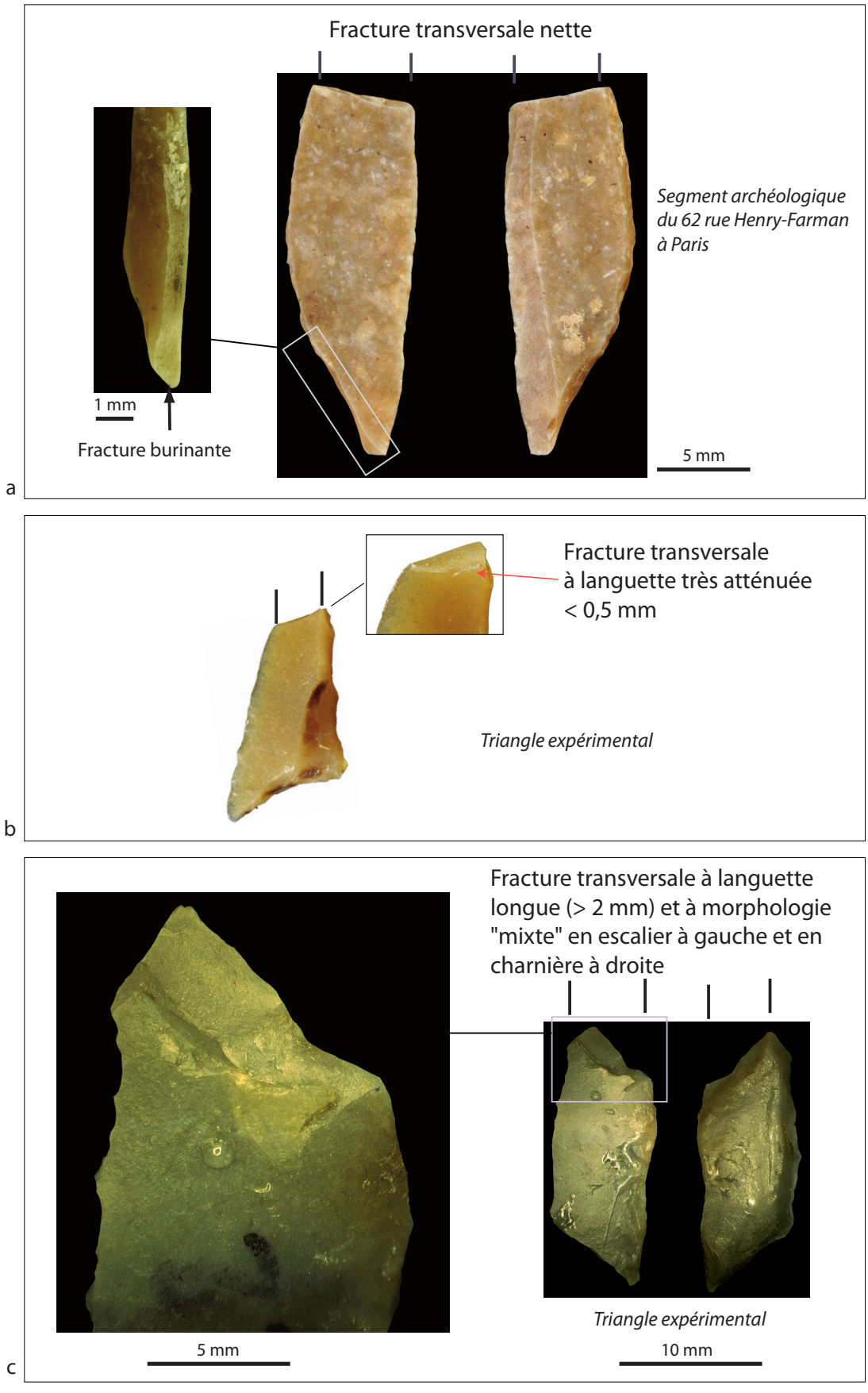


Fig. 11 : Les différents types d'endommagements macroscopiques.

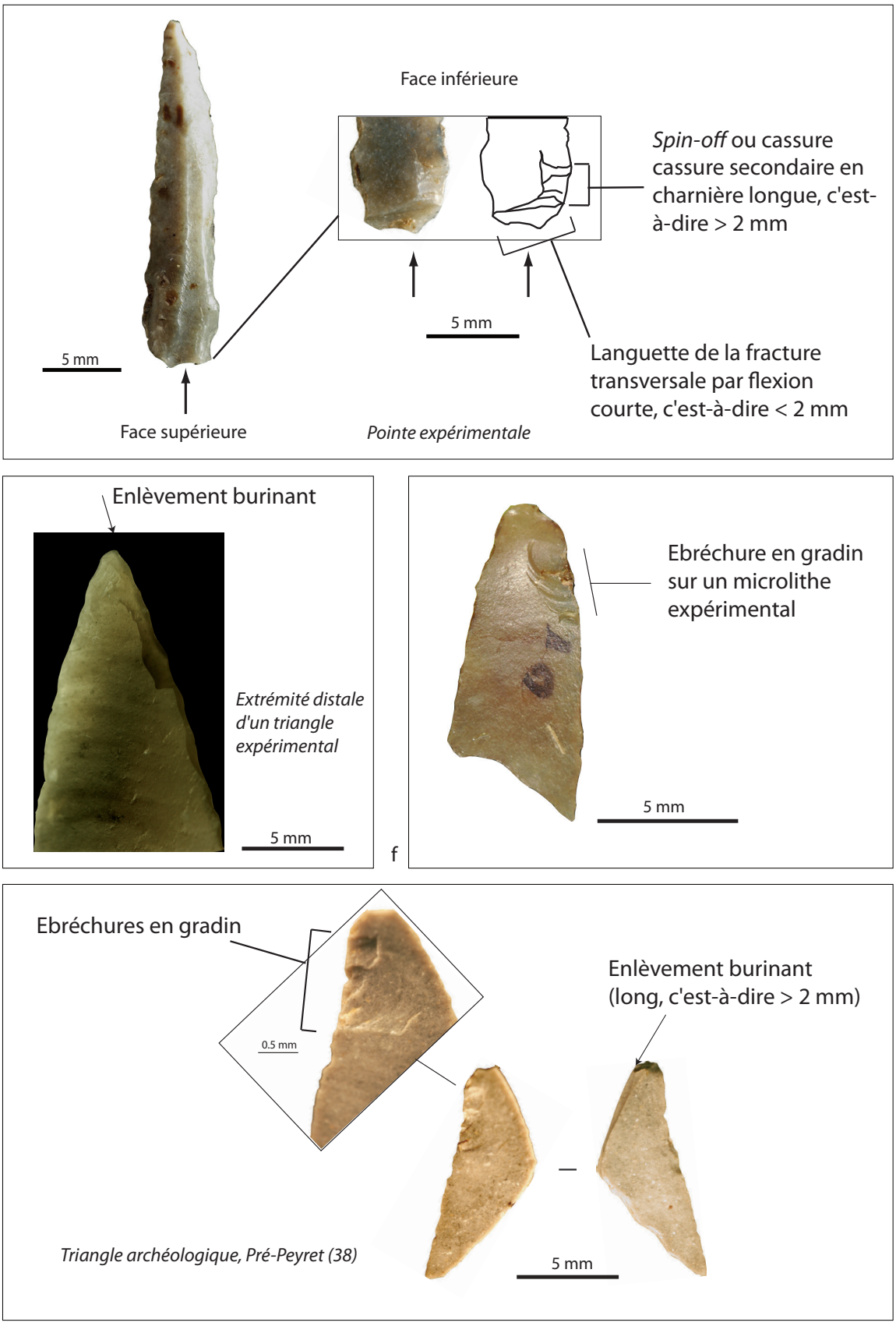


Fig. 11 (suite) : Les différents types d'endommagements macroscopiques.

Ces fractures transversales peuvent donner naissance à l'instant même de la rupture, par frottement des deux bords, à un second enlèvement dénommé *spin-off* (cassures secondaires en français) par Fischer *et al.* (1984). Ce *spin-off* (fig. 11d) peut être soit un enlèvement burinant (cf. *infra*) – il est alors dit « burinant » –, soit un enlèvement facial rebroussé ou non (cf. *infra*).

Notons que Fischer *et al.* (1984) avait proposé trois morphologies de languettes : en escalier, en plume ou en charnière. Nous ne retenons pas cette distinction. En effet, d'une part, elle porte à confusion : certaine languette peuvent présenter des morphologies « mixtes », c'est-à-dire à la fois en escalier et en charnière par exemple (fig. 11c) et d'autres encore ne sont attribuables à aucune des trois morphologies citées ci-dessus. D'autre part, ce critère ne nous paraît pas pertinent dans la reconnaissance de l'origine de la fragmentation puisque différentes morphologies de languette sont observées indistinctement sur des armatures endommagées lors de la fabrication, du piétinement ou encore de l'utilisation.

- Les fractures burinantes

La fracture part d'un **dièdre** (extrémité pointue d'une armature ou angle formé par deux troncatures par exemple) et file **le long d'un bord** enlevant une « lamelle » (ou un fragment de silex allongé) dans l'épaisseur de la pièce (fig. 11a, 11e et 11g). La fracture burinante ne doit pas être confondue avec le *spin-off* burinant. Ce dernier étant provoqué par le frottement de deux bords se fracturant, il part forcément d'un négatif de fracture transversale. Les fractures burinantes peuvent être parfois difficilement identifiables, notamment lorsque les enlèvements sont étroits et qu'ils se confondent avec le bord du microlithe (soit au niveau d'un tranchant, soit au niveau de l'interface entre une troncature ou un bord abattu et la face adjacente).

- Les ébréchures (ou écaillures)

Ce sont des **enlèvements faciaux** qui affectent presqu'exclusivement les **bords dont l'angulation est strictement aigüe** (inférieur à 90°) et très rarement égrisés ou retouchés (fig. 11f et 11g).

Les endommagements microscopiques

- Les émoussés et microébréchures

Certaines traces comme les émoussés et les ébréchures peuvent n'être visibles qu'à l'échelle microscopique et présentent toutes les caractéristiques de leurs homologues macroscopiques (cf. *supra*).

- Les microtraces linéaires d'impact

Sous ce terme sont regroupés, selon nous, deux types de traces : d'une part, des stries produites par des microparticules minérales (pouvant notamment provenir de la fracturation de l'armature en silex) frottant contre la surface du silex et, d'autre part, des micropolis étirés liés au frottement de l'armature contre un matériau organique favorisant la formation d'un poli. Nous reviendrons sur ces dernières traces dans le paragraphe suivant concernant les micropolis.

Dans le premier cas, la trace forme un faisceau de stries bien définies, très luisantes, d'aspect presque « métallique » (fig. 12a). Dans le second cas, la trace ressemble à une plage de poli strié ou « étiré » souvent plus mat que la précédente (fig. 12b).

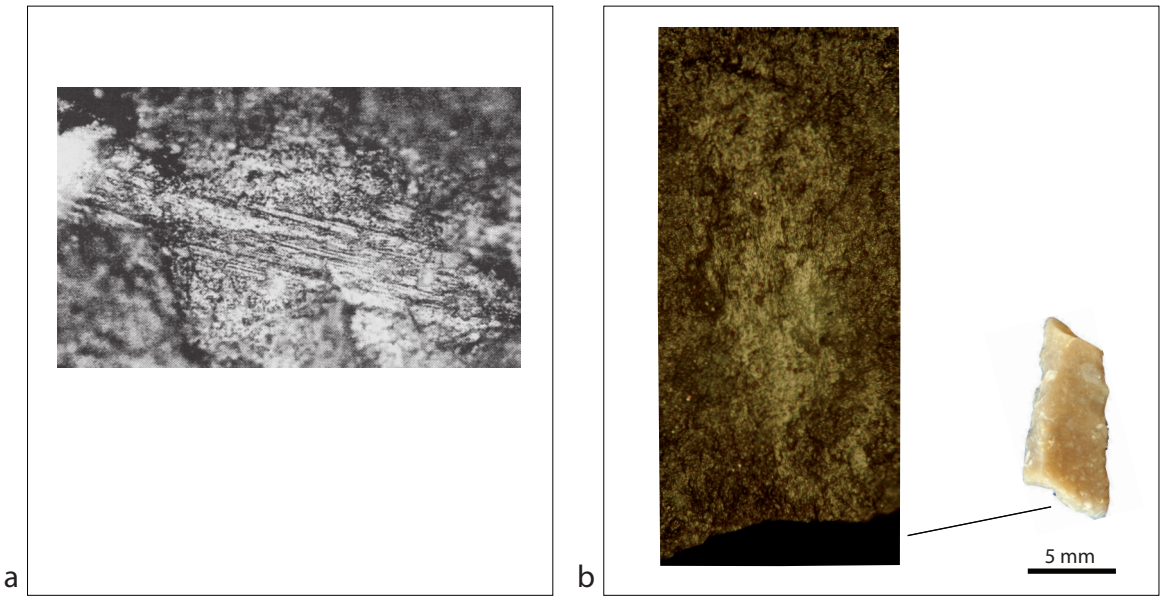


Fig. 12 : Les différents types d'endommagements microscopiques : deux types de microtraces linéaires d'impact.
a. Expérimentation (Philibert 2002). Zone d'abrasion striée liée vraisemblablement au frottement de débris de silex à l'impact (photo : S. Philibert).
b. Micropoli étiré et strié obtenu vraisemblablement par frottement de la barbelure contre un os à l'impact (x 200).

Notons enfin que ces microtraces linéaires d'impact ne sont pas forcément de très bons indicateurs directionnels. Ainsi nous avons obtenu un micropoli étiré d'os partant de la petite troncature d'un triangle (fig. 12b). Pourtant ce triangle a été emmanché latéralement en barbelure et non pas dans l'axe de la hampe, comme aurait pu l'indiquer la direction de la trace. Précisons enfin que cette trace n'a pu se former lors du retrait de la hampe. En effet, la flèche s'est écrasée contre le tibia de l'animal-cible et l'ensemble des armatures se sont alors détachées contre l'os lors de l'impact.

- Les micropolis

Puisque, d'une part, les microtraces linéaires d'impact ont parfois les caractéristiques d'un micropoli et puisque, d'autre part, il nous est arrivé d'observer d'autres types de micropolis sur certaines pièces de notre corpus, il nous a paru opportun d'expliquer (rapidement) le vocabulaire utilisé. Celui-ci reste encore une fois d'ordre morphologique, parfois quelque peu subjectif. En effet, même si des analyses physico-chimiques ont permis de mettre en lumière des processus tribologiques (Anderson-Gerfaud 1981, Beyries *et al.* 1988) et même d'identifier des particules de matière d'œuvre figée dans les irrégularités de la microtopographie du silex (Christensen 1999), nous ne disposons pas encore de modèle interprétatif des mécanismes complexes (combinaison de processus chimiques de dissolution et de processus mécaniques d'abrasion) présidant à la formation des différents micropolis.

De plus, comme le note B. Gassin (1996), l'observation du relief du micropoli (dit aussi *coalescence* ou *modelé*) se fait au moyen d'une lumière zénithale – et non incidente –. Ainsi ce relief est écrasé et parfois difficilement interprétable. C'est pourquoi, la pratique assidue et l'exercice de l'œil via l'observation de référentiels importants sont indispensables à la formation en tracéologie.

Les critères que nous avons employés pour la description des micropolis sont ceux de H. Plisson (1985) et de B. Gassin (1996). Ils permettent de décrire la diversité morphologique des micropolis, à l'image de la diversité des matières d'œuvre, des gestes employés et des durées d'utilisation.

Les critères prennent en compte l'extension des micropolis, leur contour, leur localisation et leur répartition, directement dépendants de la consistance du matériau travaillé (mou, tendre, mi-dur, dur, humide, sec, etc.), de l'angle de travail (coupe positive ou négative, Gassin 1996) et de la trajectoire du geste (transversale, longitudinale ou rotative).

La trame et la coalescence (ou modelé) du poli permettent de caractériser parfois très finement le matériau travaillé. Malheureusement, trame et modelé sont aussi très sensibles aux modifications physico-chimiques (recouvrement, dissolution, abrasion, etc.) liées à la taphonomie des silex. En effet, c'est la trame qui « rend compte des surfaces polies et non polies dans la zone usée » (p. 43, Gassin 1996). Elle peut être lâche (surfaces polies inférieures aux surfaces vierges), moyenne (surfaces polies égales aux surfaces vierges), serrée (surfaces polies supérieures aux surfaces vierges), unie (surfaces vierges résiduelles ou absentes) ; et c'est la coalescence (ou le modelé) qui caractérise le relief du poli se répartissant sur la microtopographie naturelle du silex formée *grosso modo* par des grains de quartz enchâssés dans une matrice de calcédoine. La représentation stylisée du relief du silex tirée de la thèse de M. Christensen (1996) décrit bien la situation (fig. 13). La topographie du poli est donc marquée par des creux (la matrice calcédonieuse) et des bosses (les grains de quartz). La coalescence (ou modelé) peut être « fluide » (le poli épouse de manière uniforme sommets et dépressions laissant entrevoir le microrelief vierge du silex), « douce lisse » (ou « grenue », le poli affecte de manière plus importante les sommets, mais le microrelief originel est toujours bien visible), « molle » (la microsurface est totalement recouverte par le micropoli, des dépressions apparaissent encore) ou encore « dure » (le poli ne laisse plus apparaître de dépression, la surface est plate, nappée ou encore bombée).

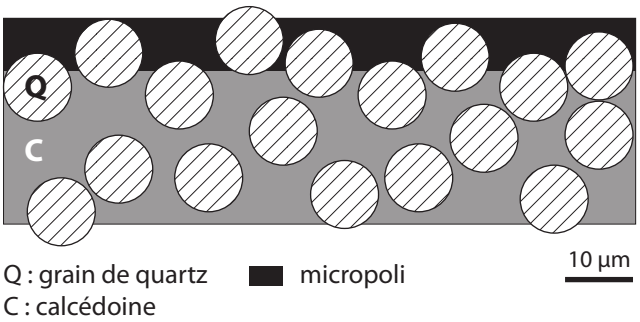


Fig. 13 : Microstructure simplifiée du silex vue en coupe, ici partiellement recouvert d'un micropoli (d'après Christensen 1996).

Concernant les microlithes, quelques analyses fonctionnelles ont montré la présence de microtraces typiques de la découpe de viande ou encore raclage d'os sur une voire quelques pièces de leur assemblage. Comme nous l'évoquions en première partie, les auteurs émettent l'hypothèse de l'utilisation de ces objets comme armature de couteau. Par ailleurs, suite à des expérimentations de tirs, les tracéologues qui ont observé à fort grossissement leurs pièces expérimentales ont parfois identifié des microtraces de type découpe de viande sur les armatures emmanchées latéralement (Moss et Newcomer 1982, Albarello 1987). Ainsi il est possible que les rares traces identifiées (à l'exclusion des microstries linéaires d'impact, cf. *supra*) sur les microlithes mésolithiques aient pu être confondues avec celles produites lors de l'impact et que l'énergie produite par un projectile lors de la pénétration dans le gibier est telle que le contact entre les deux, même

infinitésimalement bref, peut engendrer un micropoli. Un autre argument va dans le sens de cette hypothèse. L'utilisation de microlithes expérimentaux (Domingo Martinez 2003) ainsi que celle de lamelles brutes comme armatures de couteau pour la boucherie (Torchy 2013) a montré la présence systématique d'ébréchures sur leurs bords. Or bien peu de microlithes que nous avons analysés et qui ont été analysés par les auteurs précités portent ce type de traces. Ces objets n'auraient alors pas pu servir en armatures de couteau pour la boucherie mais ces traces de boucherie seraient davantage à interpréter comme des traces d'impact.

Bilan sur les traces présentes sur les microlithes

Concernant les endommagements macroscopiques présents sur les armatures de projectile, nous proposons un vocabulaire quelque peu simplifié. Nous distinguons les fractures transversales « tronquant » les microlithes, les fractures burinantes correspondant au détachement d'un enlèvement allongé dans l'épaisseur de la pièce et les ébréchures correspondant au détachement d'un ou plusieurs enlèvement(s) facia(l)ux. Les fractures transversales peuvent engendrer au cours de la rupture par frottement des deux parties, des fractures secondaires prenant la forme de petits enlèvements faciaux (le (ou les) enlèvement(s) secondaires s'étendent alors le long de la face inférieure ou supérieure) ou burinants (le (ou les) enlèvement(s) secondaire(s) s'étendent le long des bords de l'objet).

Concernant les traces microscopiques présentes sur les armatures de projectile, nous distinguons les microébréchures, les émoussés, les micropolis et les microtraces linéaires d'impact.

II.3.3. Problème d'interprétation

Un problème méthodologique apparaît clairement à ce stade : comment définir précisément les endommagements diagnostiques, sinon en rapport avec les endommagements qui ne le sont pas, sous peine de quoi tout est diagnostique de tout ? Ainsi la grande majorité des travaux expérimentaux ayant cherché à définir des traces diagnostiques d'usage comme armatures de projectile ont produit un référentiel de comparaison partiel (pour exemples, cf. tab. 1). En effet, seule est décrite la fracturation au cours des tests de tirs. Au mieux, on définit alors une trace comme diagnostique en la comparant à une trace qu'on dit pouvoir obtenir autrement : lors de la fabrication ou encore lors du piétinement (Fischer *et al.* 1984). Pour tous, l'objectif premier est de créer un référentiel de traces diagnostiques de l'impact. Néanmoins, dans bon nombre de cas,

les traces définies ensuite comme diagnostiques ne sont pas identifiées en comparaison avec des traces issues d'autres processus d'endommagements. La plupart du temps, on constate d'abord qu'il y a des fractures en languettes « longues » et des fractures burinantes sur les pièces archéologiques et on vérifie ensuite si on les obtient expérimentalement lorsqu'on les emmanche en pointes et beaucoup plus rarement en barbelures.

Le fait de ne pas produire de référentiel de fabrication, par exemple, peut être dommageable à l'interprétation des traces. En effet, comme nous l'avons vu, des fractures peuvent intervenir lors de la production des supports et celles-ci ne conduisent pas nécessairement à son abandon. Le vestige d'un endommagement lié à la production du support peut alors subsister sur l'objet fini. Ainsi, en l'absence d'une observation fine de la superposition des traces nous révélant la chronologie des enlèvements et d'expérimentations de production et de façonnage des supports, l'analyse tracéologique peut conclure à l'utilisation de l'objet comme armature de projectile et conduire à une interprétation erronée de la réalité de son fonctionnement.

C'est pourquoi il nous a paru essentiel de constituer notre propre référentiel expérimental de comparaison adapté aux microlithes et hypermicrolithes. Ainsi nous avons testé le piétinement, la fabrication et l'utilisation – à la fois en « pointe » (montage axial, fig. 14), en « pointe-barbelure » (montage disto-latéral, fig. 14) et en « barbelure » (montage latéral, fig. 14).

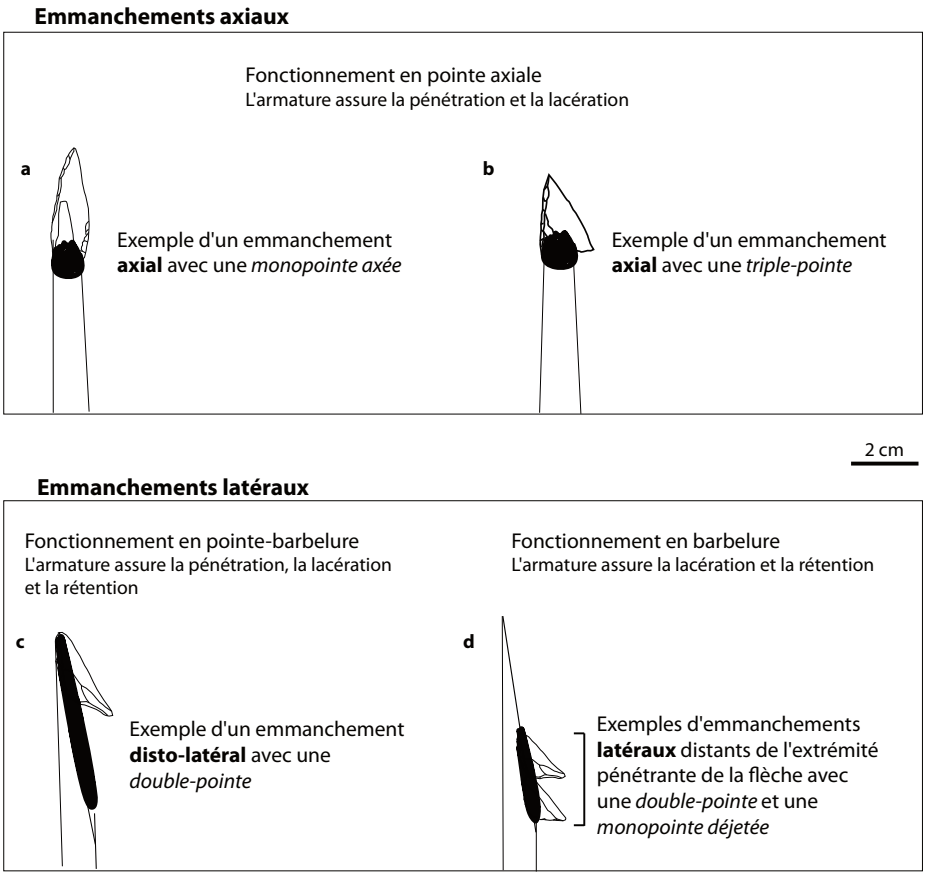


Fig. 14 : Modes d'emmanchement des armatures sur la hampe.

II.4. Notre référentiel de traces : identification des impacts *vs* fractures à la fabrication ou au piétinement

II.4.1. Référentiel de fabrication

Nous avons testé la fabrication de 100 microlithes (dimensions représentées sur la figure 15) à partir de 122 supports lamellaires et d'éclats lamellaires. L'ensemble des accidents de fabrication (22) intervenait lors d'un geste de retouche trop rentrant conduisant à une fracture transversale par flexion/torsion, prenant parfois la forme d'un pseudo-microburin krukowski (fig. 16). La morphologie des négatifs de fracture est de type plat ou à languette très atténuée dans 15 cas d'accidents sur 22. Les 7 autres cas sont représentés par des fractures plates à *spin-off* en cône ou en flexion dont la longueur de la languette ne dépasse pas 1,8 mm. Ces fractures pouvaient intervenir à tout endroit du support en cours de retouche.

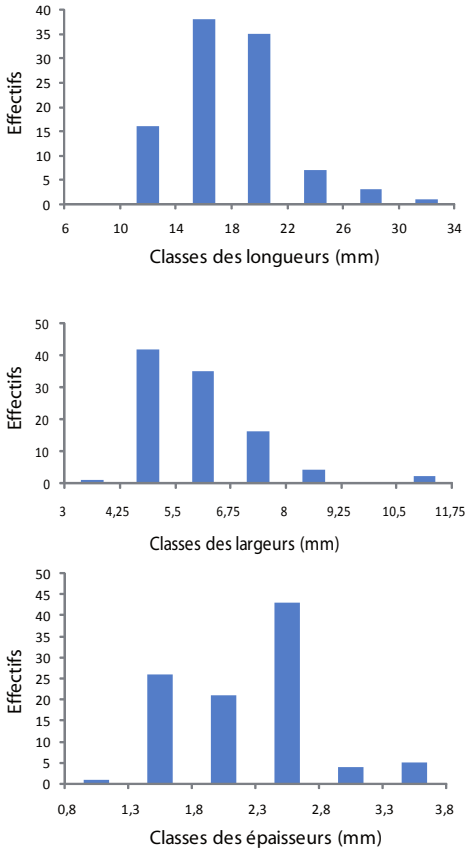


Fig. 15 : Répartitions dimensionnelles des microlithes expérimentaux (fabrication et piétinement).

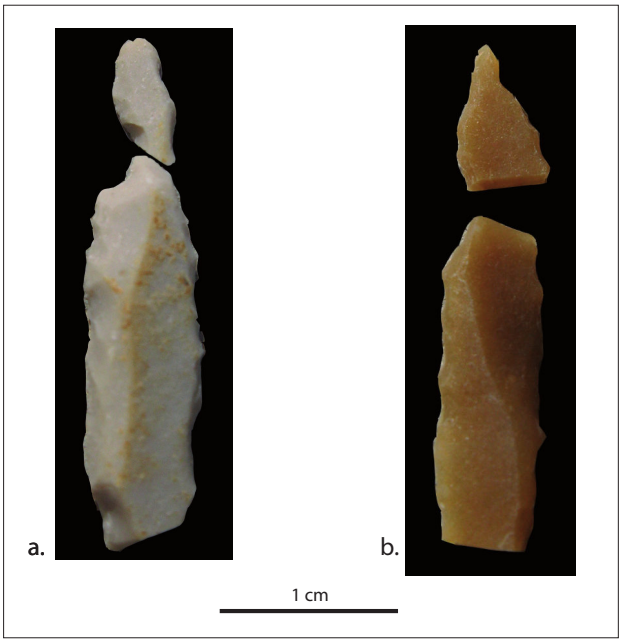


Fig. 16 : Expérimentation. Deux armatures fracturées en cours de fabrication.
a : Microburin Krukowski.
b : Fracture transversale nette par flexion.

Il est à noter qu'au cours du débitage tangentiel à la pierre tendre de lamelles ou d'éclats lamellaires, nous avons observé qu'il arrivait que certains supports (15 sur 122 soit 12 %) se fracturent transversalement par flexion et présentent une languette de plus de 2 mm de long très similaire à certains endommagements d'impact (fig. 17). Ces lamelles et éclats lamellaires furent malgré tout de très bons supports pour monopointes déjetées triangulaires notamment. Archéologiquement, il nous est arrivé d'observer des triangles présentant au niveau de leur grande pointe une fracture transversale diagnostique d'impact. Néanmoins, après observation fine à la loupe binoculaire, il s'avérait que les retouches recoupaient la pseudo-fracture d'impact et que le triangle n'était pas fracturé (cf. fig. 9). Le tailleur avait donc pu mettre à profit un support fragmenté comme ceux que nous avons obtenus lors de nos expérimentations de fabrication. Ces traces, déjà présentes sur le support, peuvent nous égarer dans l'interprétation du fonctionnement de certaines armatures.

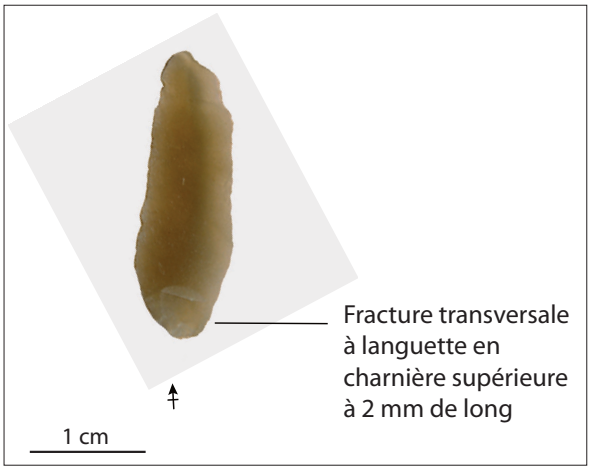


Fig. 17 : Expérimentation. Lamelle brute débitée selon un geste tangentiel à la pierre tendre.

Par ailleurs, quatre lamelles présentaient après débitage des microébréchures le long de leur bord. Nous pensons que celle-ci pourraient résulter du frottement de la lamelle contre le nucléus au moment précis de son détachement.

Microscopiquement, aucune strie et aucun micropoli n'ont été observés sur les microlithes fracturés en cours de fabrication. Nous aurions pu toutefois en trouver à proximité des fractures transversales. En effet, le frottement des deux bords du silex en cours de fracturation (même processus que la formation des *spin-off*) aurait pu créer une plage d'abrasion striée.

II.4.2. Référentiel de piétinement

Ces 100 microlithes ainsi façonnés ont été piétinés au sein et en surface d'une matrice argilo-limoneuse à blocs calcaires abondants de 1-10 cm de long. Nous avons utilisé les

sédiments du site de la Grande Rivoire (fig. 18) dont une partie de notre corpus est issu. Ce type de sédiment est globalement ressemblant à celui du site de Paris-15e « 62 rue Henry-Farman » dont notre corpus est également issu mais il diffère quelque peu de celui de Creysse davantage sableux. Néanmoins, cela interfère peu dans l'interprétation de l'assemblage de ce dernier site, étant donné la rareté des traces présentes sur ce matériel (cf. *infra*).

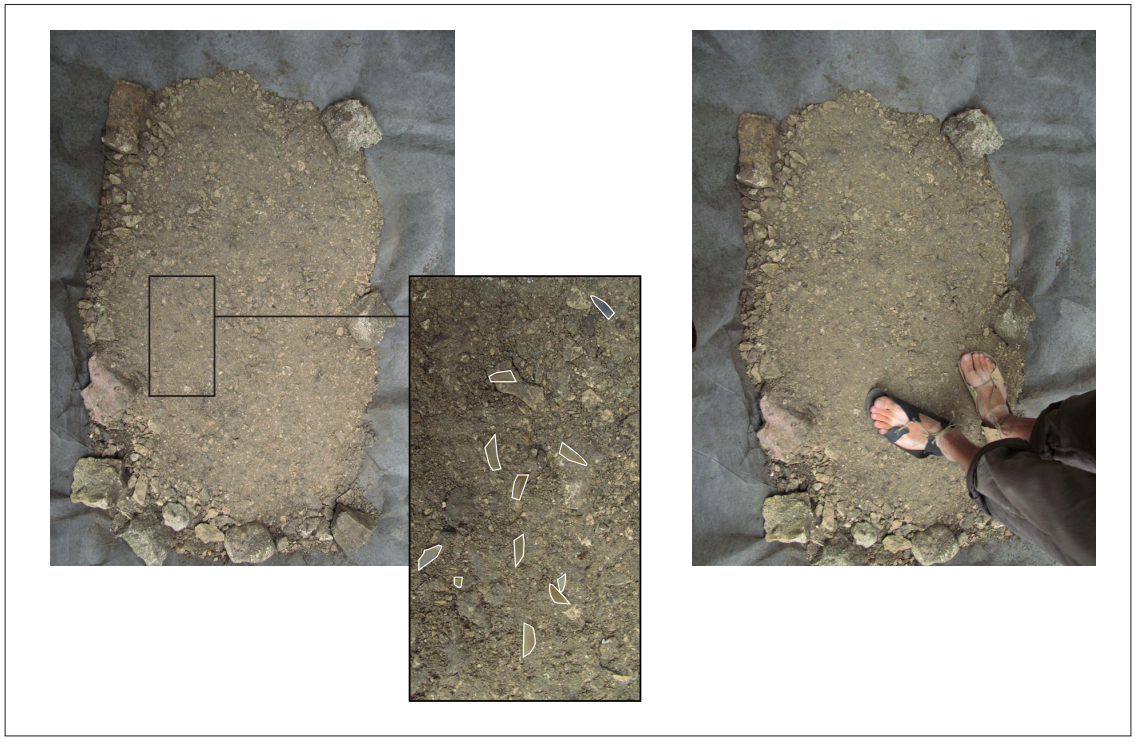
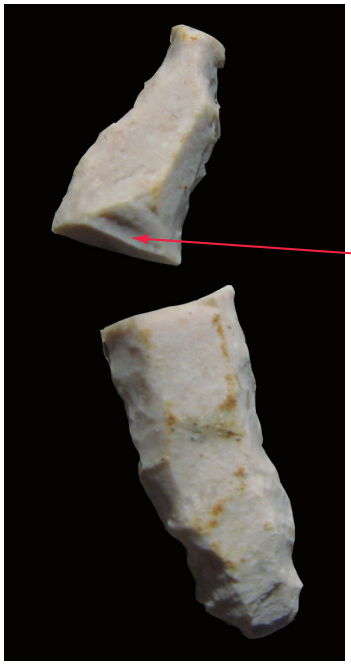


Fig. 18 : Aperçus de la zone de piétinement.

Nous avons tout d'abord creusé une petite fosse rectangulaire de 1 x 0,5 m. Un géotextile a été placé au fond de celle-ci. Du sédiment y a été déversé, formant une couche de 5 cm. Celle-ci a été piétinée afin de la compacter. Cinquante microlithes ont été déposés sur sa surface et ont été piétinés pendant deux heures. Nous avons ensuite déversé une seconde couche de sédiments de 5 cm d'épaisseur. Celle-ci fut compactée. Nous avons déposé les 50 autres microlithes sur sa surface. Ces derniers furent à leur tour piétinés durant environ deux heures. Enfin, l'ensemble du sédiment de la fosse fut tamisé afin de récolter les 100 microlithes piétinés. Nous fumes deux personnes (Jocelyn Robbe et moi-même) à les piétiner en même temps, avec et sans chaussures, l'objectif étant avant tout de créer des traces.

Dix-neuf microlithes seulement sur 100 ont été endommagés. Ces endommagements consistaient en 12 tranchants micro-ébréchés (parfois à peine visibles à l'œil nu), 9 fractures transversales nettes (fig. 19a) ou à languette ne dépassant pas 1,5 mm de long, associés dans 3 cas à des *spin-off* légèrement supérieurs à 1 mm de long (fig. 19b). La

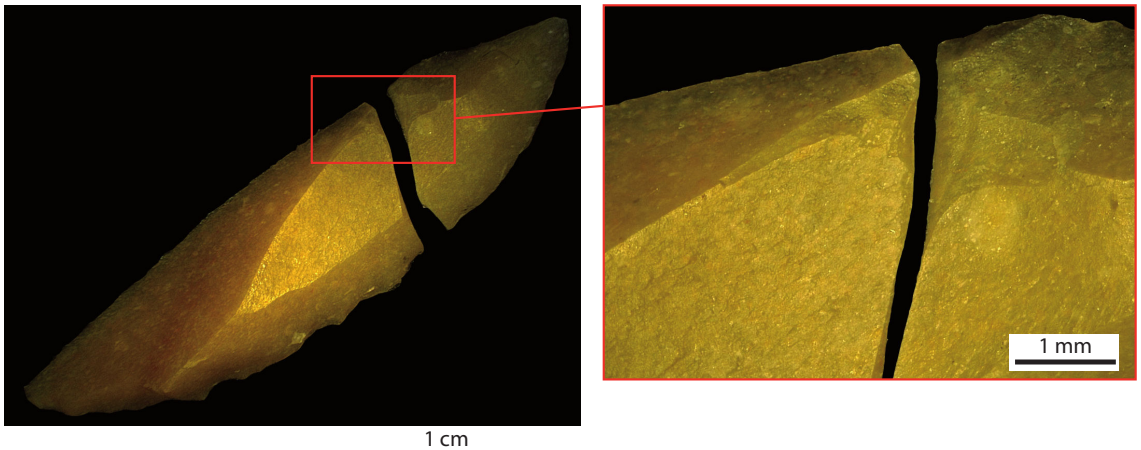
a



La flèche montre l'extrémité réfléchie
d'un enlèvement précédant le détachement
du support de cette micro-pointe.
Ce n'est donc pas la languette de la fracture par flexion.

1 cm

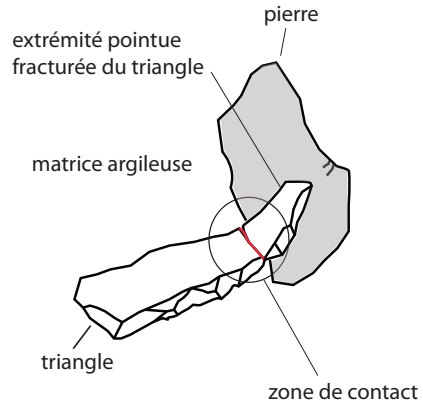
b



1 mm

1 cm

c



1 cm

Fig. 19 : Expérimentation de piétinement.
a : Fracture transversale nette d'une micropointe.
b : Fracture transversale (à languette très atténuée non visible sur l'image) et à spin-off faciaux.
c : Fracture par flexion de l'extrémité pointue de microlithes survenue sous la pression du pied contre un appui dur (ici une pierre).

position de ces fractures est variable. Dans 4 cas, elle intervient au niveau de la petite pointe du triangle, dans 3 cas, au niveau de la partie mésiale et dans 2 cas, au niveau de l'apex.

Suite à notre piétinement, aucun microlithe expérimental ne présentait une microsurface altérée.

Très peu de microlithes expérimentaux se sont donc endommagés par piétinement. En effet, nous avons observé, qu'étant donné leurs faibles dimensions, ils offraient une surface de contact restreinte à la fracture qui pouvait survenir sous la contrainte du pied. Ainsi, les microlithes se « fondaient » totalement dans la matrice. Dans les cas où ils se sont fracturés, ils se trouvaient en porte-à-faux sur un bloc de calcaire qui a joué le rôle « d'appui » (fig. 19c). Il est donc probable que les microlithes archéologiques ont eux aussi enregistré peu d'endommagements mécaniques de ce genre.

Plusieurs expériences de piétinement ont déjà été réalisées (notamment Tringham *et al.* 1974, Fischer *et al.* 1984, Prost 1988, O'Farrell 1996). Celle de D.-C. Prost visait à proposer des critères morphologiques discriminants des endommagements de bords (par piétinement, par façons agricoles ou par utilisation). Celle de M. O'Farrell avait un objectif affiché plus complet que nous avons adopté : les endommagements ne peuvent être définis comme diagnostiques si, et seulement si, ils n'ont pas été reproduits dans d'autres conditions que celles de l'impact.

Ces tests concernaient dans les trois cas des pièces expérimentales de dimensions beaucoup plus importantes que celles des microlithes que nous avons piétinés. Nous pensons que c'est la raison pour laquelle tous ont obtenu des endommagements plus traumatisants que les nôtres. Ceux-ci correspondent à des ébréchures larges en U le long des bords bruts et à une forte proportion de fractures transversales en cône. Leur fréquence précise n'est néanmoins pas indiquée par les auteurs. Les types de sédiment piétinés ne sont pas non plus précisés.

Nous sommes consciente du fait qu'il conviendra à l'avenir d'élargir ce type de test à divers autres types de textures sédimentaires. Un sédiment sableux, par exemple, peut notamment créer des stries microscopiques à la surface du silex.

II.4.3. Les traces diagnostiques d'impact

Que ce soit au cours de la fabrication ou du piétinement, nous n'avons pas obtenu de fracture transversale dont la languette ou les *spin-off* dépassaient 1,8 mm de long (sauf les 15 cas de fracture transversale du support par flexion au cours du débitage, cf. *supra*). Lors des quatre sessions expérimentales de tirs (cf. *infra*), nous avons obtenu les mêmes fractures transversales, mais aussi des fractures transversales dont les languettes et/ou *spin-off* dépassaient 1,8 mm de long. Nous considérons donc que les fractures transversales dont les languettes et/ou *spin-off* dépassent 1,8 mm de long (fig. 11c, 11d et 11e), rarement reproduits lors de la fabrication et du piétinement sont diagnostiques de l'utilisation comme armatures et, pour plus de sûreté, nous élevons le seuil de 1,8 mm à 2 mm.

Par ailleurs, lors des expérimentations de fabrication et de piétinement, nous n'avons obtenu aucune fracture burinante *stricto sensu* (à ne pas confondre avec les *spin-off* burinants qui sont provoqués par une fracture transversale, cf. définition dans le II.3.2.2), tandis que les microlithes testés en projectile ont parfois présenté ce type de trace partant d'une extrémité aigüe et enlevant un fragment de silex allongé dans l'épaisseur de la pièce (vers le tranchant ou vers la troncature des triangles et segments par exemple). Nous n'avons pas connaissance de l'obtention de fracture burinante sur ce type de pièces lors d'autres types d'expérimentation. Lors d'expérimentations de lamelles chasséennes en armatures de couteaux de boucherie, L. Torchy (2013) a obtenu de rares enlèvements burinants. Néanmoins, ceux-ci étaient toujours associés à de nombreuses ébréchures le long du bord tranchant. En attendant l'exploration d'autres façons de fracturer les microlithes de manière burinante, nous considérons tout enlèvement burinant *stricto sensu* sur nos microlithes archéologiques comme diagnostique d'impact.

Presqu'aucune ébréchure (des micro-ébréchures inframillimétriques seulement) n'a été obtenue lors des expérimentations de fabrication et de piétinement. Lors des tests de tirs, certaines armatures expérimentales présentant un bord brut se sont ébréchées. Néanmoins, nous ne pouvons en conclure que toutes les ébréchures sont diagnostiques de l'impact. En effet, nous savons par ailleurs que l'utilisation expérimentale d'armatures emmanchées en couteau et servant en coupe transversale et longitudinale peut provoquer différents types d'ébréchures sur leurs bords selon l'incidence du geste et selon la rigidité du matériau travaillé. Lors des tirs, nous avons essentiellement obtenu deux types d'ébréchures. Ce sont des ébréchures à terminaison en gradin (fig. 11f et 11g, Gassin, 1996) et en charnière, ayant la même orientation, perpendiculaire ou oblique, par rapport au tranchant. Notons, au passage, que les ébréchures que nous avons obtenues à l'impact sont très localisées sur le tranchant et qu'elles sont peu nombreuses en général (pas plus de une ou deux sur un même tranchant). Nous restons donc prudente quant à ce type de traces. Néanmoins, nous

estimons que si ces ébréchures sont associées à d'autres endommagements d'impact et à aucun micropoli ou émoussé témoignant d'une autre utilisation que celle d'armature de projectile, nous pouvons les considérer comme diagnostiques.

Enfin, nous n'avons obtenu qu'un seul micropoli étiré d'os partant de la petite troncature d'un triangle (cf. *supra*). Pourtant ce triangle a été emmanché latéralement en barbelure et non pas dans l'axe de la hampe, comme aurait pu l'indiquer la direction de la trace. Nous reviendrons sur ce point plus loin.

Les différentes traces expérimentales obtenues lors des trois types de tests sont comparées dans le tab. 2. Pour résumer, au vue de nos expérimentations, trois types de traces peuvent être considérés comme diagnostiques de l'impact. Ce sont les fractures transversales à languette et/ou à *spin-off* dont les longueurs sont supérieures ou égales à 2 mm, les fractures burinantes *stricto sensu* et les ébréchures en gradin et en charnière (avec les restrictions que nous avons émises plus haut). Enfin, il est délicat pour nous de considérer le seul micropoli étiré d'os que nous ayons obtenu comme diagnostique de l'impact.

Nous insistons sur le fait que le diagnostic ne peut de toute façon se faire au moyen d'une ou quelques pièces et doit toujours s'appuyer sur un assemblage statistiquement représentatif. La comparaison des traces au sein du corpus archéologique est en effet indispensable à l'identification de leur origine qui, selon leur forme, peut être multiple. Nous détaillons plus loin le nombre des différents types d'endommagements obtenus à l'impact selon le type d'armature et sa position sur la hampe.

	Fracture transversale nette	Fracture transversale à languette et/ou à spin-off < 1,8	Fracture transversale à languette et/ou à spin-off > 1,8	Fractures burinantes	Ebréchures	Ebréchures à terminaison en gradin et en charnière	Micro-ébréchures	MLIT, micropoli
Piétinement	oui	oui	non	non	non	non	oui	non
Fabrication	oui	oui	non	non	non	non	oui	non
Projectile	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui

Tab. 2 : Les différents types de traces présents sur les microlithes selon le type d'expérimentation.

III. Fonctionnement des flèches mésolithiques : vers un modèle expérimental

III.1. Introduction

Nous l'avons vu, les expérimentations de tirs en vue de tester des reproductions d'armatures de projectile préhistoriques avaient, jusqu'à maintenant, essentiellement concerné des pointes emmanchées en tête de hampe (pour les références voir le tableau 1). Rares ont été les expérimentations qui ont testé des emmanchements latéraux **(**Moss et Newcomer 1983, Philibert 1991 et 2002, Pignat et Plisson 2000, Crombé *et al.* 2001, Yaroshevich *et al.* 2010, Pétillon *et al.* 2011**)**.

Les travaux portant spécifiquement sur les microlithes mésolithiques issus de divers contextes (Philibert 1991 et 2002, Pignat et Plisson 2000, Crombé *et al.* 2001, Yaroshevich *et al.* 2010) ont eux cherché à comparer les différences d'endommagements entre armatures emmanchées en tête de hampe (les pointes) et armatures emmanchées latéralement le long de la hampe (les barbelures) afin d'identifier archéologiquement les pointes et les barbelures. Notons que les tests expérimentaux de Yaroshevich *et al.* (2010) avaient davantage pour objectif celui de tester le type d'endommagement selon la forme de l'armature.

Si les travaux expérimentaux de Yaroshevich *et al.* (2010) n'ont pas véritablement permis de mettre en évidence des types d'endommagements propres à des formes d'armatures, ceux de S. Philibert (2002) ont permis de montrer une certaine différence d'endommagements selon le fonctionnement de l'armature, essentiellement en termes de position de la fracture sur l'armature et de type de fracture. Ainsi les pointes endommagées à l'impact le sont, pour la plupart, en partie mésiale et apicale, c'est-à-dire au niveau de la partie active et les barbelures sont davantage endommagées au niveau de la partie basale active (petite pointe des triangles) et de la partie mésiale. Les fractures sont surtout « burinantes et écrasantes » (Philibert 2002, p. 23) pour les pointes, tandis qu'elles sont

« scalariformes et en charnière » (Philibert 2002, p. 23) pour les barbelures. Les proportions respectives des différents types d'endommagements ne sont pas précisées. L'auteure note la grande rareté des traumatismes présents sur les barbelures hypermicrolithiques.

G. Pignat et H. Plisson (2000) évoque rapidement les résultats expérimentaux qu'ils ont obtenus lors d'une session expérimentale de tirs. Ainsi les barbelures présentent des endommagements de tranchant de type ébréchures, tandis que les pointes portent « des cassures à languette ou burinantes ».

Les travaux de Crombé *et al.* ont permis de montrer le très faible endommagement des barbelures à l'impact en comparaison avec les pointes. Sur 87 pointes testées, 28 (soit 32 % du total des pointes) portent des fractures transversales, tandis que sur 96 barbelures, seules 3 sont endommagées à l'impact (2 sont ébréchées et une est fracturée transversalement).

