THÈSE
Pour obtenir le grade de
Docteur

Délivrée par **l'Université Paul Valéry Montpellier 3**

Préparée au sein de l'école doctorale 60
et de l'unité de recherche 5140
« Archéologie des Sociétés Méditerranéennes »

Spécialité : **Préhistoire, Protohistoire**
Paléoenvironnement Méditerranée-Afrique

Présentée par **Mathieu RUÉ**

APPROCHE GÉOARCHÉOLOGIQUE DE LA FORMATION DES SITES PRÉHISTORIQUES : RETOUR D'EXPÉRIENCE ET RÉFLEXIONS MÉTHODOLOGIQUES

Soutenue le 17 décembre 2021 devant le jury composé de :

M. Pascal BERTRAN, Chargé de recherche habilité, INRAP, Université de Bordeaux	Rapporteur
M. David LEFEVRE, Professeur émérite, Université de Montpellier 3	Directeur de thèse
Mme Louise PURDUE, Chargée de recherche, CNRS	Examinatrice
M. Jean-Paul RAYNAL, Directeur de recherche émérite, CNRS	Président du jury
Mme Dominique SORDOILLET, Chargée de recherche, INRAP	Examinatrice
Mme Marie SORESSI, Professeure, Université de Leiden	Rapporteure

Thèse pour obtenir le grade de docteur

délivrée par l'Université Paul Valéry Montpellier 3

préparée au sein de l'école doctorale 60
et de l'unité de recherche 5140
« Archéologie des Sociétés Méditerranéennes »

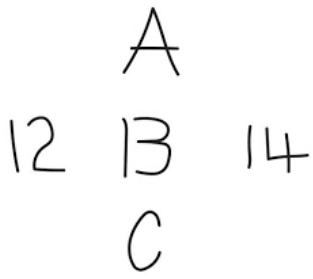
spécialité : Préhistoire, Protohistoire
Paléoenvironnement Méditerranée-Afrique

présentée par Mathieu RUÉ

Approche géoarchéologique de la formation des sites préhistoriques : retour d'expérience et réflexions méthodologiques

soutenue le 17 décembre 2021 devant le jury composé de :

M. Pascal BERTRAN, Chargé de recherche habilité, INRAP, Université de Bordeaux	Rapporteur
M. David LEFEVRE, Professeur émérite, Université de Montpellier 3	Directeur de thèse
Mme Louise PURDUE, Chargée de recherche, CNRS	Examinatrice
M. Jean-Paul RAYNAL, Directeur de recherche émérite, CNRS	Président du jury
Mme Dominique SORDOILLET, Chargée de recherche, INRAP	Examinatrice
Mme Marie SORESSI, Professeure, Université de Leiden	Rapporteure



B ou 13 ?
(dessin d'après Bruner, Minturn 1955)

Table des matières

Remerciements 5

Avant-propos 7

Chapitre 1. Introduction et problématique générale 9

Chapitre 2. Cadre des études et stratégie de recherche 13

2.1. Contexte historique 13

2.2. Approche bibliométrique 16
2.2.1. Evolution des publications 16
2.2.2. Contenu des publications fréquemment citées 19
2.2.3. Bilan 21

2.3. Démarche et outils employés 22
2.3.1. Evaluation du contexte sédimentaire 24
2.3.2. Confrontation au modèle sédimentaire 25

2.4. Cadre des études réalisées et présentation des sites 26

Chapitre 3. Approche contextuelle : apports et limites de l'interprétation des microfaciès 29

3.1. Contribution à l'étude du site de Djebel Irhoud (Tleta Ithoud, Maroc) 29

3.2. Micromorphologie des constructions en terre et convergence de faciès : le cas du site des Genêts à Ablis (Yvelines) 38

3.3. Micromorphologie des restes de construction en terre de Mitra 5 à Garons (Gard) : référentiel et premiers résultats 56