Pour nous, il était donc nécessaire, d'une part, de préciser ces résultats expérimentaux en termes de caractérisation de la fragmentation des microlithes selon leur position sur la hampe et ainsi d'identifier des modèles de comportements d'endommagement et de dispersion[4] de l'armature selon trois types précis d'emmanchement et d'en comprendre les causes (position de l'armature sur la hampe, type de colle, contact avec un os, zone anatomique touchée). Le choix de ces trois types d'emmanchement a été guidé par notre typologie morphotechnique (cf. *supra*, II.2.1.). En effet, l'identification de parties agissantes sur une armature permet de proposer des hypothèses préliminaires concernant son fonctionnement (en pointe axiale, en pointe-barbelure ou en barbelure, cf. fig. 14) et donc son mode d'emmanchement (axial, disto-latéral ou latéral, cf. fig. 14).

Nous le verrons plus loin, un problème d'adhérence des armatures latérales nous a permis de tester l'efficacité de la colle, et, de fait l'efficacité des microlithes testés.

En tout, nous avons effectué quatre sessions expérimentales de tirs. Les observations ont été consignées dans une base Access nous permettant de croiser l'ensemble des données et de reconnaître au mieux les principaux paramètres conduisant à la fragmentation et/ou dispersion des armatures.

4 La dispersion prend en compte le détachement de l'armature à l'impact (entière ou fracturée).

III.2. Première et deuxième sessions expérimentales de tirs

Avec le recul, les deux premières sessions expérimentales de tirs marquent pour nous une étape exploratoire de notre travail. Nous n'étions alors pas tout à fait avertie du comportement des armatures latérales et de l'importance de leur mode de fixation. En effet, bon nombre d'armatures latérales se sont détachées avant l'impact ou ont été perdues lors des tirs. Comme nous venons de le rappeler, bien peu d'expérimentations de tirs ont concerné des flèches à armatures multiples et emmanchements latéraux. Et ces rares travaux publiés n'ont vraisemblablement pas été confrontés au même problème que le nôtre à savoir le détachement des barbelures avant pénétration de la flèche dans la cible.

À ce jour, seule la publication des résultats des tirs de sagaies expérimentaux à pointes osseuses et lamelles à dos dirigés par J.-M. Pétillon (Pétillon *et al*. 2011) décrit le même phénomène.

Par ailleurs, nos critères d'observation se sont affinés avec le temps, ainsi les informations enregistrées ont gagné en pertinence au fil des années après ces tentatives exploratoires.

III.2.1. Première session expérimentale

III.2.1.1. Tester deux types analogues d'armatures

Dans le cadre de cette première expérimentation, en parallèle à la mise en place d'un référentiel de traces expérimentales, nous avions choisi de tester la différence de fonctionnement entre les triangles et les segments afin d'expliquer fonctionnellement leur différence de mise en forme tandis que l'intention d'utilisation de ces deux microlithes paraissait être identique. En effet, leurs parties agissantes sont semblables. Ils présentent, les uns et les autres, une ou deux pointe(s) et un tranchant. Seuls diffèrent la mise en forme de ces pointes : par deux troncatures (ou un abattage et une troncature) pour le triangle et par un abattage arqué pour le segment.

L'objectif était donc d'observer le comportement des triangles et des segments (fragmentation et dispersion) et d'évaluer l'efficacité des flèches armées de ces deux types de microlithes latéraux en comparant notamment leur profondeur de pénétration dans l'animal.

III.2.1.2. Choix de la cible

Un sanglier, animal largement représenté dans les assemblages du Premier Mésolithique en France, fut acheté à un élevage. Nous avons choisi de conserver la carcasse entière avec sa peau et ses viscères. Il nous paraissait primordial de tester le comportement de nos flèches et armatures (fracturation et dispersion) de manière la plus « réaliste » possible d'un point de vue mécanique. Le passage de la peau, en l'occurrence celle très épaisse du sanglier, est une étape potentiellement traumatisante pour un projectile. Il convenait donc d'observer ce phénomène sur ce gibier que nous savions chassé par les Mésolithiques.

Le réalisme de la cible était bien sûr relatif puisque la bête était morte. Néanmoins, tirer sur un animal vivant était exclu pour des raisons tout à la fois éthiques et pratiques.

III.2.1.3. Montage des flèches

Nous avons testé quarante flèches. Les 40 flèches étaient équipées en partie axiale avec une pointe de Sauveterre (monopointes axées). Vingt flèches (S21 à S40) étaient emmanchées avec 4 segments – monopointes déjetées et double-pointes – (deux rangées de deux barbelures de part et d'autre du fût, fig. 20a) et les 20 autres (T1 à T20) avec 4 triangles – monopointes déjetées et double-pointes – (deux rangées de deux barbelures de part et d'autre du fût, fig. 20b).

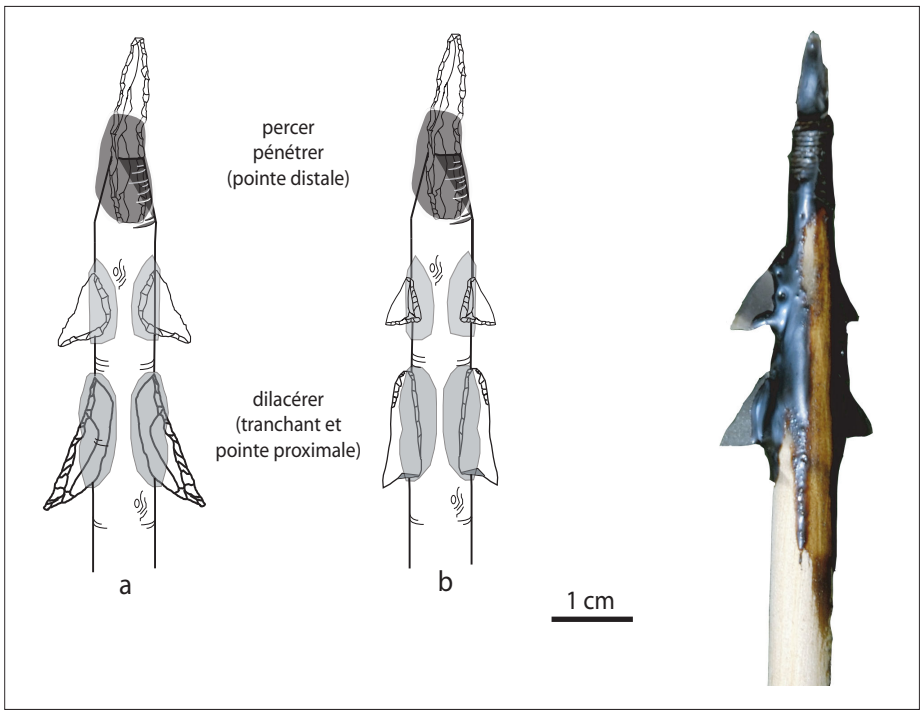


Fig. 20 : Montage des flèches expérimentales de la première session de tirs.

Une barbelure courte (longueur des pièces expérimentales entre 5 mm et 11 mm) était placée devant une barbelure plus longue (longueur des pièces expérimentales entre 12 mm et 18 mm) afin de faciliter la pénétration. En tout, 200 armatures ont été emmanchées.

Les hampes de flèches avaient été achetées auprès d'un facteur d'arc (Laurent Ivaldi, US Archery à Antibes). Celles-ci étaient en bois de pin empennées au moyen de trois demi-plumes synthétiques et mesuraient 80 cm de long pour un diamètre de 8 mm. Le même modèle de hampe a été utilisé pour l'ensemble des quatre expérimentations. Les pointes et barbelures furent insérées dans des encoches aménagées dans la hampe et collées avec un mélange de résine de pin (2/3) et de cire d'abeille (1/3). Les pointes axiales furent ligaturées à la base afin d'assurer la solidité de la partie distale de la flèche.

III.2.1.4. Description du corpus expérimental

Les armatures ont été façonnées à partir de lamelles débitées avec un galet de pierre tendre (calcaire et grès à grains fins) par Guillaume Porraz, Cédric Lepère et moi-même. Les silex utilisés provenaient du Val de Lans (Sénonien du Vercors) et du Vaucluse (Urgonien).

Les dimensions de ces armatures expérimentales (fig. 21) reproduisaient au mieux les dimensions des armatures sauveterriennes que nous avions déjà étudiés (cf. *infra*). L'importante variabilité des longueurs (cv = 48 %) correspond à la diversité typologique des armatures (scalènes courts et longs, segments courts et longs et pointes de Sauveterre) dont témoigne le plus souvent les assemblages microlithiques archéologiques (cf. *infra*).

L'ensemble de ces armatures expérimentales a été photographié et observé au préalable à la loupe binoculaire et au microscope afin de déceler toute trace parasite (seule des microébréchures, liées à la manipulation des pièces, s'étaient formées dans quelques rares cas). Nous avons fait de même pour celles des trois autres sessions de tirs qui ont suivi celle-ci.

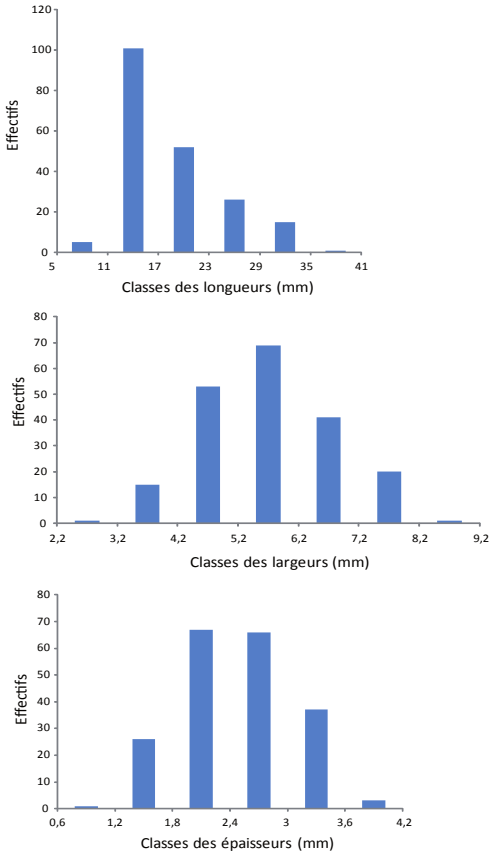


Fig. 21 : Dimensions des armatures de la première session expérimentale.

III.2.1.5. Déroulement des tirs

La première session expérimentale de tirs s'est déroulée à Villard-de-Lans, au domicile de Régis Picavet, le 22 juillet 2006, par une température extérieure de 23°C.

Le sanglier a été tué le matin-même (à 7h30) d'une balle dans la tête. Il a été placé entier sur une potence en position naturelle. Une corde le maintenait sous les aisselles, la deuxième au niveau du bas-ventre et la troisième sous la gueule. La hauteur des cordes a été ajustée de telle manière à ce que les pattes, tendues, reposent sur le sol. La cible était placée en bas d'un micro-versant afin que les flèches des tirs ratés soient facilement retrouvées.

Les tirs ont commencé à 9h30. Le sanglier tué deux heures auparavant ne présentait pas encore de rigidité cadavérique.

L'archer, Franck Jouffre, était placé face à la cible, à 15 mètres. Il disposait d'un arc simple *longbow* d'une puissance de 45 livres (puissance estimée de l'arc mésolithique d'Holmegaard, Becker 1945). L'archer tira trente-deux flèches sur l'ensemble du profil gauche de l'animal et huit dans le sol (fig. 22).

Fig. 22 : Vues de la première session de tirs (photos C. Bernard).

III.2.1.6. Récupération des flèches et armatures, dépeçage et décarnisation

L'enregistrement des données s'est fait après avoir tiré l'ensemble des flèches. Le sanglier a alors été détaché précautionneusement de la potence. La cible a été déplacée et couchée sur une bâche, le flanc intact contre terre.

Les flèches ont été traitées une par une. La profondeur de pénétration et l'emplacement anatomique de l'impact ont été respectivement enregistrés et décrits grâce à la collaboration de Louis Chaix (professeur émérite, laboratoire d'Anthropologie de l'université de Genève). L'extraction des flèches s'est faite par ouverture au couteau (type opinel à lame d'acier). Nous avons tenté de ne pas trop tirer sur la hampe afin que les armatures ne se désolidarisent pas de celle-ci. L'objectif était d'observer le rôle de l'impact sur le comportement de fracturation des hampes et des armatures et sur la dispersion de ces dernières. Nous avons été alors surpris par le nombre important d'armatures latérales qui se sont désolidarisées de la hampe après ou même avant pénétration dans l'animal (cf. *infra*).

Après avoir extrait les 29 projectiles de l'animal, ses os furent récupérés en vue de l'observation d'éventuelles traces d'impact.

Enfin, la viande fut parée, découpée et consommée (étapes durant lesquelles 2 fragments de microlithes furent retrouvés).

Les 8 flèches plantées dans le sol ont été déterrées après décapage minutieux afin de récupérer un maximum d'armatures et d'observer leur détachement éventuel.

III.2.1.7. Les résultats

Vingt-neuf flèches (dont 14 emmanchées avec des triangles et 15 avec des segments) ont atteint la cible, 8 ont atterri en terre (dont 6 emmanchées avec des triangles et 2 avec des segments) et 3 flèches emmanchées avec des segments ont ripé contre le dos de la carcasse.

Sur les 200 armatures testées, 43 ont été perdues dont seulement 2 armatures axiales. La majorité des armatures perdues sont donc des armatures latérales (41).

Dommages aux hampes de flèche

Quatre flèches ont été endommagées. Deux hampes se sont fendues. L'une (S34) dont la réfection était possible s'est fendue en ripant contre le dos du sanglier, l'autre

(T2) en touchant une vertèbre. Les 2 autres hampes endommagées (T11 et T18) se sont fracturées transversalement également contre une vertèbre.

Dommages aux armatures (tab. 3)

Sur les 157 armatures retrouvées, seules 40 ont été endommagées.

Aucune ne présente de trace microscopique d'impact (l'ensemble des armatures retrouvées a été observé au microscope). Les 40 armatures portent soit des fractures transversales (avec ou sans *spin-off*), soit burinantes ou encore des ébréchures.

Les armatures axiales sont beaucoup plus endommagées que les armatures latérales. L'ensemble des armatures axiales endommagées (26) est fracturé transversalement. Les armatures latérales (14) présentent une diversité plus importante des types d'endommagements (tab. 3) : 2 sont cassées transversalement de manière nette (sans languette), 3 présentent des fractures transversales de la petite pointe assez insignifiantes, 4 sont fracturées de manière burinante et 5 sont ébréchées.

Dix-huit armatures seulement ont été endommagées de manière diagnostique dont 17 armatures axiales et 1 latérale. Cette dernière présente des ébréchures en charnière, très envahissantes qui n'ont pas été obtenues expérimentalement au piétinement.

Comportement des armatures des flèches ayant atteint la cible
(tab. 4, tab. 5, tab. 6, tab. 7, tab. 8)

- *Les flèches qui ont rencontré un os*

En tout, 8 flèches ont rencontré un os (T2, T11, T17, T18, S24, S25, S28 et S33).

Neuf armatures de ces flèches ont été endommagées soit 23 % de l'ensemble des armatures endommagées. Ce sont 7 armatures axiales et 2 armatures latérales. La quasi-totalité des armatures axiales emmanchées sur ces flèches se sont fracturées (7 sur 8). La pointe de T11 n'a pas été endommagée mais le fût s'est fracturée transversalement et le fragment de flèche avec la pointe entière (et encore emmanchée) a été retrouvé dans l'animal contre la vertèbre impactée. Dans ce cas, l'emmanchement de la pointe s'est révélé plus solide que la hampe elle-même. Il est particulièrement intéressant de noter que l'ensemble des fractures des armatures axiales est diagnostique. Ainsi les pointes directement exposées à la violence du choc contre un os n'y ont pas résisté et présentent toutes des languettes bien supérieures à 2 mm. De plus elles se sont fragmentées en trois (voire plus). Aucune des flèches n'a traversé d'os. Celui-ci marque donc un point d'arrêt à la pénétration de ces projectiles, *a contrario* des sagaies tirées au propulseur et expérimentées par J.-M. Pétillon (2006).

a

	Armatures perdues	Armatures endommagées	Armatures intactes	Total
Nombre	43	40	117	200
Pourcentages	21,50 %	20 %	58,50 %	100 %

b

	Armatures endommagées	Armatures intactes	Total
Nombre	40	117	157
Pourcentages	25 %	75 %	100 %

c

	Armatures axiales	Armatures latérales
Armatures endommagées	26	14
Pourcentages	65 %	35 %

d

	Armatures axiales	Armatures latérales	Total
Fracture transversale	37	5 (dont 3 microfractures transversales)	42
Fracture burinante	1	4	5
Ebréchure	0	5	5
Microtrace linéaire d'impact	0	0	0
Total	38	14	52
Nombre d'armatures portant deux endommagements	12	1	

e

	Armatures axiales	Armatures latérales	Total
Fracture transversale à languette ou spin-off diagnostique	17	0	17
Fracture burinante	1	4	5
Ebréchure diagnostique	0	1	1
Total	18	5	23

Tab. 3 : Première expérimentation.
a. et b : Décompte des armatures perdues, endommagées et intactes.
c : Décompte des armatures axiales et latérales endommagées.
d : Types d'endommagements des armatures axiales et latérales.
e : Types d'endommagements diagnostiques des armatures axiales et latérales.

	Flèches ayant rencontré un os	Flèches ayant passé entre les côtes	Flèches dans l'abdomen	Flèches dans muscles	Flèches ayant atterri dans le sol	Flèches ripées
Nombre	8	10	8	3	8	3
Nombre de flèches fracturées	3	0	0	0	0	1
Moyenne des profondeurs de pénétration	3,5 cm	7 cm	17 cm	6,5 cm	14 cm	0 cm
Armatures endommagées	9 (dont 7 axiales et 2 latérales)	9	6	3	12	1
Armatures non endommagées	21	31	27	11	23	4
Armatures détachées entières dans l'animal (ou dans le sol, le cas échéant)	13	18	10	5	7	3
Armatures partagées entre la hampe et l'animal	3	7	4	1	4	1
Armatures non détachées	6 (soit 15% des armatures de ces flèches)	11	4	4	22	1
Armatures n'ayant pas pénétré	7	11	15	3	toutes	toutes
Armatures perdues	10	10	7	1	5	10

Tab. 4 : Caractéristiques des tirs de la première expérimentation selon leur trajectoire et comportement des armatures.

	Flèches ayant rencontré un os	Flèches ayant passé entre les côtes	Flèches dans l'abdomen	Flèches dans muscles	Flèches ayant atterri en terre	Flèches ripées	Total
Fracture transversale non diagnostique	0	3	2	0	3	0	8
Fracture transversale diagnostique	6	4	3	1	3	1	18
Fracture burinante	1	0	0	0	0	0	1
Fragmentation en plus de deux parties	6	3	2	0	3	0	14
Ebréchure	0	0	0	0	0	0	0
Total	**13**	**10**	**7**	**1**	**9**	**1**	**41**
Nombre d'armatures ayant plusieurs endommagements	4	3	2	0	3	0	12

Tab. 5 : Endommagements des pointes axiales de la première expérimentation.

	Armatures des flèches ayant rencontré un os	Armatures des flèches ayant passé entre les côtes	Armatures des flèches dans l'abdomen	Armatures des flèches dans muscles	Armatures des flèches ayant atterri en terre	Armatures des flèches ripées	Total
Fracture transversale non diagnostique	1	0	1	0	3	0	5
Fracture transversale diagnostique	0	0	0	0	0	0	0
Fracture burinante	0	1	0	2	1	0	4
Fragmentation en plus de deux parties	0	0	0	0	0	0	0
Ebréchure	1	1	0	0	3	0	5
Nombre d'armatures ayant plusieurs endommagements	0	0	0	0	1	0	1

Tab. 6 : Endommagements des armatures latérales de la première expérimentation.

	Armatures des flèches ayant rencontré un os	Armatures des flèches ayant passé entre les côtes	Armatures des flèches dans l'abdomen	Armatures des flèches dans muscles	Armatures des flèches ayant atterri en terre	Armatures des flèches ripées
Armatures non détachées	0	1	0	2	2	0
Armatures détachées entières	1	2	3	0	0	0
Armatures détachées fracturées	4	0	1	0	0	1
Fragments d'armatures dans l'animal (ou dans le sol, le cas échéant) et sur la hampe non détachés	3	7	4	1	6	1
Armatures n'ayant pas pénétré	0	0	0	0	x	toutes
Armatures perdues	0	0	0	0	0	2

Tab. 7 : Dispersion des pointes axiales de la première expérimentation.

	Armatures des flèches ayant rencontré un os	Armatures des flèches ayant passé entre les côtes	Armatures des flèches dans l'abdomen	Armatures des flèches dans muscles	Armatures des flèches ayant atterri en terre	Armatures des flèches ripées
Armature non détachée	6	8	3	2	20	1
Armature détachée entière	8	11	5	5	4	3
Armature détachée fracturée	1	0	1	1	3	0
Fragments d'armatures dans l'animal et sur la hampe non détachés	0	0	0	0	0	0
Armatures n'ayant pas pénétré	7	11	15	3	x	toutes
Armatures perdues	10	10	7	1	5	8

Tab. 8 : Dispersion des armatures latérales de la première expérimentation.

Seule la partie distale de l'armature axiale de T17 s'est incrustée dans la première vertèbre cervicale (fig. 23).

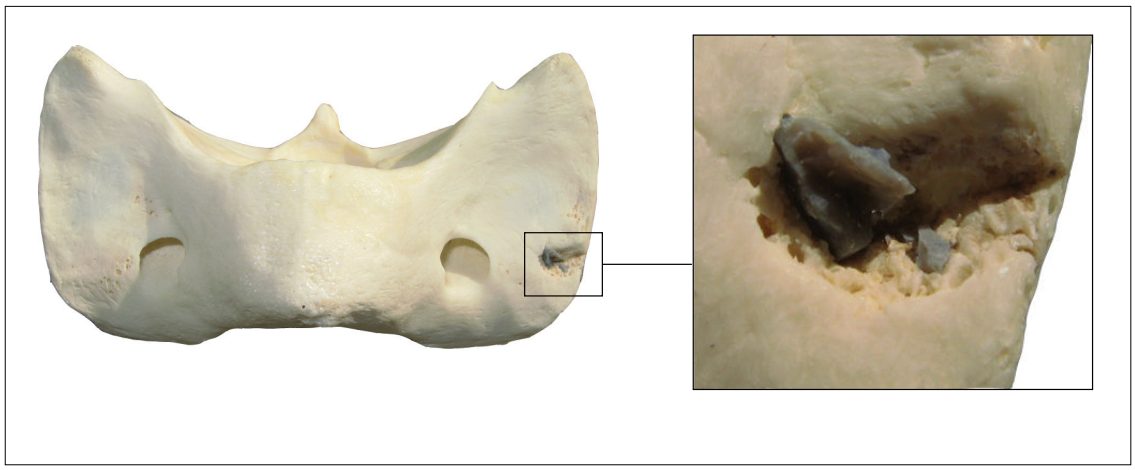


Fig. 23 : Première expérimentation : fragments distaux de pointe de Sauveterre insérés dans une vertèbre cervicale du sanglier.

Un autre point particulièrement intéressant est à noter : une part importante des armatures retrouvées s'est détachée dans l'animal (13 sur 30 soit 43 % des armatures retrouvées des flèches qui ont touché un os). Pour la plupart, les barbelures se sont détachées entières dans l'animal – sauf deux, l'une présentant une microfracture transversale de la petite pointe non diagnostique et l'autre des ébréchures. Les pointes se sont, elles, détachées fragmentées dans l'animal.

Ainsi il est probable que l'onde de choc produite par l'impact contre un os et transmise le long de la hampe soit telle qu'elle favorise à la fois la fracturation des pointes axiales et le détachement des armatures latérales. Nous reviendrons sur ce point lors de la description de notre troisième session de tirs.

Dix armatures ont été perdues. Il est probable qu'elles se sont détachées dans la carcasse et n'aient pas été retrouvées lors de la boucherie.

- *Les flèches étant passées entre deux côtes*

Elles sont au nombre de dix (T4, T5, T6, T9, T15, T16, T20, S21, S23, S26). Aucune d'elles n'est fracturée. La moyenne des profondeurs de pénétration est de 7 cm. Deux flèches ne pénètrent que de 1 cm. La profondeur de pénétration la plus importante est de 15,5 cm. Ainsi une fois la barrière de la grille costale franchie, les flèches s'introduisent loin dans les organes vitaux.

Neuf armatures sont endommagées dont 7 armatures axiales et 2 latérales.

Seules 3 pointes présentent des fractures transversales diagnostiques. Les 6 autres armatures axiales se sont fracturées transversalement en deux fragments et ne présentent pas de languette pour 2 d'entre elles. Toutes sont fracturées à la limite de l'emmanchement. Ainsi le fragment proximal est encore dans la hampe et un voire plusieurs fragments mésio-distaux restent dans la cible.

Les deux barbelures endommagées proviennent de la même hampe et ont été collées sur la même rangée. La première sur la rangée porte des ébréchures sur le tranchant brut et la seconde un enlèvement burinant partant de la petite pointe et courant le long de la petite troncature sur 1 mm. Elles sont restées sur la hampe après impact et pénétration.

- *Les flèches dans l'abdomen*

Huit flèches ont pénétré l'abdomen (S22, S27, S36, S38, S40, T1, T7 et T10).

La moyenne des profondeurs de pénétration de ces flèches est la plus importante et elle atteint 17 cm. Trois flèches ont transpercé la cible de part en part. Aucune hampe de flèche n'a été endommagée.

Six armatures ont été fracturées dont 5 armatures axiales et une armature latérale (un triangle). Les endommagements subis par les armatures de ces flèches sont toutes des fractures transversales. Une pointe présente une fracture transversale plate, une pointe et un triangle portent une fracture transversale à languette non diagnostique et les 3 autres pointes présentent des fractures transversales à languette diagnostique (> 2 mm).

Il est à noter que 15 barbelures n'ont pas pénétré la cible (celles-ci se sont décollées avant la pénétration de la flèche) et 7 ont été perdues. Parmi les 9 barbelures qui sont entrées dans l'animal, 3 ne se sont pas détachées, 5 se sont détachées entières et une s'est fracturée.

Toutes les pointes ont pénétré. Trois se sont détachées entières, une s'est détachée fracturée. Enfin la partie proximale de 4 pointes fracturées est restée dans la hampe et leur partie distale dans l'animal.

- *Les flèches ayant pénétré des muscles*

Trois flèches se sont arrêtées dans un muscle (S30, S35 et S37) dont 2 dans le cou (S35 et S37) et une dans la cuisse (S30). Elles ont pénétré de 6,5 cm en moyenne.

Une seule pointe s'est fracturée. Les autres se sont détachées entières dans la cible. Deux barbelures présentent de courts enlèvements burinants. Il est probable que ces fractures se sont produites par frottement contre une vertèbre cervicale, lors de la pénétration.

Comportement des armatures des flèches n'ayant pas atteint la cible
(tab. 4, tab. 5, tab. 6, tab. 7, tab. 8)

- *Les flèches ayant atterri dans le sol*

Huit flèches (S29, S39, T3, T8, T12, T13, T14 et T19) ont raté la cible et ont pénétré le sol (sol argilo-sableux recouvert d'un régrat dense) de 14 cm en moyenne.

Douze armatures ont été endommagées dont 6 pointes et 6 barbelures. Toutes les pointes se sont fracturées transversalement et 3 se sont fragmentées en plus de deux parties. Trois fractures transversales sont diagnostiques. Parmi les 6 barbelures endommagées, 3 présentent des ébréchures, une fracture burinante non diagnostique et 3 des fractures transversales non diagnostiques.

Sept barbelures se sont détachées après pénétration dans le sol. Vingt-deux armatures sont restées fixées entières à la hampe (dont deux pointes). Enfin 6 parties proximales de pointes ont été retrouvées dans la hampe.

- *Les flèches ayant ripé contre le dos de la cible*

Trois flèches (S31, S32, S34) ont rebondi, sans pouvoir pénétrer la cible. Il est possible que les emmanchements des armatures axiales de ces 3 flèches aient été un peu moins solides. En effet, l'emmanchement de l'armature axiale de ces 3 flèches a rompu à l'endroit de la ligature (représentant ici une faiblesse dans l'assemblage) avant de pénétrer,

l'énergie de l'impact n'ayant pu être absorbée par l'assemblage. Une hampe de flèche s'est d'ailleurs fracturée à l'impact contre la cible. Une pointe s'est également cassée contre le dos de la carcasse. L'extrémité distale s'est fichée dans l'échine et l'extrémité proximale est restée fixée à la hampe qui a continué sa course.

Les deux tiers des armatures des 3 flèches ont été perdues soit 10 microlithes dont 8 barbelures. En effet, elles ont dû se détacher au moment de l'impact et se répandre autour de la cible.

III.2.1.8. Bilan sur la dispersion des armatures

Quarante-six armatures se sont détachées dans l'animal, tandis que 47 armatures dont 7 axiales et 40 latérales ne se sont pas détachées de la hampe à l'impact.

Les armatures qui se sont détachées ont été, pour la plupart, retrouvées proches de la hampe de flèche. Quinze sont des armatures axiales et 31 des armatures latérales (dont 19 segments et 12 triangles scalènes). Parmi les barbelures qui se sont désolidarisées de la hampe dans l'animal (après pénétration), seules 2 (T4-5 et S25-5) sont endommagées (le triangle présente une fracture burinante et le segment des ébréchures le long du tranchant).

- *Dispersion des armatures axiales dans l'animal*

Les armatures axiales qui ont été retrouvées dans l'animal sont beaucoup plus fréquemment endommagées. En effet 10 armatures sont fragmentées et ont été retrouvées en deux voire trois fragments (9 d'entre elles présentent des fractures diagnostiques).

- *Dispersion des armatures latérales*

Le démanchement des armatures latérales est un fait récurrent. Seules deux flèches (T8 qui a atterri en terre et T16 dans la cage thoracique) n'ont perdu aucune armature après un tir. T8 aurait pu être tirée une seconde fois sans réarmement. La pointe de T16 aurait, quant à elle, dû être ligaturée de nouveau avant un second tir. Notons, néanmoins, que ces deux flèches auraient également pu perdre leurs armatures latérales si nous avions choisi d'extraire les flèches de la cible à la main (ce que nous avons observé lors des troisième et quatrième sessions expérimentales). En contexte réel de chasse, il est donc probable qu'elles auraient dû être réarmées.

- *Détachement des armatures latérales avant pénétration*

En tout, 46 armatures, toutes des barbelures, se sont détachées de la hampe avant de pénétrer la carcasse – il est possible que sur les 41 armatures latérales perdues, une bonne

partie de celles-ci se soit également détachées avant pénétration. Deux cas de figure se présentent alors : soit elles sont éjectées par la vibration de la hampe provoquée par le premier impact contre la peau avant pénétration de la pointe axiale (fig. 24a), soit elles se sont agglutinées dans les poils et n'ont pas réussi à pénétrer à travers la voie ouverte par la pointe axiale (fig. 24b, effet « *stripped point* », Pétillon *et al.* 2011). Dans les deux cas, il est probable que la colle n'ait pas joué son rôle. Il est également possible que la peau trop épaisse du sanglier ait favorisé ce détachement.

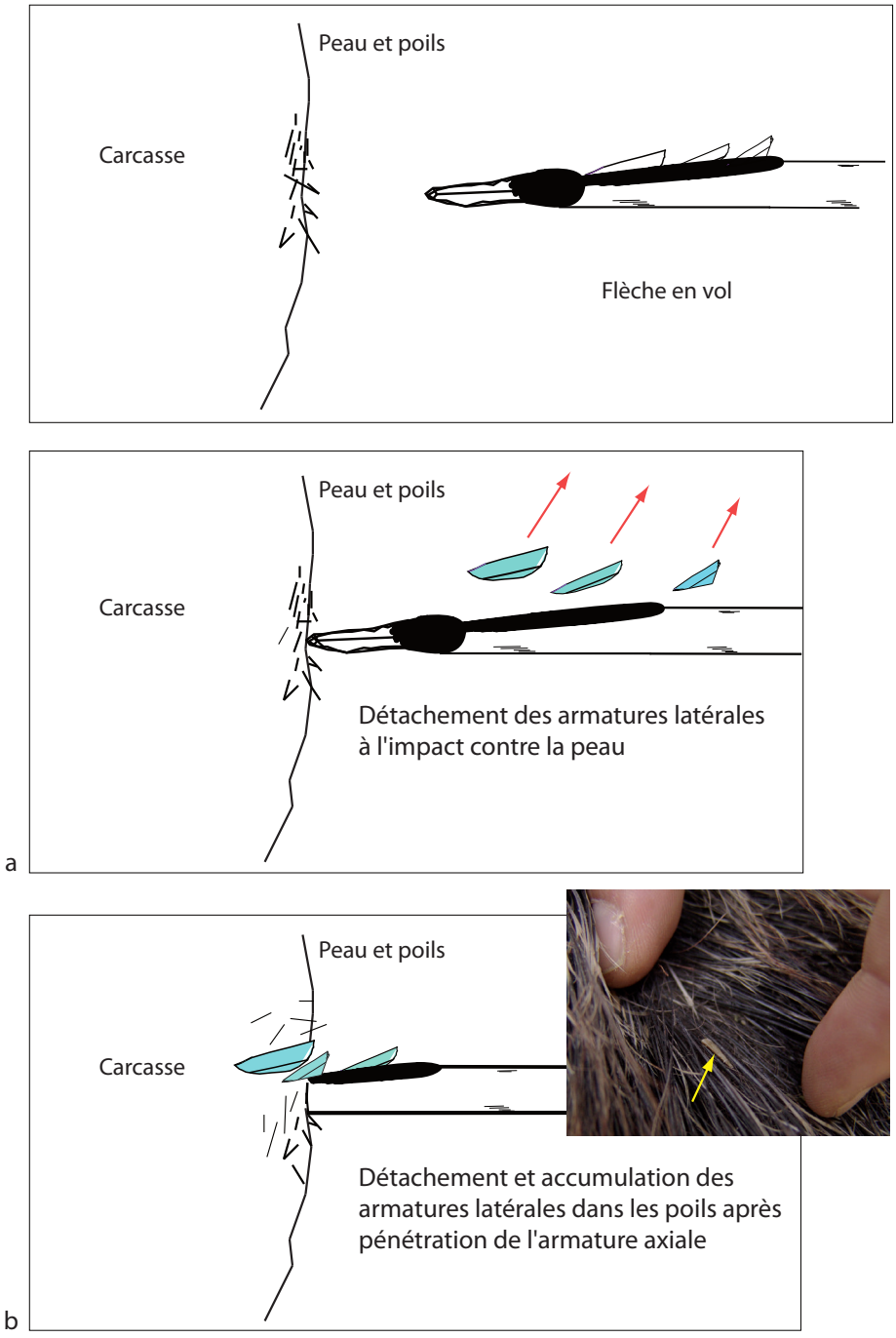


Fig. 24 : Deux cas de figure de détachement des armatures latérales avant pénétration.
a : Les armatures se détachent à l'impact contre la peau.
b : Les armatures ne pénètrent pas la peau et s'accumulent dans les poils.

III.2.1.9. Bilan de la première expérimentation

Les hampes de flèche endommagées sont celles qui ont touché un os.

Les armatures axiales sont plus endommagées (26) que les armatures latérales (14). Dix-huit armatures seulement ont été endommagées de manière diagnostique dont 17 armatures axiales et 1 latérale. Les pointes sont donc beaucoup plus endommagées de manière diagnostique que les barbelures.

III.2.1.10. Différences de comportement entre triangles et segments

Nous exposons les différences de comportement entre triangles et segments à la suite de la deuxième expérimentation.

III.2.2. Deuxième session expérimentale

Lors de cette deuxième expérimentation mise en place un an après la première, nous souhaitions tester les mêmes assemblages de microlithes mais fixés avec une autre colle, le brai de bouleau. Nous avions fabriqué notre propre brai en suivant la chaîne opératoire proposée sur le forum internet « *webarcherie* »[5]. Malheureusement, le brai, beaucoup trop liquide (même après réduction), ne collait pas. Nous avons dû finalement fixer les microlithes avec la colle que nous avions utilisée lors de notre première expérimentation.

Soucieuse de reproduire des conditions similaires à la première expérimentation, nous avons tiré sur un sanglier entier fraîchement tué.

III.2.2.1. Montage des flèches

Nous avons testé 20 flèches. Les 20 flèches étaient emmanchées en partie axiale avec une pointe de Sauveterre (monopointes axées). Dix flèches (Fl1 à Fl10) étaient emmanchées avec quatre triangles – monopointes déjetées et double-pointes – (deux rangées de deux barbelures de part et d'autre du fût, cf. fig. 20b) et les 10 autres (Fl11 à Fl20) avec 4 segments – monopointes déjetées et double-pointes – (deux rangées de deux barbelures de part et d'autre du fût, cf. fig. 20a). Tout comme pour la première expérimentation, une barbelure courte (longueur des pièces expérimentales entre 5 mm et 11 mm) était placée

5 http://www.webarcherie.com/forum/index.php/topic/6066-brai-de-bouleau/

devant une barbelure plus longue (longueur des pièces expérimentales entre 12 mm et 18 mm) afin de faciliter la pénétration. En tout, 100 armatures ont été emmanchées.

Les hampes de flèches avaient été achetées auprès du facteur d'arc précédemment cité. Celles-ci étaient en bois de pin empennées au moyen de trois demi-plumes synthétiques et mesuraient 80 cm de long pour un diamètre de 8 mm. Le même modèle de flèche a été utilisé pour l'ensemble des quatre expérimentations. Les pointes et barbelures furent insérées dans des encoches aménagées dans la hampe et collées au moyen d'un mélange de résine de pin (2/3) et de cire d'abeille (1/3). Les pointes furent ligaturées à la base afin d'assurer la solidité de la partie distale de la flèche.

III.2.2.2. Description du corpus expérimental

Les armatures ont été façonnées à partir de lamelles débitées avec un galet de pierre tendre (calcaire et grès à grains fins) par Guillaume Porraz, Cédric Lepère et moi-même. Les silex utilisés provenaient également du Val de Lans (Sénonien du Vercors) et du Vaucluse (Urgonien).

L'ensemble des armatures a été photographié et observé au préalable à la loupe binoculaire et au microscope afin de déceler toutes traces parasites. La répartition des dimensions est représentée figure 25.

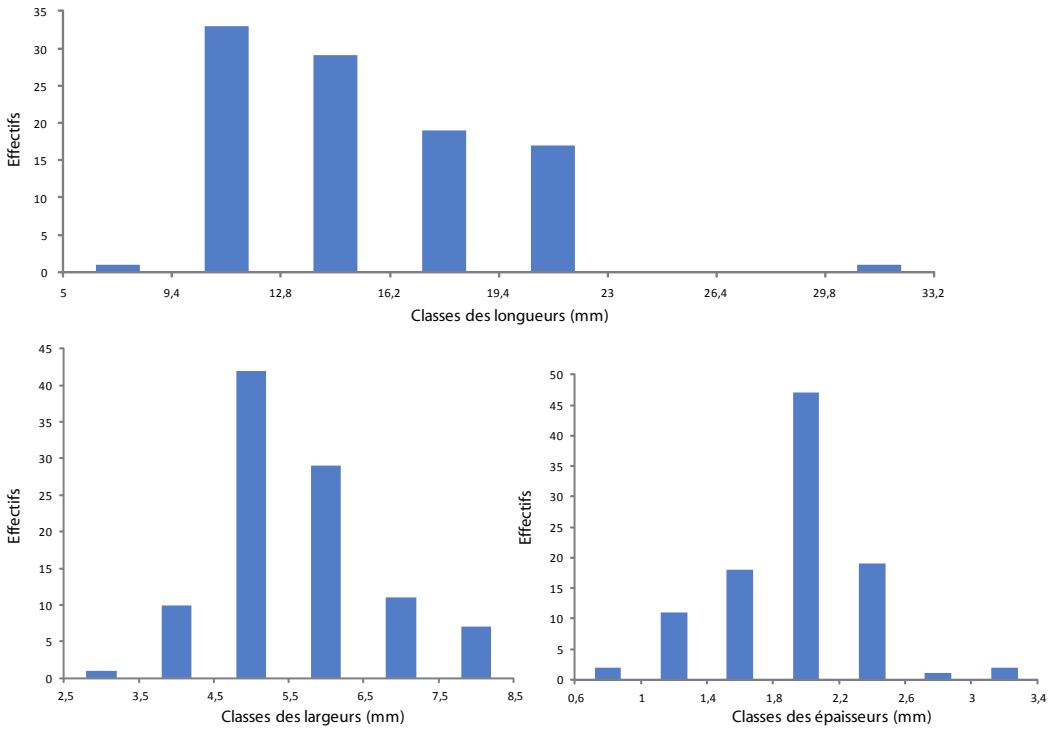


Fig. 25 : Deuxième expérimentation. Effectifs par classe de dimensions des armatures.

III.2.2.3. Déroulement des tirs

Les tirs ont été effectués précisément selon le même protocole que pour la première expérimentation. Seule la distance de tirs a varié puisque nous l'avons raccourcie de 5 m, Frank Jouffre tira donc à 10 m. L'archer qui n'était malheureusement pas en grande forme ce jour-là n'envoya que 7 flèches dans la cible (c'est pourquoi également la distance de tir fut raccourcie). Dix flèches ont atterri dans le sol et 3 ont ripé contre le dos du sanglier.

III.2.2.4. Récupération des flèches et armatures, dépeçage et décarnisation

L'étude archéozoologique (notamment la reconnaissance des parties anatomiques touchées et l'observation des os endommagés) a été assurée par Patricia Chiquet (post-doctorante, département d'anthropologie de l'université de Genève).

L'étape de récupération des flèches et armatures s'est déroulée de manière un peu différente de l'année précédente. En effet, lors de cette seconde série de tirs, l'objectif était tout à la fois de compléter le référentiel de traces et de tenter d'observer plus finement le comportement des armatures axiales et latérales que précédemment. Ainsi nous avons cherché à obtenir une vue intérieure de l'animal juste après la pénétration des flèches. Pour cela nous avons scié chacune des hampes à la surface de la peau du flanc droit (fig. 26). Nous avons alors pu dépecer l'animal en conservant les parties distales des flèches à

a

b

Fig. 26 : Vues de la deuxième expérimentation.
a. Juste après les tirs. b. Juste avant l'ouverture de la carcasse.

l'intérieur. La cage thoracique ouverte, nous avons enregistré la trajectoire des flèches et la position des armatures.

La viande a ensuite été récupérée (lors de cette étape, une partie distale de pointe a été retrouvée dans l'échine) et consommée. Les os ont été nettoyés en les faisant bouillir plusieurs heures.

III.2.2.5. Les résultats

Trois hampes de flèche se sont fracturées, 2 (Fl3 et Fl14) suite à des tirs manqués et 1 (Fl6) en frappant le fémur droit. Sur les 35 armatures des flèches ayant atteint la cible, 11 n'ont pas pénétré et 5 ont été perdues. Ainsi seuls 19 microlithes ont été retrouvés dans le sanglier.

Comportement des armatures des flèches ayant atteint la cible (tab. 9 à tab. 19)

- *La flèche qui a rencontré un os*

La flèche Fl6 a frappé le fémur droit. La pointe s'est fracturée en plusieurs fragments et l'ensemble des barbelures se sont détachées de la hampe lors de l'impact contre l'os. L'une des barbelures porte un enlèvement burinant partant de la petite pointe et courant le long de la troncature. Une autre porte une micro-usure de type microtrace linéaire d'impact (cf. fig. 12b). Il est probable que celle-ci soit liée au frottement contre l'os. En effet, le poli strié présente une coalescence dure et un aspect ondulé craquelé caractéristique d'un contact contre ce matériau.

- *Les flèches étant passées entre deux côtes*

Trois flèches (Fl2, Fl10 et Fl19) sont passées entre deux côtes. Elles ont pénétré respectivement de 7 cm, 15 cm et 10 cm. Deux pointes se sont fracturées, l'une de manière diagnostique (en trois fragments) et l'autre non (en deux fragments), toutes deux sont restées fixées à la hampe par leur partie proximale. Les parties distale et/ou mésiale fracturées sont, quant à elles, restées dans la carcasse. La troisième pointe s'est détachée entière.

Seule une barbelure a été perdue. Trois armatures latérales sont endommagées, l'une présente une fracture burinante, l'autre des ébréchures et la troisième, à la fois une fracture burinante et des ébréchures. Celle-ci a été retrouvée désolidarisée de la hampe dans la carcasse, ainsi que celle présentant des ébréchures. La troisième armature endommagée est restée fixée à la hampe.

Trois autres barbelures ont été retrouvées dans la carcasse. Enfin 5 n'ont pas pénétré et ont été retrouvées dans les poils (effet « *stripped point* », Pétillon *et al.* 2011).

- *Les flèches dans l'abdomen*

Trois flèches (Fl5, Fl7 et Fl18) ont pénétré l'abdomen. La flèche 5 a transpercé l'abdomen de part en part et les flèches 7 et 18 ont pénétré respectivement de 29 cm et 19 cm.

Deux pointes sont endommagées. L'une présente un enlèvement distal burinant long (5 mm), l'autre une fracture transversale à languette courte (c'est-à-dire inférieure à 2 mm). La première s'est détachée dans la carcasse, la seconde est restée dans la hampe accrochée par sa partie proximale. La troisième pointe non endommagée ne s'est pas détachée de la hampe.

Seules deux barbelures ont été retrouvées dans la carcasse, l'une d'elle est ébréchée. Six se sont détachées avant pénétration et 4 ont été perdues.

Comportement des armatures des flèches n'ayant pas atteint la cible
(tab. 9 à tab. 19)

- *Les flèches ayant atterri dans le sol*

Dix flèches (Fl3, Fl4, Fl8, Fl9, Fl11, Fl13, Fl14, Fl15, Fl16, Fl20) ont atterri dans le sol. Deux se sont fracturées. Treize microlithes (tous des barbelures) ont été perdus. Quatre pointes, non endommagées, se sont détachées entières dans la terre. Les 6 autres présentent des fractures transversales dont 3 sont nettes et 3 sont à languette courte. La partie proximale de l'ensemble de ces 6 pointes est restée fixée à la hampe.

Les 27 barbelures qui ont été retrouvées n'ont pas pénétré le sol pour 12 d'entre elles, sont restées fixées à la hampe pour 12 autres d'entre elles et se sont détachées dans le sol pour 3 autres d'entre elles.

- *Les flèches ayant ripé contre le dos de la cible*

Trois flèches (Fl1, Fl12 et Fl17) ont ripé contre le dos de l'animal. Une des trois pointes s'est fracturée contre le dos de l'animal de manière transversale (avec languette longue). La partie proximale a été retrouvée lors du dépeçage. Six barbelures ont été perdues.

	Armatures perdues	Armatures endommagées	Armatures intactes	Total
Nombre	24	19	57	100

Tab. 9 : Deuxième expérimentation. Décompte des armatures perdues, endommagées et intactes.

	Armatures endommagées	Armatures intactes	Total
Nombre	19	57	76
Pourcentage	25 %	75 %	100 %

Tab. 10 : Deuxième expérimentation. Décompte des armatures endommagées et intactes.

	Armatures axiales	Armatures latérales	Total
Armatures endommagées	13	6	19
Pourcentage	69 %	31 %	100 %

Tab. 11 : Deuxième expérimentation. Décompte des armatures endommagées selon la position des armatures sur la hampe.

	Armatures axiales	Armatures latérales
Fractures transversales	13	0
Fractures burinantes	1	3
Ebréchures	0	3
MLIT	0	1
Total	14 (dont 2 endommagements appartenant au même microlithe)	7 (dont 2 endommagements appartenant au même microlithe)

Tab. 12 : Deuxième expérimentation. Décompte des endommagements selon la position des armatures sur la hampe.

	Armatures axiales	Armatures latérales
Fractures transversales à languette ou spin-off	3	0
Fractures burinantes	1	3
Ebréchure diagnostique	0	1
Total	4	4

Tab. 13 : Deuxième expérimentation. Décompte des endommagements diagnostiques selon la position des armatures sur la hampe.

	Armatures ayant pénétré sans endommagement	Armatures endommagées	Armatures n'ayant pas pénétré	Armatures perdues	Total
Nombre	8	11	11	5	35

Tab. 14 : Deuxième expérimentation. Décompte des armatures des flèches ayant atteint la cible.

	Flèches ayant rencontré un os	Flèches ayant passé entre les côtes	Flèches dans l'abdomen	Flèches ayant atterri dans le sol	Flèches ripées
Nombre	1	3	3	10	3
Nombre de flèches fracturées	1	0	0	2	0
Moyenne des profondeurs de pénétration	1,5 cm	10,5 cm	32,5 cm	_	_
Armatures endommagées	3	5	3	6	2
Armatures non endommagées	2	9	8	31	7
Armatures détachées entières dans l'animal (ou dans le sol, le cas échéant)	4	6	3	7	0
Armatures partagées entre la hampe et l'animal	1	2	1	6	2
Armatures non détachées	1	1	1	12	5
Armatures n'ayant pas pénétré	0	5	6	12	2
Armatures perdues	0	1	4	13	6

Tab. 15 : Deuxième expérimentation. Comportement des flèches et des armatures selon leur trajectoire.

	Flèches ayant rencontré un os	Flèches ayant passé entre les côtes	Flèches dans l'abdomen	Flèches ayant atterri en terre	Flèches ripées	Total
Fracture transversale non diagnostique	0	2	1	6	1	10
Fracture transversale diagnostique	2	1	0	0	1	4
Fracture burinante	0	0	1	0	0	1
Fragmentation en plus de deux parties	1	1	0	0	0	2
Ebréchure	0	0	0	0	0	0
Nombre d'armatures ayant plusieurs endommagements	1	1	0	0	0	2

Tab. 16 : Deuxième expérimentation. Endommagements des armatures axiales.

	Armatures des flèches ayant rencontré un os	Armatures des flèches ayant passé entre les côtes	Armatures des flèches dans	Armatures des flèches ayant atterri en terre	Armatures des flèches ripées	Total
Fracture transversale non diagnostique	0	0	0	0	0	0
Fracture transversale diagnostique	0	0	0	0	0	0
Fracture burinante non diagnostique	1	2	0	0	0	3
Fracture burinante diagnostique	0	0	0	0	0	0
Fragmentation en plus de deux parties	0	0	0	0	0	0
Ebréchure	0	2	1	0	0	3
MLIT	1	0	0	0	0	1
Nombre d'armatures ayant plusieurs endommagements	0	1	0	0	0	1

Tab. 17 : Deuxième expérimentation. Endommagements des armatures latérales.

	Armatures des flèches ayant rencontré un os	Armatures des flèches ayant passé entre les côtes	Armatures des flèches dans l'abdomen	Armatures des flèches ayant atterri en terre	Armatures des flèches ripées
Armature non détachée	0	0	1	0	0
Armature détachée entière	0	1	0	4	1
Armature détachée fracturée	0	0	1	0	0
Fragments d'armatures dans l'animal (ou dans le sol, le cas échéant) et sur la hampe non détachés	1	2	1	6	2
Armatures n'ayant pas pénétré	0	0	0	0	–
Armatures perdues	0	0	0	0	0

Tab. 18 : Deuxième expérimentation. Dispersion des armatures axiales.

	Armatures des flèches ayant rencontré un os	Armatures des flèches ayant passé entre les	Armatures des flèches dans l'abdomen	Armatures des flèches ayant atterri en terre	Armatures des flèches ripées
Armature non détachée	0	1	0	12	5
Armature détachée entière	3	4	1	3	1
Armature détachée fracturée	1	1	1	0	0
Fragments d'armatures dans l'animal et sur la hampe non détaché	0	0	0	0	0
Armatures n'ayant pas pénétré	0	5	6	12	0
Armatures perdues	0	1	4	13	6

Tab. 19 : Deuxième expérimentation. Dispersion des armatures latérales.

III.2.3. Bilan des deux premières expérimentations

III.2.3.1. Comparaison du fonctionnement des triangles et des segments

Au départ, nous avions réalisé ces expérimentations afin de comparer le fonctionnement des segments et des triangles. En effet, bien que de formes différentes, ils présentent tous deux des parties actives identiques.

La moyenne des profondeurs de pénétration des flèches emmanchées de triangles est de 11 cm (moyenne calculée à partir de 19 flèches ayant atteint la cible) et celle des flèches emmanchées de segments est de 10,5 cm (moyenne calculée à partir de dix-sept flèches ayant atteint la cible). Les profondeurs sont donc quasiment identiques.

De plus triangles et segments se sont précisément endommagés de la même manière. En effet, 9 triangles ont été endommagés dont 4 portent des fractures burinantes, 2 une fracture transversale (nette ou à languette courte), 2 autres des ébréchures et enfin 1 triangle présente une microtrace linéaire d'impact. Dix segments ont été endommagés. Trois présentent une fracture burinante, 2 une fracture transversale (nette ou à languette courte) et 5 sont ébréchés. Quantitativement et qualitativement, les endommagements des triangles et des segments sont donc très similaires.

Enfin, nous nous sommes demandée si la forme influait sur le détachement ou non des barbelures. Quarante-et-un triangles sont restés fixés à la hampe après l'impact, tandis que seulement 18 segments ne se sont pas détachés de la hampe après l'impact. D'après nous, aucun facteur extrinsèque à l'armature n'aurait pu favoriser le détachement plus

important des segments. En effet, les flèches avec segments et celles avec triangles ont été confrontées au même obstacle. Les flèches avec triangles ont même subi davantage d'obstacles propres à favoriser le détachement des armatures latérales puisque 5 flèches avec triangles ont frappé un os et 9 ont traversé la grille costale, tandis que seulement 4 flèches avec segments ont touché un os et 4 sont passées entre deux côtes. Il est donc possible que toutes choses étant égales par ailleurs la fixation d'un segment soit plus fragile que celle d'un triangle. En effet, la configuration arrondie du dos présente une surface d'adhérence moindre que le triangle dont le dos est droit et donc bien parallèle à la hampe. Ce fait n'a néanmoins pas été vérifié lors des expérimentations suivantes. Il conviendra donc de refaire des expérimentations spécifiques afin de le confirmer ou de l'infirmer.

III.2.3.2. Bilan sur la fragmentation et la dispersion des armatures axiales versus latérales

Suite à ces deux sessions de tirs, il apparaît très clairement que, malgré la perte d'une partie des barbelures, les pointes axiales s'endommagent davantage que les armatures latérales (cf. tab. 11 à tab. 13) et qu'elles n'ont pas le même comportement de dispersion (cf. tab. 18 et tab. 19).

Nous reviendrons sur ce point lors du bilan de l'ensemble des expérimentations, mais il est d'ores et déjà très net que les armatures axiales se fragmentent plus que les armatures latérales et de manière différente (fragmentation plus importante et fractures transversales à languette longue pour les armatures axiales, fragmentation rare et fractures burinantes plus nombreuses pour les armatures latérales).

Cela étant, même si le mode de dispersion est également conditionné par la position sur la hampe de l'armature, il est possible que la forme des armatures latérales (triangles *vs* segments) puisse être un facteur favorisant ou non leur détachement.

III.2.3.3. Le détachement des armatures latérales avant pénétration

Sauf dans la publication de Pétillon *et al.* (2011), le détachement des armatures latérales avant pénétration n'avait jamais été décrit auparavant. Pétillon *et al.* avaient réalisé une expérimentation de tirs au propulseur sur daim entier de sagaies armées de pointes en matière osseuse sur lesquelles étaient collées des lamelles à dos en silex au moyen de brai de bouleau pour certaines et d'un mélange de résine de pin, de cire

d'abeille et d'ocre pour les autres. Si l'ensemble des pointes osseuses a bien pénétré la carcasse, la grande majorité des lamelles ont, comme dans le cas de nos expérimentations, soit sauté en vol, soit se sont accumulées dans les poils de la carcasse à l'entrée de la plaie ouverte par la pointe. La question de la température extérieure s'est alors posée : celle-ci ne dépassant pas 0°, il est possible que les colles aient durci et soient devenues particulièrement cassantes. Si dans notre cas, la peau du sanglier pouvait constituer une barrière trop importante pour être pénétrée par des barbelures, dans le cas de Pétillon *et al.*, la peau du daim, beaucoup plus mince, aurait pu être *a priori* plus facilement franchissable par des armatures latérales.

Afin de résoudre le problème du détachement des armatures latérales avant pénétration, deux questions se posaient alors : la peau du sanglier était-elle trop épaisse pour pouvoir être transpercée de flèches barbelées ? Notre colle, constituée de résine de pin (2/3) et de cire d'abeille (1/3) aurait-elle pu être efficace dans d'autres conditions ?

Concernant la question de l'efficacité de la colle, nous avons tout d'abord interrogé M. Regert. Celle-ci nous a présenté E. Darque-Ceretti, Eric Felder et Yves Gaillard, physiciens spécialistes de l'adhérence au CEMEF (Mines Paristech, Sophia Antipolis) et dans le cadre de l'ANR EXSUDARCH (dirigé par M. Regert), une collaboration s'est mise en place. Nous détaillons les protocoles et résultats des expérimentations réalisées au CEMEF à la suite de la troisième session expérimentale que nous avons menée en parallèle.

III.3. Troisième session expérimentale de tirs : changement de gibier et de colle

Cette session a véritablement été un succès puisque la plupart de nos armatures latérales ont tenu à l'impact et pénétré la cible. Pour cela nous avons changé notre mode de fixation des barbelures et avons assuré au maximum leur maintien sur la hampe en ajoutant parfois une ligature. Les hampes de flèche étaient exactement les mêmes que celles utilisées lors des deux dernières expérimentations. Nous avons alors utilisé deux types de colle : notre ancien adhésif (constitué de résine de pin et de cire d'abeille) que nous avons mélangé à de l'ocre et à une « résine de pin » (que nous nous étions procurée auprès du facteur d'arc précédemment cité) et de l'araldite (colle à bois, réputée pour sa solidité, constituée d'une résine époxyde et d'un agent polymérisant). Nous avons choisi de tester l'araldite afin d'observer l'efficacité d'une colle particulièrement solide. Notons enfin que le bâton vendu comme étant de la résine de pin et que nous avions acheté dans le commerce pour la troisième expérimentation n'était pas constitué de colophane pure

mais devait être un mélange de divers constituants dont, certainement, un plastifiant en assez grande quantité. Nous reviendrons sur ce point dans le III.4.1.2.

Enfin, nous avons changé de gibier-cible. Notre choix s'est porté sur deux brebis adultes. La peau de la brebis étant une barrière plus mince que celle du sanglier, nous pensions que si le détachement des armatures latérales n'était pas lié à l'efficacité de la colle, alors celles-ci auraient plus de chance de pénétrer.

L'originalité de cette troisième session tient également au fait que nous avons testé un troisième type d'emmanchement : l'emmanchement disto-latéral (armature placée en bout de hampe et collée latéralement, cf. fig. 14c).

III.3.1. Protocole

Les tirs ont été réalisés au CEPAM les 15 et 16 novembre 2009 par une température extérieure de 16-18°C. Les brebis provenaient du plateau de Saint-Barnabé proche de Coursegoules, village situé à une heure du lieu de l'expérimentation et elles avaient été tuées quelques instants avant de les emporter. Le pas de tirs était placé à 10 m de la cible. Alain Sunyol a été particulièrement brillant et efficace et il a réalisé l'ensemble des 68 tirs durant la première journée, au moyen d'un arc fabriqué par ses soins et réplique parfaite de l'arc danois de Holmegaard. Les deux brebis ont servi successivement de cibles. La matinée a été consacrée à la première brebis : tirs et premières étapes de la boucherie à savoir dépeçage et éviscération – étapes supervisées par Sylvie Beyries – et l'après-midi à la seconde.

Cette fois, après chaque tir, plusieurs photos étaient prises par Carole Cheval et Cédric Lepère. Une ardoise indiquait le numéro de la flèche. Patricia Chiquet, l'archéozoologue, intervenait ensuite afin d'identifier précisément la position de la flèche. Puis Bernard Gassin et moi-même mesurions la profondeur de pénétration avant de retirer la flèche en notant la résistance éventuelle de celle-ci lors de son retrait. Nous observions alors l'état de la flèche (présence/absence de microlithes, fracture de la hampe le cas échéant, etc.). L'enregistrement de l'ensemble de ces observations étaient assurés par Raphaële Guilbert et Colas Guéret selon une fiche préétablie (fig. 27). Les flèches qui pouvaient l'être étaient tirées une seconde fois, voire une troisième fois. Les flèches (et leurs armatures récupérées) étaient enfin placées dans une pièce dédiée à cet effet. Martine Regert a réalisé plusieurs prélèvements de colle type résine de pin, cire d'abeille et ocre après utilisation, afin d'observer d'éventuelles modifications des marqueurs organiques après mélange avec la graisse des animaux fléchés.

TIRS EXPERIMENTAUX novembre 09 CEPAM

FLECHE n°	TIR n°
FICHE REMPLIE PAR :	HORAIRE : T° :

TIR AU BUT ☐ TIR RIPPE ☐ TIR MANQUE ☐ Si tir manqué, nature de la cible :	Armatures qui n'ont pas pénétré ☐ - trouvée(s) par terre (n°) : - trouvée(s) dans les poils (n°) : Organes touchés : Os touché(s) ☐
Longueur de flèche à l'extérieur : Flèche transperce la cible ☐ Angle de pénétration :	Description os touchés : Remarques sur extraction du projectile : Flèche intacte ☐ Nombre d'armatures manquantes :

Fracture de la pointe en bois ☐ Fracture du fût ☐	Remarques :

ENDOMMAGEMENTS DES ARMATURES			
N°	TYPES D'ENDOMMAGEMENT	POSITION APRES TIR	NOUVEAU N°
		☐ sur projectile ☐ récupérée dans animal ☐ récupérée par terre ou poil ☐ perdue	
		☐ sur projectile ☐ récupérée dans animal ☐ récupérée par terre ou poil ☐ perdue	
		☐ sur projectile ☐ récupérée dans animal ☐ récupérée par terre ou poil ☐ perdue	
		☐ sur projectile ☐ récupérée dans animal ☐ récupérée par terre ou poil ☐ perdue	
		☐ sur projectile ☐ récupérée dans animal ☐ récupérée par terre ou poil ☐ perdue	

Fig. 27 : Fiche d'enregistrement de la troisième expérimentation, d'après Pétillon 2006.

De courtes vidéos ont également été réalisées au cours des tirs afin, notamment, de visualiser l'onde de choc se diffusant le long de la hampe de flèche lors de l'impact (fig. 28).

Fig. 28 : Troisième expérimentation. Mouvement latéral rapide de la flèche provoqué par l'impact contre la scapula (photo : C. Cheval).

La seconde journée a été consacrée au dépeçage de la deuxième brebis, à la boucherie, à la fouille et au tamisage fin des viscères et parties molles des deux brebis ainsi qu'à l'enregistrement de bon nombre d'observations concernant les scénarios d'endommagements et de dispersion des armatures. Cette seconde journée s'est déroulée en compagnie de Sylvie Beyries, Patricia Chiquet et Auréade Henry. Nous avons récupéré 33 armatures et fragments d'armatures dont 16 dans les parties molles et 17 contre ou insérés dans le squelette.

III.3.1.1. Armatures et montages des flèches

Cent quarante-trois armatures issues de deux types de contexte chrono-culturel distinct ont été fabriquées. Ainsi nous avons façonné, selon le même protocole qu'exposé pour les tirs précédents, un ensemble de 96 armatures « sauveterriennes » (dont 8 armatures ont été tirées deux ou trois fois soit 108 armatures « sauveterriennes » testées, comprenant 77 triangles scalènes et isocèles – monopointes déjetées et double-pointes –, 22 segments – monopointes déjetées et double-pointes – et 9 pointes de Sauveterre et lamelles appointées à bord abattu – monopointes axées). Quarante-sept armatures « beuroniennes » ont également été fabriquées (en partie par Guy Boulay) dont 5 ont

été tirées deux ou trois fois (soit 56 armatures « beuroniennes » testées dont 13 pointes à base retouchée – double-pointes et triple-pointes –, 7 pointes à troncature oblique – double-pointes et monopointes axées –, 25 segments – tous des double-pointes – et 10 triangles scalènes et isocèles – monopointes déjetées, double-pointes et triples-pointes –). La répartition des dimensions est représentée sur la figure 29.

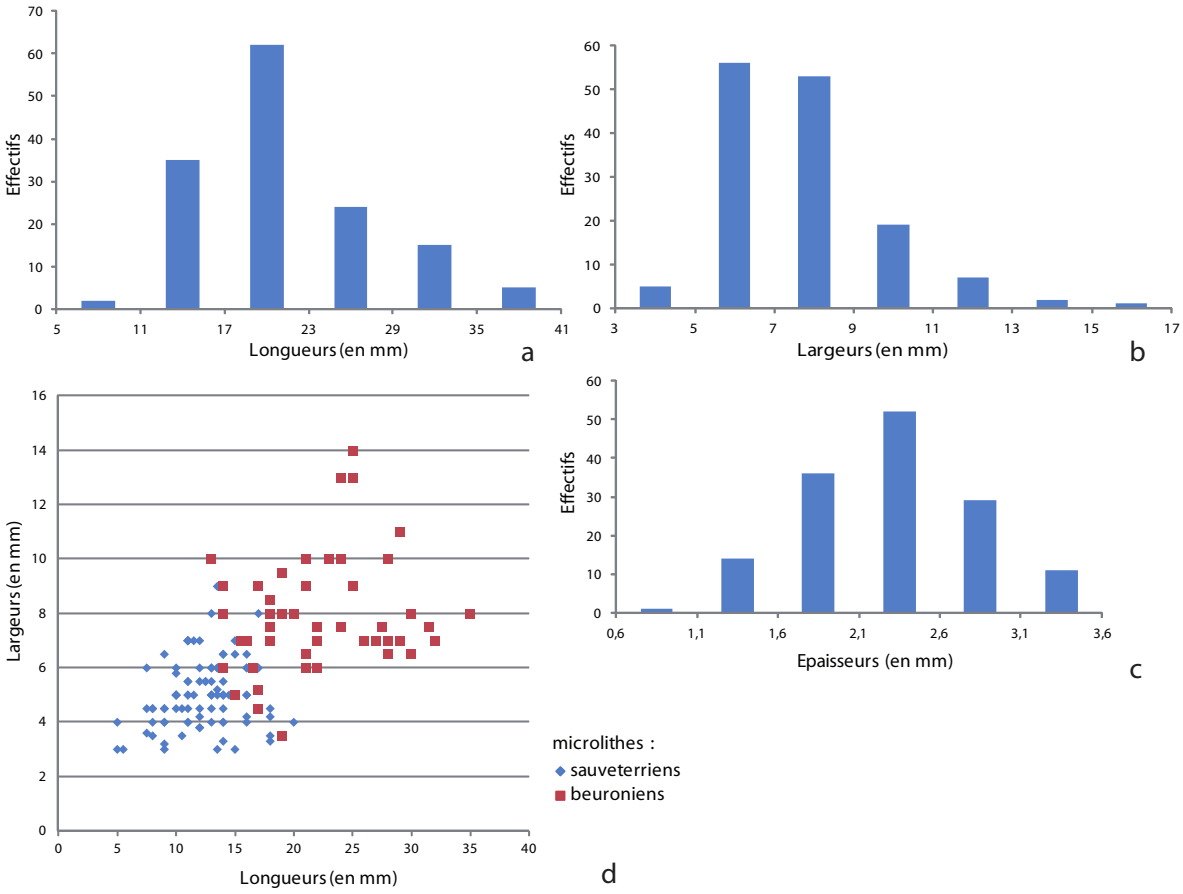


Fig. 29 : Troisième expérimentation.
a.-c. : Effectifs par classes de dimensions des armatures.
d : Répartition du rapport longueur/largeur des microlithes testés.

Plusieurs montages ont été testés avec différentes formes d'armatures. Comme il convenait de vérifier l'hypothèse selon laquelle les types d'endommagements sont conditionnés par la position de l'armature sur la hampe, nous avons davantage fait varier les modes d'emmanchement des armatures lors de cette session.

Trois grands types de montage ont été testés.

Le premier type (fig. 30a1 et fig. 30b1) était constitué (un peu comme les deux expérimentations précédentes) d'une pointe axiale (pointe de Sauveterre ou lamelle appointée à bord abattu, ou bien pointe à troncature oblique ou encore pointe à base retouchée) et de deux ou trois barbelures alignées d'un seul côté (des segments et/ou

triangles ont été indifféremment emmanchés, à savoir des monopointes déjetées et/ou des double-pointes). Ce type était représenté par 12 flèches dont 2 ont été tirées plusieurs fois (deux et trois fois, soit 15 tirs au total).

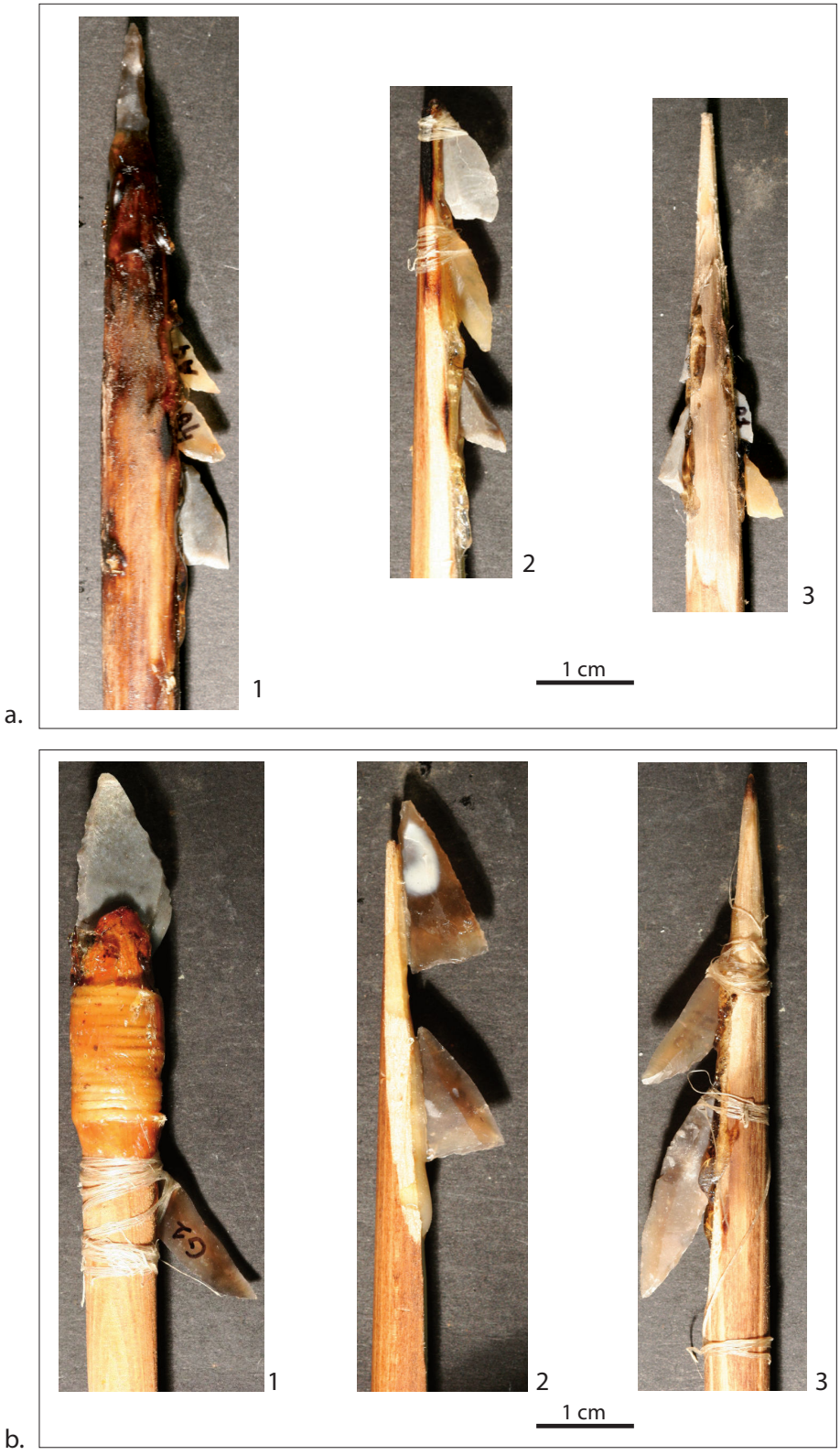


Fig. 30 : Troisième expérimentation. Les différents types de montages testés.
a. Flèches à armatures d'affinité sauveterrienne.
b. Flèches à armatures d'affinité beuronnienne.

Le deuxième type (fig. 30a2 et fig. 30b2) comporte une pointe disto-latérale, celle-ci étant emmanchée à l'extrémité distale de la hampe mais collée latéralement. Ces pointes disto-latérales étaient des triangles, des segments et des pointes à base retouchée (double-pointes et triple-pointes). Nous y avons ajouté une à trois barbelures (des segments et/ou triangles ont été indifféremment emmanchés, à savoir des monopointes déjetées et/ou des double-pointes). Ce type correspond à la majorité des flèches tirées lors de cette session à savoir 35 flèches dont 5 flèches ont été tirées deux ou trois fois. Quarante-trois tirs au total concernent donc ce type de flèche.

Enfin le troisième type (fig. 30a3 et fig. 30b3) est représenté par des flèches dont la pointe est constituée simplement de la partie distale de la hampe en bois appointée et durcie au feu. Les armatures ne sont que emmanchées latéralement. Ce sont pour l'essentiel des triangles et des segments (soit des double-pointes, soit des monopointes déjetées). Ce type est représenté par 8 flèches (et 10 tirs).

Quatorze armatures axiales, 41 armatures disto-latérales et 109 armatures latérales ont ainsi été testées.

III.3.1.2. Les tirs

Dans certains cas, comme nous l'évoquions plus haut, nous avons pu tirer plusieurs fois la même flèche. À chaque tir, celle-ci a été considérée comme une flèche à part entière et enregistrée comme telle.

Les 68 tirs, sur les deux brebis (fig. 31), se répartissent de la manière suivante : 20 tirs passent entre les côtes (dont 15 flèches « sauveterriennes » – A6, A2/3, D6, C6, C2, B8, C10, C7, C4, A4, A3, A2/1, H5/3, B1/1, B1/2 – et 5 flèches « beuronniennes » H7, NM1, F9, F7, F6/1), 4 tirs passent entre les côtes en touchant une côte (dont 2 flèches « sauveterriennes » – C9, C1 – et 2 flèches « beuroniennes » qui pénètrent d'1 cm seulement – H4, G1 –), 13 tirs tapent ou s'arrêtent contre un os (9 flèches « sauveterriennes » – D1, B2, B5, B12, B7/2, A1, C11, C8, A5 – et 4 « beuronniennes » – F8, H3, H6, G3 –), 2 tirs de flèches « beuroniennes » ricochent contre un os (sternum et treizième côte, G5/2 et F2), 19 tirs ne touchent pas d'os (panse essentiellement, dont 8 flèches « beuronniennes » – G6, G9, F5/2, H9, H2, H1, H5/4, F6/2 – et 11 flèches « sauveterriennes » B6, B11, B4, B9, C5, A2/2, B7, B10/1, B10/2, C3, NM2). Seuls 10 tirs ont été manqués (dont 7 tirs de flèches « beuroniennes » – H10, G5/1, H5/1, H5/2, F5/1, F9/2, G8 – et 3 tirs de flèches « sauveterriennes » – D7/1, D7/2, B7 –).

La moyenne des pénétrations toute flèche confondue est de 17,25 cm. La moyenne des pénétrations des flèches « sauveterriennes » est de 18,4 cm. Et la moyenne des pénétrations des flèches « beuronniennes » est de 15,5 cm. Les deux lots de flèches ont subi à peu près les mêmes obstacles et ont eu des trajectoires assez similaires (cf. paragraphe ci-dessus). Pourtant, les flèches « sauveterriennes » présentent des profondeurs de pénétration plus importantes. Ainsi nous avons clairement pu observer que leur profil plus étroit et plus effilé leur permettait de se faufiler beaucoup mieux entre les côtes.

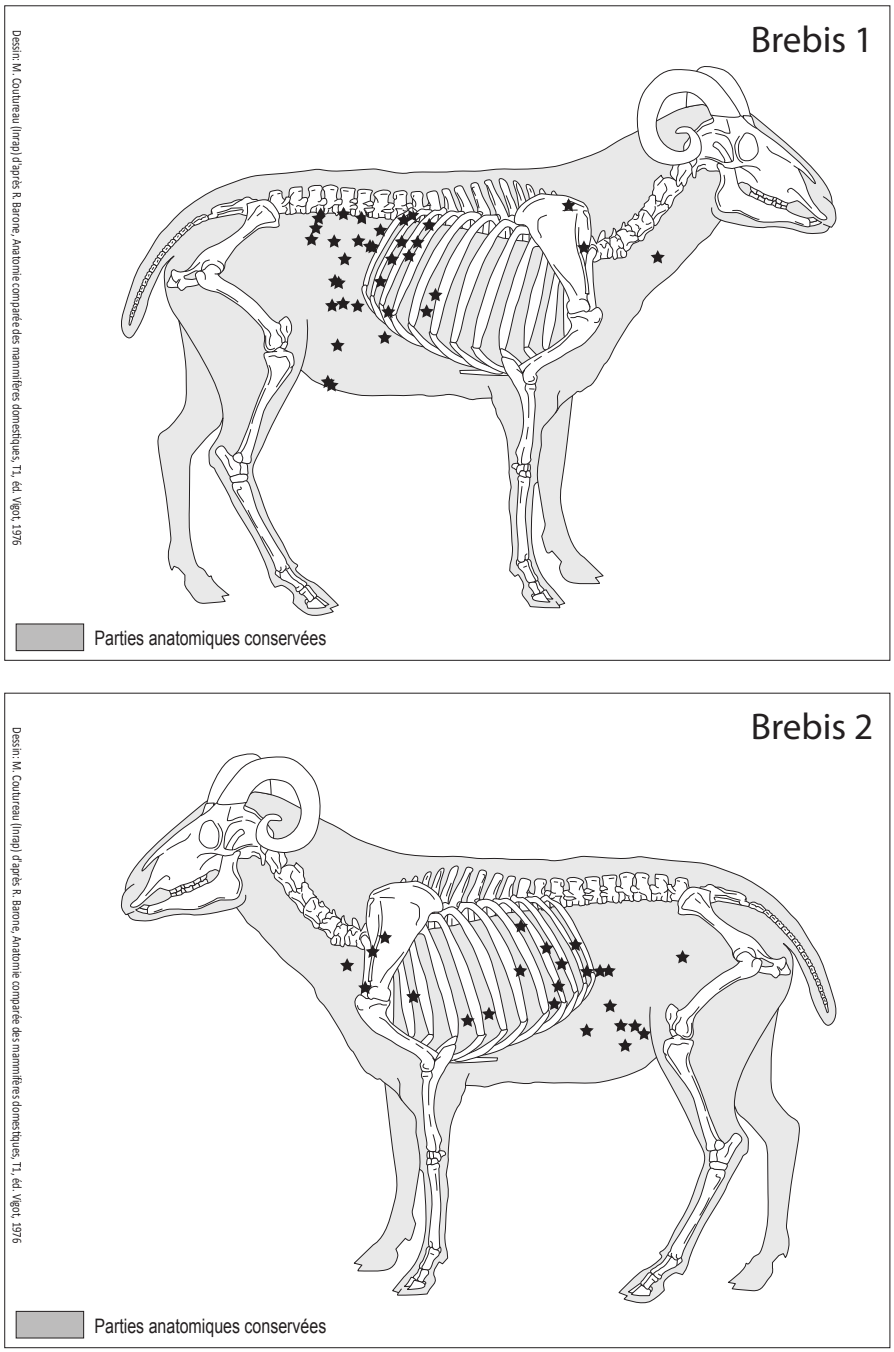


Fig. 31 : Troisième expérimentation. Répartition des flèches sur les deux brebis (DAO : P. Chiquet).

III.3.2. Les résultats

Lors de ces expérimentations, 28 armatures ont été perdues dont 2 armatures axiales, 5 armatures disto-latérales et 21 armatures latérales (tab. 20 et tab. 21).

	Armatures perdues	Armatures endommagées	Armatures intactes	Total
Nombre	28	36	100	164 dont 136 retrouvées
Pourcentage	18 % du total des armatures	27 % du total des armatures retrouvées	73 % du total des armatures retrouvées	100 %

Tab. 20 : Troisième expérimentation. Décompte des armatures perdues, endommagées et intactes (décompte réalisé après chaque tir).

	Armatures axiales	Armatures disto-latérales	Armatures latérales	Total
Nombre d'armatures retrouvées	12	36	88	136
Dont armatures endommagées	7	9	20	36
Pourcentages d'endommagement	58 %	25 %	23 %	

Tab. 21 : Troisième expérimentation. Décompte des armatures perdues et endommagées par types d'emmanchement.

III.3.2.1. Endommagements des armatures (tab. 22 à 26)

Sur les 12 armatures axiales testées et retrouvées, 7 (soit un peu plus de la moitié) se sont endommagées à l'impact. Six d'entre elles présentent des fractures transversales dont 3 sont longues. Quatre sur les six sont fragmentées en trois parties (voire plus). La septième armature axiale endommagée s'est fracturée de manière burinante.

Sur les 36 armatures disto-latérales retrouvées, 9 (soit un quart) sont endommagées. 7 présentent des fractures transversales (dont une est ébréchée) et 2 une fracture burinante. 3 microlithes parmi ceux endommagés transversalement se sont fracturés en plus de deux fragments.

Sur les 88 armatures latérales retrouvées, 20 ont été endommagées (soit un peu moins du quart de l'ensemble des armatures latérales retrouvées). Seuls 2 microlithes sont fracturés de manière transversale. Ceux-ci sont également ébréchés. Sept armatures latérales sont fracturées de manière burinante, trois d'entre elles présentent également des ébréchures (dont deux des ébréchures envahissantes en gradin). Enfin 11 sont seulement ébréchées.

	Armatures axiales	Armatures disto-latérales	Armatures latérales
Nombre de fractures transversales (dont nombre de fractures diagnostiques)	11 (3)	8 (1)	2 (0)
Nombre de fractures burinantes	1	3	7
Nombre de bords ébréchés	0	1	16
Total	12	12	25

Tab. 22 : Troisième expérimentation. Décompte des endommagements par type d'emmanchement.

	Flèches ayant rencontré un os	Flèches passant entre les côtes	Flèches dans l'abdomen	Flèches manquées (les flèches étaient toutes en surface du sol)	Flèches ripées	Total
Nombre	**17**	**20**	**19**	**10**	**2**	**68**
Nombre de hampes endommagées	**9**	**4** (facilement réparables)	**5** (réfection aisée pour la plupart)	**3**	**0**	**21**
Moyenne des profondeurs de pénétration	**8,5 cm**	**15 cm**	**26 cm**	**_**	**_**	**_**
Nombre total d'armatures retrouvées	**36**	**51**	**37**	**8**	**4**	**136 soit 83% du total des armatures**
Armatures perdues	**7**	**4**	**6**	**10**	**1**	**28 soit 17 % du total des armatures**
Armatures endommagées	**10 soit 28% du total des armatures retrouvés pour ces flèches**	**19 soit 37% du total des armatures retrouvés pour ces flèches**	**5 soit 13,5% du total des armatures retrouvés pour ces flèches**	**2**	**0**	**36 soit 26% du total des armatures retrouvées**
Armatures non endommagées	**26**	**32**	**32**	**6**	**4**	**100 soit 74% du total des armatures retrouvées**
Armatures détachées dans l'animal	**26 soit 72% du total des armatures retrouvés pour ces flèches**	**22 soit 43% du total des armatures retrouvés pour ces flèches**	**21 soit 57% du total des armatures retrouvés pour ces flèches**	**_**	**1 (par terre)**	**70 soit 51%**
Armatures partagées entre la hampe et l'animal	**1**	**3**	**0**	**_**	**0**	**4 soit 3%**
Armatures non détachées	**8**	**25**	**15**	**8**	**3**	**59 soit 44%**
Armatures n'ayant pas pénétré	**1**	**1 (une moitié non détachée, l'autre par terre**	**1**	**_**	**_**	**3 soit 2%**

Tab. 23 : Troisième expérimentation. Tableau récapitulatif des profondeurs de pénétration et des endommagements des flèches et de la dispersion et des endommagements des armatures selon la trajectoire de chaque flèche.

	Armatures des flèches ayant rencontré un os	Armatures des flèches ayant passé entre les côtes	Armatures des flèches dans l'abdomen (sans os)	Armatures des flèches manquées	Armatures des flèches ripées	Total
Nombre d'armatures intactes	0	2	2	1	0	5
Nombre d'armatures endommagées	3	3	1	0	0	7
Fracture transversale non diagnostique	4	2	1 (microfracture)	0	0	7
Fracture transversale diagnostique	1	3	0	0	0	4
Fracture burinante	1	0	0	0	0	1
Ebréchure	0	0	0	0	0	0
Fragmentation en plus de deux parties	3	2	0	0	0	5
Nombre d'armatures ayant plusieurs endommagements	3	2	0	0	0	5

Tab. 24 : Troisième expérimentation. Décompte des endommagements des armatures axiales selon la trajectoire des flèches.

	Armatures des flèches ayant rencontré un os	Armatures des flèches ayant passé entre les côtes	Armatures des flèches dans l'abdomen (sans os)	Armatures des flèches manquées	Armatures des flèches ripées	Total
Nombre d'armatures intactes	5	9	10	2	1	27
Nombre d'armatures endommagées	3	3	2	1	0	9
Fracture transversale non diagnostique	3	3	1 (microfracture)	0	0	7
Fracture transversale diagnostique	0	1	0	0	0	1
Fracture burinante	1	0	1	1	0	3
Ebréchure	1	0	0	0	0	1
Fragmentation en plus de deux parties	0	1	0	0	0	1
Nombre d'armatures ayant plusieurs endommagements	1	1	0	0	0	2

Tab. 25 : Troisième expérimentation. Décompte des endommagements des armatures disto-latérales selon la trajectoire des flèches.

	Armatures des flèches ayant rencontré un os	Armatures des flèches ayant passé entre les côtes	Armatures des flèches dans l'abdomen (sans os)	Armatures des flèches manquées	Armatures des flèches ripées	Total
Nombre d'armatures intactes	20	22	19	4	3	68
Nombre d'armatures endommagées	4	13	2	1	0	20
Fracture transversale non diagnostique	1	1	0	0	0	2
Fracture transversale diagnostique	0	0	0	0	0	0
Fracture burinante	3	4	0	0	0	7
Ebréchure	3	10	2	1	0	16
Fragmentation en plus de deux parties	0	0	0	0	0	0
Nombre d'armatures ayant plusieurs endommagements	3	2	0	0	0	5

Tab. 26 : Troisième expérimentation. Décompte des endommagements des armatures latérales selon la trajectoire des flèches.

III.3.2.2. Dispersion des armatures (tab. 27 à 29)

Parmi les 12 armatures axiales retrouvées, 5, intactes, ne se sont pas détachées, 3 se sont détachées dans l'animal (elles se sont endommagées, l'ensemble des fragments ayant alors été retrouvés dans la carcasse) et 4 fragments proximaux sont restés fixés à la hampe, tandis que les fragments distaux ont parfois été retrouvés dans la carcasse.

Parmi les 36 armatures disto-latérales retrouvées, 21 ne se sont pas détachées (dont 2 se sont fracturées de manière burinante et une de manière transversale à languette longue) et 15 se sont détachées dans la carcasse (dont 6 sont endommagées).

Parmi les 88 armatures latérales retrouvées, 52 se sont détachées dans l'animal (dont 11 sont endommagées), 34 sont restées fixées à la hampe (dont 7 sont endommagées), une s'est détachée avant pénétration (et a été retrouvée au pied de la cible). Enfin un segment s'est fracturé transversalement contre une côte, la partie proximale restant fixée à la hampe et la partie distale qui n'a pas pénétré ayant été retrouvée au pied de la carcasse. En contexte archéologique, il serait délicat de savoir si le fragment que nous avons retrouvé expérimentalement sur la hampe était le fragment emmanché puisque le segment était une double-pointe présentant de manière symétrique deux pointes opposées qui auraient pu être indifféremment la partie active ou la partie emmanchée.

	Armatures des flèches ayant rencontré un os	Armatures des flèches ayant passé entre les côtes	Armatures des flèches dans l'abdomen	Armatures des flèches manquées	Armatures des flèches ripées	Total
Armature non détachée	0	2	2	1	0	5
Armature détachée entière	0	0	0	0	0	0
Armature détachée fracturée	2	0	1	0	0	3
Fragments d'armatures dans l'animal (ou dans le sol, le cas échéant) et sur la hampe non détachés	1	3	0	0	0	4
Armatures n'ayant pas pénétré	0	0	0	0	0	0
Armature(s) perdue(s)	1	0	0	1	0	2

Tab. 27 : Troisième expérimentation. Comportement de dispersion des armatures axiales.

	Armatures des flèches ayant rencontré un os	Armatures des flèches ayant passé entre les côtes	Armatures des flèches dans l'abdomen	Armatures des flèches manquées (les flèches étaient toutes en surface du sol)	Armatures des flèches ripées	Total
Armature non détachée	2	8	7	3	1	21
Armature détachée entière	3	1	5	0	0	9
Armature détachée fracturée	3	2	1	0	0	6
Fragment d'armature dans l'animal et sur la hampe non détaché	0	0	0	0	0	0
Armature n'ayant pas pénétré	0	0	0	0	0	0
Armature perdue	2	1	0	2	0	5

Tab. 28 : Troisième expérimentation. Comportement de dispersion des armatures disto-latérales.

	Armatures des flèches ayant rencontré un os	Armatures des flèches ayant passé entre les côtes	Armatures des flèches dans l'abdomen	Armatures des flèches manquées	Armatures des flèches ripées	Total
Armatures non détachées	6	15	6	5	2	34
Armatures détachées entières	14	12	15	0	1	42
Armatures détachées fracturées	4	7	0	0	0	11
Fragments d'armatures dans l'animal et sur la hampe non détachés	0	1	0	0	0	1
Armatures n'ayant pas pénétré	1	0	0	0	0	1
Armatures perdues	4	3	6	7	1	21

Tab. 29 : Troisième expérimentation. Comportement de dispersion des armatures latérales.

III.3.2.3. Reconstitution des scénarios d'endommagements et de dispersion des armatures

Nous avons pu préciser les scénarios d'endommagement et de dispersion grâce, d'une part, à la recherche méticuleuse d'armatures (ou fragments d'armatures) détachées au sein des muscles des deux brebis lors de la décarnisation et d'autre part, grâce à la fouille et au tamisage fins des parties molles et de leur contenu (fig. 32). De plus, lors des tirs et de la boucherie, Patricia Chiquet avait précisément observé et décrit les trajectoires des flèches dans les carcasses. Grâce à cela et après analyse des microlithes expérimentaux, nous avons pu reconstituer – ou confirmer – les scénarios de leur endommagements et dispersion, en les replaçant au sein des deux squelettes de brebis remontés. Nous avons observé à la fois la manière dont les armatures avaient abîmé les os et la façon dont celles-ci avaient également pu être endommagées (fig. 33).

Fig. 32 : Troisième expérimentation.
a : Dépeçage de la deuxième brebis. b : Décarnisation. c : Tamisage du contenu de la panse (photo A. Henry). d : Fouille des parties molles (photo A. Henry). e : Découverte d'un segment détaché dans l'intestin grêle (photo A. Henry). f : Enregistrement des observations. g : Découverte d'armatures latérales détachées dans le filet.

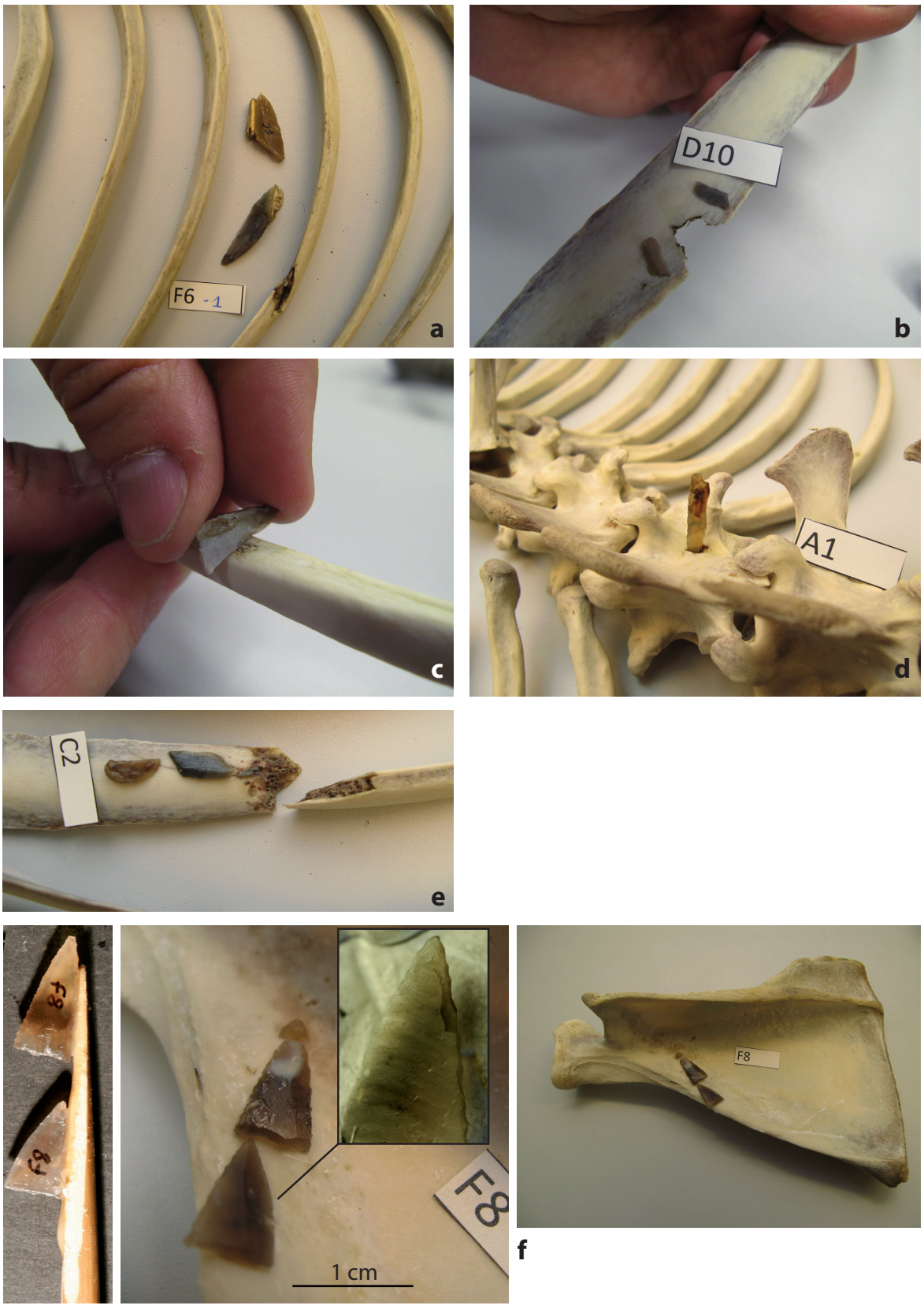


Fig. 33 : Troisième expérimentation. Remontage du squelette et des armatures.
a. Armatures disto-latérale et latérale collées à l'araldite et détachées au retrait, emportant un fragment de la hampe en bois. b. Hypermicrolithes ébréchés, emmanchés latéralement sur une flèche ayant transpercé une côte. c. Armature latérale ébréchée contre une côte. d. Pointe axiale insérée dans une vertèbre et fracturée de manière burinante. e. Pointe disto-latérale fracturée contre une côte, celle-ci est restée sous la peau, tandis que la flèche a continué sa course dans la cage thoracique. f. Armatures disto-latérale et latérale d'une flèche ayant impacté une scapula. Celles-ci se sont détachées à l'impact, l'armature disto-latérale s'est fracturée transversalement et l'armature latérale s'est vraisemblablement entrechoquée avec l'armature disto-latérale, provoquant un enlèvement burinant.

Influence de la position des armatures sur la hampe

Tout comme lors des deux premières expérimentations, il apparaît clairement que la position des microlithes sur la hampe influence le type d'endommagement et le mode de dispersion de l'armature. En effet, les armatures axiales sont les plus endommagées. Quelle que soit leur forme, ces armatures présentent essentiellement des fractures transversales, souvent à languette longue et/ou *spin-off* long et des fragmentations importantes (jusqu'à cinq fragments voire plus quand l'armature « éclate » en impactant un os). *A contrario*, les armatures latérales sont très rarement cassées transversalement et sont moins endommagées en général. Elles portent parfois des fractures burinantes discrètes et des ébréchures le long des bords de leur tranchant.

Influence de la forme des armatures

L'influence de la forme des armatures ne paraît pas avoir d'influence sur leur endommagement et leur dispersion à l'impact. Par exemple, une triple-pointe emmanchée axialement présente une fracture transversale d'impact, tandis qu'une autre triple-pointe emmanchée latéralement présente un enlèvement burinant discret. De plus, concernant le fonctionnement des segments et des triangles, il n'apparaît pas véritablement de différence pour cette expérimentation. En effet, contrairement aux deux premières expérimentations, les segments ne se sont pas beaucoup plus détachés que les triangles puisque parmi les 40 segments retrouvés, 25 se sont détachés dans la carcasse soit 62 % et parmi les 74 triangles isocèles et scalènes retrouvés, 40, soit 54 %, ont également été retrouvés dans la carcasse.

Enfin, comme nous l'évoquions précédemment, l'ensemble des expérimentations réalisées sur des armatures emmanchées de manière axiale (de nombreuses formes et dimensions ayant été testées si l'on pense à toutes les expérimentations de nos prédécesseurs) montrent des pourcentages d'endommagements similaires (de l'ordre de 50 %) et des types d'endommagements identiques à savoir essentiellement des fractures transversales à languette plus ou moins longues et parfois à *spin-off*.

Causes principales de l'endommagement et de la dispersion des armatures

Dans les tableaux 23 à 29, les types d'endommagements et les modes de dispersion selon les types de position d'armatures sur la hampe sont répartis selon les trajectoires des flèches sur lesquelles elles étaient emmanchées.

Il apparaît très clairement que la plupart des endommagements subis par les microlithes sont survenus lors de l'impact de la flèche contre un os et lors du passage entre les côtes.

Concernant les armatures axiales, le facteur principal de leur endommagement est l'impact contre un os. En effet, sur les 7 armatures axiales endommagées, 6 appartiennent à des flèches qui ont impacté un os. Toutes présentent des endommagements diagnostiques d'impact et sont fragmentées en trois parties. La septième armature axiale endommagée était montée sur une flèche ayant atteint la panse : elle n'est cassée qu'en deux parties et présente une fracture transversale non diagnostique d'impact.

Concernant les armatures latérales, deux facteurs principaux d'endommagements apparaissent clairement. Sur les 5 armatures latérales endommagées de manière burinante, 3 se sont fracturées suite à l'impact de la flèche contre un os et 2 suite au passage de la flèche entre 2 côtes. Le nombre total d'occurrences est donc très faible mais il est signifiant étant donné le faible nombre d'endommagements sur les barbelures en général. Par ailleurs, les deux armatures latérales endommagées transversalement lors de cette expérimentation sont également survenues après l'impact de la flèche contre un os. Nous revenons sur les raisons précises de l'endommagement des armatures latérales et disto-latérales plus loin.

Le détachement des armatures latérales et disto-latérales est, quant à lui, un phénomène généralisé. En effet, que les flèches aient impacté des os, franchi la grille costale ou encore traversé la panse, la proportion d'armatures qui se sont détachées de la hampe atteint presque ou dépasse la moitié du total des microlithes retrouvés. Notons que la proportion est particulièrement importante pour les flèches ayant impacté un os.

Ainsi divers scénarios apparaissent désormais pour expliquer les phénomènes de détachement et d'endommagements des armatures latérales.

Scénarios de détachement des armatures disto-latérales et latérales

Deux causes principales sont à l'origine du détachement des armatures disto-latérales et latérales : la contrainte de l'impact qui arrête le projectile au bout de sa course et le retrait des flèches hors des carcasses (phénomène également observé par Crombé *et al.* 2001).

Tout d'abord, la force d'impact est transmise le long de la hampe selon une onde de choc. Cette énergie (phénomène vibratoire) fait vaciller latéralement la hampe (cf. fig.

28). La colle, comme nous l'évoquions plus haut, joue alors le rôle de fusible (si celle-ci n'est pas trop forte, cf. *infra*). C'est l'adhésif qui saute en premier. L'armature latérale se détache dans l'animal, sans s'endommager davantage (à l'instant du décollement) et sans non plus endommager la hampe. Nous avons pu observer que l'impact du projectile contre un os provoquait une onde de choc encore plus intense. Un « clac » sonore accompagnait d'ailleurs parfois cet impact particulièrement violent dont témoignait le vacillement rapide et ample de la flèche. Celle-ci était alors particulièrement facile à retirer de la carcasse. En effet, toutes les barbelures qui pouvaient opposer une résistance au retrait s'étaient alors déjà détachées de la hampe au moment de l'impact (cf. fig. 30g). Les armatures latérales des flèches ayant touché un os se sont donc plus détachées que les autres.

L'autre facteur de détachement est donc le retrait des flèches de la carcasse, si, toutefois, ces armatures présentent une petite pointe. En effet, c'est la barbelure qui retient la flèche puisqu'elle s'oppose à la contrainte du retrait. Ces barbelures ont d'ailleurs un tel pouvoir rétensif qu'elles sont aujourd'hui interdites d'usage. En effet, la flèche reste dans l'animal et cause des dégâts importants avant sa mort (nous reviendrons sur ce point plus loin).

Ainsi, la cause principale du détachement des armatures des flèches ayant atteint l'abdomen est à notre sens le retrait de la flèche. En effet, pour bon nombre de celles-ci, nous avons clairement senti une résistance importante au retrait, cédant au fur-et-à-mesure que les armatures se détachaient dans la carcasse.

Scénarios de fragmentation des armatures latérales

L'impact contre un os, en plus d'être une cause importante de détachement des armatures latérales, est également une raison indirecte de la fracturation de manière burinante des armatures latérales. En effet, celles-ci se détachant violemment, elles s'agglutinent les unes derrière les autres et peuvent s'entrechoquer entre elles provoquant des enlèvements burinants (comme ce fut le cas de la barbelure de la flèche F8, cf. fig. 33f). La présence d'enlèvements burinants (plus ou moins discrets) au sein d'un assemblage de microlithes peut donc être un signe de l'emmanchement en série d'armatures latérales sur les hampes.

L'autre cause apparente de la formation d'enlèvements burinants sur les armatures est le passage de la flèche entre les côtes. L'entrechoquement ponctuel de la petite pointe contre les côtes favorise vraisemblablement l'apparition de ce type de trace. Cette trajectoire du projectile provoque également la formation d'ébréchures sur les bords, ne résultant pas nécessairement du frottement contre l'os mais possiblement de la

dilacération des muscles et des tendons très serrés et denses de la grille costale. En effet, quelques barbelures se sont ébréchées sans laisser de traces sur les côtes. Nous pensons également que cette dilacération de la grille costale peut être à l'origine de la formation d'un micropoli ressemblant à celui laissé par la boucherie. Nous avons d'ailleurs pu en observer un, très discret, associé à des ébréchures sur une des barbelures triangulaires d'une flèche étant passé entre deux côtes.

L'impact contre un os et le passage dans la panse sont également générateur d'ébréchures sur les bords bruts des armatures testées. Lors de la troisième expérimentation, sur les 15 barbelures ébréchées, 7 se sont ébréchées en passant entre deux côtes, 5 en impactant un os et 3 en traversant la panse.

III.3.2.4. Rôle de la ligature

L'ensemble des armatures axiales a été ligaturé puisque la solidité de l'armature, qui absorbe le choc d'impact, se devait d'être particulièrement bien assurée (nous revenons sur ce point plus loin).

Douze armatures disto-latérales et 38 armatures latérales, parmi celles retrouvées, avaient également été ligaturées. Sept armatures emmanchées disto-latéralement se sont détachées dont 4 se sont fracturées transversalement. Parmi les 3 autres qui ne se sont pas détachées, une armature s'est également cassée transversalement. Quinze armatures latérales ligaturées ne se sont pas détachées, tandis que 21 ont été retrouvées dans la carcasse. Une armature s'est même détachée avant pénétration. Enfin, un segment s'est fracturé en deux transversalement, la partie proximale restant fixée à la hampe. Parmi les armatures latérales ligaturées, 9 sont endommagées à la fois par ébréchure du bord, fracture burinante et fracture transversale.

Ainsi d'après les tableaux comparatifs (tab. 30 et tab. 31) sur les endommagements et des modes de dispersion des armatures disto-latérales et latérales ligaturées et non-ligaturées, il n'apparaît aucune différence de fonctionnement entre les barbelures ligaturées et les barbelures non ligaturées. Pour ces armatures, la ligature n'a donc pas eu d'influence sur l'endommagement et la dispersion. Par contre, le constat est bien différent pour les microlithes emmanchés disto-latéralement. En effet, les armatures disto-latérales ligaturées s'endommagement davantage mais se détachent aussi plus dans la carcasse que celles non ligaturées. Nous n'expliquons pas ces faits contradictoires. Toutefois, étant donné le faible nombre de microlithes emmanchés disto-latéralement, les corpus d'armatures ligaturées et non ligaturées ne sont pas représentatifs d'un point de vue statistique et il est possible que d'autres facteurs soient à prendre en compte. Ainsi sur les

12 flèches ayant été emmanchées avec une armature disto-latérale ligaturée, 5 ont frappé un os et 4 ont franchi la grille costale. Neuf microlithes emmanchés disto-latéralement et ligaturés ont donc été soumis à des contraintes particulièrement violentes pouvant expliquer leur détachement et/ou leur endommagement malgré la ligature.

	Armatures disto-latérales non-ligaturées	Armatures disto-latérales ligaturées	Armatures latérales non-ligaturées	Armatures latérales ligaturées
Armatures endommagées	4 (17 %)	5 (42 %)	11 (22 %)	9 (24 %)
Armatures non endommagées	20 (83 %)	7 (8 %)	39 (78 %)	29 (6 %)
Total	24 (100 %)	12 (100 %)	50 (100 %)	38 (100 %)

Tab. 30 : Troisième expérimentation. Comparaison des taux d'endommagement des armatures disto-latérales et latérales ligaturées et non-ligaturées.

	Armatures disto-latérales non-ligaturées	Armatures disto-latérales ligaturées	Armatures latérales non-ligaturées	Armatures latérales ligaturées
Détachées	8 (33 %)	7 (58 %)	30 (60 %)	21 (55 %)
Non détachées	16 (67 %)	5 (42 %)	19 (38 %)	15 (39 %)
Détachées avant pénétration	0	0	1 (2 %)	1 (3 %)
Armatures partagées entre la hampe et l'animal	0	0	0	1 (3 %)
Total	24 (100 %)	12 (100 %)	50 (100 %)	38 (100 %)

Tab. 31 : Troisième expérimentation. Comparaison des comportements de dispersion des armatures disto-latérales et latérales ligaturées et non-ligaturées.

III.3.2.5. Rôle de l'araldite

Cinquante-trois microlithes (dont un emmanché axialement, 23 emmanchés disto-latéralement et 29 emmanchés latéralement) ont été fixés au moyen d'araldite. Il s'est finalement avéré que cette colle n'était pas la plus efficace. En effet, elle ne jouait pas son rôle de fusible et lorsqu'une armature disto-latérale ou latérale se détachait, elle emportait le plus souvent un fragment de la hampe en bois (cf. fig. 33a). Cette colle était donc finalement trop forte.

III.3.2.6. Rôle des barbelures

Cette session de tirs nous a permis de bien apprécier le rôle rétensif des barbelures puisque, cette fois, nous avons retiré les flèches à la main après chaque tir. Ainsi, il apparaît que l'armature latérale plutôt amovible comme nous l'avons vu est destinée tantôt à se détacher dans l'animal, tantôt à maintenir le projectile dans la cible. Statistiquement, après un tir, toutes les flèches conservent au moins une armature qui la maintient dans la carcasse et au moins une autre qui se détache en amplifiant certainement son pouvoir vulnérant – sauf dans le cas où la flèche impacte un os.

Nous discuterons plus loin plus précisément de ce rôle dilacérant de ces barbelures.

III.3.2.7. Concernant les flèches sans armature axiale

Comme nous l'évoquions plus haut, nous avons testé un type de flèche dont la pointe est constituée simplement de la partie distale de la hampe en bois appointée et durcie au feu. Des armatures étaient placées latéralement (cf. fig. 30a3 et 30b3). 8 tirs ont été effectués avec ces flèches, 3 ont manqué la cible. 2 flèches ont atteint la panse (profondeurs de pénétration de 22 cm et de 17 cm), 2 ont touché un os et une est passée entre les côtes (profondeur de pénétration de 24,5 cm). Finalement, l'absence de pointe axiale en pierre n'a pas été un frein à la pénétration de la flèche. Par contre, plusieurs hampes ont été endommagées au niveau de la pointe en bois (4). Malgré tout, les dommages se limitant à l'extrémité axiale du fût, les 4 hampes fracturées auraient pu être récupérées et faire l'objet d'une réfection.

III.4. Résultats du travail effectué en collaboration avec le CEPAM et le CEMEF et quatrième session expérimentale de tirs

III.4.1. Résultats du travail effectué sur le rôle de la colle,

en collaboration avec Yves Gaillard, Evelyne Darque-Ceretti, Martine Regert, Marion Vidal, Eric Felder, Maxime Rageot et Alain Burr (Gaillard *et al.* sous presse)

Suite à notre problème d'adhérence des barbelures observé lors des deux premières expérimentations, nous nous sommes interrogée sur son origine. Cette question fut alors soumise aux chimistes du CEPAM et physiciens du CEMEF cités ci-dessus, dans le cadre de l'ANR EXSUDARCH (EXSUDats et goudrons végétaux en ARCHéologie) dirigé par M. Regert. Un nouveau protocole a dû être mis en place.

III.4.1.1. Évaluation de la solidité du mélange résine de pin/cire d'abeille

L'investigation a tout d'abord porté sur la rhéologie du mélange résine de pin et cire d'abeille. La résine de pin (ou colophane) est une substance particulièrement collante mais aussi très cassante. C'est pourquoi on y ajoute de la cire d'abeille, rendant l'ensemble plus plastique. Différents tests mécaniques en compression/traction ont été réalisés afin d'éprouver l'adhérence entre deux morceaux de bois de pin puis entre un morceau de pin et un morceau de silex (reproduisant l'adhérence entre la hampe et le silex) pour différentes proportions résine/cire (Alaili 2010, Gaillard *et al.* 2013, Gaillard *et al.* sous presse).

III.4.1.2. Comportement balistique de notre colle expérimentale

Il restait alors à vérifier l'efficacité de ce mélange en contexte balistique, le frottement à haute vitesse des matériaux (vitesse d'impact d'environ 30 m/s pour une flèche tirée avec un arc d'une puissance de 45 livres, Carrère 1990) impliquant des déformations particulièrement importantes.

Tests balistiques

Yves Gaillard a alors mis en place un système permettant des tirs parfaitement reproductibles. Un arc simple *longbow* avait été placé horizontalement sur un support immobile et relié à une cellule de force permettant de faire varier la tension de la corde et du même coup la vitesse de tir. Une cible en gélatine[6] parallélépipédique était placée

6 Communément utilisée en balistique car reproduisant la résistance de la chair.

à hauteur du tir et à dix mètres du dispositif. Une caméra rapide permettait d'observer le comportement de la colle et le détachement éventuel des armatures latérales.

Huit mélanges dans lesquels variait la quantité de cire (10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 % et 80 %) ont été testés. Cette colle servait à fixer trois barbelures latéralement sur une hampe de flèche en bois de pin appointée (cf. fig. 30b3). La flèche a été tirée à différentes vitesses de 30 m/s à 50 m/s. Il est apparu qu'à une vitesse « réaliste » de 30 m/s et pour des mélanges contenant de 70 % à 80 % de cire d'abeille, aucune barbelure ne se détachait, *a contrario* des autres mélanges. Sur la figure 34 est visible une flèche en cours de pénétration dans la gélatine montrant le détachement de trois barbelures fixées au moyen de cire d'abeille pure (100 %). Les barbelures sont entourées d'un cercle rouge sur la figure.

Yves Gaillard (Gaillard *et al.* 2013) a ainsi pu mettre en évidence un comportement assez particulier de l'adhésif : plus celui-ci était soumis à des vitesses d'impact importantes, plus il durcissait. C'est pourquoi, la cire, ramollissant l'ensemble, était nécessaire en grande quantité afin de rendre élastique le contact entre la hampe et l'armature. L'adhésif se déforme alors sans se casser et assure de cette manière l'adhérence de l'armature au moment particulièrement délicat de la pénétration.

Implication du comportement de la colle sur le comportement de l'armature à l'impact

Notre problème de colle était donc probablement lié au fonctionnement même des armatures de projectile latérales. En effet, leur position parallèle à la hampe rend particulièrement fragile leur emmanchement. Ces objets sont donc très sensibles à la déformation de l'adhésif et la colle se doit d'être ni trop plastique, ni trop cassante. Les pointes axiales emmanchées quant à elles dans la continuité de la hampe ne sont pas aussi exigeantes en termes de colle, bien qu'une ligature paraisse indispensable, comme nous l'a montré la quatrième session expérimentale (cf. *infra*). La colle sert alors plus à « calfater » la ligature qu'à fixer l'armature elle-même.

C'est également pour cette raison que les barbelures de notre troisième expérimentation ont plutôt bien tenu à l'impact contrairement aux deux premières où la cire comptait pour environ 30 %. En effet, le bâton d'adhésif que nous avions acheté dans le commerce (cf. *supra*), pourtant vendu comme de la résine de pin et destiné à coller des pointes de flèche, n'était finalement pas constitué de colophane pure mais d'un mélange de divers constituants dont un plastifiant en assez grande quantité (après analyse chimique réalisée par Maxime Rageot, doctorant, Université de Nice Sophia-Antipolis, CEPAM).

Fig. 34 : Expérimentation sur gélatine. Observation du comportement de la colle et des armatures par transparence. Ici, trois armatures latérales se détachent au début de leur pénétration (séquence d'images réalisées à partir d'une vidéo obtenue par caméra rapide). Photos et DAO : Y. Gaillard, d'après Gaillard *et al.* (sous-presse).

Perspectives sur les types de colle à tester

Précisons enfin que la colle expérimentale que nous avons utilisée n'a jamais été formellement reconnue. C'est une colle communément utilisée en expérimentation archéologique car facile à obtenir. Elle reste réaliste puisque les Mésolithiques de nos

régions avaient certainement à disposition pin sylvestre (Heinz et Thiébault 1998 ; Thiébault 1999), et cire d'abeille (via la collecte dans des ruches sauvages). Toutefois, pour cette période, seul du brai de bouleau (matière adhésive obtenue par réduction de l'écorce de bouleau) a jusqu'alors été caractérisé de manière rigoureuse dans nos régions (Aveling, Heron 1998 ; Aveling, Heron 1999 ; Stern *et al.* 2006), c'est-à-dire au moyen d'une méthode fondée sur des analyses en chromatographie en phase gazeuse, couplée à la spectrométrie de masse, permettant de séparer les différents constituants moléculaires du mélange afin d'obtenir le spectre de chacun d'eux et pouvoir les identifier précisément (Regert *et al.* 2006, Gaillard *et al.* sous-presse).

Il nous est arrivé d'observer des résidus sur certains microlithes de notre corpus. Malheureusement, ceux-ci étaient toujours en trop faibles quantités pour pouvoir faire l'objet d'une analyse chimique (M. Regert, communication orale).

Il serait tout de même primordial de réaliser ce genre de tests rhéologiques et balistiques sur d'autres types de colle « réalistes » pour notre période, comme, par exemple, le brai de bouleau ou des colles incluant résine et cire d'abeille auxquelles serait ajoutée une charge – argile, cendre ou encore ocre – qui auraient le pouvoir de lier davantage l'ensemble en réduisant la fraction aqueuse du mélange. En effet, nous l'avons vu, la rhéologie de l'adhésif d'un projectile peut être déterminante dans la compréhension du fonctionnement de celui-ci.

L'exploration des adhésifs préhistoriques est un vaste – et passionnant – champ d'investigation comme a pu nous le montrer notre participation à l'ANR EXSUDARCH, réunissant tout à la fois archéologues, ethnoarchéologues, paléoenvironnementalistes, chimistes et physiciens.

III.4.1.3. Rôle dilacérant des barbelures (et des armatures de projectile en général)

Dilacération par les armatures et profondeur de pénétration

Nous avons également pu profiter du dispositif de tir (cf. III.4.1.2. « tests balistiques ») pour évaluer le rôle dilacérant des armatures latérales. Avec le mélange optimal (constitué de 30 % de résine de pin et de 70 % de cire), différents montages furent réalisés avec un rang, deux rangs et même quatre rangs de barbelures (fig. 35). Tous furent tirés à 35 m/s. Une flèche nue, sans armature latérale et simplement appointée, a également été tirée. La profondeur de pénétration dans la gélatine a été mesurée pour chaque flèche tirée (tab. 32 et fig. 36), ainsi que les endommagements de la gélatine elle-même. La

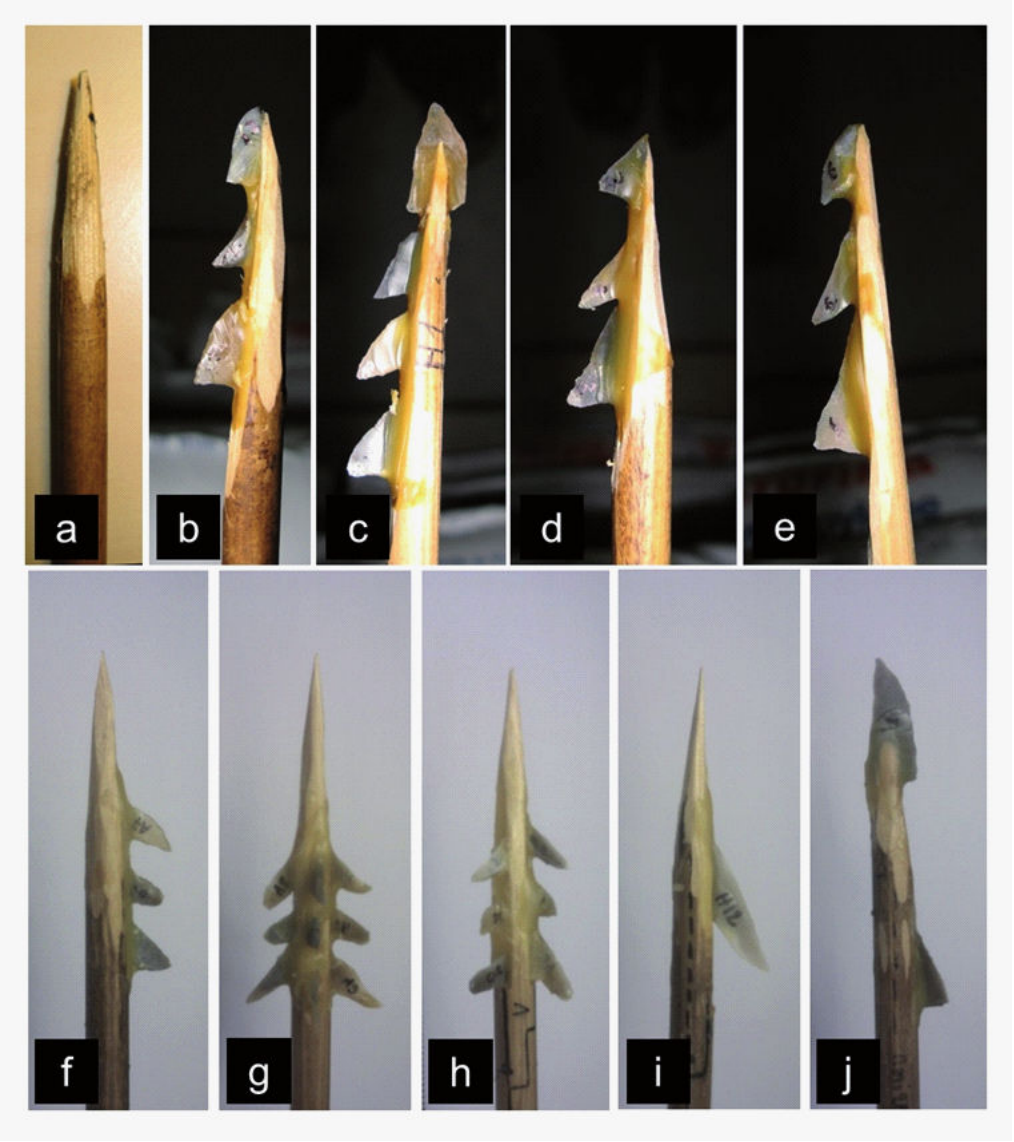


Fig. 35 : Expérimentations au CEMEF. Les différents montages testés.
Le montage g présente quatre rangs de barbelures et le h, deux rangs de barbelures.
Photos : L. Chesnaux et Y. Gaillard, DAO : Y. Gaillard, d'après Gaillard *et al.* (sous-presse).

Types de montage	Profondeurs de pénétration (en cm)
Montage avec une pointe et une barbelure (fig. 35j)	16,5
Montage avec un rang de trois barbelures (fig. 35f)	15,5
Montage avec deux rangs de trois barbelures (fig. 35h)	15,2
Montage avec une seule barbelure (fig. 35i)	15
Montage avec quatre rangs de trois barbelures (fig. 35g)	14,8
Bois seul	13,5

Tab. 32 : Expérimentation au CEMEF. Comparaison des distances de pénétration dans la gélatine selon le type de montage.

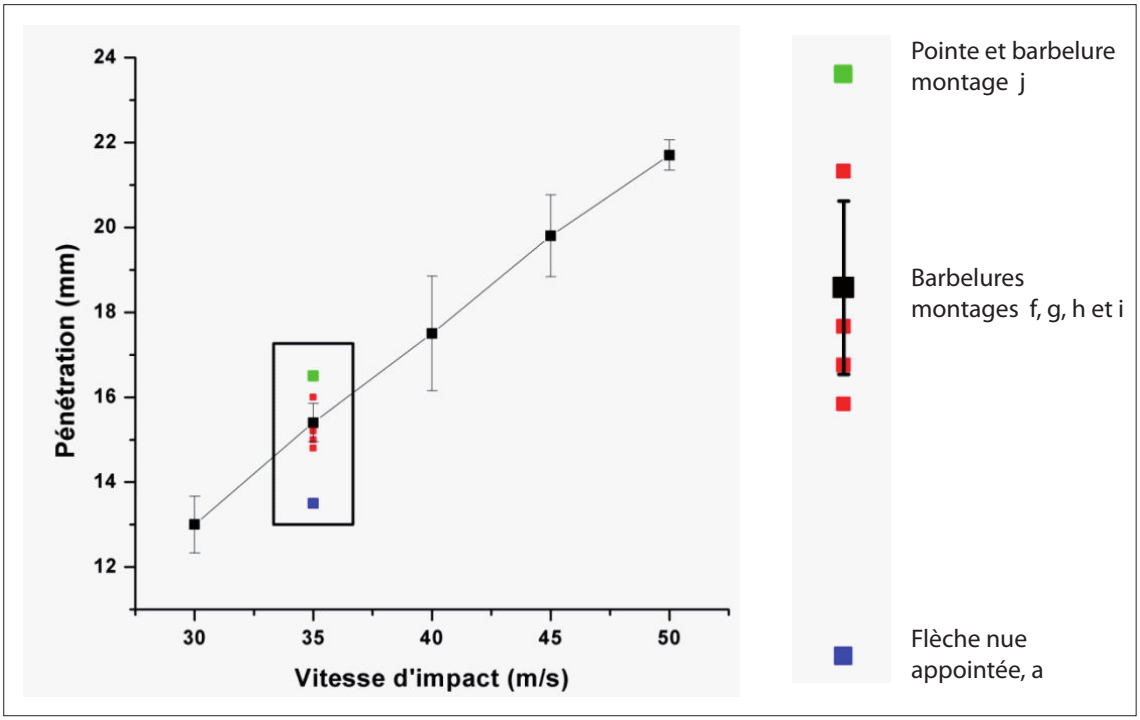


Fig. 36 : Graphique représentant les profondeurs de pénétration des différents montages testés selon la vitesse de tir. Analyse et DAO : Y. Gaillard, d'après Gaillard *et al.* (sous-presse).

dilacération causée par les flèches présentant plusieurs rangs de barbelures est bien visible sur la fig. 37b, tandis que la flèche nue n'a pas du tout dilacéré la gélatine (fig. 37a). Il apparaît que le montage le plus efficace du point de vue de la profondeur de pénétration et des dégâts engendrés sur son passage, est celui présentant une pointe axiale – avec un tranchant longitudinal – et une barbelure (cf. fig. 35j et fig. 37c). En effet, d'une part, ce type de flèche est celui qui pénètre le plus loin dans la gélatine (16,5 cm). D'autre part, une seule rangée de barbelures est finalement suffisante pour engendrer une dilacération importante. En effet, la dilacération créée par une seule rangée de barbelures ou même une seule armature axiale, disto-latérale ou encore latérale, à la condition qu'elle présente un tranchant (longitudinal ou non d'ailleurs), s'étend de manière symétrique dans la gélatine (fig. 37c). Ainsi l'angle formé par l'armature axiale – ou disto-latérale – correspond à l'angle de dilacération de la flèche (cf. fig. 10) qui s'étend symétriquement de part et d'autre de la hampe qui en est en quelque sorte la bissectrice. Et plus la profondeur de pénétration est importante, plus la déchirure se propage selon cet angle de dilacération. Il est probable qu'ajouter des armatures latérales permet d'améliorer la profondeur de pénétration, de créer davantage de blessures secondaires et selon leur morphologie de retenir la flèche dans l'animal.

Le montage disto-latéral n'a pas été testé lors de cette expérimentation, il est envisageable néanmoins, que ses performances soient identiques au précédent montage à armature axiale. Nous n'avons pas non plus testé d'armature axiale sans tranchant comme

les pointes de Sauveterre. Il est possible que celles-ci pénètrent moins la matière, leur pouvoir de dilacération étant moindre étant donné l'absence de tranchant.

De nombreuses possibilités restent donc encore à tester.

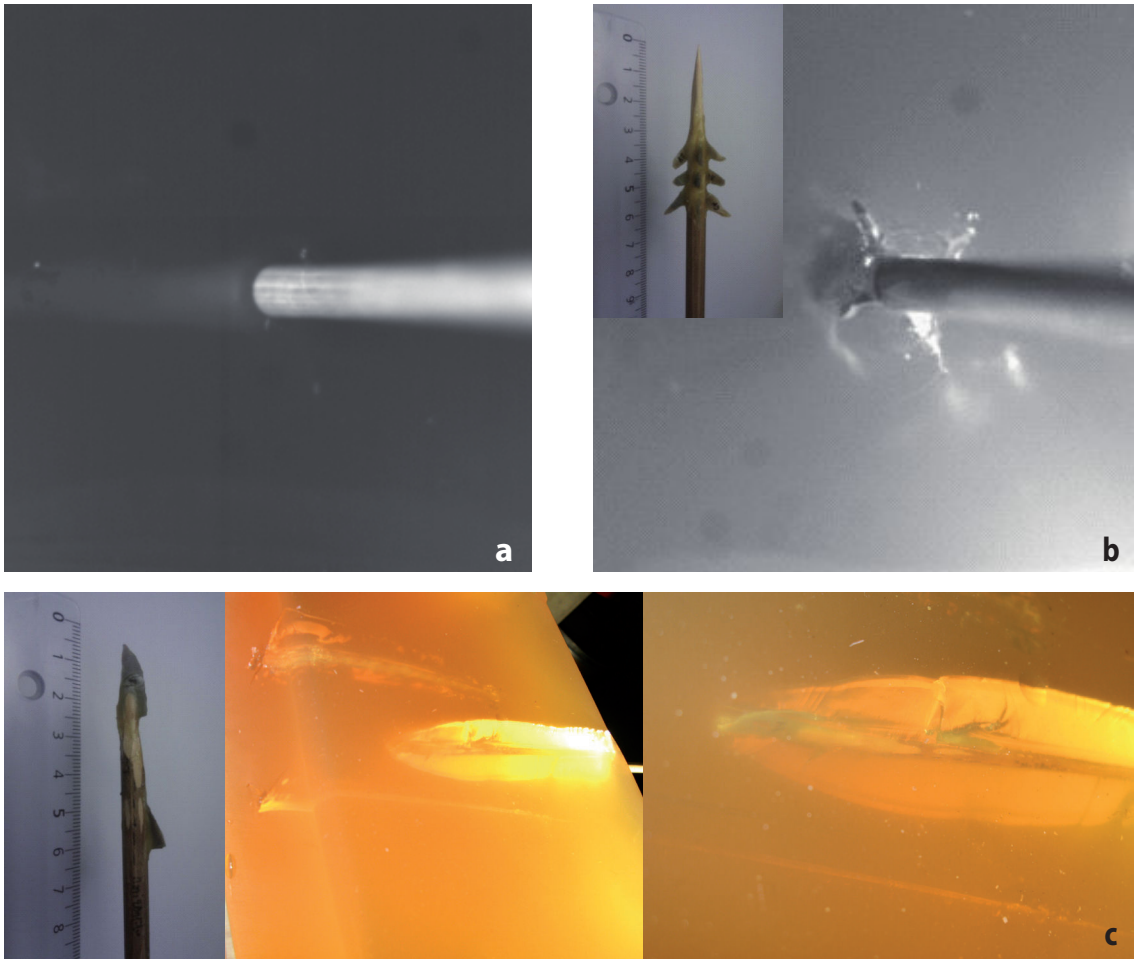


Fig. 37 : Expérimentation au CEMEF. Rôle des barbelures.
a : Aucune lacération n'est visible dans la gélatine, la flèche est nue.
b : Quatre lacérations sont visibles, correspondant au passage des rangs d'armatures latérales.
c : Bien que la flèche ne présente qu'un rang d'armatures, la lacération s'étend symétriquement de part et d'autre de la flèche.

Bilan

Finalement, d'après les tests réalisés sur la gélatine, du point de vue du projectile, la profondeur de pénétration et une partie des blessures infligées ne dépendent pas de la longueur du tranchant des armatures mais de la présence d'au moins un tranchant même court qui puisse initier la dilacération qui se propage alors rapidement le long de la flèche. La profondeur de pénétration est donc certainement favorisée par la bonne acuité du tranchant de l'armature. On comprend alors mieux le rôle des hypermicrolithes, qui, malgré, leurs très faibles dimensions ont pu tout de même être très efficaces.

Ces résultats doivent bien sûr être pondérés puisque nous n'étions pas en condition réaliste. Cependant, à paramètres de tirs identiques, cette expérimentation permet de comparer l'efficience de différents montages. Et à ce titre, il serait intéressant que ce type de test simple (puisque nous disposons désormais de tout le dispositif nécessaire) soit systématisé afin d'évaluer, dans l'absolu, les potentialités de nos reconstitutions archéologiques.

III.4.2. Quatrième session expérimentale de tirs : efficacité des tirs sur sanglier

III.4.2.1. Présentation

Cette dernière session était nécessaire afin d'évaluer l'efficacité de la colle sur la peau du sanglier (boucler la boucle en quelque sorte). Etait-ce véritablement un problème de colle ou était-ce un problème de gibier ?

Ainsi, nous avons utilisé le dispositif de tir (décrit précédemment, cf. *supra*), mis en place dans le sous-sol du CEMEF. Une épaule de sanglier entière (acquise auprès de chasseurs locaux) avec une partie des côtes avait été placée devant un carton plein et lesté. L'ensemble avait été agencé de manière à recevoir l'impact des tirs sans se déstabiliser (fig. 38a). Une série de 14 flèches a été tirée. Ces flèches présentaient deux types de montage (cf. fig. 35c à fig. 35e). En tout, 32 microlithes ont été testés dont 7 armatures emmanchées axialement (pointes à troncature oblique et triangles scalènes), 7 armatures emmanchées disto-latéralement (triangles scalènes et segment) et 18 armatures emmanchées latéralement (triangles scalènes, triangles isocèles et segments). Tous les microlithes avaient bien sûr été fixés au moyen de colle avec mélange optimal précédemment testé (70 % de cire pour 30 % de résine). Néanmoins, complètement accaparée par le test de cette colle, nous avons oublié d'assurer les emmanchements axiaux et disto-latéraux par une ligature. Ainsi l'armature trop fragile n'a pas toujours pu absorber et transmettre le choc d'impact le long de la hampe. Six flèches ont donc rebondi sans pénétrer la peau du sanglier, deux ont atteint la cible mais ne l'ont pas pénétré (l'armature en tête de hampe s'est brisée au niveau de l'emmanchement et s'est enfoncée dans la hampe). Toutefois, lorsque, par chance (6 occurrences), l'armature axiale ou disto-latérale tenait bon, l'ensemble des armatures réussissait à pénétrer la carcasse et lacérait de manière importante la peau et la chair du sanglier (fig. 38b).

Nous avons donc pu en conclure que ces flèches pouvaient bien être utilisées sur des sangliers, à condition que l'emmanchement des armatures axiales soit fermement ligaturé (comme nous l'avions fait pour les deux premières expérimentations) afin de transpercer sa peau beaucoup plus épaisse (8 à 15 mm) que celle de la brebis (2 à 4 mm) par exemple.

a b

Fig. 38 : Quatrième expérimentation.
a : Cible. b : Lacération dans la peau du sanglier.

III.4.2.2. Dispersion et fragmentation des armatures axiales, disto-latérales et latérales

Les comportements de dispersion et de fragmentation de ces armatures ont été enregistrés de la même manière que les trois autres sessions de tirs . Nous avons ajouté ces résultats à la construction de notre modèle expérimental.

	Armature perdue	Armatures endommagées	Armatures intactes	Total
Nombre	1	5 soit 16 % du total des armatures retrouvées	26 soit 84 % du total des armatures retrouvées	32

Tab. 33 : Quatrième expérimentation. Décompte des armatures perdues, endommagées et intactes.

	Armatures axiales	Armatures disto-latérales	Armatures latérales
Nombre	7	7	18
dont armatures endommagées	3	2	0

Tab. 34 : Quatrième expérimentation. Décompte des armatures selon leur mode d'emmanchement.

	Armatures axiales	Armatures disto-latérales	Armatures latérales
Fracture transversale (dont fracture diagnostique)	3 (1)	2 (1)	0
Fracture burinante	0	0	0
Ebréchure	0	0	0
MLIT	0	0	0
Total	3	2	0

Tab. 35 : Quatrième expérimentation. Décompte des types d'endommagements des armatures selon leur mode d'emmanchement.

	Tir au but	Tirs ripés	Total
Nombre	8	6	14
Nombre de flèches fracturées	2	5	7
Moyenne des profondeurs de pénétration	9 cm	–	–
Nombre total d'armatures retrouvées	17	15	32
Armatures perdues	0	1	1
Armatures endommagées	3	2	5
Armatures non endommagées	14	12	26
Armatures détachées dans l'animal	9	1	10
Armatures partagées entre la hampe et l'animal	0	0	0
Armatures non détachées	5	3	8
Armatures détachées dans poils et par terre	3	10	13

Tab. 36 : Quatrième expérimentation. Endommagements et dispersion des armatures selon leur trajectoire.

a

	Tirs au but	Tirs ripés	Total
Nombre d'armatures intactes	2	2	4
Nombre d'armatures endommagées	2	1	3
Fracture transversale non diagnostique	1	1	2
Fracture transversale diagnostique	1	0	1
Fracture burinante	0	0	0
Ebréchure	0	0	0
Fragmentation en plus de deux parties	0	0	0
Nombre d'armatures ayant plusieurs endommagements	0	0	0

b

	Tirs au but	Tirs ripés	Total
Armature non détachée	2	1	3
Armature détachée entière	1	1	2
Armature détachée fracturée	0	0	0
Fragments d'armatures dans l'animal et sur la hampe non détachés	0	1	1
Armatures détachées dans poils et par terre	1	1	2

1

a

	Tirs au but	Tirs ripés	Total
Nombre d'armatures intactes	3	1	4
Nombre d'armatures endommagées	1	1	2
Fracture transversale non diagnostique	0	1	1
Fracture transversale diagnostique	1	0	1
Fracture burinante	0	0	0
Ebréchure	0	0	0
Fragmentation en plus de deux parties	0	0	0
Nombre d'armatures ayant plusieurs endommagements	0	0	0

b

	Tirs au but	Tirs ripés	Total
Armature non détachée	0	0	0
Armature détachée entière	3	0	3
Armature détachée fracturée	1	0	1
Fragments d'armatures dans l'animal et sur la hampe non détachés	0	0	0
Armatures détachées dans poils et par terre	0	2	2
Armature perdue	0	1	1

2

a

	Tirs au but	Tirs ripés	Total
Nombre d'armatures intactes	9	9	18
Nombre d'armatures endommagées	0	0	0
Fracture transversale non diagnostique	0	0	0
Fracture transversale diagnostique	0	0	0
Fracture burinante	0	0	0
Ebréchure	0	0	0
Fragmentation en plus de deux parties	0	0	0
Nombre d'armatures ayant plusieurs endommagements	0	0	0

b

	Tirs au but	Tirs ripés	Total
Armature non détachée	3	2	5
Armature détachée entière	4	0	4
Armature détachée fracturée	0	0	0
Fragments d'armatures dans l'animal et sur la hampe non détachés	0	0	0
Armatures détachées dans poils et par terre	2	7	9

3

Tab. 37 : Quatrième expérimentation.
Endommagements (a) et dispersion (b) des armatures axiales (1), disto-latérales (2) et latérales (3) selon la trajectoire des flèches.

Endommagements et dispersion des armatures placées en tête de hampe (emmanchements axiaux et disto-latéraux)

Sur les 13 armatures axiales et disto-latérales retrouvées, 5 (dont 3 armatures axiales et 2 armatures disto-latérales) se sont fracturées. Deux armatures axiales et une armature disto-latérale se sont fracturées transversalement de manière nette et une armature axiale et une armature disto-latérale présentent une fracture transversale à languette diagnostique.

Deux armatures emmanchées en tête de hampe de flèches ayant ripé contre la cible se sont fracturées à l'impact et tous les fragments ont été retrouvés dans les poils de l'épaule du sanglier.

Parmi les 8 tirs qui ont atteint la cible, 3 armatures en tête de hampe de ces flèches se sont fracturées, dont deux issues de flèches qui n'ont pas pénétré. Seules 2 ne se sont pas détachées. Les 6 autres se sont donc toutes détachées dans la cible et dans les poils (pour les 2 qui n'ont pas pénétré). Nous n'avions pas observé un détachement aussi important pour les autres armatures emmanchées en tête de hampe lors des trois autres expérimentations précédentes. A notre sens, leur détachement plus important est lié au fait qu'elles n'étaient pas ligaturées.

Endommagements et dispersion des armatures latérales

Sur les 18 barbelures emmanchées, toutes ont été retrouvées. Aucune n'est endommagée. Neuf n'ont pas pénétré la cible (elles ont été retrouvées dans les poils ou par terre). Sur les 9 barbelures qui ont pénétré la cible, 4 se sont détachées et 5 ne se sont pas détachées.

Bilan

Même si ces résultats sont quelque peu biaisés par le grand nombre de flèches n'ayant pas ou mal pénétré la cible, les endommagements sont plutôt similaires à ceux obtenus pour les trois autres expérimentations. En effet, les armatures placées en tête de hampe sont davantage endommagées que les armatures placées le long de la hampe en retrait du choc d'impact (d'ailleurs, pour cette expérimentation, elles ne le sont même pas).

Concernant le détachement des armatures emmanchées en tête en hampe, ils diffèrent puisqu'un nombre important de celles-ci se sont détachées faute de ligature.

III.4.2.3. Rôle de la ligature des armatures axiales

Cet oubli de ligature pour l'emmanchement des armatures axiales et disto-latérales nous a permis de mettre en évidence que celle-ci avait une importance primordiale dans la cohésion de l'ensemble particulièrement fragilisé par le choc d'impact. Ainsi il apparaît que, sans ligature, presque trois quart des flèches n'ont pas pénétré la cible.

Dans le cadre d'expérimentations de tirs de flèches emmanchées avec des reproductions de microgravettes, S. Soriano (1998) avait testé deux types d'emmanchements axiaux, le premier était ligaturé et le second n'était pas ligaturé. Il a pu observer que, pour les pointes non ligaturées, « le taux de désolidarisation est plus de quatre fois supérieur à celui du type axial ligaturé » (p. 86). Et, fait important, la désolidarisation se fait, dans la plupart des cas, avant pénétration de la flèche.

Ainsi, du fait de l'énergie importante produite par l'impact, il apparaît qu'au moins pour le sanglier, il était indispensable, pour nous, de ligaturer les armatures axiales.

III.5. Vers un modèle expérimental

Il est important de noter, tout d'abord, la grande homogénéité des résultats obtenus pour les quatre expérimentations.

III.5.1. Spécificités des taux d'endommagements et des stigmates

(tab. 38 et 39 et fig. 39)

Au cours des quatre sessions expérimentales de tirs, il apparaît très nettement que les types et la fréquence d'endommagements à l'impact des armatures ne dépendent pas directement de la forme (cf. *supra*) de ces dernières mais de leur exposition à l'impact et donc de leur position sur la hampe.

Sous l'effet de la contrainte mécanique appliquée dans l'axe longitudinal de l'objet, lorsque la pointe est placée dans l'axe de la hampe (en bout), c'est elle qui absorbe la contrainte la première et violemment car celle-ci n'est pas répartie. Par contre, lorsque l'armature est placée le long de la hampe en partie distale ou à distance de l'extrémité pénétrante de la flèche, c'est la colle qui est fragile. Les armatures disto-latérales et latérales se détachent fréquemment et s'endommagent très rarement.

L'ensemble des endommagements obtenus avec les trois types d'emmanchement lors des quatre expérimentations sur carcasses entières est récapitulé dans les tableaux 38 et 39.

	Nombre d'armatures endommagées	Nombre d'armatures intactes
Axial	50 soit **65 %**	27 soit **35 %**
Disto-latéral	11 soit **26 %**	31 soit **74 %**
Latéral	39 soit **14 %**	245 soit **86 %**

Tab. 38 : Ensemble des quatre expérimentations sur carcasses entières. Tableau comparatif des pourcentages d'endommagements des armatures selon leur position sur la hampe.

	Fractures transversales diagnostiques (avec ou sans spin-off)	Fractures transversales non diagnostiques (avec ou sans spin-off)	Fractures burinantes	Ebréchures	Strie	Intactes	Nombre d'armatures ayant plusieurs endommagements
Axial	20 sur un total de 77 soit **26%**	27 sur un total de 77 soit **35%**	3 sur un total de 77 soit **4%**	**0**	**0**	27 sur un total de 77 soit **35%**	20 sur un total de 77 soit **26%**
Disto-latéral	2 sur un total de 42 soit **5%**	7 sur un total de 42 soit **17%**	2 sur un total de 42 soit **5%**	1 sur un total de 42 soit **2%**	**0**	31 sur un total de 42 soit **74%**	3 sur un total de 42 soit **7%**
Latéral	**0**	6 sur un total de 284 soit **2%**	14 sur un total de 284 soit **5%**	18 sur un total de 284 soit **6%**	1 sur un total de 284 soit **0,5%**	245 sur un total de 284 soit **86%**	1 sur un total de 284 soit **0,5%**

Tab. 39 : Ensemble des quatre expérimentations sur carcasses entières. Tableau comparatif des pourcentages des différents types d'endommagements selon la position de l'armature sur la hampe.

Les armatures emmanchées axialement, subissant donc de plein fouet l'impact, se fracturent avec une fréquence de 65 %. 30 % de ces armatures axiales sont fracturées de manière diagnostique. Les endommagements sont majoritairement des fractures transversales (61 % du total des pointes observées) dont 26 % sont diagnostiques et présentent une languette et/ou des *spin-off* supérieurs à 2 mm de long. 26 % des armatures axiales sont fragmentées en plus de deux parties. Les fractures burinantes partant de l'extrémité distale sont rares : de 4 % seulement. Ce taux est très semblable à celui d'autres expérimentations ayant testé des emmanchements de types axiaux (notamment Fischer *et al.*, 1984 et Crombé *et al.*, 2001).

Les armatures emmanchées disto-latéralement sont moins fréquemment fragmentées (26 %) et peu souvent de manière diagnostique (10 %). Il semble que, les forces étant réparties entre l'armature et la hampe, l'élément lithique soit moins soumis à la contrainte violente liée à l'impact. À l'instar des armatures axiales, les endommagements des armatures emmanchées disto-latéralement sont transversaux et/ou burinants au niveau des deux extrémités pointues sans position préférentielle.

A contrario, il est très rare que les armatures emmanchées latéralement et distantes de l'extrémité pénétrante de la flèche se fracturent transversalement (seulement 2 % et jamais de manière diagnostiques). Elles sont endommagées avec une fréquence de 14 % (6 % sont ébréchées, 5 % portent un enlèvement burinant et 2 % sont à la fois ébréchées et fracturées transversalement).

Le type d'emmanchement disto-latéral présente donc des endommagements qualitativement semblables à ceux du type axial mais dans des proportions similaires au type latéral. Aucun endommagement n'est diagnostique à lui seul d'une position de l'armature sur la hampe. Mais c'est la proportion des différents types d'endommagements burinants et transversaux au sein d'un assemblage qui peut témoigner du (ou des) fonctionnement(s) des armatures le constituant. Si les ébréchures sont parfois diagnostiques d'impact, elles ne peuvent participer à la reconnaissance d'une position de l'armature sur la hampe. En effet, de manière générale, elles peuvent se former le long du tranchant brut actif d'une armature quelle que soit sa position sur la hampe.

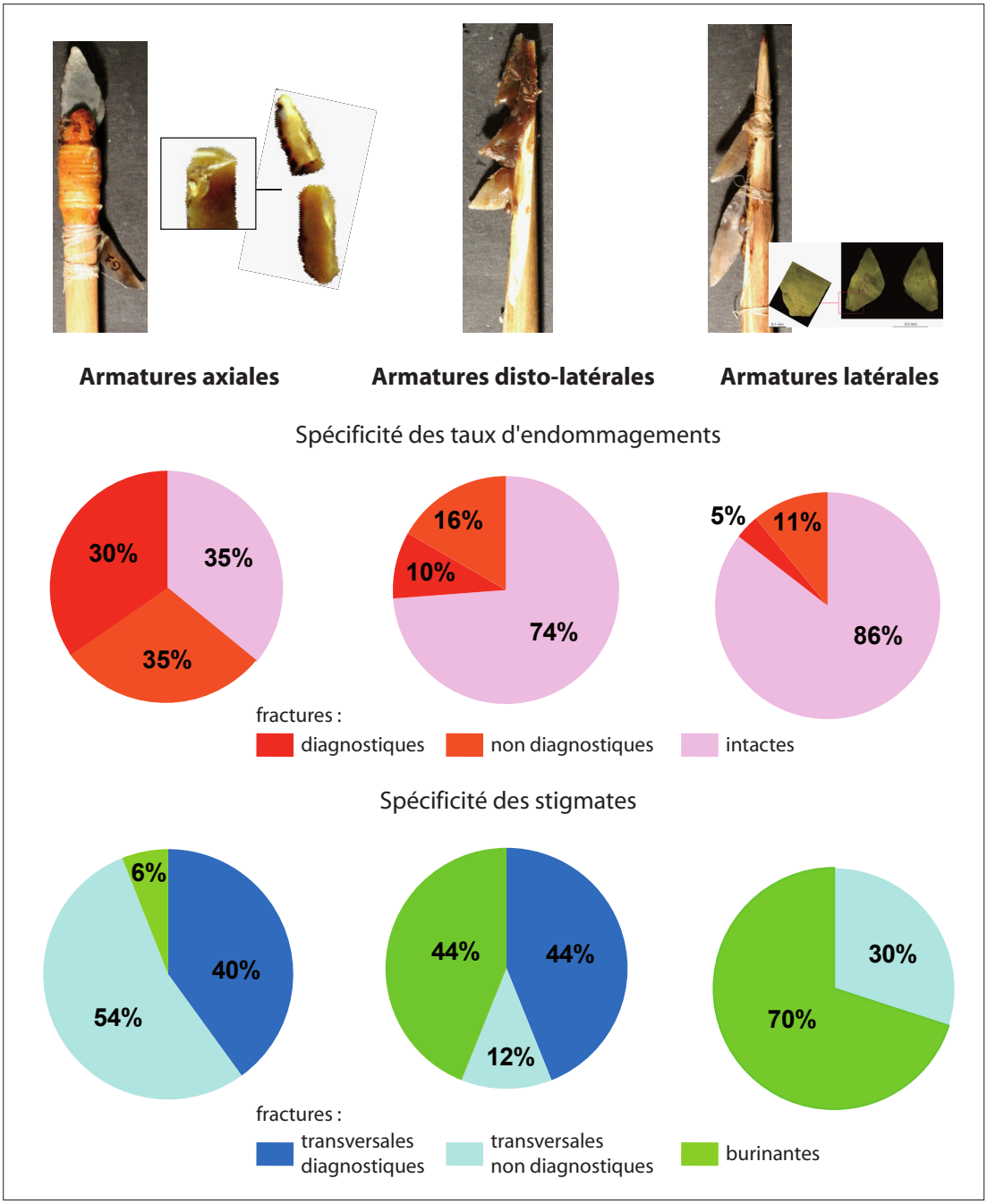


Fig. 39 : Vers un modèle expérimental. Spécificité des taux d'endommagements et des stigmates selon la position des armatures sur la hampe.

III.5.2. Spécificités des modes de dispersion

Lorsque les armatures emmanchées de manière axiale se fracturent, le fragment proximal reste presque systématiquement solidaire de la hampe tandis que le (ou les) fragment(s) distal(-aux) restent dans la carcasse. Dans quelques rares cas (3 occurrences), nous avons observé le détachement de pointes intactes dans la carcasse. Ce modèle de dispersion des pointes emmanchées axialement est donc très semblable à celui proposé par Chadelle *et al.* (1991), selon lequel les parties proximales sont introduites dans le site sur les hampes de flèche au retour de la chasse et les parties mésiales ou distales au sein du gibier abattu.

Les armatures expérimentales emmanchées disto-latéralement et latéralement connaissent un tout autre destin. En effet, comme nous l'avons vu, étant emmanchées le long du fût de la flèche et non dans son axe, leur emmanchement est fragile et deux causes principales sont à l'origine de son détachement – l'onde de choc lié à l'impact et le retrait de la flèche. Les armatures emmanchées disto-latéralement et latéralement endommagées à l'impact ont donc souvent été retrouvées dans l'animal : elles se fragmentent peu, mais se détachent fréquemment dans la carcasse.

IV. Notre méthode à l'épreuve des faits archéologiques

Après la présentation rapide des contextes, nous décrirons la variabilité des assemblages archéologiques en répartissant les microlithes selon notre classification morphotechnique (monopointe axée, monopointe déjetée, double-pointe, triple-pointe et tranchant longitudinal) que nous avons tentée de traduire en typologie fonctionnelle (armature axiale, armature disto-latérale et armature latérale). La fragmentation et les endommagements de chaque classe sont observés, décrits puis interprétés à la lumière de notre modèle expérimental de fonctionnement des microlithes comme armatures de projectile. L'objectif est d'expliquer la variabilité des microlithes et de comprendre leur fonctionnement ainsi que leur mode d'accumulation au sein du gisement.

Nous avons eu l'occasion d'analyser divers assemblages microlithiques (cf. introduction). Notre méthode n'était alors pas vraiment toujours au point. Nous n'avons donc exposé ici que les analyses que nous considérions comme les plus abouties au vu des progrès accomplis en parallèle dans le cadre des expérimentations. Nous exposerons donc les analyses des assemblages microlithiques du site de Paris-15e « 62 rue Henry-Farman » et du site de la Grande-Rivoire (Sassenage, Isère). Enfin la courte étude de l'assemblage du site de Creysse complète les apports des deux premières séries.

IV.1. Les microlithes beuroniens du site de Paris-15e « 62 rue Henry-Farman » : des flèches diverses pour différents gibiers abattus en des lieux distincts ?

IV.1.1. Présentation

Le site de Paris-15e « 62 rue Henry-Farman », fouillé sur une surface de 5000 m², en 2008 par l'INRAP (responsables d'opération : F. Marti et B. Souffi) se trouve à environ 250 m du lit actuel de la Seine, sur la rive gauche, au sud-ouest de Paris (Souffi et Marti 2011, Souffi *et al*, 2012).

Au sein d'un seul et même horizon sédimentaire compris dans les alluvions modernes de la basse terrasse et du fond de vallée de la Seine, six locus ont été individualisés, correspondant à des concentrations associant assemblages lithique et faunique, industrie osseuse et quelques restes humains attribuables au IXe millénaire avant notre ère. Aucune structuration spatiale nette n'est identifiable au premier coup d'œil. Seul un foyer est présent au sein du locus 3.

Les vestiges lithiques représentent 93 % de l'ensemble du matériel : mis à part les outils macrolithiques en grès, ils consistent essentiellement en silex taillés. Pour B. Souffi (2012) : « *L'ensemble des silex taillés résultent de la fabrication d'armatures de flèches en silex. La présence d'armatures et de 194 microburins confirme une fabrication sur place de ces objets* ». L'approvisionnement en silex du Secondaire, majoritaire au sein de l'assemblage, se fait sur place, au sein même de la terrasse sous-jacente. D'après B. Souffi (2012) : « *ces volumes au cortex roulé, parfois gélifs, présentent généralement des configurations naturellement propices au débitage de lamelles à partir desquelles sont réalisées les armatures. Parallèlement des blocs plus volumineux avec un cortex lessivé ou semi-crayeux ont également été débités. La production lamellaire observée présente une régularité typique des productions dites « de Coincy » (Rozoy 1978)*». Elle note également que : « *parmi les déchets issus de cette production, certains éclats de mise en forme du volume ont été modifiés comme outil à usage « domestique » ou utilisés bruts sans aménagement préalable. Les éclats, lames et lamelles retouchés dominent cet outillage du fonds commun.* »

Les outils prismatiques en grès ont fait l'objet d'une analyse fonctionnelle pas S. Griselin qui suggère, par l'expérimentation, que ceux-ci ont servi à la fracturer les lamelles selon la technique du coup de microburin (Griselin *et al.* 2013) pour la fabrication des microlithes. Au passage, ce type de retouchoir nous paraît tout à fait approprié dans la fabrication en série de microlithes minimisant certainement l'échec lors de l'obtention d'un piquant-trièdre.

Les six concentrations ont livré près de 1288 restes fauniques (étude C. Leduc et A. Bridault *in* Souffi et Marti 2011). D'une manière générale, la faune est assez mal conservée. Dans quatre des six locus (locus 1, 3, 4 et 5), le sanglier domine à près de 80 %, suivi par le cerf et le chevreuil. Sont également représentés le renard, le lièvre, la martre, le blaireau.

L'industrie osseuse (étude E. David *in* Souffi et Marti 2011) comporte trois défenses de sanglier (avec des stries de raclage ou d'abrasion pouvant résulter de leur utilisation), deux bois de cerf travaillés dont un présente un biseau distal et deux fragments de pointes en os.

Précisons enfin que : « l'ensemble des sédiments n'a pas été tamisé car celui-ci était trop argileux. Des tests ont été effectués dans certains locus afin d'évaluer la « perte » qui paraît assez faible (entre 3 et 10 esquilles pour *20 l de sédiment). Toutefois environ 7000 esquilles (inférieures à 1-1,5 cm) ont été ramassées par ¼ de m² pour l'ensemble des locus.* » (Souffi et *al.* 2012, p. 4).

IV.1.2. Analyse typologique

Les microlithes provenant des locus 1, 2, 3 et 5 nous ont été confiés. Nous n'avons pas observé les microlithes des locus 4 et 6 comprenant respectivement 7 et 3 objets.

Sur les 279 microlithes que nous avons analysés, on peut percevoir une certaine variabilité des mises en forme par la retouche, autrement dit des modes de façonnage appliqués aux parties agissantes. À Farman, à partir de la combinaison des deux grandes catégories de parties agissantes – pointe (toute extrémité à angle aigu) et tranchant –, quatre types morphotechniques ont été identifiés (fig. 40) :

Type 1 – Monopointes axées (et tranchant) : il s'agit des pointes à troncature oblique et de certaines pointes à base retouchée de la typologie traditionnelle ; elles présentent toutes une pointe aménagée en partie distale ou proximale du support **dans l'axe longitudinal** de l'armature.

Type 2 – Monopointes déjetées (et tranchant) : il s'agit de quelques segments et triangles scalènes. Une seule pointe est aménagée dans la partie proximale ou distale de l'armature. La pointe est **déjetée par rapport à l'axe longitudinal** de l'armature. Ce type est très peu présent à Farman, alors que, nous le verrons, il est bien représenté au sein de l'assemblage de la Grande Rivoire.

Type 3 – Double-pointes (avec ou sans tranchant) : il s'agit de la majorité des segments et des triangles scalènes, de tous les triangles isocèles et de certaines pointes à base retouchée de Farman. Ces armatures présentent deux pointes aménagées dans la partie mésiale du support et opposées de part et d'autre de l'axe transversal de l'armature. Tous les triangles scalènes et certains segments sont mis en forme par une pointe orientée dans l'axe longitudinal de l'armature et une autre plus aigüe déjetée par rapport à ce même axe.

Type 4 – Triple-pointes (et tranchant) : il s'agit de certaines pointes à base retouchée (celles dont la troncature de la base est concave) ; elles présentent une pointe aménagée en partie distale ou proximale du support dans l'axe de l'armature et deux pointes basales opposées.

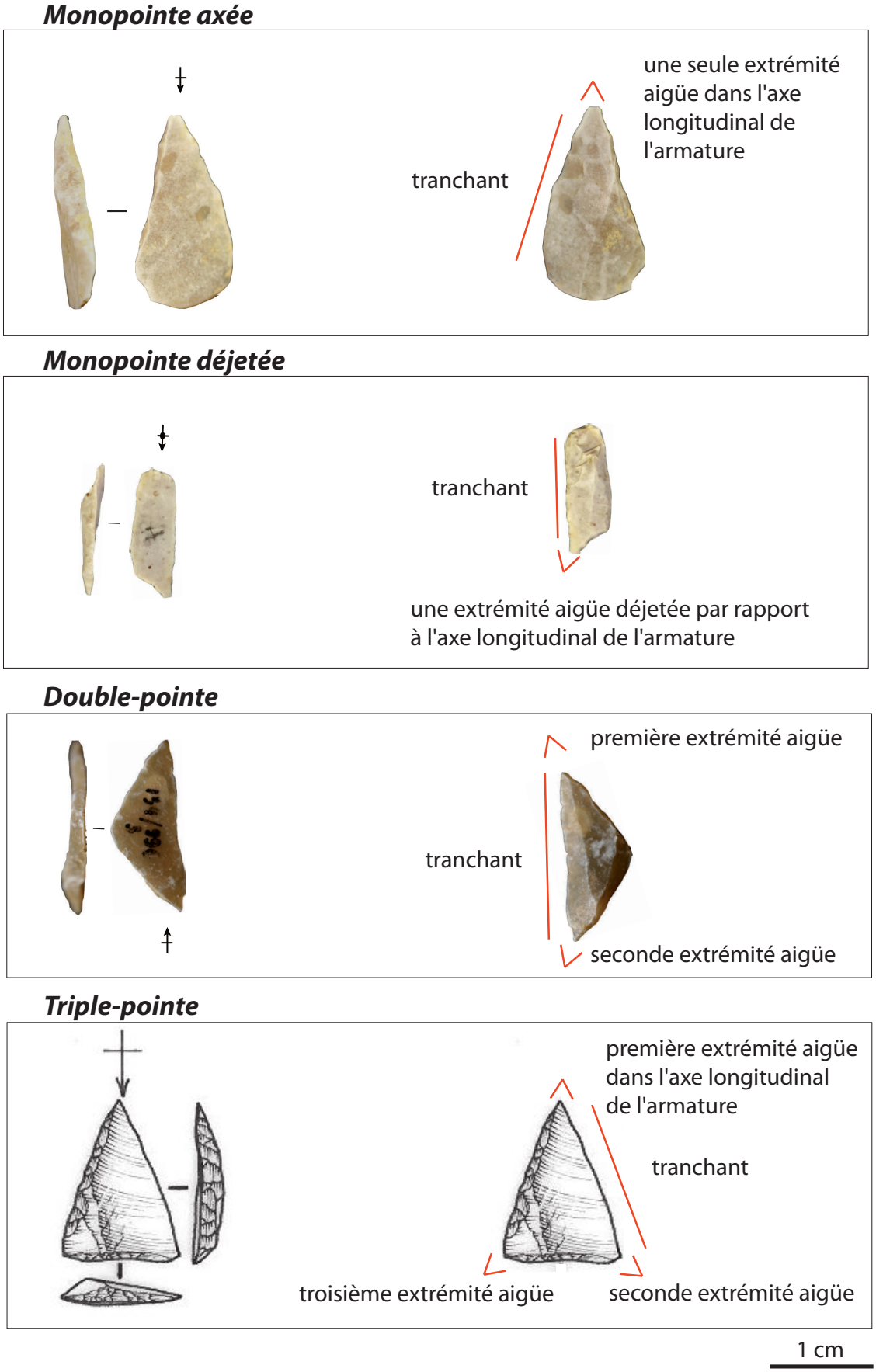


Fig. 40 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Typologie des microlithes prenant en compte la mise en forme par retouche (dessin d'après E. Boitard-Bidaut *in* Marti et Souffi 2011).

La répartition de ces différents types par locus est figurée dans les tableaux 40 et 41. Cette grande variabilité pourrait éventuellement s'expliquer par une succession des occupations au cours du temps et par une évolution de l'armement à Farman. B. Souffi observe d'ailleurs que le locus 3, présentant à la fois des pointes à troncature et des triangles isocèles, serait attribuable à une phase plus ancienne (transition Préboréal/ Boréal) que celle des autres locus (Souffi et Marti 2011). Mais, en l'absence d'une micro-stratigraphie datée, il reste délicat de reconstituer précisément la chronologie. Nous avons donc plutôt cherché à explorer cette variabilité en termes fonctionnels en restituant la diversité des fonctionnements dont témoignent les endommagements des différents types d'armatures.

	Locus 1	Locus 2	Locus 3	Locus 5	Total
Triple-pointes					**40**
PBR	9	6	0	19	
Triangles scalènes	0	0	0	6	
Double-pointes					**142**
Segments	12	22	3	33	
Triangles scalènes	22	6	6	20	
Triangles isocèles	1	3	5	1	
PBR	2	2	2	2	
Monopointes déjetées					**14**
Segments	0	2	0	0	
Triangles scalènes	2	2	2	6	
Monopointes axées					**60**
PBR	3	2	3	7	
PTO	8	8	7	12	
indéterminées	0	1	3	6	
Indéterminés	1	9	2	11	**23**
Total	60	63	33	123	**279**

PBR : Pointes à base retouchée
PTO : Pointes à troncature oblique

Tab. 40 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Mise en forme par la retouche selon les locus (en nombres).

	Locus 1	Locus 2	Locus 3	Locus 5	Nombre total	%
Monopointes axées	18 %	16 %	39 %	20 %	60	21 %
Triple-pointes	15 %	9,5 %	0	20 %	40	15 %
Double-pointes	62 %	52,5 %	49 %	46 %	142	51 %
Monopointes déjetées	3 %	8 %	6 %	5 %	14	5 %
Indéterminées	2 %	14 %	6 %	9 %	23	8 %
				Total	279	100 %

Tab. 41 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Mise en forme par la retouche selon les locus (en pourcentages).

IV.1.3. L'endommagement des microlithes à Farman

Nous avons recensé l'ensemble des endommagements subis par les microlithes de Farman en les comparant à notre référentiel expérimental (cf. *supra*). Le nombre des endommagements non diagnostiques d'impact et ceux diagnostiques sont exprimés par type de microlithes dans les tableaux 42, 43, 44, 45 et 46.

	Locus 1	Locus 2	Locus 3	Locus 5	Total
PBR					**PBR**
end. non diag.	5	4	0	8	17
end. diag.	0	0	0	1	**1**
non end.	4	2	0	10	16
Triangles scalènes					**Triangles scalènes**
end. non diag.	0	0	0	2	2
end. diag.	0	0	0	1	**1**
non end.	0	0	0	3	3
				Total	40 soit 100 %
				Total end. diag.	2 soit **5 %**
				Total end. non diag.	19 soit **47 %**

end. : endommagement(s)
diag. : diagnostique(s)
PBR : pointe(s) à base retouchée

Tab. 42 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Fragmentation des triple-pointes.

	Locus 1	Locus 2	Locus 3	Locus 5	Total
PBR					**PBR**
end. non diag.	2	2	1	1	6
end. diag.	0	0	0	1	**1**
non end.	1	0	2	5	8
PTO					**PTO**
end. non diag.	1	3	3	4	11
end. diag.	0	0	1	0	**1**
non end.	7	5	3	8	23
Indéterminés					**Indéterminés**
end. non diag.	0	1	2	6	9
end. diag.	0	0	1	0	**1**
				Total	60 / 100 %
				Total end. diag.	4 / **6 %**
				Total end. non diag.	26 / **43 %**

end. : endommagement(s)
diag. : diagnostique(s)
PBR : Pointe(s) à base retouchée
PTO : Pointe(s) à troncature oblique

Tab. 43 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Fragmentation des monopointes axées.

	Locus 1	Locus 2	Locus 3	Locus 5	Total
Segments					**Segments**
end. non diag.	10	12	1	22	45
end. diag.	0	4	2	1	**7**
non end.	2	6	0	10	18
Triangles scalènes					**Triangles scalènes**
end. non diag.	11	4	2	8	25
end. diag.	2	0	1	3	**6**
non end.	9	2	3	9	23
Triangles isocèles					**Triangles isocèles**
end. non diag.	0	2	0	0	2
end. diag.	0	0	2	0	**2**
non end.	1	1	3	1	6
PBR					**PBR**
end. non diag.	1	1	1	0	3
end. diag.	0	0	0	0	**0**
non end.	1	1	1	2	5
				Total	142 soit 100 %
				Total end. diag.	15 soit **11 %**
				Total end. non diag.	75 soit **53 %**

end. : endommagement(s)
diag. : diagnostique(s)
PBR : pointe(s) à base retouchée

Tab. 44 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Fragmentation des double-pointes.

	Locus 1	Locus 2	Locus 3	Locus 5	Total
Segments					**Segments**
end. non diag.	0	1	0	0	1
end. diag.	0	0	0	0	0
non end.	0	1	0	0	1
Triangles scalènes					**Triangles scalènes**
end. non diag.	1	0	0	0	1
end. diag.	0	0	0	0	0
non end.	1	2	2	6	11
				Total	14 soit 100 %
				Total end. diag.	0
				Total end. non diag.	2 soit 14 %

end. : endommagement(s)
diag. : diagnostique(s)

Tab. 45 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Fragmentation des monopointes déjetées.

Indéterminés	Locus 1	Locus 2	Locus 3	Locus 5	Total
end. non diag.	1	8	2	10	21
end. diag.	0	1	0	1	2
				Total	23 soit 100 %
				Total end. diag.	2 soit 9 %
				Total end. non diag.	21 soit 91 %

end. : endommagement(s)
diag. : diagnostique(s)

Tab. 46 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Fragmentation des microlithes indéterminés.

Concernant l'ensemble des types, le taux d'endommagement diagnostique est faible : 5 % (soit 2 pièces) pour les *triple-pointes* (pointes à base retouchée et triangles scalènes) ; 6 % (soit 4 pièces) pour les *monopointes axées* (pointes à base retouchée et pointes à troncature oblique) et 11 % (soit 15 pièces) pour les *double-pointes* (segments et triangles). Les *monopointes déjetées* ne présentent aucun endommagement diagnostique. Pour l'ensemble des types, les taux d'endommagements non diagnostiques (essentiellement des fractures transversales nettes et à languette très atténuée) sont plus importants : 53 % (soit 75 pièces) pour les *double-pointes* et 14 % (soit 2 pièces) pour les *monopointes déjetées* ; 47 % (soit 19 pièces) pour les *triple-pointes* et 43 % (soit 26 individus) pour les *monopointes axées* (pointes à base retouchée et pointes à troncature oblique).

Enfin, 23 microlithes sont trop endommagés pour les attribuer à un type. Parmi ceux-ci, 2 sont fragmentés assurément à l'impact.

Nous avons également observé l'ensemble du matériel au microscope (x100 et x200). Malgré l'état parfois très altéré de la microtopographie du silex, nous avons mis en évidence un émoussé associé à un micropoli grenu non identifiable au niveau de la jonction bord abattu/face inférieure sur 10 double-pointes du locus 2 (fig. 41). Un de ces microlithes présente un enlèvement burinant d'impact pouvant témoigner de son emmanchement en barbelure (cf. ci-dessous). Il est possible, comme nous l'évoquions plus haut, que ces émoussés, supprimant les gibbosités produites par les contrebulbes des enlèvements de retouche, témoignent d'un geste technique de finition. Par ailleurs, aucune strie microscopique d'impact, ni aucune autre trace microscopique ne furent observées à la surface de ces objets.

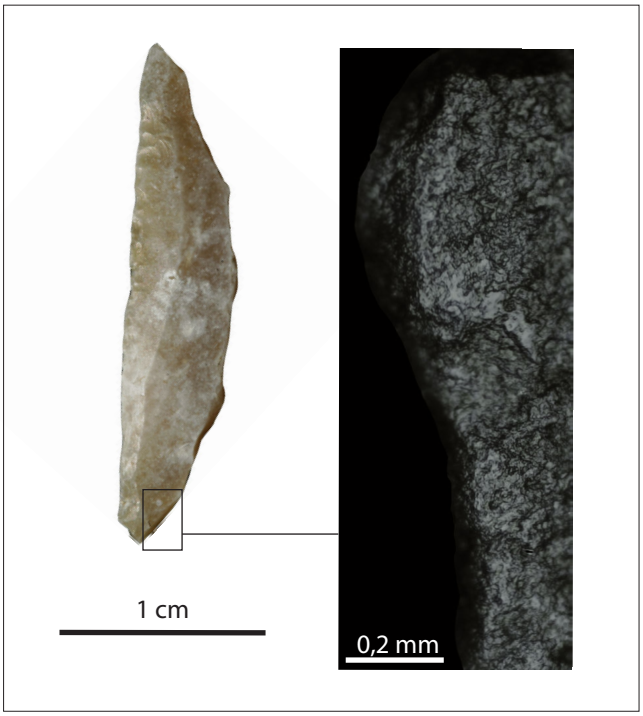


Fig. 41 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Segment avec détail du bord inférieur émoussé associé à un micropoli grenu altéré.

IV.1.3.1. Fragmentation non diagnostique de l'impact

Les endommagements non diagnostiques sont en général difficilement exploitables puisque leur origine est équivoque (cf. *supra*). Néanmoins une part des armatures de Farman fracturées de manière transversale nette ou avec une languette dont la longueur n'est pas diagnostique a certainement été endommagée au cours de la fabrication, dont on sait, par ailleurs, qu'elle s'est faite sur place étant donné la quantité importante de microburins présents dans tous les locus (Souffi et Marti 2011). Ainsi, un nombre important de microburins ont été mis au jour : 57 dans le locus 1 (pour 60 microlithes), 57 dans le locus 2 (pour 63 microlithes), 41 dans le locus 3 (pour 33 microlithes), 3 dans le locus 4 (pour 7 microlithes), 39 dans le locus 5 (pour 123 microlithes) et 2 dans le locus 6 (pour 3 microlithes).

IV.1.3.2. Fragmentation diagnostique de l'impact : des traces différentes selon les types de microlithes

Les endommagements diagnostiques d'impact diffèrent (tab. 47 et 48) selon qu'il s'agit des double-pointes (triangles et segments) et des triple-pointes/monopointes axées (pointes à base retouchée et pointes à troncature oblique).

	TYPES TRADITIONNELS				
ENDOMMAGEMENTS DIAGNOSTIQUES	**SEGMENTS**	**TRIANGLES**	**POINTES A BASE RETOUCHEE**	**POINTES A TRONCATURE OBLIQUE**	**TOTAL**
Fractures transversales	1	2	2	1	6
Fractures burinantes	6	4	1	0	11
Ebréchures	0	3	0	1	4

Tab. 47 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Endommagements diagnostiques par types traditionnels de microlithes.

	TYPES MORPHOTECHNIQUES			
ENDOMMAGEMENTS DIAGNOSTIQUES	MONOPOINTES AXÉES	TRIPLE-POINTES	DOUBLE-POINTES	MONOPOINTES DÉJETÉES
Fractures transversales	2	1	3	0
Fractures burinantes	0	1	10	0
POURCENTAGE DES ENDOMMAGEMENTS DIAGNOSTIQUES	5 %	6 %	11 %	0

Tab. 48 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Endommagements diagnostiques d'impact burinants et transversaux par grandes catégories morphotechniques.

Ainsi, sur 15 double-pointes (dont 7 segments, 6 triangles scalènes et 2 triangles isocèles) fragmentées à l'impact, la majorité (10) a subi un endommagement de type burinant (fig. 42a). Les fractures transversales d'impact ne sont représentées que sur deux triangles et un segment (fig. 42b). En comparant avec notre modèle expérimental (cf. fig.

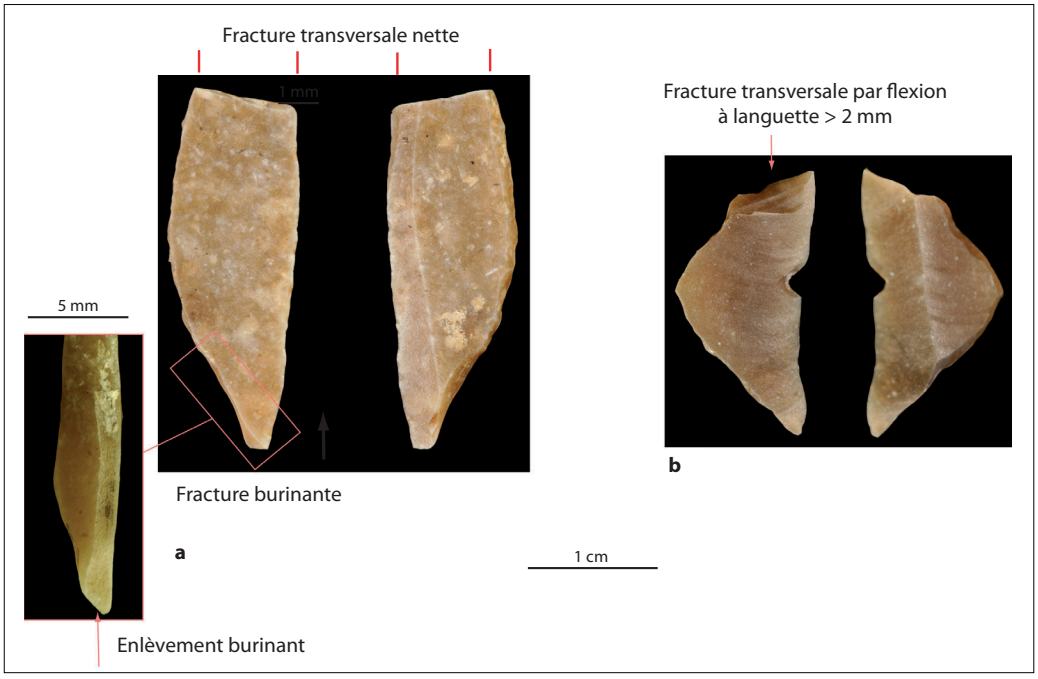


Fig. 42 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Deux exemples d'endommagements diagnostiques d'impact sur des double-pointes. a : Segment avec un enlèvement burinant partant d'une extrémité et courant le long du bord abattu. b : Triangle fracturé transversalement par flexion avec languette supérieure à 2 mm.

39), la surreprésentation des enlèvements burinants par rapport aux enlèvements transversaux sur les double-pointes de Farman ainsi que leur faible taux d'impact évoquent, pour la plupart d'entre elles, un emmanchement en partie latérale de hampe (barbelures). Néanmoins, la présence, au sein de cet ensemble de double-pointes, d'endommagements transversaux à languette diagnostique (celles-ci n'intervenant jamais sur des barbelures expérimentales et témoignant d'un choc violent – tout comme les enlèvements burinants d'un triangle de Farman représenté fig. 43), atteste de l'emmanchement disto-latéral (en pointes-barbelures) d'au moins 3 double-pointes (les 2 triangles et le segment précités). Il n'est pas non plus exclu que ces double-pointes fracturées transversalement aient également été emmanchées en tête de hampe. Mais elles l'auraient alors été de manière tout à fait anecdotique.

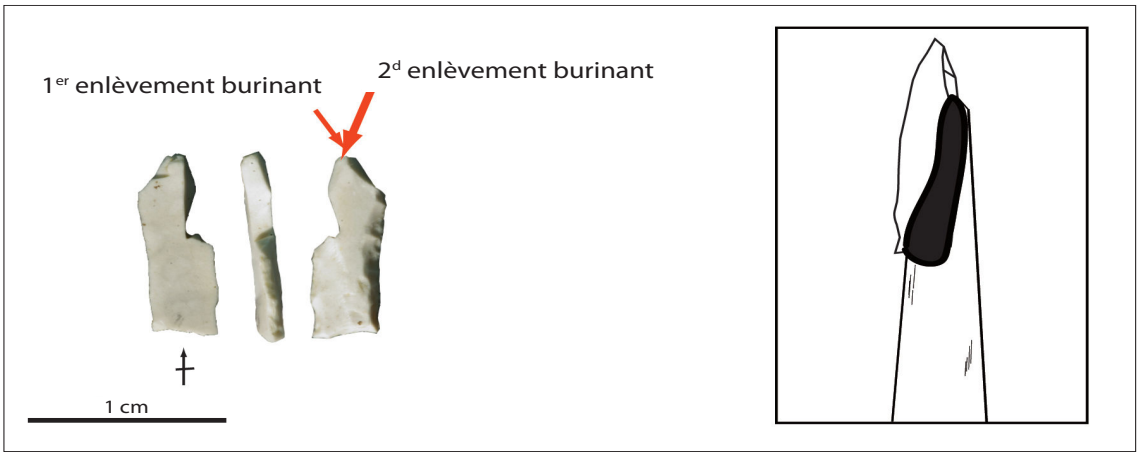


Fig. 43 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Endommagements diagnostiques d'impact sur un triangle pouvant témoigner de son emmanchement en partie distale de hampe comme le suggère l'encart.

A contrario, les endommagements diagnostiques des monopointes axées et des triple-pointes témoignent majoritairement de leur emmanchement en tête de hampe (fig. 44). Si les monopointes axées et les triple-pointes de Farman avaient fonctionné comme les double-pointes, donc plutôt comme des barbelures, elles auraient présenté davantage d'endommagements burinants. Par ailleurs, elles portent pour trois d'entre elles des endommagements témoignant de chocs violents (fractures transversales à languette diagnostique) et donc de leur emmanchement en tête de hampe soit en pointe disto-latérale, soit en pointe axiale. De plus, étant donné la mise en forme de ces armatures (mise en forme d'une pointe dans l'axe longitudinal de l'armature), leur emmanchement axial est probable.

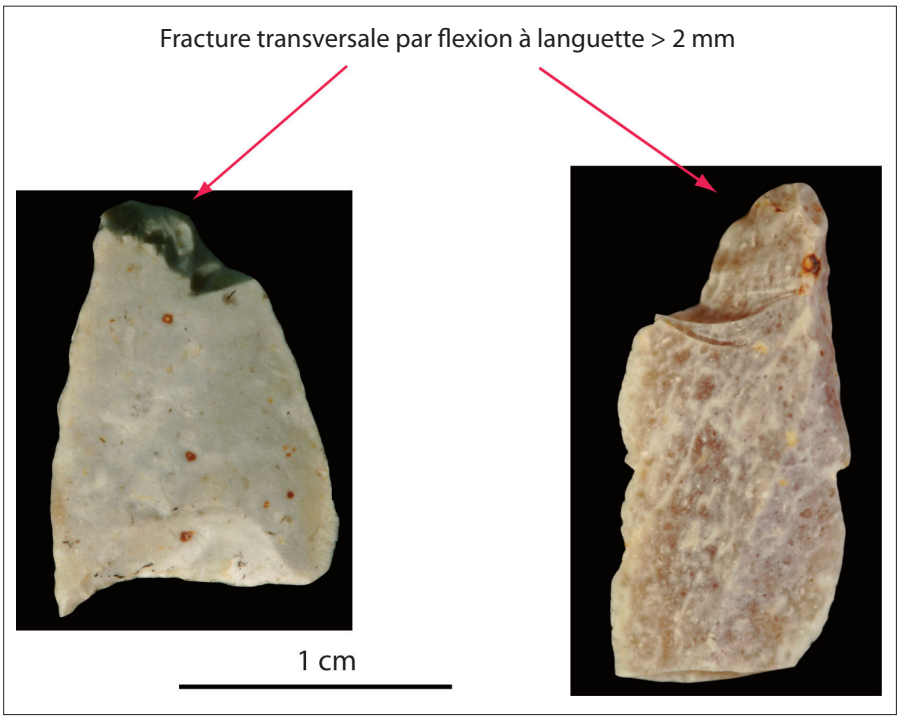


Fig. 44 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Endommagements diagnostiques d'impact sur une triple-pointe (à gauche, pointe à base retouchée) et sur une monopointe axée (à droite, pointe à troncature oblique).

Cela étant, le pourcentage d'endommagement à l'impact des pointes axiales expérimentales est beaucoup plus important (pourcentage d'endommagements diagnostiques de 30 %) que celui des monopointes axées et des triple-pointes de Farman (5 % et 6 %). De plus, seuls 2 microlithes indéterminés ont été fracturés à l'impact (tous deux présentent une fracture transversale à languette diagnostique). Parmi les 21 autres microlithes indéterminés, 15 présentent une fracture transversale nette ou à languette très atténuée et les 6 autres présentent deux fractures transversales nettes ou à languette très atténuée. Aucun ne porte d'ébréchures. Il est probable que ces microlithes, dont la forme et/ou l'intention de mise en forme ne sont pas déterminables, soient des ébauches. Ainsi, si on ajoute les 2 microlithes indéterminés fracturés à l'impact qui peuvent, hypothétiquement, être des monopointes axées et/ou des triple-pointes aux 2 triple-pointes et aux 4 monopointes axées toutes fracturées à l'impact, alors le taux de fragmentation à l'impact de ces deux types de microlithes réunis passeraient seulement de 6 % (6 des 100 triple-pointes et monopointes axées de Farman réunies) à 8 % (8 des 102 triple-pointes et monopointes axées réunies en ajoutant les 2 microlithes indéterminés). Donc même si nous ajoutons les microlithes indéterminés fracturés à l'impact à l'ensemble des triple-pointes et des monopointes axées, le taux de fragmentation à l'impact reste très faible par rapport à celui que nous avons obtenu expérimentalement pour les pointes (30 %). Ainsi, étant donné le très faible nombre de monopointes axées et de triple-pointes endommagées à l'impact (retour de chasse) et le nombre important de celles-ci abandonnées entières qui pourraient correspondre à des défauts de fabrication (30 pour les monopointes axées soit

50 % du total de celles-ci et 19 pour les triple-pointes soit 48 % du total de celles-ci), il semblerait que les pointes qui ont été fabriquées à Farman ont servi à chasser un gibier qui, pour l'essentiel, n'a pas été rapporté et traité sur ce gisement.

Une autre hypothèse s'offre tout de même à nous. En effet, lors de la quatrième expérimentation, nous avons montré que les armatures emmanchées axialement se fracturaient de manière diagnostique essentiellement en impactant un os. La faible fragmentation diagnostique des monopointes axées et triple-pointes à Farman pourrait alors être liée au fait que les chasseurs ont privilégié les tirs dans les parties molles de l'animal.

Enfin une troisième hypothèse, moins probable selon nous, voudrait que les pointes axiales auraient pu ne pas être ligaturées et se seraient davantage détachées entières dans l'animal. Néanmoins, nous l'avons vu, une pointe axiale non ligaturées fragilise l'ensemble de la flèche à l'impact. Cette piste reste tout de même à explorer par l'expérimentation en utilisant d'autres colles, comme le brai de bouleau par exemple.

IV.1.4. Discussion

IV.1.4.1. Fabrication et usage des microlithes à Farman : bilan

À Farman, les double-pointes (triangles et segments) n'ont pas été montées seulement en barbelures, mais aussi dans quelques rares cas en pointes disto-latérales (3 cas). Cela pourrait nuancer quelque peu le modèle proposé notamment par A. Thévenin (1990) selon lequel les segments et triangles sont exclusivement les barbelures de flèches sur lesquelles les pointes à troncature oblique et les pointes à base retouchée constitueraient les têtes axiales (cf. la flèche de Loshult ; Rozoy, 1978) et pourrait évoquer l'exemple archéologique conservé de la flèche de Röndholms (Larsson et Sjöström 2010a et 2010b, cf. fig. 1). Ce qui nuance encore un peu plus ce modèle, c'est que pointes axiales et barbelures ne semblent pas toujours connaître le même destin fonctionnel ce qui suggère un fonctionnement peut-être en partie séparé sur des flèches différentes. Cela étant, il reste très probable que plusieurs autres triangles et segments de Farman ont été emmanchés sur les mêmes hampes que les pointes axiales (pointes à troncature oblique et pointes à base retouchée, cf. fig. 30b1). De fait, nous avons montré, lors de nos expérimentations, la grande efficacité des barbelures et on voit mal pourquoi les Mésolithiques ne les auraient pas associées aux pointes axiales sur plusieurs flèches.

Ajoutons que les triangles et les segments apparaissent très similaires dans leur

fonctionnement. Le fait de les réunir dans une même classe d'intention (les double-pointes) se justifie donc tout à fait. Seule leur méthode de retouche diffère pour des raisons que nos expérimentations n'ont pas élucidées.

IV.1.4.2. Fabrication et usage des triangles et segments : unicité de temps et de lieu

La fabrication de ces double-pointes a eu lieu au sein des locus et elles ont ensuite été utilisées à proximité du site, puis réintroduites dans le gisement au sein du gibier abattu entier (étude C. Leduc et A. Bridault *in* Souffi et Marti 2011) et sur les hampes de flèche, d'après notre modèle de dispersion des armatures emmanchées latéralement. C'est ce qu'illustre en plus un remontage entre un triangle isocèle et son microburin trouvé par B. Souffi au sein du locus 3. Cette armature emmanchée en barbelure ou en pointe-barbelure a été réintroduite dans l'assemblage après s'être probablement ébréchée à l'impact soit dans le gibier abattu, soit sur une hampe au retour de la chasse. Trop endommagée, elle a ensuite été abandonnée. Un triangle et un segment (cf. double-pointes), probablement réarmés sur place, ont fait, quant à eux, l'objet d'une réfection. Tous deux ont d'abord subi une fracture diagnostique burinante partant d'une des deux pointes, et courant le long du tranchant sur 4 mm pour le triangle (fig. 45), le long de la troncature sur 3 mm pour le segment. Ces deux enlèvements burinants ont été ensuite partiellement retouchés par un bordage inverse semi-abrupt à abrupt du troisième côté. Ce type de réparation, déjà signalé dans un tout autre contexte, celui du Magdalénien de Q31 à Étiolles (Christensen et Valentin, 2004) atteste que l'armature ne s'est pas détachée de la hampe, faisant alors l'objet d'une réfection rapide par égrisage, ou bien qu'elle s'est détachée et qu'elle a été récupérée de manière fortuite pour un futur (ré)emmanchement après égrisage.

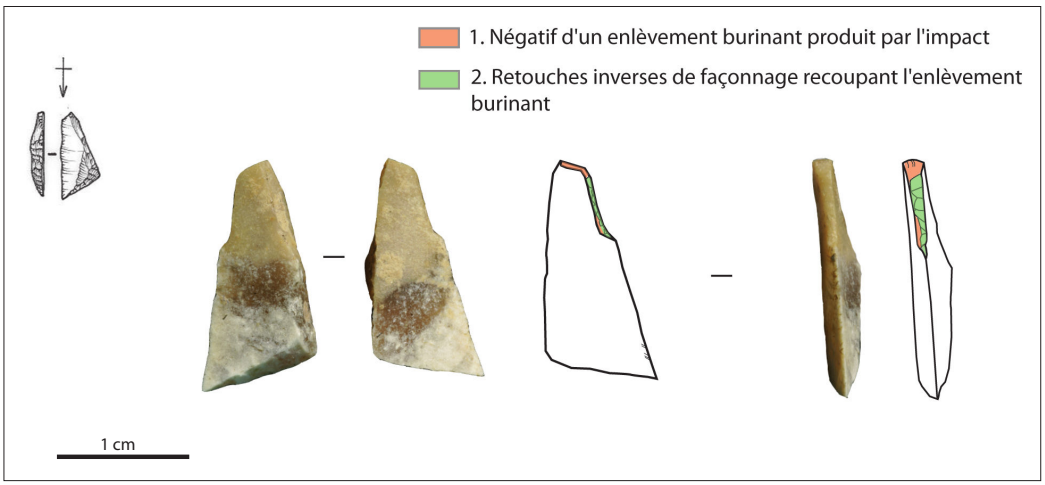


Fig. 45 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Triangle ayant subi une réfection après son utilisation (dessin d'après Boitard-Bidaut *in* Souffi et Marti 2011).

IV.1.4.3. Fabrication et usage des monopointes axées et triple-pointes : segmentation spatio-temporelle ?

Selon l'hypothèse émise plus haut, plusieurs microlithes destinés à servir comme pointes axiales ont pu être fabriqués sur place et seraient partis du site probablement emmanchés seuls sur les hampes de flèches afin d'être utilisés dans un lieu pour l'instant inconnu, et dont ils seraient rarement revenus à Farman après endommagement. Leurs supports seraient-ils alors issus ou non des mêmes séquences de débitage que celles des supports des segments et triangles ? Il serait intéressant d'explorer les implications précises de cette possible déconnexion des lieux de fabrication et d'usage sur la chaîne opératoire du débitage.

IV.1.4.4. Des flèches diverses pour différents gibiers abattus en des lieux distincts ?

L'analyse archéozoologique a montré que le sanglier prédominait largement au sein du spectre faunique de l'ensemble des locus. Cet animal arrivait en entier et faisait l'objet d'un premier traitement, certaines parties étant ensuite emportées hors du site (étude C. Leduc et A. Bridault *in* Souffi *et al.* 2012). Ces résultats s'accordent plutôt bien avec le modèle d'utilisation des triangles et segments. Peut-être peut-on alors en déduire que les occupants de Farman ont chassé les sangliers préférentiellement avec des flèches équipées par ce genre de microlithes. Cette hypothèse invite à des comparaisons avec des séries analogues du nord de la France, les gisements à sanglier ne manquant pas dans cette région (notamment Les Closeaux dans les Hauts-de-Seine : Lang *et al.*, 2008 ; Saleux dans la Somme : Fagnart *et al.*, 2008 ; Bignon-Lau *et al.*, 2013 ou encore Warluis dans l'Oise : Ducrocq *et al*., 2008). Une autre question se pose alors : où sont parties les pointes axiales fabriquées à Farman ? Servaient-elles surtout à chasser d'autres espèces que le sanglier ? Ces autres espèces qui n'ont pas été traitées à Farman ont-elles été abattues en d'autres lieux du territoire ?

À Farman, la démarche que nous avons mise en place nous a peut-être permis de reconstituer deux contextes d'usage distincts pour les armatures. Ainsi, seuls au moins une partie des triangles et segments sont fabriqués, utilisés (et réutilisés) sur place alors que les pointes axiales pour la plupart pourraient n'y être que fabriquées.

Ce traitement différencié des armatures de projectile, dont il conviendra de vérifier s'il se reproduit ailleurs, ouvre de toutes nouvelles perspectives sur la conception de l'armement beuronien et sur l'organisation des activités de chasse parmi les sociétés mésolithiques.

IV.2. Les microlithes mésolithiques de l'abri de la Grande Rivoire à Sassenage (Isère) : caractérisation typologique d'un assemblage de la fin du Sauveterrien dans les Alpes du nord

IV.2.1. Présentation

Le site de la Grande Rivoire (Sassenage, Isère) est un abri-sous-roche (calcaire sénonien à silex) situé à 580 m d'altitude sur les contreforts nord du Vercors et à 70 m au-dessus du lit actuel du Furon.

Les premières interventions furent des fouilles de sauvetage et débutèrent en 1986 sous la direction de R. Picavet. Cinq campagnes eurent lieu de 1986 à 1994 et permirent de mettre au jour une importante stratigraphie allant du Sauveterrien à l'époque gallo-romaine (Picavet 1991, Picavet 1999). Les dépôts mésolithiques sauveterriens et castelnoviens firent l'objet d'un sondage profond. L'assemblage microlithique issu des horizons D, C et B3 de ce sondage ont fait l'objet d'une première analyse fonctionnelle dans le cadre de notre travail de maîtrise (Chesnaux 2004). Etant donné le caractère exceptionnel de cette stratigraphie dilatée sur plus de cinq mètres d'épaisseur, les fouilles furent ensuite reprises par P.-Y. Nicod en 2000, dans le cadre de recherches programmées pluriannuelles qui sont toujours en cours aujourd'hui. Le matériel étudié dans le cadre de notre maîtrise fut complété par les assemblages provenant de l'ouverture en 2006 de deux coupes stratigraphiques (S36 et S37, fig. 46, Nicod *et al.* 2006). Finalement, la majorité de notre corpus provient de la fouille à partir de 2010 des dépôts du Mésolithique sauveterrien de deux secteurs de l'abri (SU12-15 et SU16-22, fig. 46).

L'industrie lithique comprend de nombreux nucléus et supports lamellaires (éclats lamellaires et lamelles brutes). Les microburins y sont particulièrement rares. L'analyse technologique de l'ensemble du matériel lithique est en cours par A. Angelin dans le cadre de son travail de doctorat (EHESS, Toulouse). Le silex provient pour l'essentiel de la paroi même du site d'où des blocs ont été prélevés, du Val de Lans (Sénonien) à distance de 15 km, et de Vassieux (Barrémo-Bédoulien) à une trentaine de kilomètres (Bressy 2002). Néanmoins, il est difficile d'extrapoler ces résultats aux microlithes présentant une surface souvent trop restreinte pour identifier les marqueurs de chaque matière première.

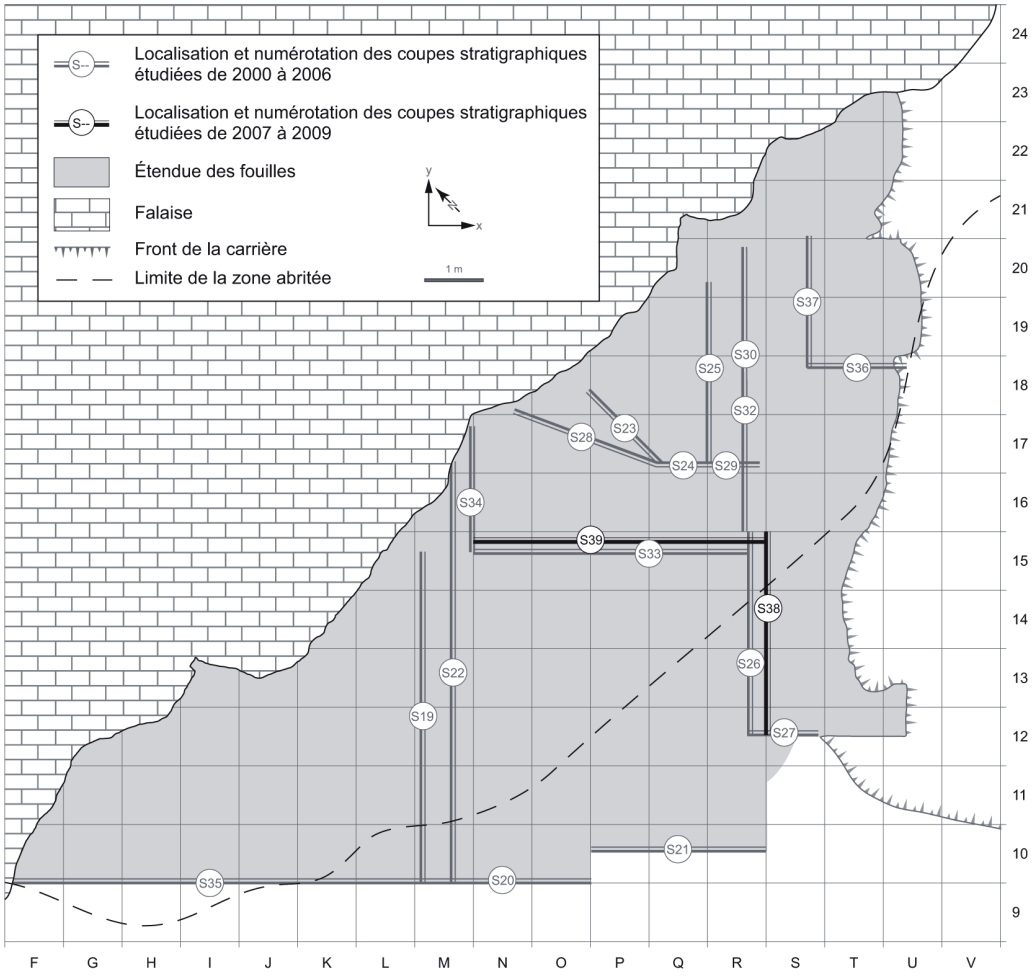


Fig. 46 : La Grande Rivoire à Sassenage. Représentation de la surface de fouille (d'après Nicod *et al.* 2009, DAO : C. Bernard).

L'assemblage archéozoologique a fait l'objet d'une analyse préliminaire par L. Chaix qui a montré une grande diversité de la faune chassée avec une nette prédominance du cerf. Une industrie sur matière dure animale a été mise au jour et elle est actuellement en cours d'analyse par B. Marquebielle (*in* Nicod et Picavet 2011). Notons qu'elle est discrète puisqu'une partie des pièces étudiées ont été identifiées suite à un tri très minutieux du matériel faunique. Elle est essentiellement constituée de déchets de fabrication. C'est donc surtout d'une industrie osseuse « en négatif » dont nous disposons.

Le mobilier, à l'exception des petites esquilles osseuses et des micro-éclats lithiques, a été enregistré en coordonnées tridimensionnelles. Les sédiments ont été tamisés à l'eau sur mailles n°4 et n°18. Le protocole de fouille mis en place par P.-Y Nicod (Nicod et Picavet 2009, Nicod *et al.* 2011) comprend d'abord une approche verticale sous forme de rectification de coupes. Ces dernières permettent ensuite de guider l'approche horizontale au sein d'une fouille planimétrique compliquée du fait d'une lecture sédimentaire rendue parfois difficile par l'aspect lenticulaire des couches et par la lenteur de la sédimentation qui peut entraîner un palimpseste d'occupations (Brochier *in* Nicod et Picavet 2011).

Néanmoins, au sein des stratigraphies S36 et S37, il apparaît nettement une alternance verticale de lentilles cendreuses grises et de cendres noires charbonneuses suivant une bonne cohérence de la succession stratigraphique des occupations.

Par ailleurs, les horizons D et C du sondage de R. Picavet des années 80 corrélés en 2006 aux horizons stratigraphiques de S36 et S37 ont été datés respectivement de 8540-8280 cal BC (Drücker *et al.* 2008) et de 7790-7570 av. J.-C. (Picavet 1999) ce qui permet d'attribuer l'ensemble aux phases récentes du Premier Mésolithique sauveterrien.

Nous avons pu analyser les microlithes issus de la fouille planimétrique de 2010 dans les secteurs SU12-15 (décapages d18-22) et SU16-22 (décapages d39-42 et d44) marquant la fin de la séquence sauveterrienne et correspondant *grosso modo* au niveau C du sondage de R. Picavet.

IV.2.2. Analyse typologique

IV.2.2.1. Description du corpus

Nous avons observé 162 microlithes. Ils sont pour la plupart de forme subtriangulaire (mises à part 23 pointes de Sauveterre ou « assimilées ») et présentent deux types de parties actives – pointe et tranchant – combinées ou non. Nous reviendrons sur l'attribution morphotechnique de chaque objet plus loin.

Quarante-et-un microlithes ont été fracturés transversalement à l'axe technologique, de telle manière qu'il est impossible de reconstituer leur longueur initiale. Nous n'avons pas tenu compte de ces 41 pièces dans les représentations graphiques des trois dimensions des microlithes de la figure 47.

L'observation des dimensions de l'ensemble des armatures montre une certaine homogénéité (répartition normale des figures 47a, 47b et 47c). Celle-ci est confirmée par les diagrammes des figures 47d et 47e présentant la répartition des gabarits (rapport épaisseur/largeur) selon les décapages.

Ces répartitions témoignent d'une certaine unité dans la production des supports, notamment dans le contrôle de leur épaisseur.

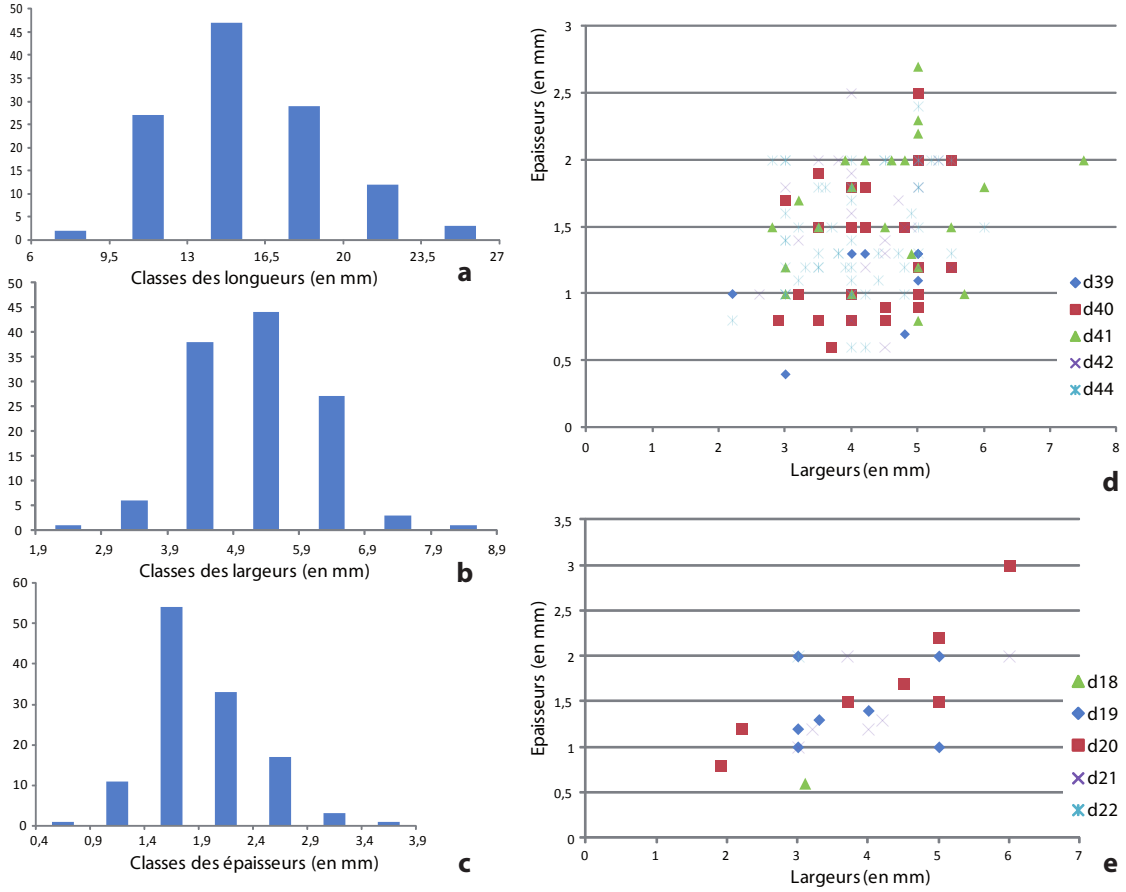


Fig. 47 : La Grande Rivoire à Sassenage. Dimension des microlithes.
a, b et c : Effectifs par classes, respectivement de longueurs, de largeurs et d'épaisseurs.
d : Répartition des gabarits selon les décapages dans le secteur SU 16-22.
e : Répartition des gabarits selon les décapages dans le secteur SU 12-15.

IV.2.2.2. Caractérisation de l'assemblage microlithique : variabilité des mises en forme par la retouche

La répartition des différents types par décapage est figurée dans le tableau 49.

Sur les 162 microlithes analysés, on perçoit une certaine variabilité des mises en forme par la retouche, nous permettant de les répartir selon les quatre types morphotechniques suivants (fig. 48) :

Type 1 – Monopointes axées (et tranchant) : il s'agit des pointes de Sauveterre (et « assimilées ») de la typologie traditionnelle ; elles présentent toutes une pointe aménagée par double-abattage convergent en partie distale ou proximale du support dans l'axe longitudinal de l'armature. Elles représentent **15 %** de l'ensemble (soit 25 pièces).

Type 2 – **Monopointes déjetées** (et tranchant) : il s'agit de la plupart des triangles scalènes et de l'unique segment. Une seule pointe est aménagée dans la partie proximale ou distale de l'armature. La pointe est déjetée par rapport à l'axe longitudinal de l'armature et mise en forme par une troncature concave ou rectiligne oblique. Elles représentent **43 %** de l'ensemble (soit 69 pièces).

	SU12-15					SU16-22						
	d18	d19	d20	d21	d22	d39	d40	d41	d42	d44	Total	%
Monopointes axées	0	1	0	1	1	0	1	5	4	12	**25**	**15%**
endommagement non diagnostique					1		1	3	2	6	**13**	
endommagement diagnostique				1				1			**2**	
non endommagé		1						1	2	6	**10**	
Monopointes déjetées	1	2	4	1	0	5	11	8	12	25	**69**	**43%**
endommagement non diagnostique			2			1	4	2	1	8	**18**	
endommagement diagnostique			1				1			2	**4**	
non endommagé	1	2	1	1		4	6	6	11	15	**47**	
Double-pointes	0	1	1	0	0	0	1	4	2	4	**13**	**8%**
endommagement non diagnostique			1					2			**3**	
endommagement diagnostique										1	**1**	
non endommagé		1					1	2	2	3	**9**	
Double-pointes ou pointes déjetées	0	1	1	4	0	2	5	2	1	5	**21**	**13%**
endommagement non diagnostique		1	1	3		1	4	2	1	3	**16**	
endommagement diagnostique						1				1	**2**	
non endommagé				1			1			1	**2**	
Tranchant longitudinal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	**1**	**1%**
endommagement non diagnostique												
endommagement diagnostique												
non endommagé										1	**1**	
Indéterminés	0	2	1	0	0	1	8	5	6	10	**33**	**20%**
endommagement non diagnostique		2	1				8	5	6	10	**32**	
endommagement diagnostique												
non endommagé						1					**1**	
Total	**1**	**7**	**7**	**6**	**1**	**8**	**26**	**24**	**25**	**57**	**162**	**100%**
Total endommagement non diagnostique	0	3	5	3	1	2	17	14	10	27	**82**	**51%**
total endommagement diagnostique	0	0	1	1	0	1	1	1	0	4	**9**	**5%**
total non endommagé	1	4	1	2	0	5	8	9	15	26	**71**	**44%**

Tab. 49 : La Grande Rivoire à Sassenage. Tableau des effectifs par type et par décapage, précisant la nature de leurs endommagements (DAO : C. Bernard).

Type 3 – **Double-pointes** (avec ou sans tranchant) : il s'agit de triangles scalènes présentant deux pointes aménagées dans la partie mésiale du support et opposées de part et d'autre de l'axe transversal de l'armature. Un abattage et une troncature ou deux troncatures mettent en forme une pointe orientée dans l'axe longitudinal de l'armature et une autre déjetée par rapport à ce même axe. Elles représentent **seulement 8 %** de l'ensemble (soit 13 pièces). Notons que 21 microlithes triangulaires (soit 13 %), du fait de leur fragmentation transversale ayant emporté leur partie distale ou proximale, sont soit attribuables au type 2 ou au type 3. Quand bien même les double-pointes seraient majoritaires parmi cet ensemble de pièces indéterminées, les monopointes déjetées resteraient majoritaires au sein l'assemblage au complet.

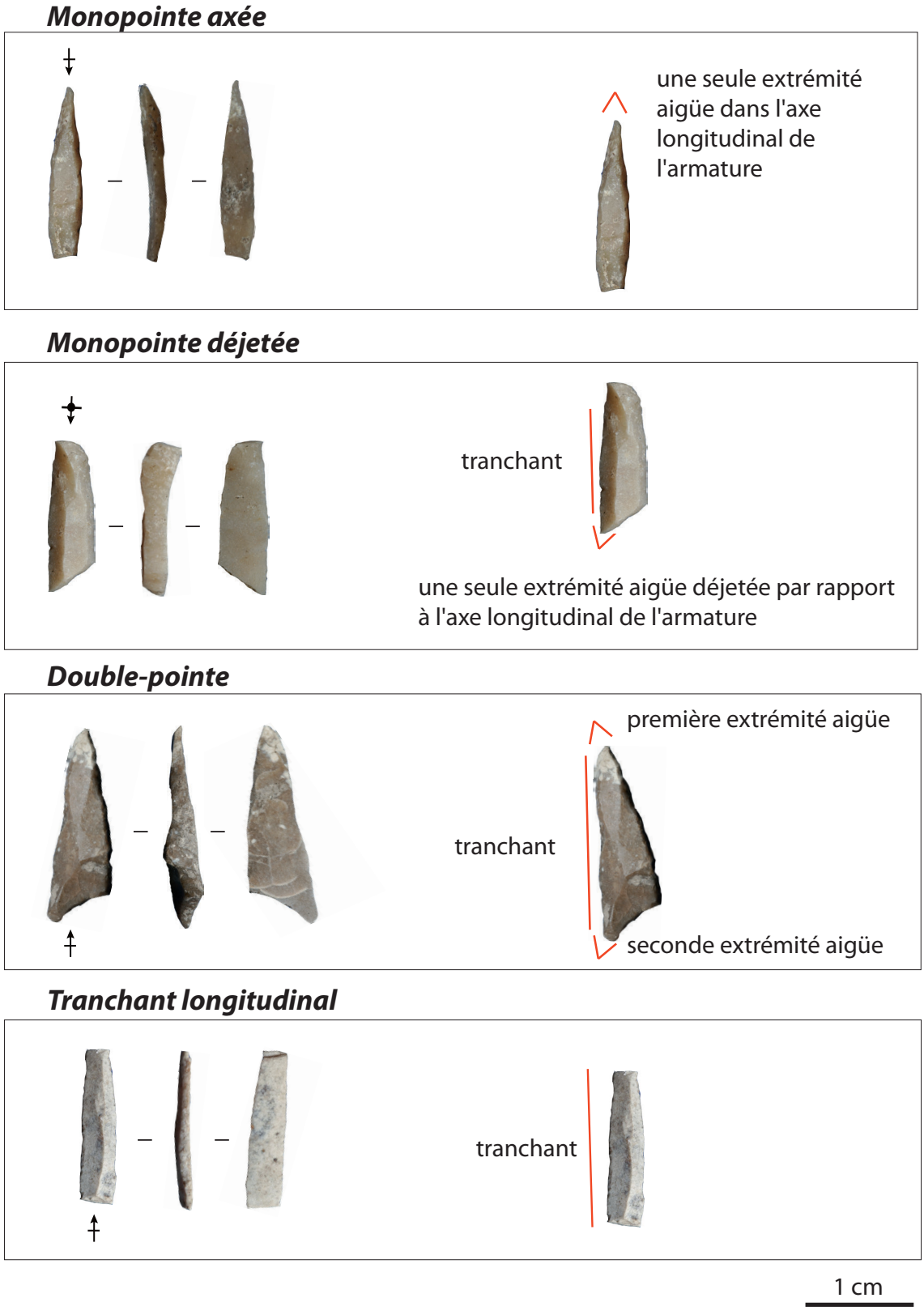


Fig. 48 : La Grande Rivoire à Sassenage. Types morpho-techniques.

Type 4 – Tranchant longitudinal : il s'agit d'une unique lamelle présentant un bord brut tranchant opposé au bord abattu.

Enfin, un certain nombre de microlithes trop fragmentés n'ont pas pu être attribués à un type morphotechnique (cf. indéterminés). Ils représentent 20 % de l'ensemble (soit 33 pièces).

Il n'y a pas de grandes disparités typologiques entre les ensembles des différents décapages, c'est pourquoi nous les avons traités comme faisant partie d'un même ensemble chrono-culturel. Il est intéressant de noter que l'ensemble des double-pointes et des monopointes déjetées sont des triangles scalènes (sauf une double-pointe qui est un segment, dont, par ailleurs, le support est atypique puisque c'est un éclat).

D'après l'observation du positionnement de l'armature au sein de son support (cf. fig. 7), l'ensemble des double-pointes est façonné dans la partie mésiale du support. Contrairement aux microlithes de Creysse, que nous verrons plus bas, ce sont tous des triangles scalènes. Il est possible, contrairement également aux microlithes de Creysse, que très peu d'entre eux aient été obtenus pas la technique du coup de microburin, puisque seuls 3 microburins ont été trouvés au sein de ces niveaux.

Les monopointes déjetées triangulaires, soit 68 pièces, sont, elles, toutes façonnées soit sur la partie proximale du support, soit sur sa partie distale. Ainsi 38 triangles scalènes/monopointes déjetées sont façonnés dans la partie proximale du support *:* le talon punctiforme et abrasé témoignant d'une percussion tangentielle à la pierre tendre est toujours présent au sein de l'armature finie (cf. la monopointe déjetée représentée sur la figure 48). Trente autres triangles/monopointes déjetées sont façonnés dans la partie distale du support (fig. 49). Fait exceptionnel, nous avons pu réaliser de probables raccords entre deux monopointes déjetées (fig. 50). Ces raccords témoignent de supports assez réguliers, ogivaux permettant d'obtenir deux microlithes présentant chacun une petite pointe déjetée et un angle de dilacération assez important pour ouvrir la plaie (cf. *supra*). Ce fait témoigne d'une simplification particulièrement importante de l'obtention des microlithes triangulaires. Nous y reviendrons à la fin de cette partie.

Enfin, notons que si les monopointes déjetées aménagées sur partie distale apparaissent souvent comme étant des triangles scalènes dont la grande pointe est cassée (cf. fig. 49), les monopointes déjetées aménagées sur partie proximale du support sont souvent dénommée lamelles scalènes (Bintz et Pelletier 1999). C'est un type qu'on trouve fréquemment dans les assemblages attribués aux phases récentes du Sauveterrien comme à Sinard (Pelletier *et al.* 2004).

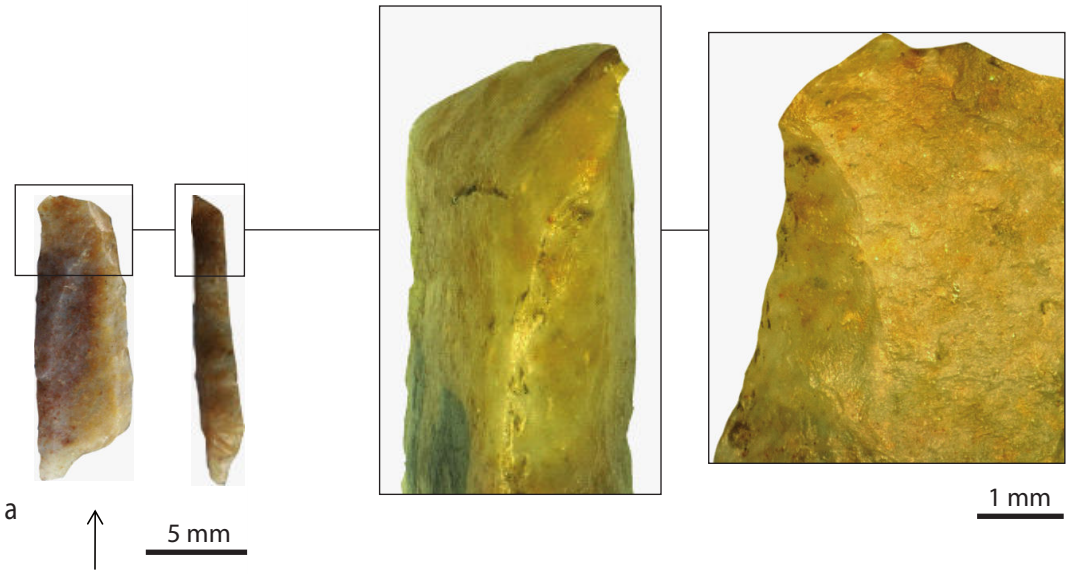


Fig. 49 : La Grande Rivoire à Sassenage. Triangle scalène/monopointe déjetée aménagé sur la partie distale du support.
a : On pourrait croire la grande pointe de ce triangle scalène cassée.
b : Toutefois, en observant sa partie distale à la loupe binoculaire, on s'aperçoit que la retouche d'abattage recoupe la partie distale brute du support. Une seule petite pointe est recherchée.

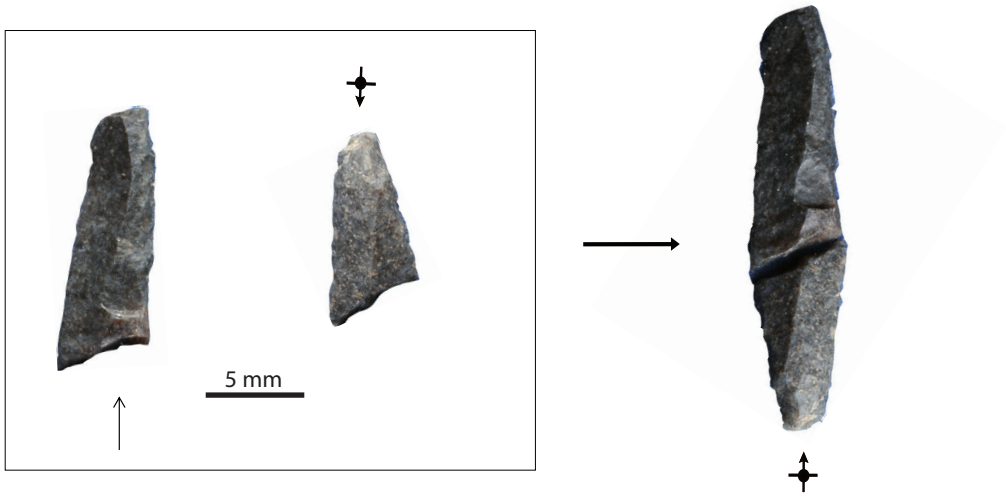


Fig. 50 : La Grande Rivoire à Sassenage. A gauche, deux monopointes déjetées triangulaires non endommagées dont on a pu faire le raccord, à droite.

IV.2.3. Analyse fonctionnelle

IV.2.3.1. État de surface du matériel

Les processus post-dépositionnels ont notablement endommagé la microtopographie du silex. Aussi la lecture des micro-usures liées à l'utilisation est délicate et dans certains cas impossible. Aucune zone d'abrasion striée (MLIT) n'a été observée. Il est possible que les altérations de type patine blanche ou lustré de sol présentes à la surface des pièces aient effacé ces traces. Si les processus post-dépositionnels ont altéré l'aspect microscopique du silex, ils n'ont pas altéré leur aspect macroscopique. Seul le feu l'a endommagé par desquamation, formation de cupules thermiques ou fissurations sur 13 microlithes.

IV.2.3.2. L'endommagement des microlithes

Aucune trace d'utilisation autre que celle témoignant d'un fonctionnement en tant qu'armature de projectile n'a été observée.

Les endommagements diagnostiques d'impact

D'après les critères expérimentaux de reconnaissance d'une trace d'impact énoncés ci-dessus, seuls 9 microlithes (5 % du total de l'assemblage) témoignent assurément d'une utilisation comme armature de projectile (fig. 51).

En d20, une monopointe déjetée (triangle scalène) présente un endommagement burinant (dont la longueur dépasse 2 mm) et emporte une partie de la troncature concave.

En d21, un microlithe de type indéterminé est fracturé de manière burinante (amplitude de la fracture supérieure à 2 mm) au niveau de la pointe.

En d39, la grande pointe d'un triangle (monopointe déjetée ou double-pointe) montre une fracture en cône dont la languette est de 2 mm de long.

En d40, la petite pointe et une partie de la troncature d'un triangle (monopointe déjetée) sont emportées par un enlèvement burinant de 3 mm.

En d41, une pointe (monopointe axée) est fracturée transversalement de manière nette avec un *spin-off* de 2,5 mm de long.

En d44, quatre microlithes ont été assurément endommagés à l'impact. La corde d'un segment (monopointe déjetée) est fracturée en grande partie par un enlèvement

burinant long de 5 mm (fig. 51a). Une autre monopointe déjetée (triangle) présente une fracture burinante (fig. 49b). Le troisième côté tranchant d'une double pointe (triangle) est partiellement emporté par un enlèvement burinant de 5 mm de long (fig. 51c). Enfin, le tranchant d'un triangle (double-pointe ou monopointe déjetée) est fortement ébréché (fig. 51d).

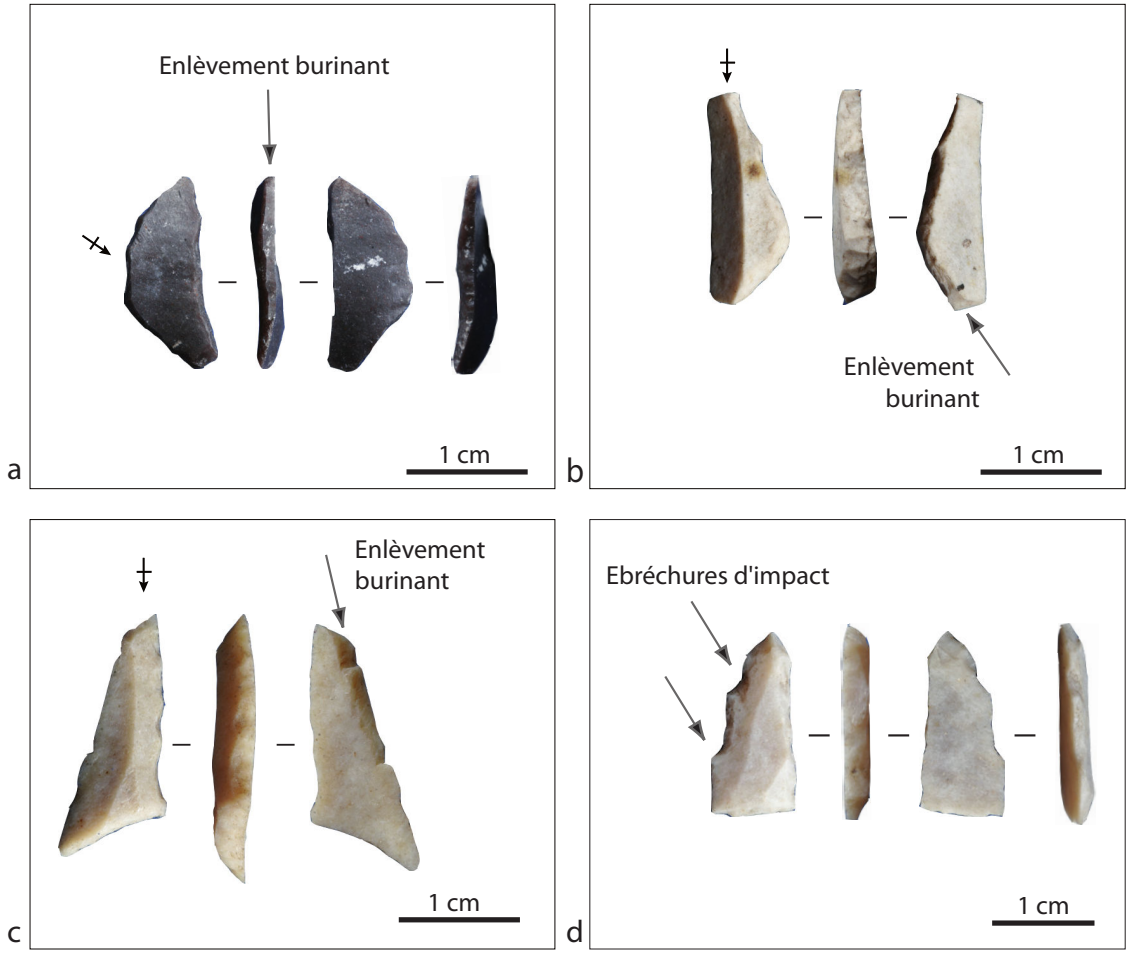


Fig. 51 : La Grande Rivoire à Sassenage. Endommagements burinants (a, b et c) et ébréchures (d) sur des barbelures.

Pour résumer, les endommagements diagnostiques sont majoritairement des fractures burinantes (6) observées sur des triangles (double-pointes et monopointes déjetées). Seule une pointe (monopointe axée) est endommagée à l'impact et présente, à la différence des triangles, une fracture transversale.

Les endommagements non diagnostiques d'impact

Quatre-vingt deux microlithes (51 %) présentent des endommagements macroscopiques non diagnostiques d'impact. Ce sont essentiellement des fractures (et

microfractures) transversales nettes ou à languette non diagnostiques puisque leur longueur ne dépasse pas 2 mm. Quelques microlithes (3) présentent des fractures accidentelles d'abattage de type krukowski. Dix tranchants sont micro-ébréchés. Il n'est bien sûr pas exclu que ces endommagements aient pu intervenir lors de l'utilisation de ces objets en tant qu'armatures de projectile. Néanmoins, il est également possible que ces fractures transversales soient liées à leur façonnage.

IV.2.3.3. Interprétation de la fragmentation et origine fonctionnelle du dépôt des microlithes de la Grande Rivoire

Les endommagements diagnostiques des microlithes de la Grande Rivoire sont rares (5 % de l'ensemble) et sont majoritairement des fractures burinantes (6) observées sur des triangles (double-pointes et monopointes déjetées).

Seule une pointe (monopointe axée) est endommagée à l'impact et présente une fracture transversale confirmant bien l'utilisation de cet objet emmanché en pointe axiale.

La fragmentation des triangles à l'impact pourrait témoigner d'une utilisation de ces microlithes comme barbelures (emmanchement latéral). En effet, s'ils avaient été utilisés en tête de hampe ou disto-latéralement, d'une part davantage de microlithes auraient été endommagés, d'autre part ils auraient été aussi fracturés de manière transversale et diagnostique. Toutefois, si nous excluons leur utilisation en pointe axiale, nous ne pouvons exclure totalement leur emmanchement disto-latérale. En effet, certaines fractures transversales non diagnostiques pourraient être liées au fait qu'ils étaient emmanchés de cette manière.

D'après notre modèle de dispersion, il est probable que les double-pointes et monopointes axées, puisqu'emmanchées latéralement sur la hampe, ont été (ré) introduites sur le site au sein du gibier abattu. Cet ensemble typologique aurait donc été rejeté et abandonné en même temps que les déchets de boucherie. Nous avons vu expérimentalement que bon nombre de barbelures se détachent intactes dans l'animal. Les rares et discrets endommagements de l'ensemble des triangles de la Grande Rivoire pourraient donc non pas témoigner de leur faible utilisation mais plus certainement d'un usage comme barbelures.

Concernant les pointes, une seule est endommagée à l'impact. Comme nous l'avons vu, la nature de son endommagement confirme son utilisation en pointe axiale. Pourtant, d'après notre modèle expérimental, davantage de pointes (35 %) devraient présenter

ce genre d'endommagement. Ainsi, il apparaît que les pointes retrouvées à la Grande Rivoire n'ont pour la plupart, pas été utilisées et ont été abandonnées sur place avant leur utilisation.

IV.2.4. Conclusion à propos de la Grande Rivoire

Cet assemblage attribué de manière assez certaine à un Sauveterrien récent est typologiquement homogène puisqu'il est constitué essentiellement – en excluant les microlithes indéterminés – de triangles scalènes/monopointes déjetées et, dans une moindre mesure, de triangles scalènes/double-pointes, ayant certainement servi en barbelures puisqu'elles présentent de rares traces diagnostiques qui sont toutes (ou presque) des enlèvements burinants.

Il est intéressant de remarquer comme à Farman qu'une dichotomie fonctionnelle est observable entre les armatures axiales (monopointes axées à Farman et à la Grande Rivoire) et les armatures latérales (double-pointes à Farman et monopointes déjetées à la Grande Rivoire). Les armatures utilisées en position axiale auraient été abandonnées sur les sites après des défauts de fabrication ou utilisées ailleurs et n'auraient donc pas (ou peu) été utilisées en association avec les barbelures.[7] Il y aurait donc sur les deux sites une différenciation analogue des flèches et hypothétiquement une segmentation similaire de la fin de la chaîne opératoire microlithique (nous reviendrons sur ce point en dernière partie).

7 Notons que deux micropointes osseuses ont été retrouvées dans ces niveaux (Nicod *et al.* 2011), et nous pourrions peut-être les imaginer emmanchées en tête de hampe sur des flèches à barbelures.

IV. 3. Analyse de l'assemblage lithique des concentrations 1 et 3 de Creysse : une chaîne opératoire imbriquée

IV.3.1. Présentation

Le gisement de Saint-Lizier à Creysse (Tallet 2013) situé à 200 m des rives actuelles de la Dordogne a révélé trois concentrations. Les concentrations 1 et 3 attribués au Mésolithique dans un premier temps puis datés dans un second temps ont retenu notre attention. Elles ont été datées par AMS sur micro-charbons (*acer* ou *prunus*, détermination réalisée par I. Théry) issus du sédiment encaissant. Les âges calculés sont de 10040 +/- 40 BP et 9900 +/- 40 BP et sont respectivement de 9810-9380 cal BC et 9440-9280 cal BC après calibration par le laboratoire (Beta analytic).

Ces dates sont particulièrement hautes et s'apparentent à la date du niveau le plus ancien de Fontfaurès-en-Quercy de 9350/8600 cal. BC (Valdeyron *et al.* 2008). Bien sûr, il faut prendre en compte le fameux plateau radiocarbone associé à cette période qui pourrait vieillir quelque peu ces résultats.

L'analyse géoarchéologique menée par M. Rué (*in* Tallet 2013) a montré que les concentrations 1 et 3 s'intégraient dans la seconde phase de comblement d'un paléochenal de la Dordogne, alors stabilisé mais pas encore à l'abri des crues. L'analyse taphonomique (distributions spatiales, fabriques, remontages et raccords, états de surface du mobilier et granulométrie) a montré que les deux concentrations s'étaient certainement déplacées selon un même axe Sud-Est mais ce déplacement n'aurait que peu redistribué le matériel.

La seule catégorie de matériel représentée sur le site est l'industrie lithique. L'analyse techno-fonctionnelle de ce matériel (Chesnaux *in* Tallet 2013) a porté sur un ensemble de 860 pièces réparties au sein de deux concentrations distinctes. La majorité des pièces analysées (509 dont 334 cotées) proviennent de la concentration C1. La concentration C3 comprend 351 pièces analysées (dont 258 cotées).

IV.3.2. Tri du tamisage

Un tri minutieux de l'ensemble des refus de tamis des concentrations 1 et 3 a été réalisé par nous-même et un numéro a été attribué à 255 pièces supplémentaires. Il importait d'intégrer ces objets à l'ensemble du matériel puisqu'ils témoignent pour la plupart d'une

chaîne opératoire microlamellaire destinée à la production de supports de microlithes et hypermicrolithes triangulaires. Nous insistons sur le fait que celle-ci n'aurait pas été visible si les sédiments n'avaient pas été tamisés à l'eau et si nous n'avions pas trié ces mêmes refus de tamis sous la loupe binoculaire. De cette façon, nous avons retrouvé un certain nombre de pièces significatives : notamment 10 microlithes et hypermicrolithes, 4 microlithes cassés en cours de fabrication, 9 pseudo-microburins krukowskis et 29 microburins.

Les microburins, retrouvés dans le matériel issu du tamisage, témoignent pour certains d'entre eux de la fragmentation de microlamelles au moyen de cette technique afin de mettre en forme des hypermicrolithes. Ce fait est nouveau puisque, d'après les travaux menés dans les différentes régions de l'aire géographique sauveterrienne (notamment Michel 2011, Guilbert 2001 et Valdeyron *et al.* 2008), la fragmentation par la technique du microburin ne concerne pas l'hypermicrolithisme.

IV.3.3. La matière première

D'après l'analyse de P. Fernandes (*in* Tallet 2013), la quasi-totalité de la série est composée de silex initialement récoltés sous forme de galets prélevés sur la terrasse même. Ces galets sont difformes, très « biscornus », d'une dizaine de centimètres de long en moyenne, recouverts en de rares endroits du cortex d'origine très altéré et de néocortex. Ils présentent naturellement une multitude de surfaces et volumes différents permettant de mettre en place rapidement, **sans véritable étape de mise en forme, des tables lamellaires et microlamellaires.**

IV.3.4. Les microlithes

Vingt-deux microlithes ont été mis au jour au sein des concentrations 1 et 3 (tab. 50).

	Concentration 1	Concentration 3	Total
Triangles isocèles	9	5	14
Pointes à base retouchée	2	0	2
Microlithes indéterminés	6	0	6
Total microlithes	17	5	22

Tab. 50 : Saint-Lizier à Creysse. Décompte des microlithes par type.

Microlithes de la concentration C1

Dix-sept microlithes, soit la majorité, proviennent de cette concentration. Parmi les types identifiés, la plupart sont des triangles isocèles (fig. 52). Les 9 triangles isocèles ont tous été mis en forme selon les mêmes modes opératoires. Ainsi ils ont été façonnés en partie mésiale de lame ou lamelle – comme en témoigne(nt) la (ou les) nervure(s) longitudinale(s) en face supérieure – par double troncature oblique rectiligne ou parfois

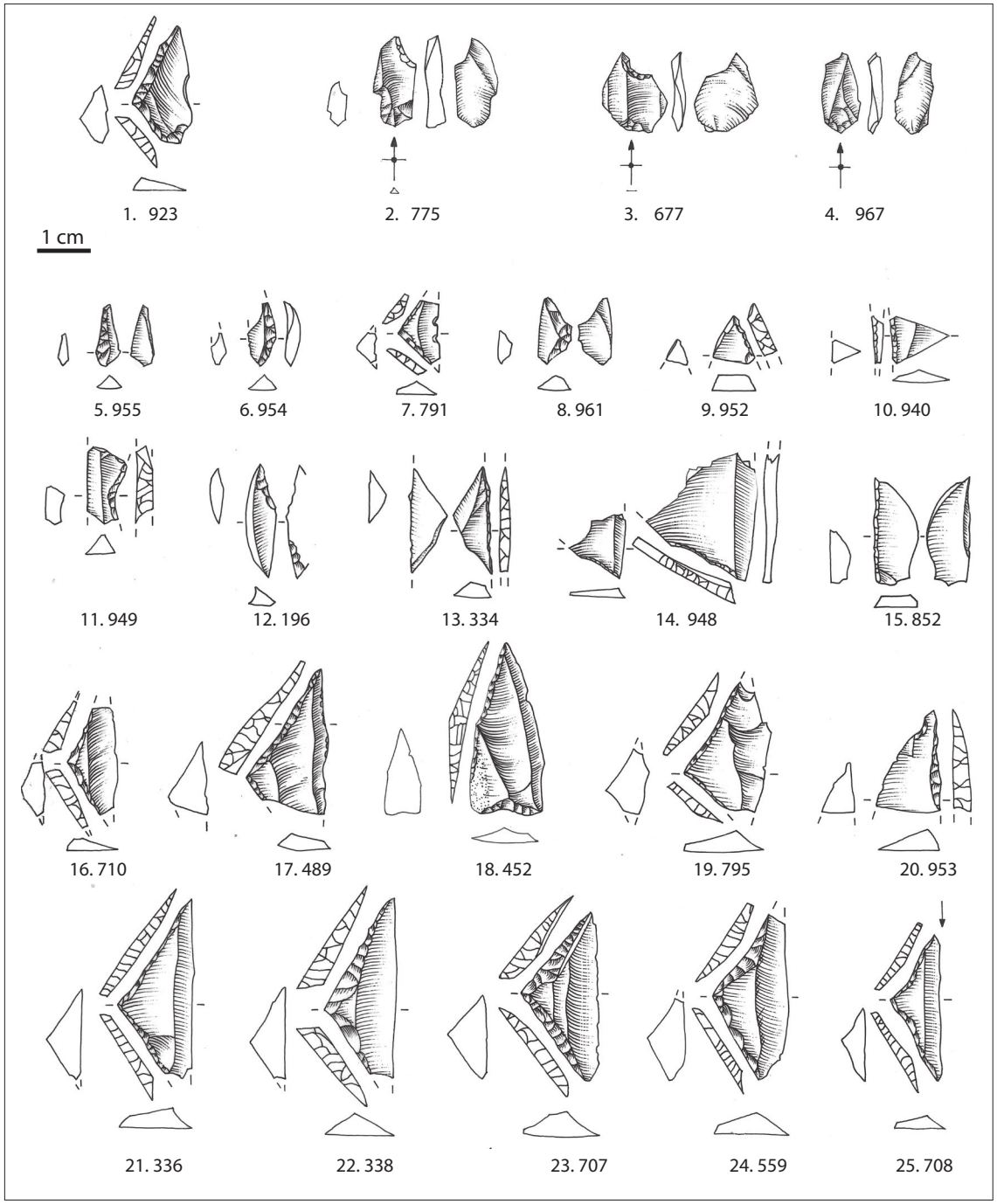
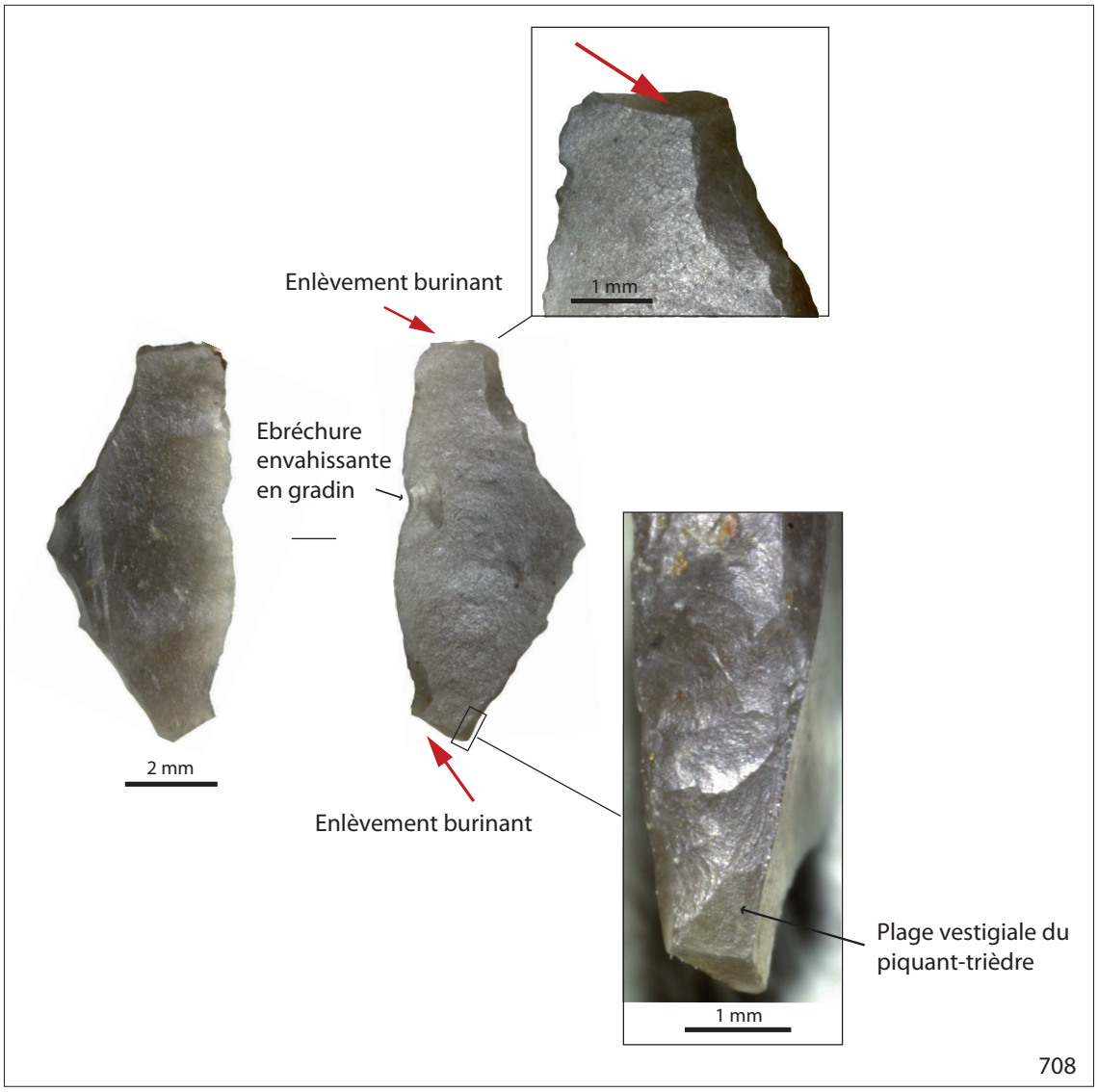
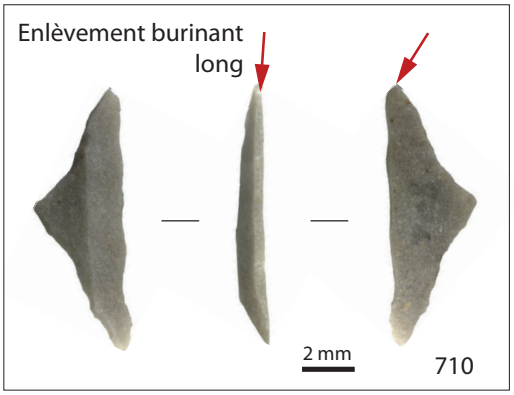


Fig. 52 : Saint-Lizier à Creysse. Assemblage microlithique provenant de C1 et C3.
Triangles isocèles : 1, 7, 16, 17, 19 et 21 à 25 ; pointe à troncature oblique et base retouchée : 18 ; fragments de microlithes indéterminés : 6, 8, 9, 10, 14 et 20 ; microburins : 2 à 4 ; microburin raté : 11 ; krukowskis : 5, 8, 12, 13 et 15 (dessins R. Picavet, d'après Tallet et al. 2013).

légèrement concave. Cette mise en forme permet de dégager deux extrémités aigües symétriques de part et d'autre de l'axe transversal de la pièce, ce sont donc tous des double-pointes. Quelques vestiges de piquant-trièdre, pas totalement oblitérés par la retouche, sont encore perceptibles à l'une ou l'autre extrémité de certains triangles (extrémité distale : 710 et extrémité proximale : 338, 707 et 923, fig. 53).



a



b

Fig. 53 : Saint-Lizier à Creysse. Triangles isocèles présentant des fractures d'impact.

Parmi les autres types identifiés au sein de C1, on trouve deux pointes à troncature oblique et base retouchée (n°18, fig. 52). Toutes deux sont mises en forme dans la partie mésiale d'une lamelle au moyen d'une fracturation par la technique du coup de microburin en partie proximale – le piquant-trièdre est ensuite partiellement retouché pour former une troncature rectiligne oblique – et par troncature concave droite en partie distale. Ce sont toutes deux des monopointes axées.

Pour le reste, les microlithes sont trop endommagés pour leur attribuer un type. Il est de plus très probable qu'il ne s'agisse que d'ébauches de microlithes (nous reviendrons par la suite sur cette hypothèse).

Microlithes de la concentration C3

Les cinq microlithes sont des triangles isocèles. Ils ont tous été mis en forme exactement selon les mêmes modes opératoires que les triangles isocèles de C1. Ce sont donc tous des double-pointes.

Bilan sur les microlithes

Etant donné le faible nombre de microlithes, nous n'avons pas réalisé d'analyse statistique de leurs dimensions. La simple observation des rapports largeur/épaisseur) permet de montrer une variabilité importante des épaisseurs entre 1 et 2 mm et des largeurs entre 2,4 et 12 mm (fig. 54).

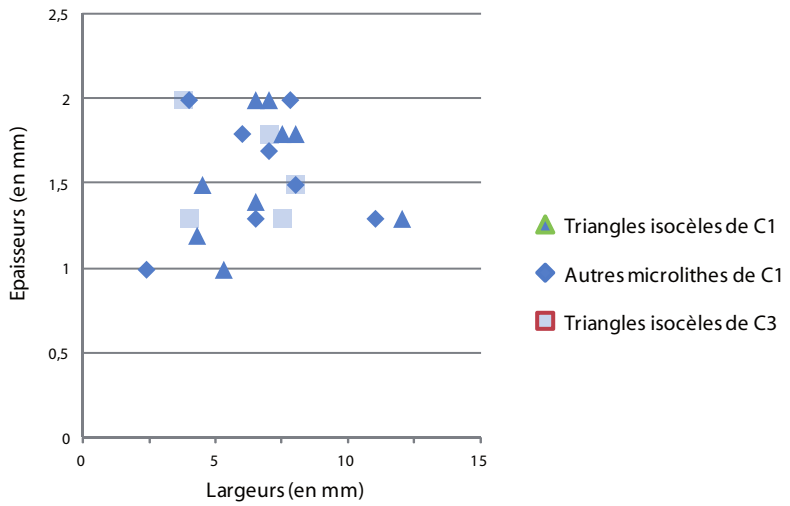


Fig. 54 : Saint-Lizier à Creysse. Répartition du rapport largeur/épaisseur des microlithes.

Il est particulièrement intéressant de remarquer que parmi les triangles isocèles entiers dont, rappelons-le, les schémas de mise en forme sont tous identiques, le rapport longueur/largeur montre une certaine variabilité (fig. 55), les longueurs s'échelonnant entre 6 mm et 17 mm et les largeurs entre 3,8 mm et 7 mm. Cette disparité dimensionnelle entre petits et grands isocèles tous fabriqués de la même manière pourrait donc indiquer des différences de fonctionnements (emmanchement sur des flèches différentes destinées à des gibiers différents ou encore emmanchement sur les mêmes flèches mais rôles vulnérants différents assurés par les petits et grands isocèles) au sein d'un même ensemble chronologique.

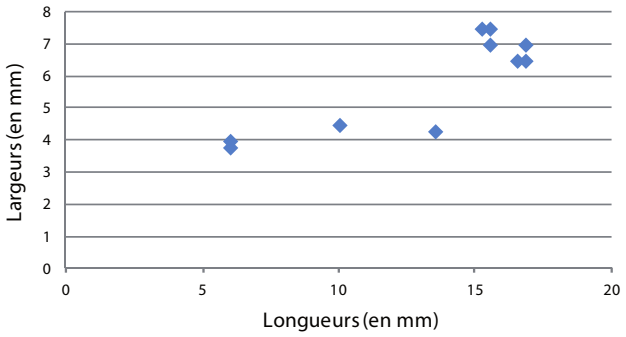


Fig. 55 : Saint-Lizier à Creysse. Répartition du rapport longueur/largeur des triangles isocèles.

Enfin, il est important de préciser que le faible nombre de microlithes paraît bien être lié à des raisons fonctionnelles plutôt qu'à une récolte partielle des artefacts. En effet, un tamisage à l'eau de l'ensemble des sédiments fouillés a été réalisé et un nombre important de pièces très petites ont été mises au jour (cf. *supra*). De plus, nous avons finement trié les refus de tamis sous la loupe binoculaire. Il est donc peu probable qu'un grand nombre de microlithes ou fragments de microlithes nous ait échappé.

IV.3.5. Les déchets de fabrication des microlithes : les microburins et les pseudo-microburins krukowskis (cf. fig. 52)

Microburins et krukowskis, objets témoignant de la fabrication sur place des microlithes, sont trois fois plus nombreux que les microlithes eux-mêmes (tab. 51 et 52) au sein des deux concentrations. Pour une partie d'entre eux, les microburins et les krukowskis de C1 et C3 présentent des dimensions similaires (fig. 56). Leurs supports sont semblables **:** ce sont des produits *a priori* allongés (lames et lamelles), présentant des caractéristiques similaires à une partie des lame(lle)s retrouvées sur le site. Ils présentent une nervure centrale principale, des bords subparallèles, une épaisseur qui varie peu sur l'ensemble de la pièce, un profil subrectiligne, leur conférant une certaine régularité.

	Concentration 1	Concentration 3	Total
Krukowskis	5	8	13
Microburins	22	19	41
Microburins ratés	5	0	5
Total des pièces témoignant de la fabrication de microlithes	32	27	59

Tab. 51 : Saint-Lizier à Creysse. Décompte des microburins et krukowskis par concentration.

	Concentration 1	Concentration 3	Total
Total des pièces témoignant de la fabrication de microlithes	32 (65 %)	27 (85 %)	59 (73 %)
Microlithes	17 (35 %)	5 (15 %)	22 (27 %)
Total des objets témoignant directement de l'activité cynégétique	49	32	81

Tab. 52 : Saint-Lizier à Creysse. Décompte relatif des déchets de façonnage de microlithes (microburins et krukowskis) et des microlithes par concentration.

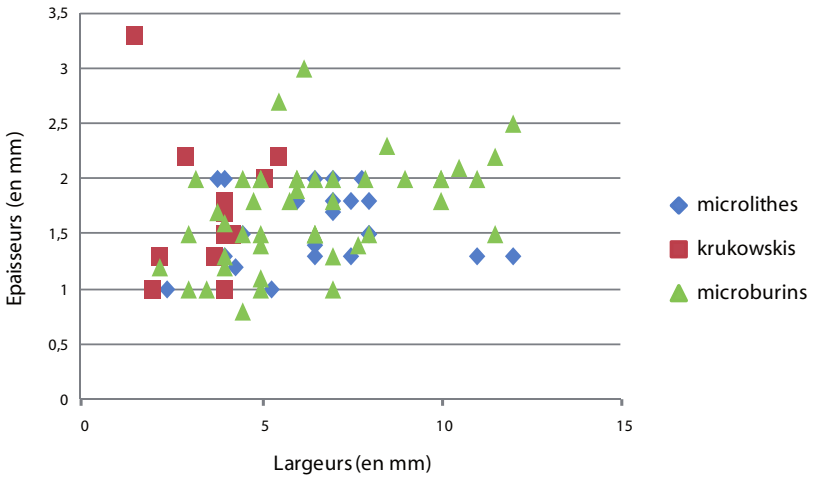


Fig. 56 : Saint-Lizier à Creysse. Comparaison de la répartition du rapport largeur/épaisseur des microlithes, des krukowskis et des microburins.

A l'image des microlithes, il se dessine en quelque sorte une continuité dimensionnelle entre petits et grand gabarits (de 2,2 mm à 12 mm de large et de 0,8 mm à 3 mm d'épaisseur).

Notons qu'il est parfois délicat de différencier les microburins, les microburins ratés et les krukowskis. Les microburins *stricto-sensu* (Tixier *et al.* 1980) se caractérisent par une surface de fracture déjetée, témoin en négatif du piquant-trièdre, partant d'une encoche aménagée latéralement sur un support allongé (lame ou lamelle). Ainsi ce déchet

marque l'intention de retirer la partie du support non désiré (souvent la partie proximale qui est plus épaisse et irrégulière mais pas toujours, tab. 53) pour y façonner un microlithe et pour créer une pointe – le piquant-trièdre. Ce que nous avons appelé les microburins ratés sont des fragments de produits encochés latéralement[8] donnant naissance non pas à une fracture déjetée mais à une fracture transversale droite. Si l'intention était de produire un piquant-trièdre, l'objectif n'a donc pu être rempli. Ces objets présentent les mêmes gabarits que les microburins *s.s.* (fig. 57).

Tab. 53 : Saint-Lizier à Creysse. Décompte des différents types de fragments de microburins.

	Nombre
Microburins proximaux	21
Microburins distaux	11
Microburins mésiaux	8
Fragments indéterminés	1
Total	41

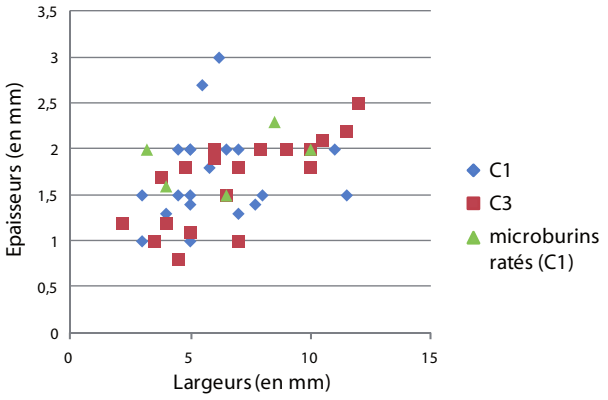


Fig. 57 : Saint-Lizier à Creysse. Comparaison de la répartition du rapport largeur/épaisseur des microburins de C1 et C3 et des microburins ratés.

Les krukowskis ou pseudo-microburins krukowski (Bordes 1961) témoignent d'accidents lors du façonnage des microlithes, plus précisément lors de l'abattage d'un bord. La fracture n'est alors pas maîtrisée et le négatif s'étend le long du bord opposé.

Dans tous les cas, l'intention est de produire un microlithe et l'ensemble de ces objets témoigne donc de la fabrication d'un équipement destiné à l'activité cynégétique.

Les dimensions (rapport largeurs/épaisseurs) d'une partie des microburins et des krukowskis présentent, nous l'avons signalé, une répartition similaire à celles des microlithes (cf. fig. 56). Néanmoins, une bonne partie des microburins se trouve hors du champ principal du nuage de points et présente des largeurs et épaisseurs plus importantes que la plupart des microlithes. Mais en observant la répartition des gabarits des microburins selon leur type (proximal, mésial ou distal, fig. 58), il s'avère que les points les plus éloignés du nuage principal sont des microburins proximaux. Ceux-ci portant le bulbe du

8 L'encoche s'arrête en largeur au niveau d'une nervure.

support initial, ils sont forcément plus épais et plus larges que les microburins distaux et mésiaux (ou centraux, d'après Rozoy 1968) et que les microlithes en général.

- C1 : Parmi les 22 microburins identifiés au sein de C1, 12 sont des microburins proximaux, 7 sont des microburins distaux, 2 sont des microburins mésiaux et un seul est indéterminé. 5 microburins ratés et 5 krukowskis ont également été mis au jour au sein de C1.

- C3 : Parmi les 19 microburins identifiés, 9 sont proximaux, 4 sont distaux et 6 sont mésiaux. 8 krukowskis ont également été mis au jour au sein de cette concentration.

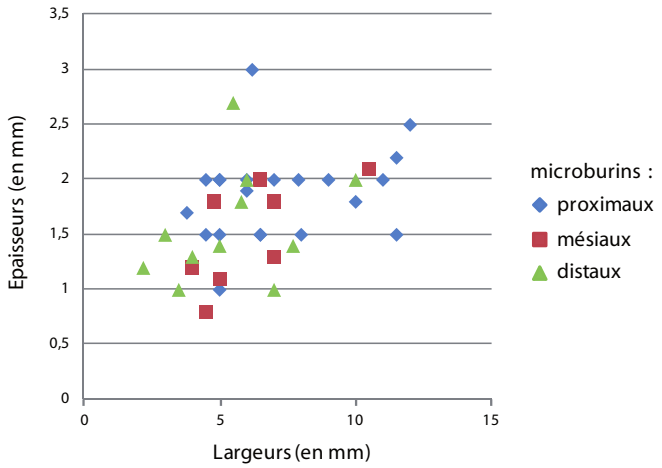


Fig. 58 : Saint-Lizier à Creysse. Comparaison de la répartition du rapport largeur/épaisseur des différents types de fragments de microburins.

Ainsi, étant donné la répartition facilement comparable des gabarits des microlithes, des microburins et des krukowskis, la similarité de leur support et le type de mise en forme des triangles et des pointes, nous pouvons affirmer, sans trop nous tromper, que les microlithes, les microburins et les krukowskis font partie de la même chaîne opératoire et que ces derniers sont les déchets de façonnage des premiers. Les microburins sont, néanmoins, en beaucoup plus grand nombre que les microlithes. De plus, seuls deux microlithes sont fracturés à l'impact. Cela nous conduit à penser que l'activité de fabrication des armes est bien représentée au sein des deux concentrations et que la quasi-totalité des microlithes fabriqués sur place n'a pas été réintroduite au sein des locus après la chasse.

Notons également que rares sont les hypermicrolithes retrouvés (longueur inférieure à 10 mm). Néanmoins, étant donné le gabarit de certains microburins, ceux-ci devaient être bien plus nombreux. Ils ont pu, comme nous l'évoquions ci-dessus ne pas être réintroduits au sein de C1 et C3 après la chasse.

IV.3.6. Analyse fonctionnelle des microlithes

L'analyse fonctionnelle a porté sur les 22 microlithes identifiés au sein de l'assemblage. Deux d'entre eux provenant de C1 (n°708 et n°710, cf. fig. 53a et b) portent des fractures burinantes. D'après notre référentiel expérimental, ces armatures triangulaires se sont fracturées à l'impact et d'après notre modèle d'interprétation, il est probable que ces armatures, ayant subi des endommagements burinants, ont été emmanchées de manière latérale le long de la hampe de flèche, c'est-à-dire en barbelure. Il est également probable que ces endommagements témoignent du détachement des armatures dans l'animal. Ainsi elles auraient été (ré)introduites au sein de l'assemblage dans l'animal chassé et au moins une (voire deux) carcasses de gibier a fait l'objet d'un premier traitement (éviscération peut-être) au sein de la concentration 1.

Toutefois, il est également possible que ces deux armatures ont été (ré)introduites au sein du site sur la hampe de flèche en vue de sa réfection.

Les autres microlithes endommagés (12) présentent des fractures transversales nettes, non diagnostiques de l'impact. Ces fractures sont équivoques et peuvent survenir aussi bien lors du piétinement, que de la fabrication ou de l'impact. Néanmoins, rappelons que lors de nos expérimentations, les armatures emmanchées latéralement ne présentaient que très rarement des fractures transversales suite à l'impact. Ainsi, il est davantage probable que ces endommagements sont survenus au cours de la fabrication des armatures et une partie au moins des microlithes endommagés transversalement pourrait être des ébauches d'armatures.

De plus, dans les concentrations 1 et 3, les microburins et les krukowskis, déchets de la fabrication sur place des microlithes sont trois fois plus nombreux que les microlithes eux-mêmes. L'activité de fabrication des microlithes est largement plus représentée que celle de la chasse proprement dite. La quasi-totalité de la production d'armatures a donc vraisemblablement été emportée ailleurs (emmanchée ou non sur des flèches) pour une utilisation différée.

IV.3.7. Une attribution chrono-culturelle délicate

Bien que le site puisse être inclus dans l'aire géographique sauveterrienne et que son assemblage comprenne des triangles microlithiques attribuables typologiquement davantage aux ensembles du complexe méridional qu'au complexe septentrional contemporain Beuronien, la série montre quelques originalités qui ne collent pas bien

avec la définition des différentes phases du Sauveterrien (Barbaza et Valdeyron 1991, Valdeyron 1994). En effet, l'assemblage microlithique de Creysse associe clairement, au sein d'une même chaîne opératoire, triangles isocèles microlithiques et triangles isocèles hypermicrolithiques tous fabriqués sur lamelles issues *a priori* des mêmes blocs et fracturées par la technique du microburin. Une telle association n'existe ni au sein des assemblages sauveterriens du Sud-Ouest (Barbaza et Valdeyron 1991, Valdeyron 1994, Valdeyron *et al.* 2008), ni au sein des assemblages du Centre-ouest (Michel 2011) ou encore du Sud-est (Guilbert 2001). Les triangles isocèles et les deux pointes à troncature oblique sont tout de même à rapprocher du Sauveterrien ancien de la couche 6 de Fontfaurès (Valdeyron 1994).

Il est alors possible que Creysse témoigne d'un faciès particulier du Sauveterrien non encore reconnu ou bien ce faciès est chronologique ou bien ce faciès est fonctionnel. Nous pouvons également envisager que les explications se conjuguent.

L'attribution chrono-culturelle de Creysse soulève ainsi l'épineux problème d'une qualification chrono-culturelle des industries reposant encore trop souvent sur des approches typologiques traditionnelles au détriment d'approches plus globalisantes prenant en compte l'ensemble de la chaîne opératoire et révélant les comportements techno-économiques subtiles qui président à la formation des séries archéologiques.

V. Bilan et perspectives

L'observation de nombreux microlithes mésolithiques nous a permis de proposer une nouvelle démarche pour les décrire et les classer. Grâce à notre typologie morphotechnique, les microlithes sont d'abord distingués selon la nature de leurs parties agissantes. Notre typologie fonctionnelle se fonde ensuite sur des hypothèses concernant leur mode d'emmanchement.

L'expérimentation nous a conduite à identifier des traces diagnostiques d'impact selon trois modes d'emmanchement (axial, disto-latéral et latéral). Il est apparu que l'endommagement et la dispersion de l'armature diffèrent nettement selon ces trois modes d'emmanchement.

Ce modèle expérimental nous a permis de proposer des hypothèses sur les conditions fonctionnelles de formation de trois assemblages de microlithes archéologiques.

V.1. Principaux résultats expérimentaux

D'après nos expérimentations, le fonctionnement des flèches composites « polylithiques » (Valentin 2008a) mésolithiques est très efficace pour blesser le gibier. Elles peuvent, en effet, agir tout à la fois comme flèches « explosives » – à l'impact les armatures latérales (toutes ou plusieurs) se détachent dans l'animal causant des hémorragie(s) importantes – et comme flèches rétensives – une partie des armatures latérales (à pointe rétensive) qui ne se sont pas détachées permettent de retenir la hampe (ou la préhampe) dans l'animal. Ce système particulièrement performant nécessite par ailleurs que soit bien maîtrisée la fabrication de la colle.

V.1.1. Endommagement et dispersion des armatures selon leur mode d'emmanchement

V.1.1.1. Endommagement et dispersion des armatures axiales

Stigmates

Les armatures emmanchées axialement se fracturent avec une fréquence de 65 % (26 % en plus de deux parties), 30 % présentant des cassures diagnostiques. Les endommagements sont majoritairement des fractures transversales (61 % du total des pointes expérimentales observées) et 26 % sont diagnostiques, présentant une languette et/ ou des *spin-off* supérieurs à 2 mm de long. Les fractures burinantes partant de l'extrémité distale sont rares : 4 % seulement.

Le fort taux expérimental d'endommagement des armatures axiales semble très logique puisque celles-ci – quelque soit leur forme – se situent précisément dans l'axe de la contrainte et absorbent en premier l'énergie de l'impact.

Facteur favorisant l'endommagement des armatures axiales

Lors de la troisième expérimentation, nous avons mis en place un protocole pour reconstituer la trajectoire des flèches dans l'animal afin de reconnaître l'origine de la formation des traces sur les armatures (cf. III.3.2.3.). Il est alors apparu que l'impact contre un os était le facteur principal de l'endommagement des armatures axiales. En effet, sur les 7 armatures axiales alors endommagées, 6 appartiennent à des flèches qui ont impacté un os. Toutes présentent des endommagements diagnostiques d'impact et sont fragmentées en trois parties. La septième armature axiale endommagée était montée sur une flèche ayant atteint la panse : elle n'est cassée qu'en deux parties et présente une fracture transversale non diagnostique d'impact. Ce test prenant en compte les trajectoires précises concerne assez peu de tirs (12 au total) et il serait utile de le reproduire pour constituer un corpus expérimental plus important.

Questions concernant la ligature des armatures axiales

L'hypothèse d'H. Plisson (2005 p. 186) concernant l'utilisation de pointes axiales non ligaturées n'a pas été confirmée par nos expérimentations. En effet, les armatures axiales non ligaturées de notre quatrième test n'ont, pour la plupart, pas pénétré la cible (une épaule de sanglier). Il serait tout de même intéressant de vérifier ce qu'il advient de

pointes axiales non ligaturées sur une cible dont la peau est moins épaisse que celle du sanglier : l'ensemble résisterait alors peut-être mieux à l'impact. Il est également possible que d'autres colles (brai de bouleau ?) que celles que nous avons utilisées puissent assurer l'adhérence de la pointe axiale sans nécessiter de ligature.

La dispersion des armatures axiales

Lorsque les armatures emmanchées de manière axiale se fracturent, le fragment proximal reste presque systématiquement solidaire de la hampe tandis que le (ou les) fragment(s) distal(-aux) restent dans la carcasse, comme cela a déjà été signalé plusieurs fois (voir notamment Chadelle *et al*., 1991). Dans quelques rares cas (3 occurrences), nous avons toutefois observé le détachement de pointes intactes dans la carcasse. Il serait bien sûr intéressant d'observer la dispersion de ces armatures axiales avec d'autres types de colle et avec/ou sans ligature, afin de vérifier si davantage d'armatures axiales se détachent dans l'animal sans dommage.

V.1.1.2. Endommagement et dispersion des armatures latérales

Endommagement des armatures latérales

Les armatures emmanchées latéralement et distantes de l'extrémité pénétrante de la flèche sont endommagées avec une fréquence de 14 % (7 % sont ébréchées, 5 % portent un enlèvement burinant et 2 % sont à la fois ébréchées et fracturées transversalement). Il est très rare qu'elles se fracturent transversalement (seulement 2 % et jamais de manière diagnostique).

Facteur favorisant l'endommagement des armatures latérales

L'impact contre un os, en plus d'être une cause importante de détachement des armatures latérales, est également un facteur indirect d'apparition des cassures burinantes. En effet, les armatures se détachant violemment, elles s'agglutinent les unes derrière les autres et peuvent s'entrechoquer entre elles provoquant les enlèvements burinants (plus ou moins discrets). La présence de tels enlèvements au sein d'un assemblage de microlithes peut donc être un indice de l'emmanchement en série d'armatures latérales sur les hampes.

L'autre cause apparente expliquant la formation d'enlèvements burinants sur les armatures est le passage de la flèche entre les côtes : le choc ponctuel de la petite pointe contre une côte favorise vraisemblablement l'apparition de ce type de traces.

Le passage entre les côtes provoque en outre la formation d'ébréchures sur les bords, ne résultant pas nécessairement du frottement contre l'os mais possiblement de la dilacération des muscles et des tendons très serrés et denses de la grille costale. L'impact contre un os et le passage dans la panse sont également générateur d'ébréchures sur les bords bruts des armatures testées.

Dispersion des armatures latérales

Etant collées le long du fût de la flèche et non dans son axe, les armatures latérales (de même que les armatures disto-latérales) présentent un emmanchement fragile et deux causes principales sont à l'origine de leur détachement : l'onde de choc liée à l'impact et le retrait de la flèche. Les armatures emmanchées latéralement endommagées à l'impact ont donc souvent été retrouvées dans l'animal : elles se fragmentent peu, mais se détachent fréquemment dans la carcasse.

Ainsi ce type d'emmanchement semble conduire à une perte importante en armatures. Après un tir, le nombre d'armatures latérales et disto-latérales issues de nos quatre expérimentations cassées et/ou détachées dans l'animal d'armatures perdues est de 299 soit 71 % du total des armatures latérales et disto-latérales testées (418). Ce chiffre est très important et pourrait laisser penser que les chasseurs mésolithiques devaient anticiper la dégradation d'une bonne part de ces flèches en fabriquant quantité de barbelures en amont de la chasse.

Cela dit, on peut tout de même se demander si ce très fort taux de dégradation expérimental ne peut pas être lié en partie aux colles utilisées. C'est donc également pour cela qu'il serait particulièrement intéressant d'en tester d'autres types.

V.1.1.3. Endommagement et dispersion des armatures disto-latérales

Les armatures emmanchées disto-latéralement sont assez peu fragmentées (26 %) et peu souvent de manière diagnostique (10 %). Les forces étant réparties entre l'armature et la hampe, il semble que l'élément lithique soit moins soumis à la contrainte violente liée à l'impact que dans le cas d'un emmanchement axial. À l'instar de ce dernier type d'emmanchement, les endommagements suite à un emmanchement disto-latéral sont

transversaux et/ou burinants au niveau des deux extrémités pointues sans position préférentielle. Le type d'emmanchement disto-latéral présente donc des endommagements qualitativement semblables à ceux du type axial mais dans des proportions similaires au type latéral.

Quant à la dispersion des armatures disto-latérales, elle est semblable à celle des armatures latérales.

V.1.1.4. Bilan sur l'endommagement et la dispersion des armatures expérimentales

Aucun endommagement n'est diagnostique à lui seul d'une position de l'armature sur la hampe. Mais c'est la proportion des différents types d'endommagements burinants et transversaux au sein d'un assemblage qui peut témoigner du (ou des) fonctionnement(s) des armatures. Si les ébréchures sont parfois diagnostiques d'impact, elles ne peuvent participer à la reconnaissance d'une position de l'armature sur la hampe. En effet, de manière générale, elles peuvent se former le long du tranchant brut actif d'une armature quelle que soit sa position sur la hampe.

Enfin il apparaît très clairement que l'impact contre un os et le passage entre deux côtes est un facteur déterminant dans l'endommagement des armatures. Finalement, peu d'armatures se sont endommagées lorsque la flèche a atteint les parties molles de la cible.

V.1.2. Influence de la forme des armatures *vs* influence de leur position sur leur endommagement et leur dispersion

Plusieurs faits nous montrent que la forme des armatures que nous avons testées n'a pas d'influence sur leur endommagement et leur dispersion.

Tout d'abord, comme nous l'avons montré au cours de nos trois premières expérimentations, segments et triangles emmanchés de manière latérale ne montrent aucune différence : ils se fragmentent et se détachent de manière tout à fait similaire. Selon nous, la différence de morphologie et de mise en forme entre triangles et segments ne relève donc pas d'un choix fonctionnel.

Par ailleurs, nous avons parfois testé un même type d'armature emmanché de trois manières différentes (cas des triple-pointes triangulaires de la troisième expérimentation notamment). Or ces armatures ont subi des endommagements différents selon leur

position. Il conviendra évidemment d'étayer cette observation (rôle déterminant de la position plutôt que de la morphologie) au moyen d'un corpus expérimental plus important.

V.1.3. Des précisions sur le rôle de la colle et sur celui des armatures

Les expérimentations à paramètres contrôlés que nous avons réalisées en collaboration avec le CEMEF nous ont permis de préciser le rôle particulièrement important de la colle dans le fonctionnement de la flèche à l'impact. D'autres tests nous ont conduite à observer avec précision le rôle vulnérant des armatures selon deux modes d'emmanchement (axial et latéral).

V.1.3.1. Rôle de la colle

Dans le cadre d'un emmanchement latéral (particulièrement fragile, cf. *supra*), l'adhésif se doit d'être ni trop plastique, ni trop cassant. En effet, celui-ci a pour rôle d'absorber la contrainte de l'impact, sans quoi la barbelure ne pourrait pénétrer la cible. Cela nous conduit à penser que la fabrication de cette colle avait une importance toute particulière. Cela nous pousse également à tester d'autres colles pouvant présenter les mêmes caractéristiques plastiques que le mélange optimal que nous avons découvert constitué de 80 %-70 % de cire d'abeille et de 20 %-30 % de résine de pin.

Il serait aussi très intéressant d'évaluer le rôle de la colle dans le cadre de l'emmanchement axial : est-il possible, comme nous venons d'en discuter, d'obtenir une colle assez puissante pour que la ligature des armatures axiales ne soit pas nécessaire ?

V.1.3.2. Rôle des armatures

Nous avons également pu profiter du dispositif de tir contrôlé pour apprécier le rôle dilacérant des armatures en comparant les profondeurs de pénétration de différentes flèches et en observant la façon dont la gélatine se déchirait. Tandis que la flèche nue n'a pas du tout déchiré la gélatine, la dilacération causée par les flèches présentant un ou plusieurs rangs de barbelures est bien visible. Il apparaît aussi que le montage le plus efficace du point de vue de la profondeur de pénétration et des dégâts engendrés sur son passage est celui présentant un nombre limité d'armatures réparties de surcroît sur une seule rangée (une pointe axiale – avec un tranchant longitudinal – et une barbelure). Il semble que le

faible nombre d'armatures permette de limiter les frottements, la flèche pénétrant plus loin. Par ailleurs, la dilacération créée par une seule rangée de barbelures – ou même par une seule armature axiale, disto-latérale ou encore latérale, à la condition qu'elle présente un tranchant – s'étend de manière symétrique dans la gélatine. Néanmoins, il est probable qu'ajouter des armatures latérales permette de créer davantage de blessures secondaires (déchirures successives) et de retenir la flèche dans l'animal si les armatures présentent une pointe rétensive.

La présence d'un tranchant (égrisé ou non) apparaît donc comme étant la condition nécessaire pour que le projectile pénètre loin dans la cible et la dilacère.

On comprend alors mieux le rôle des hypermicrolithes, qui, malgré, leurs très faibles dimensions ont pu tout de même être très efficaces. De plus il est important de noter la grande efficacité de ces petits objets pour se faufiler et pénétrer profondément la cible (cf. différences de profondeurs de pénétration entre les flèches « sauveterrienne » et « beuronienne »).

On comprend moins le rôle des triangles de Montclus dont les trois côtés sont abattus. Peut-être servaient-ils en partie axiale de hampe, ou peut-être n'avaient-ils qu'un rôle rétensif pour la flèche ?

V.2. Principaux résultats archéologiques

V.2.1 Un décalage frappant entre modèle expérimental et réalité archéologique

À notre sens, le résultat archéologique le plus étonnant après observation de notre matériel est la quasi absence d'endommagements témoignant de l'utilisation des armatures en tête de hampe. Plusieurs questions se posent alors. Tout d'abord, cette absence témoigne-t-elle de l'absence d'armatures en tête de hampe sur les flèches mésolithiques ? Ou bien peut-on imaginer que les armatures axiales mésolithiques ont été utilisées de telle manière qu'elles n'ont subi que très peu de traumatismes en comparaison de notre modèle expérimental ? Enfin, dans le cas où l'on réfuterait ces deux hypothèses, on peut se demander si les monopointes axées de Farman et de la Grande-Rivoire de même que les triple-pointes de Farman ont eu une autre destinée fonctionnelle que les monopointes déjetées et double-pointes de ces deux sites (dont le fonctionnement en armature latérale et/ou disto-latérale est pour, sa part, bien attesté).

V.2.1.1 Pas d'armatures axiales au sein des assemblages archéologiques étudiés ?

Il est peu probable que les monopointes axées et triples pointes des assemblages étudiés aient servi en armatures latérales. En effet, celles-ci ne présentent pas les endommagements caractéristiques des armatures latérales expérimentales. De plus, quelques unes d'entre elles portent des fractures transversales témoignant bien de leur emmanchement en partie axiale de hampe. Ainsi, la présence d'armatures axiales apparaît de manière fugace au sein de nos assemblages.

V.2.1.2 Un biais lié aux tactiques de chasse ? Un biais lié à la colle ?

On peut se demander alors si ces armatures axiales ont été utilisées exactement comme nos armatures axiales expérimentales. Nous avons vu que les armatures axiales expérimentales s'endommageaient essentiellement lorsque la flèche atteignait un os et que lorsque celle-ci n'atteignait que les parties molles (comme la panse), les armatures s'endommageaient rarement. Puisque les armatures axiales archéologiques sont peu endommagées, on peut alors se demander si la tactique de chasse employée par ces chasseurs ne privilégiait pas l'atteinte des parties molles (comme l'atteinte redoutable par l'arrière-train bien connue en chasse à l'arc). Il reste tout de même que dans les mêmes conditions de tir (les parties molles n'étant pas privilégiées), notre modèle expérimental coïncide bien avec la réalité archéologique pour les armatures latérales et disto-latérales et pas pour les armatures axiales.

Comme nous l'évoquions plus haut, il serait toutefois nécessaire de réaliser des expérimentations avec d'autres types de colle afin d'observer si les pointes axiales peuvent présenter des endommagements moindres à l'impact que ceux particulièrement traumatisants que nous avons produits lors de nos expérimentations.

V.2.1.3. Un destin fonctionnel différent pour les pointes et pour les barbelures ?

Lorsque ce biais possible lié à la colle aura pu être éliminé, le fait que les monopointes axées et triples pointes des assemblages étudiés ne portent pas (ou presque) de traces d'impact *a contrario* des monopointes déjetées et des double-pointes pourraient indiquer que ces deux catégories d'armatures n'ont pas été emmanchées sur les mêmes flèches. Cela pourrait alors être l'indice d'utilisation de flèches différentes pour des chasses éventuellement différenciées en des lieux distincts du territoire.

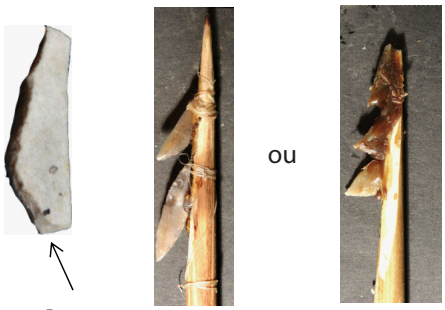
Un autre indice de segmentation des chaînes opératoires cynégétiques apparaît à Creysse où toutes les armatures fabriquées sur place n'ont pas été réintroduites au sein du site au retour de la chasse. On peut alors imaginer que certains lieux étaient dédiés plus que d'autres à la fabrication des microlithes ou bien à la boucherie au retour de la chasse.

V.2.2 Une simplification de la mise en forme au cours du Sauveterrien

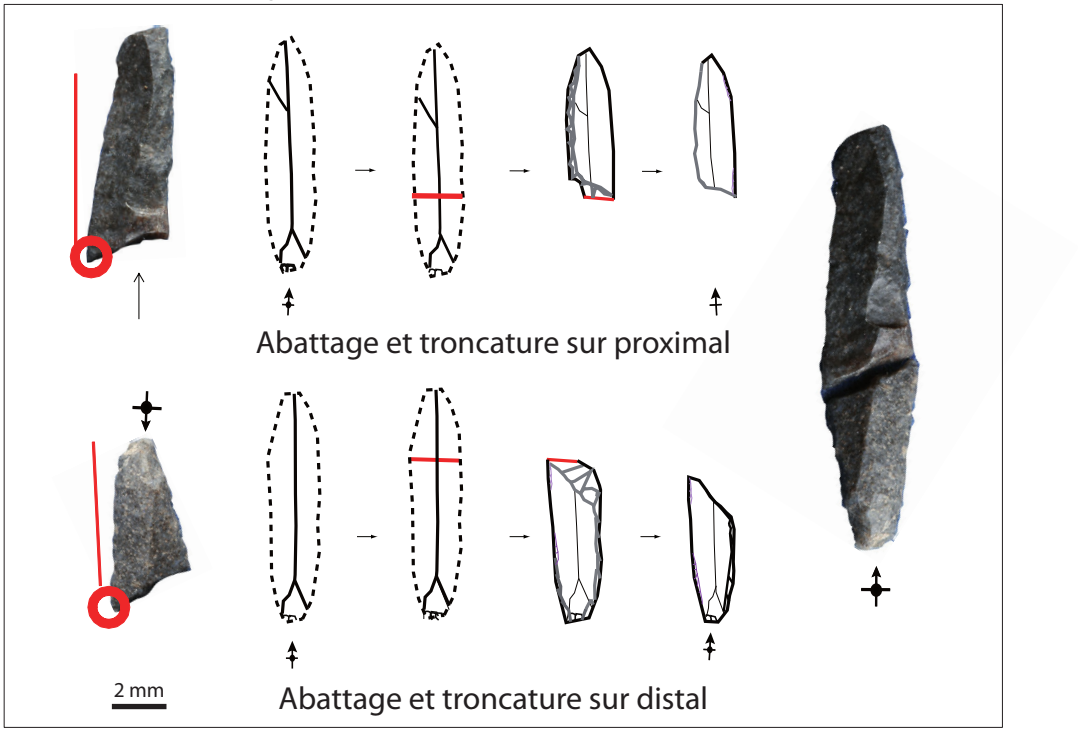
L'analyse des assemblages du Sauveterrien ancien de Creysse et du Sauveterrien récent de la Grande Rivoire nous a permis de mettre en évidence une évolution remarquable de la mise en forme des triangles scalènes ayant servi comme barbelures. La simplification est flagrante : tandis qu'au Sauveterrien ancien, on obtient une double pointe au moyen de deux troncatures (obtenues par une ou deux fragmentations par la technique du coup de microburin), au Sauveterrien récent, on peut s'affranchir de la mise en forme d'une grande pointe, inutile dans le cadre d'un fonctionnement en barbelure, et on peut mettre en forme deux armatures latérales à partir d'un seul support (fig. 59).

Ce schéma fait écho au modèle évolutif concernant les triangles sauveterriens décrit par N. Valdeyron (Valdeyron 1994, Barbaza et Valdeyron 1991) qui observe une tendance à leur allongement au cours de la période. Ainsi les triangles du Sauvetterrien récent façonnés avec technique du coup de microburin sont mis en forme dans la partie mésiale du support. L'angle entre la grande base et la petite base est alors très ouvert. *A contrario* les triangles du Sauveterrien récent ne sont plus mis en forme dans la partie mésiale du support. Le tailleur exploite l'ensemble de la longueur du support et l'angle entre la grande base et la petite base se ferme alors. L'allongement des triangles au cours du Sauveterrien serait donc corrélé à l'évolution de leur mode de façonnage.

Le fonctionnement même de la flèche composite à armatures latérales, très consommatrice en barbelures comme nous l'avons vu, aurait ainsi pu pousser les chasseurs mésolithiques à simplifier leurs schémas de mise en forme des microlithes et à améliorer leur rendement de production en abandonnant la technique du microburin (source importante d'accidents) et en produisant même parfois deux microlithes à partir d'un seul support lamellaire. Il conviendra bien sûr de vérifier cette dernière pratique sur d'autres assemblages puisque, pour le moment, nous ne l'avons mise en évidence qu'à la Grande Rivoire.



Monopointe déjetée



La Grande Rivoire (Sassenage)
Phase récente du Premier Mésolithique
d'affinité sauveterrienne
8540-8280 cal BC et 7790-7570 av. J.-C

Saint-Lizier (Creysse)
Phase ancienne du Premier Mésolithique
d'affinité sauveterrienne
9810-9380 cal BC et 9440-9280 cal BC

Double-pointe

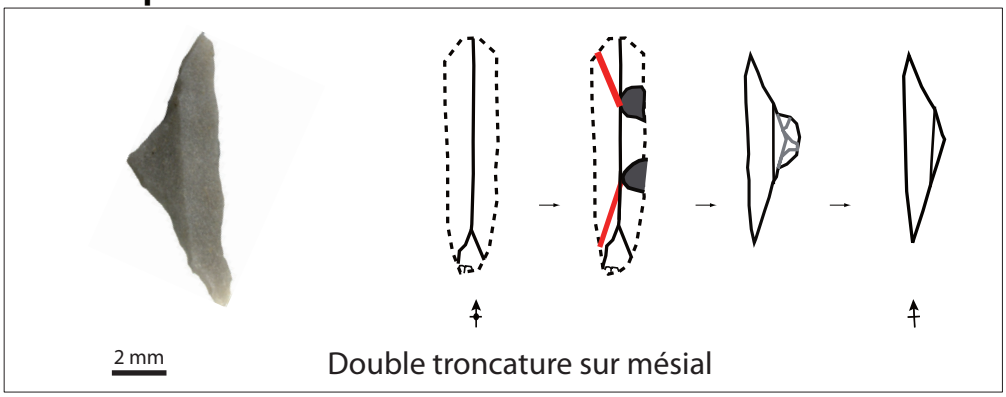


Fig. 59 : Modèle d'évolution de l'obtention des barbelures du Sauveterrien ancien au Sauveterrien récent.

V.3. Perspectives

Au terme de notre travail, il nous est possible de répondre, au moins en partie, à la question que nous nous étions posée en introduction à savoir si la variabilité morpho-dimensionnelle des armatures est liée à une diversité des fonctionnements. Après analyse des microlithes de Paris-15e « 62 rue Henry-Farman » et de la Grande Rivoire, il est apparu clairement que les assemblages morphotechniques que nous avions mis en évidence (correspondant à des intentions potentiellement distinctes d'utilisation) n'avaient pas fonctionné de la même manière. S'il est certain qu'une diversité des fonctionnements est à l'origine de la diversité des intentions qui guident la confection de diverses parties agissantes, il n'est par contre pas toujours possible de la mettre en évidence à partir de la variabilité strictement morphodimensionnelle des microlithes. En effet, comme nous l'avons montré, segments et triangles ont servi de la même manière à Paris-15e « 62 rue Henry-Farman » : ils présentaient les mêmes parties agissantes – tous deux des double-pointes – et les mêmes types et quantités d'endommagements. Dans ce cas, notre méthode nous a donc permis de faire la part entre ce qui relève de la contrainte technique et du choix culturel opéré. Le fait social devient alors palpable au travers du matériel lithique.

Grâce à une approche technologique, nous avons adopté un nouveau point de vue sur le microlithisme mésolithique. Ainsi, nous avons pu montrer que l'abondance de ces objets dans les gisements pouvait être à l'image du fonctionnement particulier des projectiles mésolithiques induisant une perte importante des armatures. Cette perte devait alors être anticipée et une fabrication en grand nombre de microlithes était nécessaire.

Pour autant, il reste de nombreux tests à réaliser afin de mieux appréhender le fonctionnement et l'endommagement de ces armatures selon les parties atteintes de l'animal, le type de gibier et le type de colle utilisée, ce dernier étant déterminant dans l'endommagement et la dispersion des armatures à l'impact.

D'après nous, le sens du microlithisme est certainement encore à rechercher au travers de nouvelles observations fines des assemblages archéologiques et d'analyses comparatives avec des référentiels expérimentaux afin de mettre en lumière toute la diversité des faits techniques.

Bibliographie

AHLER S. A. (1971) - Projectile Point Form and Function at Rodgers Shelter, Missouri, *Missouri Archaeological Society Research Series 8*, Columbia, Missouri.

ALAILI M. (2010) - *Aide à la reconstitution de l'armement cynégétique des hommes au Mésolithique*, mémoire de Master 2 (Inédit), Université de Nice Sophia-Antipolis, Ecole nationale des Mines de Paris, Centre de Mise en Forme des Matériaux, 22 p.

ALBARELLO B. (1986) - Sur l'usage des microlithes comme armatures de projectiles, *Revue Archéologique du Centre*, t. 25, fasc. 2, 1986, p.127-143.

ANDERSON-GERFAUD P.C. (1981) - *Contribution méthodologique à l'analyse des microtraces d'utilisation sur les outils préhistoriques.* Thèse de doctorat, Géologie du Quaternaire et Préhistoire, Université de Bordeaux I, 2 volumes (Inédit), 314 p.

ANDERSON-GERFAUD P.C. (1983) - A consideration of the uses of certain backed and lustered stone tools from Mesolithic and Natufian levels of Abu-Hureyra and Mureybet (Syria). In : Cauvin, M.-C. (Ed.), *Traces d'utilisation sur les outils néolithiques du Proche-Orient*, Maison de l'Orient, Lyon, p. 77-105.

ASTRUC L., BON F., LEA V., MILCENT P.-Y., PHILIBERT S. (dir.) (2006) - Normes techniques et pratiques sociales. De la simplicité des outillages pré- et protohistoriques, 431 p.

AUDOUZE F. (2006) - Mobilité résidentielle et stratégies de subsistance dans le Magdalénien du Bassin Parisien. In : *actes du colloque de Nanterre 8-9 juin 2006 - Mobilités, immobilismes. Imitation, transfert, et refus d'emprunt*, p. 1-23.

AVELING E. M., HERON C. (1998) - Identification of Birch Bark Tar at the Mesolithic Site of Star Carr, *Ancient Biomolecules* 2, p. 69-80.

AVELING E. M., HERON C. (1999) - Chewing tar in the early Holocene: an archaeological an etnographic evaluation, *Antiquity* 73 (281), p. 579-584.

BARBAZA M. (1999) - Les civilisations postglaciaires. La vie dans la grande forêt tempérée. Histoire de la France préhistorique : de -10000 à -5000 ans. *La maison des roches.* 128 p.

BARBAZA M., VALDEYRON N., ANDRE J., BRIOIS F., MARTIN H., PHILIBERT S., ALLIOS D., LIGNON E. (1991) - *Fontfaurès en Quercy, contribution à l'étude du Sauveterrien.* Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Archives d'Ecologie Préhistorique, n°11, 271 p.

BARBAZA M., VALDEYRON N. (1991) - Tendances évolutives et attribution culturelle : Sauveterrien ou Sauveterroïde ? In : Barbaza *et al., Fonfaurès-en-Quercy. Contribution à l'étude du Sauveterrien.* Archives d'Ecologie Préhistorique, 11, Toulouse, p. 229-241.

BARTON R.N.E., BERGMAN C.A. (1982) - Hunters at Hengistbury : some evidence from experimental archaeology, *World Archaeology*, vol. 14, n°2, p. 237-248.

BECKER C. J. (1945) - En *8000-årig Stenalderboplads* i *Holmegaards Mose*: foreløbig Meddelelse. Fra *Nationalmuseets* Arbejdsmark, Copenhagen., p. 61-72.

BERGER J.-F, BROCHIER J.-L. (2000) - Evolution des paysages et des climats dans la moyenne vallée du Rhône et sa bordure préalpine de 13 000 à 5000 BP. In : *Les derniers chasseurs-cueilleurs d'Europe occidentale*, Actes du colloque international de Besançon, octobre 1998, Besançon, Presses Universitaires Franc-Comtoises (Annales Littéraires, 699, Environnement, sociétés et archéologie, 1), p. 37-57.

BERGMAN C. A. (1993) - The development of the bow in western Europe: a technological and functional perspective, *Archeological Papers of the American Anthropological Association*, t. 4, p. 95-105.

BERGMAN C. A., NEWCOMER M. H. (1983) - Flint Arrowhead Breakage : Examples from Ksar Akil, Lebanon, *Journal of Field Archaeology*, vol. 10, p. 238-243.

BERTOUILLE H. (1989) - Théories physiques et mathématiques de la taille des outils préhistoriques, Paris, CNRS, *Cahiers du Quaternaire n° 15*, 104 p.

BERTOUILLE H. (1991) - Réflexions à propos des traces d'utilisation présentées par les outils préhistoriques, *Paléo* n°3, p. 201-206.

BEYRIES S. (1984) - Approche fonctionnelle de la variabilité fonctionnelle du Moustérien, Thèse de doctorat, Ethnologie préhistorique, Université de Paris X, 2 volumes (Inédit), 306 p.

BEYRIES S. (2008) - Modélisation du travail du cuir en ethnologie : proposition d'un système ouvert à l'archéologie. [DVD-ROM]1. *Anthropozoologica* 43 (1), p. 9-42.

BEYRIES S., DELAMARE F., QUANTIN J.-F. (1988) - Tracéologie et rugosimétrie tridimensionnelle. In : S. Beyries (Ed) - *Industries lithiques, Tracéologie et Technologie, volume 2 : Aspects méthodologiques*, BAR International Series 411, p. 115-132.

BEYRIES S., PLISSON H. (1998) - Pointes ou outils triangulaires ? Données fonctionnelles dans le Moustérien levantin, *Paléorient*, vol. 24, n°1, p. 5-24.

BIGNON-LAU O., COUDRET P., FAGNART J.-P., SOUFFI B. (2013) - Données préliminaires sur l'organisation spatiale des vestiges mésolithiques du locus 295 du gisement de Saleux (Somme) : l'apport de la faune. In : Valentin B., Souffi B., Ducrocq T., Fagnart J.-P., Séara F., et Verjux C. (dir.), Actes de la table ronde internationale de Paris, 26-27 novembre 2010, *Palethnographie du Mésolithique Recherches sur*

les habitats de plein air entre Loire et Neckar, Paris, Société préhistorique française (Séances de la Société préhistorique française, 2-1), p. 169-187.

BINDER D. (1987) - Le Néolithique ancien provençal. Typologie et technologie des outillages lithiques, *Gallia Préhistoire, Supplément XXIV*, CNRS, Paris, 209 p.

BINDER D. (1991) - *Une économie de chasse au Néolithique Ancien. La grotte Lombard à Saint-Vallier-de-Thiey (Alpes-Maritimes)*, Monographies du Centre de Recherches Archéologiques, 5, 252 p.

BINDER D., PERLES C. (1990) - Stratégies de gestion des outillages lithiques au Néolithique (avec la collaboration d'Inizan M.-L. et Lechevallier M.), *Paléo*, 2, p. 257-283.

BINTZ P., THEVENIN A. (1999) - *L'Europe des derniers chasseurs ; Epipaléolithique et Mésolithique. Peuplement et paléoenvironnement de l'Epipaléolithique et du Mésolithique*. Actes du 5e colloque international UISPP, Commission XII (Grenoble, 18-23 septembre 1995), Paris, Editions du CTHS, 669 p.

BINTZ P., PELLETIER D. (1999) - Le Mésolithique des Alpes françaises : bilan des connaissances. In : A. Beeching (dir.), Circulations et identités alpines à la fin de la Préhistoire. Matériaux pur une étude. Programme CIRCALP 1997-1998. *Travaux du Centre d'Archéologie Préhistorique de Valence* n° 2, p. 317-329.

BON F. (2005) - Little Big Tool. Enquête autour du succès de la lamelle. In : F. Le Brun-Ricalens (Ed.) *Productions lamellaires attribuées à l'Aurignacien : Chaînes opératoires et perspectives technoculturelles*. Archéologiques, 1, Luxembourg, p. 479-484.

BON F. (2009) - *Préhistoire, la fabrique de l'histoire,* L'Univers Historique, Editions du Seuil, 349 p.

BOSC-ZANARDO B., BON F., FAUVELLE AYMAR F.-X (2008) - Les flèches bushmen dans le ciel changeant de leur histoire récente : regards croisés des sources historiques, ethnologiques et archéologiques. In : J.-M. Pétillon, M.-H. Dias-Meirinho, P. Cattelain, M. Honegger, C. Normand, N. Valdeyron (coord.), Recherches sur les armatures de projectiles du Paléolithique supérieur au Néolithique (actes du colloque C83, XVe congrès de l'UISPP, Lisbonne, 4-9 septembre 2006). *P@lethnologie*, 1, p. 352-371.

BRESSY C. (2002) - *Caractérisation et gestion du silex des sites mésolithiques et néolithiques du Nord-Ouest de l'arc alpin. Une approche pétrographique et géochimique*, Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille I - Université de Provence (Inédit), 341 p.

BRIDAULT A., CHAIX L. (2002) - Ruptures et équilibres dans la grande faune de la fin du Pléistocène et durant l'Holocène ancien en Europe occidentale. *In* : RICHARD H., VIGNOT A. (dir.), *Equilibres et ruptures dans les écosystèmes depuis 20 000 ans en Europe de l'Ouest*, Actes du colloque international de Besançon (18-22 septembre 2000), Presses Universitaires de Franche-Comté, p. 53-73.

CARRERE P. (1990) - Contribution de la balistique au perfectionnement des études techno-fonctionnelles des pointes de projectile préhistoriques. *Paléo* n°2, p. 167-176.

CASPAR J.-P., DE BIE M. (1996) - Preparating for the hunt in the late paleolithic camp at Rekem, Belgium *Journal of Field Archeology*, vol. 23, p. 437-460.

CHADELLE J.-P., GENESTE J.-M., PLISSON H. (1991) - Processus fonctionnels de formation des assemblages technologiques dans les sites du Paléolithique supérieur. Les pointes de projectile lithiques du Solutréen de la Grotte de Combe Saunière (Dordogne, France). In : *25 ans d'études technologiques en Préhistoire. Bilan et perspectives*. XIe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, Editions APDCA, Juan-les-Pins, p. 275-287.

CHANG K. C. (1967) - *Rethinking archaeology*, Random House, 172 p.

CHASTE D., CHAPTAL F. (1996) - *Le monde de la chasse à l'arc*, Editions du Gerfaut, 280 p.

CHESNAUX L. (2004) - *Étude typo-technologique et fonctionnelle des microlithes de la Grande Rivoire, fabrication et utilisation*, Mémoire de maîtrise de l'université Paris I (Inédit), 82 p.

CHESNAUX L. (2008) - Des microlithes sauveterriens, témoins de l'armement des derniers chasseurs dans les Alpes du nord. In : J.-M. Pétillon, M.-H. Dias-Meirinho, P. Cattelain, M. Honegger, C. Normand, N. Valdeyron (Ed.), Recherches sur les armatures de projectiles du Paléolithique supérieur au Néolithique (actes du colloque C83, XVe congrès de l'UISPP, Lisbonne, 4-9 septembre 2006). *P@lethnologie*, 1, p. 139-153.

CHESNAUX L. (2010) - Conception et fonctionnement des microlithes sauveterriens des niveaux D à B3 (fouilles 1986-1994 et coupes stratigraphiques S36 et S37). In : Nicod P.-Y., Picavet R. (Ed.), *Fouilles archéologiques de la Grande Rivoire à Sassenage (Isère). Rapport de fouille 2006-2009*. Grenoble, Conseil Général de l'Isère (Inédit), p.143-153.

CHESNAUX L. (2013) - Les microlithes du 62 rue Henry-Farman à Paris (15e arrondissement): des flèches diverses pour différents gibiers abattus en des lieux distincts ? In : Valentin B., Souffi B., Ducrocq T., Fagnart J.-P., Séara F., et Verjux C. (dir.), Actes de la table ronde internationale de Paris, 26-27 novembre 2010, *Palethnographie du Mésolithique Recherches sur les habitats de plein air entre Loire et Neckar*, Paris, Société préhistorique française (Séances de la Société préhistorique française, 2-1), p. 119-132, www.prehistoire.org, ISSN 2263-3847 - ISBN 2-913745-49-0 (en ligne).

CHRISTENSEN M. (1999) - Technologie de l'ivoire au Paléolithique supérieur. Caractérisation physico-chimique du matériau et analyse fonctionnelle des outils de transformation, *BAR International Series* n° 751, 201 p.

CHRISTENSEN M., VALENTIN B. (2004) - Armatures de projectiles et outils, de la production à l'abandon. In : N. Pigeot (Ed.), Les derniers Magdaléniens d'Etiolles :

perspectives culturelles et paléohistoriques (l'unité d'habitation Q31), *Supplément à Gallia Préhistoire*, n°37, Paris, CNRS Editions, p. 107-160), p. 107-160.

COSTA J.-L., MARCHAND G. (2006) - Transformations des productions lithiques du premier au second Mésolithique en Bretagne et en Irlande, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, t. 103, n°2, p. 275-290.

CROMBE P., CASPAR J.-P., PERDAEN Y, SERGANT J. (2001) - Wear Analysis on Early Mesolithic microliths from the Verrebroek Site, East Flanders, Belgium. *Journal of Field Archaeology*, n°3 et n°4, Spring and Winter, p. 253-269.

DANIEL R., VIGNARD E. (1953) - Tableaux synoptiques des principaux microlithes géométriques du Tardenoisien français, *Bulletin de la Société préhistorique française*, t. 50, p. 314-322.

DANIEL R., VIGNARD E. (1954) - Le Tardenoisien français, Les grandes civilisations préhistoriques de la France, *Livre jubilaire de la Société préhistorique française 1904-1954, Bulletin de la Société préhistorique française*, t. 51, p. 72-75.

DELHON C., THIEBAULT S., BROCHIER J.-L., BERGER J.-F. (2010) - Dynamiques de végétation au Tardiglaciaire et à l'Holocène ancien en Moyenne vallée du Rhône d'après les données anthracologiques, *Quaternaire*, 21, (3), p. 281-293.

DIETLER M., HERBICH I. (1994) - Habitus et reproduction sociale des techniques. L'intelligence du style en archéologie et en ethnoarchéologie. In : B. Latour et P. Lemonnier (Ed.), *De la préhistoire aux missiles balistiques*, p. 202-227.

DOMINGO MARTINEZ R. (2003) - La funcionalidad de los microlitos geométricos : su aplicacion a yacimientos del valle del Ebro. Tesis doctoral, Zaragoza : universidad de Zaragoza, départamento de Ciencias de la Antigüedad, Area de Prehistoria, 2 volumes (Inédit).

DRUCKER D., BRIDAULT A., HOBSON K. A., SZUMA E., BOCHERENS H. (2008) - Can carbon-13 abundances in large herbivores track canopy effect in temperate and boreal ecosystems ? Evidence from modern and ancient ungulates. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 266, p. 69-82.

DUCROCQ T. (2001) - *Le Mésolithique du bassin de la Somme : insertion dans un cadre morpho-stratigraphique, environnemental et chronoculturel*, Publications du CERP, n°7, Université des Sciences et Technologies de Lille, 255 p.

DUCROCQ T., BRIDAULT A., COUTARD S. (2008) - Le gisement de Warluis (Oise), *in* J.-P. Fagnart, A. Thévenin, T. Ducrocq, B. Souffi et P. Coudret (dir.), *Le début du Mésolithique en Europe de Nord-Ouest, Actes de la Table ronde d'Amiens, 9 et 10 octobre 2004*, Paris, éd. de la Société préhistorique française (Mémoire 45), p. 85-106.

FAGNART J.-P., COUDRET P., SOUFFI B. (2008) - Les occupations mésolithiques du gisement de Saleux (Somme), In : FAGNART J.-P., THEVENIN A., DUCROCQ T., SOUFFI B., COUDRET P. (dir.) - Actes de la table-ronde d'Amiens, 9-10 octobre

2004, le début du Mésolithique en Europe du Nord-Ouest. *Mémoire XLV de la Société Préhistorique Française*, p. 107-132.

FERNANDES P. (2011) - Etats de surface des silex. In : DAWSON M.-C., BERNARD-GUELLE S., FERNANDES P., RUÉ M., DOUSSE M., TALLET P., CAVERNE J.-B., GAZAGNOL G. - Le site moustérien du Chêne Vert à Dirac (Charente, 16). Rapport final d'opération d'archéologie préventive, Villard-de-Lans, Paléotime, SRA Poitou-Charentes, 3 vol., 557 p.

FERNANDES P. (2012) - Itinéraires et transformations du silex : une pétroarchéologie refondée, application au Paléolithique moyen. Thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux I, ED Sciences et Environnement, Spécialité Préhistoire, 2 volumes (Inédit), 616 p.

FINLAYSON B., MITHEN S. (1997) - Microwear and morphology of microliths from Gleann Mor, In : H. Knecht (dir.), *Projectile technology*, New-York Plenum Press, interdisciplinary contributions to archaeology, p. 107-129.

FISCHER A. (1985) - Hunting whit flint-tipped arrows : results and experiences of practical experiments, In : C. Bonsal (dir.), *The Mesolithic in Europe*, Edimbourg, John Donald Publishers, p. 29-39.

FISCHER A., W. H. P., RASMUSSEN P. (1984) - Macro- and microwear traces on lithic projectile points. Experimental results and prehistoric examples, *Journal of danish Archaeology*, t. 3, p. 19-46.

GAILLARD Y., GIRARD M., MONGE G., BURR A., DARQUE-CERETTI E., FELDER E., (2013) - Superplastic behavior of rosin/beeswax blends at room temperature, *Journal of Applied Polymer Science* 128, 5, p. 2713-2719.

GAILLARD Y., CHESNAUX L., GIRARD M., DARQUE-CERETTI E., BURR A., FELDER E., MAZUY A., REGERT M. (sous-presse) - Assessing hafting adhesive efficiency in experimental shoots of projectile points: a new device for instrumented and ballistic experiments, *Archeometry*.

GALLAY A. (1986) - *L'archéologie demain*, Belfond, 320 p.

GALLAY A. (2002) - Maîtriser l'analogie ethnographique : espoirs et limites. *Archeologia e calcolatori*, 13, p. 79-100.

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

GASSIN B. (1996) - *Évolution socio-économique dans le Chasséen de la grotte de l'Église supérieure (Var), Apport de l'analyse fonctionnelle des industries lithiques*, Paris, CNRS Éditions (Monographie du CRA 17), 328 p.

GEEM (1969) - Epipaléolithique-Mésolithique. Les microlithes géométriques, *Bulletin de la Société préhistorique française*, vol. 66, n°1, p. 355-366.

GEEM (1972) - Epipaléolithique-Mésolithique. Les armatures non géométriques, *Bulletin de la Société préhistorique française*, vol. 69, n°1, p. 364-375.

GENESTE J.-M., PLISSON H. (1986) - Le Solutréen de la grotte de Combe Saunière 1 (Dordogne), Première approche palethnologique, *Gallia Préhistoire* 29, p. 9-27.

GENESTE J.-M. et PLISSON H. (1990) - Technologie fonctionnelle des pointes à cran solutréennes : l'apport des nouvelles données de la Grotte de Combe Saunière (Dordogne). *Les industries à pointes foliacées du Paléolithique supérieur européen*, Krakow 1989, E.R.A.U.L. n° 42, Liège, p. 293-320.

GODELIER M. (1984) - *L'idéel et le matériel. Pensée, économies et sociétés*, Fayard, 350 p.

GONZALEZ URQUIJO J. E., IBANEZ ESTEVEZ J. J. (1994) - *Metodologia de analisis functional de instrumentos tallados en silex*, Bilbao, Universidad de Deusto, 301 p.

GRISELIN S., HAMON C., BOULAY G. (2013) - Fabrication et utilisation des outils prismatiques de type montmorencien : l'exemple du 62 rue Henry-Farman à Paris (15e arrondissement). In : Valentin B., Souffi B., Ducrocq T., Fagnart J.-P., Séara F., et Verjux C. (dir.), Actes de la table ronde internationale de Paris, 26-27 novembre 2010, *Palethnographie du Mésolithique Recherches sur les habitats de plein air entre Loire et Neckar*, Paris, Société préhistorique française (Séances de la Société préhistorique française, 2-1), p. 133-145.

GUILBERT R. (2001) - *Gestion des industries lithiques mésolithiques du sud-est de la France*. Thèse de doctorat de l'université de Paris I, (Inédit), 369 p.

GUILBERT R. (2003) - Les systèmes de débitage de trois sites sauveterriens dans le sud-est de la France. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 2003, t. 100, no3, p. 463-478.

GUILBERT R., BERGER J.-F., THERY-PARISOT I. (2004) - Le site de Gramari : une nouvelle approche. In : 5e Rencontres Méridionales de Préhistoire récente, Clermont-Ferrand 8-9 nov. 2002, Actualités de la recherche, Préhistoire du Sud-Ouest, Supplément n° 9, p. 281-294.

GUILBERT R., PHILIBERT S., PERESANI M. (2006) - L'outil expédient : une partie intégrante de la production mésolithique. In : Astruc L., Bon F., Lea V., Milcent P.-Y., Philibert S. (dir.) - *Normes techniques et pratiques sociales. De la simplicité des outillages pré- et protohistoriques*, Actes des rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes 20-22 octobre 2005, Antibes : APDCA, p. 161-171.

GUILLOMET-MALMASSARI V. (2006) - Du simple et du complexe : un rapport constructif de la Préhistoire (XIXe-XXe siècles), In : ASTRUC L., BON F., LEA V., MILCENT P.-Y., PHILIBERT S. (dir.) - *Normes techniques et pratiques sociales. De la simplicité des outillages pré- et protohistoriques, Normes techniques et pratiques sociales*. XXVIe rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, Éditions APDCA, Antibes : p. 15-24.

GUILLOMET-MALMASSARI V. (2014) - La question du passage entre le Paléolithique et le Mésolithique ou le développement d'un long processus scientifique aux XIXe et XXe siècles, In : JAUBERT J., FOURMENT N., DEPAEPE P. (dir.) - *Transitions, ruptures et continuités en Préhistoire*, XXVIIe congrès préhistorique de France - Bordeaux-Les Eyzies, 31 mai-5 juin 2010, p. 509-518.

HAUDRICOURT A.G. (1987) - *La technologie en sciences humaines : recherches d'histoire et d'ethnologie des techniques*. La maison des Sciences de l'Homme Editions, Paris, 343 p.

HAYDEN B. (1979) - *Lithic Use-Wear Analysis*, Academic Press, New-York, 413 p.

HEINZ C., THIEBAULT S. (1998) - Characterization and palaeoecological significance of archaeological charcoal assemblages during Late and Post-Glacial phase in Southern France. *Quaternary Research* 50, p. 56-68.

HOHO COMMITTEE (1979) - The Ho Ho Classification and Nomenclature Committee Report. *In* : HAYDEN B. (Ed.), *Lithic Use-wear Analysis*, p. 133-135.

IBANEZ ESTEVEZ J.J., G. U. J. E. (1996). "From tool use to site function. Use-wear analysis in some Final Upper Paleolithic sites in the Basque country." Oxford, British Archaeological Report- International Series, 658, 201 p.

JUNKMANNS J. (2006) - *Arc et flèche, fabrication et utilisation au Néolithique*, Editions Musée Schwab, Bienne, 62 p.

KARLIN C., B. P., PELEGRIN J. (1991) - Processus techniques et chaînes opératoires : comment les préhistoriens s'approprient un concept élaboré par les ethnologues. In : Observer l'action technique : des chaînes opératoires, pour quoi faire ?, Balfet H. (Dir.), Paris, Editions du CNRS, p. 101-117.

KHEDHAIER R. (2003) - *Contribution à l'étude fonctionnelle des industries lithiques sauveterriennes : Comparaison à deux sites du Sud-Est de la France (Le Sansonnet et Le Pey de Durance) et de la Suisse occidentale (La Baume d'Ogens et Le Château-d'Oex)*, Thèse de Doctorat, Préhistoire et Anthropologie, Université d'Aix-Marseille 1, 2 volumes (Inédit), 540 p.

KEELEY L.H. (1980) - *Experimental determination of stone tool uses: A microwear analyse,* The University of Chicago Press, Chicago and London, 212 p.

KNECHT H (Dir.) (1997) - *Projectile technology*, New-York Plenum Press (interdisciplinary contributions to archaeology), 408 p.

KOZLOWSKI S. K. (1973) - Introduction to the history of Europe in early Holocene. In : Kozlowski S. K. (Ed.) - *The Mesolithic in Europe*. Warsaw, University press, p. 331-366.

KOZLOWSKI S. K. (1976) - Les courants interculturels dans le Mésolithique de l'Europe occidentale. In: Kozlowski S. K. (dir.), Les civilisations du VIIIe au Ve millénaire avant

note ère en Europe : paléoenvironnement, structuresd'habitat, outillages, économie. Pré-tirage du Colloque XIX du IXe Congrès UISPP, Nice, 13-18 septembre 1976, p. 135-160.

KOZLOWSKI S. K. (2009) - *Thinking Mesolithic*, Oxbow books, Oxford, 545 p.

LANG L., SICARD S. (2008) - Les occupations mésolithiques des Closeaux à Rueil-Malmaison (Hauts-de-Seine), *in* J.-P. Fagnart, A. Thévenin, T. Ducrocq, B. Souffi et P. Coudret dir., Le début du Mésolithique en Europe de Nord-Ouest, *Actes de la Table ronde d'Amiens, 9 et 10 octobre 2004*, Paris, éd. de la Société préhistorique française (Mémoire 45), p. 65-84.

LANGLAIS M. (2010) - Les sociétés magdaléniennes de l'isthme pyrénéen, Editions du CTHS, Documents Préhistoriques 26, Paris, 337 p.

LAPLACE-JAURETCHE G. (1956) - Typologie statistique et évolution des complexes à lames et lamelles, *Bulletin de la Société préhistorique française*, vol. 53, n° 5, p. 271-290.

LARSSON L., SJÖSTRÖM A. (2010a) - Mesolithic research in the bog Ronneholms, southern Sweden. *Mesolithic Miscellany*, vol. 21, n°1, p. 2-9.

LARSSON L., SJÖSTRÖM A. (2010b) - Early Mesolithic flint-tipped arrows from Sweden, *Antiquity*, vol. 85, n° 330, URL : http://www.antiquity.ac.uk/projgall/larsson330/

LE BRUN-RICALENS F. (Ed.) (2005) - Productions lamellaires attribuées à l'Aurignacien : Chaînes opératoires et perspectives technoculturelles, Actes du XIVe congrès de l'UISPP, Liège 2-8 septembre 2001, *Archéologiques 1*, 568 p.

LECAILLE J.-M., MENU J.-P. (1998) - *La chasse à l'arc*, Editions Gerfaut, 159 p.

LEMONNIER P. (1987). Le sens des flèches. Culture matérielle et identité ethnique chez les Anga de Nouvelle-Guinée. In : Koechlin B., Sigaut F. Thomas J. et Toffin G. (dir.), *De la voûte céleste au terroir, du jardin au foyer. Mosaïque sociographiques*. Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris, p. 573-595.

LEMONNIER P. (1991). De la culture matérielle à la culture ? Ethnologie des techniques et Préhistoire. In : *25 ans d'études technologiques en Préhistoire. Bilan et perspectives*. XIe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes. Editions APDCA, Juan-les-Pins, p. 15-20.

LEPOT M. (1993) - Approche techno-fonctionnelle de l'outillage moustérien. Essai de classification des parties actives en termes d'efficacité technique. Application à la couche M2e sagittale de l'abri de la Ferrassie (fouilles Delporte). Mémoire de l'Université de Paris X Nanterre, 2 vol, 170 p.

LEROI-GOURHAN A. (1943) - *L'homme et la matière, évolution et techniques*. Editions Albin Michel, 348 p.

LEROI-GOURHAN A. (1983) - Une tête de sagaie à armatures de lamelles de silex de Pincevent, *Bulletin de la Société préhistorique française*, Paris, 80, 1983, p. 154-156.

LEROI-GOURHAN A. (1988) - Dictionnaire de la Préhistoire, Presses Universitaires de France, 1222 p.

LEROI-GOURHAN A. et LEROI-GOURHAN A. (1989) - Un voyage chez les Aïnous, Hokkaïdo, 1938. Editions Albin Michel, 156 p.

MANSUR-FRANCHOMME M. E. (1986) - Microscopie du matériel lithique préhistorique : traces d'utilisation, altérations naturelles, accidentelles et technologiques, *Cahiers du Quaternaire 9*, CNRS, Paris, 287 p.

MARCHAND G. (1999) - La néolithisation de l'ouest de la France : caractérisation des industries lithiques, BAR International Series 748, 487 p.

MARDER O., VALENTIN B., VALLA F., PELEGRIN J., (2006) - Reconstructing microliths shaping : archaeological and experimental observations about Early and Final Natufian lunates at Eynan (Ain Mallaha), Israel, *Eurasian Prehistory*, 4 (1-2), p. 99-158.

MAUSS M. (1947) - *Manuel d'ethnographie*, Payot, 211 p.

MAUSS M. (1948) - Les techniques et la technologie (Communication envoyée à la journée de Psychologie et d'Histoire du Travail et des Techniques, Toulouse, 1941). In : MEYERSON I. *et al.* - Numéro spécial du *Journal de Psychologie*, 41, p.71-78.

MAUSS M. (1950) - *Sociologie et anthropologie*. Paris, Presses Universitaires de France, 482 p.

MICHEL S. (2011) - *Les premiers groupes mésolithiques de la France atlantique : enquête sur l'industrie lithique*, Thèse de l'Université de Rennes 1 (Inédit), 536 p.

MORTILLET A. (1896) - Les petits silex taillés à contours géométriques trouvés en Europe, Asie et Afrique, *Revue mensuelle de l'Ecole d'Anthropologie de Paris*, t. 6, p. 377-405.

MOSS E. H., NEWCOMER M. H. (1982) - Reconstruction of tool use at Pincevent : Microwear and experiments. In : Cahen D. (ed.) - *Tailler! Pourquoi faire : Préhistoire et technologie lithique II* - Recent Progress in Microwear Studies. Studia Praehistorica Belgica 2. Tervuren : Koninklijk Museum voor Midden-Afrika, p. 289-312.

NICOD P.-Y., PICAVET R. (2003) - La stratigraphie de la Grande Rivoire (Isère, France) et la question de la néolithisation alpine, *in* M. Besse, L.-I. Gretsch, P. Curdy (éds.), *ConstellaSion : Hommage à Alain Gallay*, Cahiers d'Archéologie Romande, 95, p. 146-168.

NICOD P.-Y., PICAVET R. (2009) - *Fouille archéologique de La Grande Rivoire à Sassenage (Isère) : rapport de fouille 2007-2009.* Grenoble, Conseil Général de l'Isère (Inédit), 430 p.

NICOD P.-Y., PICAVET R. (2011) - *Fouille archéologique de la Grande Rivoire à Sassenage (Isère). Rapport de fouille 2010-2011*. Grenoble, Conseil Général de l'Isère (Inédit), 336 p.

NICOD P.-Y., PICAVET R., BERNARD C. (2006) - *Fouilles archéologiques de la Grande Rivoire à Sassenage (Isère). Rapport de fouille 2004-2006*. Grenoble : Conseil Général de l'Isère (Inédit), 367 p.

NOE-NYGAARD N. (1974) - Mesolithic hunting in Denmark illustrated by bone injuries caused by human weapons. *Journal of Archaeological Science*, 1, p. 217-248.

NUZHNYJ D. (1989) - L'utilisation des microlithes géométriques et non géométraiques comme armatures de projectiles, *Bulletin de la Société préhistorique française*, t. 86, p. 88-96.

ODELL G. (1978) - Préliminaires d'une analyse fonctionnelle des pointes de Bergumermeer (Pays-Bas). Bulletin de la Société Préhistorique Française, t. 75, fasc. 2, p. 37-49.

ODELL G. (1981) - The Mechanics of Use-Breakage of Stone Tools : Some Testable Hypotheses. *Journal of Field Archaelogy*, vol.8, p. 197-210.

ODELL G. H., COWAN F. (1986) - Experiments with spears and arrows on animal targets, *Journal of Field Archaeology*, vol. 13, n° 2, p. 195-212.

O'FARRELL M. (1996) - Approche technologique et fonctionnelle des pointes de la Gravette : une analyse archéologique et expérimentale appliqué à la collection de Corbiac (Dordogne, fouilles F. Bordes), Diplôme d'Etudes Approfondies de l'Université de Bordeaux 1, 120 p.

O'FARRELL M. (2004) - Les pointes de la Gravette de Corbiac (Dordogne) et considérations sur la chasse au Paléolithique supérieur ancien. In : Bodu P., Constantin C. (dir.), *Approches fonctionnelles en Préhistoire, XXVe Congrès Préhistorique de France, Nanterre 24-26 novembre 2000*, Paris, Errance, p. 121-138.

O'FARRELL M. (2005) - Etude préliminaire des éléments d'armature lithique de l'Aurignacien ancien de Brassempouy, *In* : Le Brun-Ricalens F. (Ed.), Productions lamellaires attribuées à l'Aurignacien : chaînes opératoires et perspectives technoculturelles, Actes du XIVe congrès de l'UISPP, Liège, 2- 8 septembre 2001, *ArchéoLogiques* 1, Luxembourg, p. 395-412.

PELEGRIN J. (1991) - Aspects de la démarche expérimentale en technologie lithique. In : *25 ans d'études technologiques en Préhistoire. Bilan et perspectives.* XIe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes. Editions APDCA, Juan-les-Pins, p. 57-63.

PELEGRIN J. (2004) - Sur les techniques de retouche des armatures de projectile. In : Pigeot N. (Ed.), Les derniers Magdaléniens d'Etiolles : perspectives culturelles et paléohistoriques (l'unité d'habitation Q31), *Supplément à Gallia Préhistoire*, n°37, Paris, CNRS Editions, p. 161-166.

PELEGRIN J., O'FARRELL M. (2005) - Les lamelles retouchées ou utilisées de Castanet. In : Le Brun-Ricalens F. (Ed.), Productions lamellaires attribuées à l'Aurignacien : chaînes opératoires et perspectives technoculturelles, Actes du XIVe congrès de l'UISPP, Liège, 2- 8 septembre 2001, *ArchéoLogiques* 1, Luxembourg, p. 103-121.

PELLETIER D., MULLER C., ALIX P., RICHE C. (2004) - Le gisement mésolithique et néolithique de Blachette sud (Sinard, Isère), premiers résultats. *Bulletin de la Société préhistorique française*, vol. 101, n°3, p. 604-610.

PELLISSIER M., HAUZEUR A., CHESNAUX L., FERNANDES P., GARDERE P., MORALA A., MIQUEOU M., NORMAND C., RUE M., SERONIE-VIVIEN M.-R. et M., TURCQ A. (2011) - Le site de « Barbiegn » (autoroute A65), Roquefort. Rapport final d'opération, Villard-de-Lans, Paléotime - SRA Aquitaine, 3 vol., 478 p.

PERLES C. (1991) - Economie des matières premières et économie du débitage : deux conceptions opposées. In : *25 ans d'études technologiques en Préhistoire. Bilan et perspectives.* XIe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes. Editions APDCA, Juan-les-Pins, p. 35-45.

PERLES C. (2005) - Réflexions sur les échanges dans le Néolithique de Grèce. In : Autour de Polanyi. Vocabulaires, théories et modalités des échanges (Nanterre, 12-14 juin 2004), colloques de la Maison René-Ginouvès sous la direction de P. Rouillard. Editions de Boccard, p. 201-215.

PETILLON J.-M. (2006) - *Des magdaléniens en armes. Technologie des armatures de projectile en bois de cervidé du Magdalénien supérieur de la grotte d'Isturitz (Pyrénées-atlantiques).* Editions du Cédarc, Treignes, 302 p.

PETILLON J.-M. (2008) - Des barbelures pour quoi faire ? Réflexions préliminaires sur la fonction des pointes barbelées au Magdalénien supérieur. In : J.-M. Pétillon, M.-H. Dias-Meirinho, P. Cattelain, M. Honegger, C. Normand, N. Valdeyron (coord.), Recherches sur les armatures de projectiles du Paléolithique supérieur au Néolithique (actes du colloque C83, XVe congrès de l'UISPP, Lisbonne, 4-9 septembre 2006), *P@lethnologie*, 1, p. 69 - 102.

PETILLON 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.

PHILIBERT S. (1991) - Fontfaurès : Analyse tracéologique de l'industrie lithique et approche fonctionnelle du site. In : Barbaza M., Valdeyron N., Andre J. , Briois F., Martin H., Philibert S., Allios D. et Lignon E, *Fontfaurès-en-Quercy : contribution à l'étude du Sauveterrien*, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Archives

d'Ecologie Préhistorique n°11, p. 151-168.

PHILIBERT S. (2002) - *Les derniers « Sauvages ». Territoires économiques et systèmes techno-fonctionnels mésolithiques*, BAR International Series, 1069, 193 p.

PICAVET R. (1991) - L'abri-sous-roche de la Grande Rivoire (Sassenage, Isère). Mémoire de maîtrise de l'EHESS, Toulouse, 442 p.

PICAVET R. (1999) - Les niveaux du Mésolithique au Néolithique de l'abri de la Grande Rivoire (Sassenage, Isère, Vercors, France). In : Bintz P. et Thévenin A. (Ed.), *L'Europe des derniers chasseurs. Epipaléolithique et Mésolithique*. Actes du 5e colloque international UISPP. Commission XII (Grenoble, 18-23 septembre 1995), Paris, CTHS, p. 617-625.

PICAVET R., CHESNAUX L., PELLETIER D. (2007) - *La station mésolithique de Pré Peyret 1 à Gresse-en-Vercors, Isère*, Campagne du 4 au 16 juin 2007, Rapport d'opération de fouille programmée, Service Régional de l'Archéologie de Rhône-Alpes, 63 p.

PICAVET R., PELLETIER D., MONIN G., CHESNAUX L. (2008) - *La station mésolithique de Pré Peyret 1 à Gresse-en-Vercors, Isère*, Campagne du 2 au 14 juin 2008, Rapport d'opération de fouille programmée, Service Régional de l'Archéologie de Rhône-Alpes, 79 p.

PIGNAT G., PLISSON H. (2000) - Le quartz, pour quel usage ? L'outillage mésolithique de Vionnaz (CH) et l'apport de la tracéologie. In : P. Crotti (dir.) *MESO '97, Actes de la Table ronde Epipaléolithique et Mésolithique*, Lausanne, 21-23 novembre 1997, Lausanne, CAR, p. 65-78.

PLISSON H. (1985) - *Étude fonctionnelle d'outillages lithiques préhistoriques par l'analyse des micro-usures : recherche méthodologique et archéologique*, Thèse de doctorat (lettres), université Paris 1 (Inédit), 357 p.

PLISSON H. (2005) - Examen tracéologique des pointes aziliennes du Bois-Ragot. In : A. Chollet et V. Dujardin coord. : La grotte du Bois-Ragot à Gouex (Vienne) Magdalénien et Azilien : essais sur les hommes et leur environnement Mémoire XXXVIII de la Société préhistorique Française, p. 183-188.

PLISSON H., GENESTE J.-M. (1989) - Analyse technologique des pointes à cran solutréennes du Placard (Charente), du Fourneau du Diable, du Pech de la Boissière et de Combe Saunière (Dordogne), *Paléo*, n°1, p. 65-106.

PLISSON H., DUBREUIL L., GUILBERT R. (2008) - The functionnal significance of Sauveterrian microlithic assemblages : broadering the focus of investigation. In : L. Longo, N. Skakun (Ed.) *Prehistoric technology 40 years later : functional studies and the Russian legacy*, Oxford : Archaeopress, 2008. - BAR International Series 1783, p. 147-156.

POPE S. (1918) - *Yahi Archery, American archaeology and ethnology*, vol. 13, n°3, University of California Publications, Berkeley, p. 103-152.

PORRAZ G. (2009) - Géométriques et signes du changement à l'Howiesons Poort (Middle Stone Age, Afrique Australe), Fondation Fyssen, *Annales n°24*, p. 179-194.

PROST D.-C. (1988) - Essai d'étude sur les mécanismes d'enlèvement produits pas les façons agricoles et le piétinement humain sur des silex expérimentaux. In : S. Beyries (Ed) - *Industries lithiques, Tracéologie et Technologie, volume 2 : Aspects méthodologiques*, BAR International Series 411, p. 40-63.

PROST D.-C. (1990) - Des enlèvements d'utilisation reproduits selon une méthode physique par percussion. *Cahiers du Quaternaire n°17, Le silex de sa genèse à l'outil*. Actes du Ve colloque international sur le Silex, p. 513-519.

PROST D.-C. (1991) - Les enlèvements en «flexion» : mise en évidence expérimentale et mécanisme de formation. In : Actes du colloque international de Beaune : «Expérimentation en archéologie : bilan et perspectives, Archéologie expérimentale, Tome 2 - La terre : l'os et la pierre, la maison et les champs, p. 92-101.

REGERT M., ALEXANDRE V., THOMAS N., LATTUATI-DERIEUX A. (2006) - Molecular characterisation of birch bark tar by headspace solid-phase microextraction gas chromatography - mass spectrometry: a new way for identifiying archaeological glues. Journal of Chromatography A 1101, p. 245-253.

ROTS V. (2011) - *Prehension and Hafting Traces on Flint Tools: A Methodology*, Leuven: Leuven University Press, 273 p.

ROZOY J.-G. (1968) - L'étude du matériel brut et des microburins dans l'Epipaléolithique (Mésolithique) franco-belge, *Bulletin de la Société préhistorique française. Études et travaux*, t. 65, n°1, p. 365-390.

ROZOY J.-G. (1978) - Les Derniers Chasseurs. L'Epipaléolithique en France et en Belgique. Essai de synthèse. Charleville, *Bulletin de la Société Archéologique Champenoise* (numéro spécial), 3 vol., 1256 p.

ROZOY J.-G. (1981) - *Le changement dans la continuité. Les débuts de l'Epipaléolithique dans l'Europe de l'ouest*. Mesolithikum in Europa, 2 International Symposium, Postdam 1978, p.11-24, URL : http://www.rozoy.fr/publication.

SEMENOV S.A. (1964) - *Prehistoric technology, an experimental study of the oldest tools and artifact from traces of manufacture and wear*. Cory, Adams and Mackay, London, 211 p.

SIGAUT F. (1991) - Un couteau ne sert pas à couper, mais en coupant. Structure, fonctionnement et fonction dans l'analyse des objets. In : *25 ans d'études technologiques en Préhistoire*. Bilan et perspectives, XIe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, Éditions APDCA, Juan-les-Pins, p. 21-34.

SIGAUT F. (2003) - La formule de Mauss, *Techniques et culture* n°40, Efficacité technique, efficacité sociale. URL : http://tc.revues.org/document1538.html.

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

SOUFFI B., MARTI F., CHAUSSE C., GRISELIN S., BRIDAULT A., CHESNAUX L., DAVID E., GOSSELIN R., GRANAI S., HAMON C., LEDUC C. (2012) - Occupations mésolithiques en bord de Seine. Le site de Paris-15e «62 rue Henry-Farman». Premiers résultats. In : *Actes des Journées Archéologiques d'Ile-de-France* 2004 - 2005 - 2009 - 2010 - 2011, DRAC d'Ile-de-France, volume 2, p.1-13.

SOUFFI B., MARTI F. (2011) - *Paris 15ème arrondissement, 62 rue Henry-Farman. Evolution culturelle et environnementale d'un site stratifié en bord de Seine, du Mésolithique au premier Âge du Fer*, Rapport final d'opération, INRAP Centre/Île-de-France, Service régional de l'Archéologie d'Île-de-France, 4 vol., 1337 p.

STERN B., CLELLAND S. J., NORDBY, C.C., UREM-KOTSOU D. (2006) - Bulk stable light isotopic ratios in archaeological birch bark tars, *Applied Geochemistry 21*, p. 1668-1673.

STRAUS L. G. (1993) - Upper Palaeolithic hunting tactics and weapons in Western Europe. In: PETERKIN G.L., BRICKER H.M., MELLARS P. (Eds.), *Hunting and Animal Exploitation in the Later Palaeolithic and Mesolithic of Eurasia, American Anthropological Association (Archeological Papers of the American Anthropological Association, 4*), p. 83- 93.

STRAUS L.G. (2000) - A quarter-century of research on the Solutrean of Vasco-Cantabria, Iberia and beyond, *Journal of Anthropological Research 56,* p. 39- 58.

TARTAR E., TEYSSANDIER N., BON F., LIOLIOS D. (2006) - Équipement de chasse, équipement domestique : une distinction efficace ? Réflexion sur la notion d'investissement technique dans les industries aurignaciennes, In : ASTRUC L., BON F., LEA V., MILCENT P.-Y., PHILIBERT S. (dir.) - *Normes techniques et pratiques sociales. De la simplicité des outillages pré- et protohistoriques, Normes techniques et pratiques sociales*, XXVIe rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, Éditions APDCA, Antibes, p. 107-117.

THEVENIN A. (1990) - Du Dryas III au début de l'Atlantique : pour une approche méthodologique des industries et des territoires dans l'Est de la France, *Revue archéologique de l'Est*, 41, p. 177-212.

THEVENIN A. (1999) - L'Epipaléolithique en France et régions voisines. In : A. Thevenin (Ed.), P. Bintz (Dir.), *L'Europe des derniers chasseurs, Épipaléolithique et Mésolithique. Peuplement et paléoenvironnement de l'Epipaléolithique et du Mésolithique,* Actes du 5e colloque international UISPP, Commission XII (Grenoble, 18-23 septembre 1995), Paris, Editions du CTHS, p. 17-24.

THEVENIN A. (2002) - Stabilité et changement dans les équipements des derniers chasseurs-cueilleurs : relation avec leur environnement. *In* : RICHARD H., VIGNOT A. (dir.), *Équilibres et ruptures dans les écosystèmes depuis 20 000 ans en Europe de l'Ouest*, Actes du colloque international de Besançon (18-22 septembre 2000), Presses Universitaires de Franche-Comté, p. 153-174.

THIEBAULT S. (1999) - Le milieu végétal des derniers chasseurs-cueilleurs en Vercors et Chartreuse - Nouvelles données anthracologiques et proposition d'une biozonation. In : A. Thevenin (Ed.), P. Bintz (Dir.), *L'Europe des derniers chasseurs, Épipaléolithique et Mésolithique. Peuplement et paléoenvironnement de l'Epipaléolithique et du Mésolithique,* Actes du 5e colloque international UISPP, Commission XII (Grenoble, 18-23 septembre 1995), Paris, Editions du CTHS, p. 589-602.

TIXIER J., INIZAN M.-L., ROCHE H. (1980) - *Préhistoire de la pierre taillée, 1 : Terminologie et technologie.* Paris, Editions du CREP, 199 p.

TORCHY L. (2013) - *De l'amont vers l'aval : Fonction et gestion des productions lithiques dans les réseaux d'échanges du Chasséen méridionial*, Thèse de doctorat de l'Université Toulouse II Le Mirail (Inédit), 361 p.

TRINGHAM, R., COOPER, G., ODELL, G., VOYTEK, B., WHITMAN, A., (1974) - Experimentation in the formation of edge damage: a new approach to lithic analysis, *Journal of Field Archaeology 1*, p. 171-196.

VALDEYRON N. (1994) - *Le Sauveterrien, culture et sociétés mésolithiques dans la France du Sud durant les Xe et IXe millénaires BP*, Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse-Le Mirail (Inédit), 584 p.

VALDEYRON N., BOSC-ZANARDO B., BRIAND T. (2008) - Évolutions des armatures de pierre et dynamiques culturelles durant le Mésolithique dans le Sud-Ouest de la France : L'exemple du Haut-Quercy (Lot, France), In : J.-M. Pétillon, M.-H. Dias-Meirinho, P. Cattelain, M. Honegger, C. Normand, N. Valdeyron (coord.), Recherches sur les armatures de projectiles du Paléolithique supérieur au Néolithique (actes du colloque C83, XVe congrès de l'UISPP, Lisbonne, 4-9 septembre 2006), *P@lethnologie n° 1*, p. 278-295.

VALDEYRON N., BOSC-ZANARDO B., BRIAND T., HENRY A., MARQUEBIELLE B., MICHEL S. (2011) - Le gisement du Cuzoul de Gramat (Lot, France) : présentation des nouveaux travaux et résultats préliminaires, *in* I. Sénépart, T. Perrin, E. Thirault, S. Bonnardin (dir.), *Marges, frontières et transgressions*, Actes des 8e RMPR, Marseille, 7-8 novembre 2008, Archives d'Écologie Préhistorique, Toulouse, p. 197-211.

VALENTIN B., 1995 : *Les groupes humains et leurs traditions au Tardiglaciaire dans le Bassin Parisien. Apports de la technologie lithique comparée*, Thèse de l'université de Paris I, Panthéon Sorbonne, 3 volumes (Inédit), 834 p.

VALENTIN B. (2005) - La fabrication des armatures et des outils en silex des couches aziliennes 3 et 4. In : A. Chollet, V. Dujardin (coord.), La Grotte du Bois-Ragot à Gouex (Vienne), Magdalénien et Azilien, Essais sur les hommes et leur environnement,

Paris, éd. de la Société préhistorique française, *Mémoire de la Société préhistorique française, XXXVIII*, p. 89-182.

VALENTIN B. (2008a) - Jalons pour une Paléohistoire des derniers chasseurs (XIVe-VIe millénaire avant J.-C.), *Cahiers Archéologiques de Paris 1*, n° 1, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Publications de la Sorbonne, 325 p.

VALENTIN B. (2008b) - Typologie *vs* typologie (*sic*!), comment la technologie contribue à raffiner la typologie des armatures lithiques, In : AUBRY T., ALMEIDA F., ARAUJO A. C., TIFFAGOM M. - Space and Time : Which Diachronies, Which Synchronies, Which scales? Session C64 ; Typology vs. Technology Session C65 du XVe congrès UISPP, Lisbonne, 4-9 septembre 2006, *BAR International Series* 183, p. 189-196.

VALENTIN B. (2010) - *Le Paléolithique*. Collection Que sais-je ? 3924, PUF, 128 p.

VALLA F., PLISSON H. (2005) - L'abandon du microlithisme au Levant, fait technique et fait de culture, *Journal of the Israel Prehistoric society 35*, p. 309-336.

VAYSON DE PRADENNE A., (1936) - Sur l'utilisation de certains microlithes géométriques. *Bulletin de la Société Préhistorique Française,* t. 33, 3, p. 217-232.

YAROSHEVICH A. (2010) - *Microlithic Variability and Design and Performance of projectile weapons during the levantine Epipaleolithic : Experimental and archeological evidence*. Thèse soumise en novembre 2010 pour l'obtention du grade de Docteur en Philosophie, Université de Haifa (Inédit), 224 p.

YAROSHEVICH A., K. D., NUZHNYI D., BAR-YOSEF O., WEINSTEIN-EVRON M. (2010) - Design and Performance of Microlith Implemented Projectiles during the Middle and the late Epipaleolithic of the Levant: Experimental and archaeological Evidence, *Journal of Archaelogical Science n°37*, p. 368-388.

Liste des figures

Les photographies et l'infographie sont de l'auteur, sauf mention contraire sur les figures.

Fig. 1 : Exemples de projectiles ou éléments de projectiles conservés. 17

Fig. 2 : Carte des sites étudiés. 21

Fig. 3 : Types morpho-techniques. 28

Fig. 4 : Geste de retouche par pression. 31

Fig. 5 : Vestige de piquant-trièdre partiellement retouché. 31

Fig. 6 : Différents types de mise en forme d'une pointe par la retouche et au moyen des caractéristiques intrinsèques du support. 32

Fig. 7 : Positionnement du microlithe au sein de son support. 34

Fig. 8 : Détail de l'émoussé sur la face supérieure d'une monopointe déjetée archéologique présentant un micropoli strié de matière minérale. 35

Fig. 9 : Monopointe déjetée ou double-pointe réaménagée en monopointe déjetée ? 36

Fig. 10 : Types d'angle relevés pour chaque microlithe. 38

Fig. 11 : Les différents types d'endommagements macroscopiques. 47-48

Fig. 12 : Les différents types d'endommagements microscopiques : deux types de microtraces linéaires d'impact. 50

Fig. 13 : Microstructure simplifiée du silex vue en coupe. 52

Fig. 14 : Modes d'emmanchement des armatures sur la hampe. 54

Fig. 15 : Répartitions dimensionnelles des microlithes expérimentaux (fabrication et piétinement). 55

Fig. 16 : Expérimentation. Deux armatures fracturées en cours de fabrication. 55

Fig. 17 : Expérimentation. Lamelle brute débitée selon un geste tangentiel à la pierre tendre. 56

Fig. 18 : Aperçus de la zone de piétinement. 57

Fig. 19 : Expérimentation de piétinement. 58

Fig. 20 : Montage des flèches expérimentales de la première session de tirs. 66

Fig. 21 : Dimensions des armatures de la première session expérimentale. 67

Fig. 22 : Vues de la première session de tirs. 68

Fig. 23 : Première expérimentation : fragments distaux de pointe de Sauveterre insérés dans une vertèbre cervicale du sanglier. 74

Fig. 24 : Deux cas de figure de détachement des armatures latérales avant pénétration. 78

Fig. 25 : Deuxième expérimentation. Effectifs par classe de dimensions des armatures. 80

Fig. 26 : Vues de la deuxième expérimentation. 81

Fig. 27 : Fiche d'enregistrement de la troisième expérimentation. 91

Fig. 28 : Troisième expérimentation. Mouvement latéral rapide de la flèche provoqué par l'impact contre la scapula. 92

Fig. 29 : Troisième expérimentation. Effectifs par classes de dimensions des armatures et répartition du rapport longueur/largeur des microlithes testés. 93

Fig. 30 : Troisième expérimentation. Les différents types de montages testés. 94

Fig. 31 : Troisième expérimentation. Répartition des flèches sur les deux brebis. 96
Fig. 32 : Troisième expérimentation. 102
Fig. 33 : Troisième expérimentation. Remontage du squelette et des armatures. 103
Fig. 34 : Expérimentation sur gélatine. 112
Fig. 35 : Expérimentations au CEMEF. Les différents montages testés. 114
Fig. 36 : Graphique représentant les profondeurs de pénétration des différents montages testés selon la vitesse de tir. 115
Fig. 37 : Expérimentation au CEMEF. Rôle des barbelures. 116
Fig. 38 : Quatrième expérimentation. 118
Tab. 39 : Ensemble des quatre expérimentations sur carcasses entières. 122
Fig. 39 : Vers un modèle expérimental. 123
Fig. 40 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Typologie des microlithes prenant en compte la mise en forme par retouche. 128
Fig. 41 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Segment avec détail du bord inférieur émoussé associé à un micropoli grenu altéré. 132
Fig. 42 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Deux exemples d'endommagements diagnostiques d'impact sur des double-pointes. 133
Fig. 43 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Endommagements diagnostiques d'impact sur un triangle pouvant témoigner de son emmanchement en partie distale de hampe. 134
Fig. 44 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Endommagements diagnostiques d'impact sur une triple-pointe et sur une monopointe axée. 135
Fig. 45 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Triangle ayant subi une réfection après son utilisation. 137
Fig. 46 : La Grande Rivoire à Sassenage. Représentation de la surface de fouille 140
Fig. 47 : La Grande Rivoire à Sassenage. Dimension des microlithes. 142
Fig. 48 : La Grande Rivoire à Sassenage. Types morpho-techniques. 144
Fig. 49 : La Grande Rivoire à Sassenage. Triangle scalène/monopointe déjetée aménagé sur la partie distale du support. 146
Fig. 50 : La Grande Rivoire à Sassenage. Deux monopointes déjetées triangulaires non endommagées dont on a pu faire le raccord. 146
Fig. 51 : La Grande Rivoire à Sassenage. Endommagements burinants et ébréchures sur des barbelures. 148
Fig. 52 : Saint-Lizier à Creysse. Assemblage microlithique provenant de C1 et C3. 153
Fig. 53 : Saint-Lizier à Creysse. Triangles isocèles présentant des fractures d'impact. 154
Fig. 54 : Saint-Lizier à Creysse. Répartition du rapport largeur/épaisseur des microlithes. 155
Fig. 55 : Saint-Lizier à Creysse. Répartition du rapport longueur/largeur des triangles isocèles. 156
Fig. 56 : Saint-Lizier à Creysse. Comparaison de la répartition du rapport largeur/épaisseur des microlithes, des krukowskis et des microburins. 157
Fig. 57 : Saint-Lizier à Creysse. Comparaison de la répartition du rapport largeur/épaisseur des microburins de C1 et C3 et des microburins ratés. 158
Fig. 58 : Saint-Lizier à Creysse. Comparaison de la répartition du rapport largeur/épaisseur des différents types de fragments de microburins. 159
Fig. 59 : Modèle d'évolution de l'obtention des barbelures du Sauveterrien ancien au Sauveterrien récent. 172

Liste des tableaux

Tab.1 : Liste non exhaustive des travaux expérimentaux sur les armatures de projectile. 44

Tab. 2 : Les différents types de traces présents sur les microlithes selon le type d'expérimentation. 61

Tab. 3 : Première expérimentation. 71

Tab. 4 : Caractéristiques des tirs de la première expérimentation selon leur trajectoire et comportement des armatures. 72

Tab. 5 : Endommagements des pointes axiales de la première expérimentation. 72

Tab. 6 : Endommagements des armatures latérales de la première expérimentation. 73

Tab. 7 : Dispersion des pointes axiales de la première expérimentation. 73

Tab. 8 : Dispersion des armatures latérales de la première expérimentation. 74

Tab. 9 : Deuxième expérimentation. Décompte des armatures perdues, endommagées et intactes. 84

Tab. 10 : Deuxième expérimentation. Décompte des armatures endommagées et intactes. 84

Tab. 11 : Deuxième expérimentation. Décompte des armatures endommagées selon la position des armatures sur la hampe. 84

Tab. 12 : Deuxième expérimentation. Décompte des endommagements selon la position des armatures sur la hampe. 84

Tab. 13 : Deuxième expérimentation. Décompte des endommagements diagnostiques selon la position des armatures sur la hampe. 84

Tab. 14 : Deuxième expérimentation. Décompte des armatures des flèches ayant atteint la cible. 85

Tab. 15 : Deuxième expérimentation. Comportement des flèches et des armatures selon leur trajectoire. 85

Tab. 16 : Deuxième expérimentation. Endommagements des armatures axiales. 85

Tab. 17 : Deuxième expérimentation. Endommagements des armatures latérales. 86

Tab. 18 : Deuxième expérimentation. Dispersion des armatures axiales. 86

Tab. 19 : Deuxième expérimentation. Dispersion des armatures latérales. 87

Tab. 20 : Troisième expérimentation. Décompte des armatures perdues, endommagées et intactes (décompte réalisé après chaque tir). 97

Tab. 21 : Troisième expérimentation. Décompte des armatures perdues et endommagées par types d'emmanchement. 97

Tab. 22 : Troisième expérimentation. Décompte des endommagements par type d'emmanchement. 98

Tab. 23 : Troisième expérimentation. Tableau récapitulatif des profondeurs de pénétration et des endommagements des flèches et de la dispersion et des endommagements des armatures selon la trajectoire de chaque flèche. 98

Tab. 24 : Troisième expérimentation. Décompte des endommagements des armatures axiales selon la trajectoire des flèches. 99

Tab. 25 : Troisième expérimentation. Décompte des endommagements des armatures disto-latérales selon la trajectoire des flèches. 99

Tab. 26 : Troisième expérimentation. Décompte des endommagements des armatures latérales selon la trajectoire des flèches. 99

Tab. 27 : Troisième expérimentation. Comportement de dispersion des armatures axiales. 100

Tab. 28 : Troisième expérimentation. Comportement de dispersion des armatures disto-latérales. 101

Tab. 29 : Troisième expérimentation. Comportement de dispersion des armatures latérales. 101

Tab. 30 : Troisième expérimentation. Comparaison des taux d'endommagement des armatures disto-latérales et latérales ligaturées et non-ligaturées. 108

Tab. 31 : Troisième expérimentation. Comparaison des comportements de dispersion des armatures disto-latérales et latérales ligaturées et non-ligaturées. 108

Tab. 32 : Expérimentation au CEMEF. Comparaison des distances de pénétration dans la gélatine selon le type de montage. 114

Tab. 33 : Quatrième expérimentation. Décompte des armatures perdues, endommagées et intactes. 118

Tab. 34 : Quatrième expérimentation. Décompte des armatures selon leur mode d'emmanchement. 118

Tab. 35 : Quatrième expérimentation. Décompte des types d'endommagements des armatures selon leur mode d'emmanchement. 118

Tab. 36 : Quatrième expérimentation. Endommagements et dispersion des armatures selon leur trajectoire. 119

Tab. 37 : Quatrième expérimentation. Endommagements et dispersion des armatures axiales, disto-latérales et latérales selon la trajectoire des flèches. 119

Tab. 38 : Ensemble des quatre expérimentations sur carcasses entières. Tableau comparatif des pourcentages d'endommagements des armatures selon leur position sur la hampe. 122

Tab. 39 : Ensemble des quatre expérimentations sur carcasses entières. Tableau comparatif des pourcentages des différents types d'endommagements selon la position de l'armature sur la hampe. 122

Tab. 40 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Mise en forme par la retouche selon les locus (en nombres). 129

Tab. 41 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Mise en forme par la retouche selon les locus (en pourcentages). 129

Tab. 42 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Fragmentation des triple-pointes. 130

Tab. 43 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Fragmentation des monopointes axées. 130

Tab. 44 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Fragmentation des double-pointes. 130

Tab. 45 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Fragmentation des monopointes déjetées. 131

Tab. 46 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Fragmentation des microlithes indéterminés. 131

Tab. 47 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Endommagements diagnostiques par types traditionnels de microlithes. 133

Tab. 48 : « 62 rue Henry-Farman » à Paris. Endommagements diagnostiques d'impact burinants et transversaux par grandes catégories morphotechniques. 133

Tab. 49 : La Grande Rivoire à Sassenage. Tableau des effectifs par type et par décapage, précisant la nature de leurs endommagements. 143

Tab. 50 : Saint-Lizier à Creysse. Décompte des microlithes par type. 152

Tab. 51 : Saint-Lizier à Creysse. Décompte des microburins et krukowskis par concentration. 157

Tab. 52 : Saint-Lizier à Creysse. Décompte relatif des déchets de façonnage de microlithes (microburins et krukowskis) et des microlithes par concentration. 157

Tab. 53 : Saint-Lizier à Creysse. Décompte des différents types de fragments de microburins. 158