3.4. Bilan 75

Chapitre 4. Confrontation au modèle sédimentaire : exemples pour le Paléolithique 77

4.1. L'industrie sur quartzite du site de Bidau à Garlin (Pyrénées-Atlantiques) : Acheuléen versus Moustérien ? 77

4.2. La grotte des Barasses II à Balazuc (Ardèche) : remplissage sédimentaire et approche taphonomique 119

4.3. La station aurignacienne de Brignol à Villeneuve-sur-Lot (Lot-et-Garonne), entre taphonomie et palethnologie 153

4.4. Approche taphonomique d'un amas de lames du Paléolithique supérieur au Chaumois à Appoigny (Yonne). 175

Chapitre 5. Taphonomie lithique et bioturbation : premiers résultats de la cellule expérimentale de Villard-de-Lans (Isère, massif du Vercors) 201

Chapitre 6. Eléments de synthèse 219

6.1. Bilan général des études taphonomiques réalisées 219

6.2. Biais inhérents aux outils utilisés 222

6.3. Autres biais ou difficultés 226

Chapitre 7. Conclusion et perspectives 231

Bibliographie hors publications ou études présentées 232

Annexes 241

Liste des figures hors publications ou études présentées 256

Résumé, abstract 257

Remerciements

Cette thèse sur travaux a pu voir le jour grâce à la confiance et au soutien de David Lefèvre et Jean-Paul Raynal qui m'ont fait bénéficier de leur longue expérience en géologie du Quaternaire, en particulier sur les sites acheuléens de Casablanca (Maroc), point de départ de ce doctorat en 2012. Je leur exprime toute ma gratitude à travers ces premières lignes.

Je tiens à remercier chaleureusement Marie Soressi et Pascal Bertran, rapporteurs, ainsi que Louise Purdue, Dominique Sordoillet et Jean-Paul Raynal, examinateurs, qui ont accepté d'évaluer mon travail et qui m'ont fourni de précieux conseils pour l'avenir de mes travaux sur la formation des sites.

Ce doctorat s'est déroulé à la fois dans le cadre de mon activité professionnelle à Paléotime et sur mon temps personnel. Il a pu être finalisé grâce au soutien de Paléotime qui m'a accordé un congé financé de 3 mois, me permettant également d'exploiter les premiers résultats de la cellule expérimentale implantée en 2018 sur le terrain de l'entreprise à Villard-de-Lans (Isère). Je suis donc infiniment reconnaissant envers ses co-gérants, Sébastien Bernard-Guelle et Alexandre Morin.

Toute ma reconnaissance va également aux responsables d'opération avec qui j'ai eu le plaisir de travailler plusieurs fois ces dernières années : Sébastien Bernard-Guelle, Camille Daujeard, Anne Duny, Laétitia Fénéon, Harald Floss, Anne Hauzeur, Marie Laroche, Gilles Monin, André Morala, Maxime Remicourt, Régis Picavet, Pascal Tallet, Alexis Taylor, Eric Thirault et plus récemment, Elise Cormarèche et Cyril Viallet. Un grand merci à tous les autres, notamment Marie-Claire Dawson, formée à Bordeaux, qui a éclairé d'un nouveau jour mon approche géoarchéologique au cours de son passage à Paléotime en 2010 et 2011.

Je remercie également les (géo)spécialistes qui m'ont renseigné ou inspiré au cours des études : Lars Anderson, Pierre Antoine, Pascal Bertran, Pierre Bodu, Jacques Léopold Brochier, Lorène Chesnaux, Marie-Agnès Courty, Jean-Philippe Degeai, Vincent Delvigne, Benoît Devillers, Philippe Gardère, Mohssine El Graoui, Nicolas Fedoroff, Paul Fernandes, Odile Franc, Alain Queffelec, Yann Le Jeune, Arnaud Lenoble, Norbert Mercier, Bernard Moulin, Henri-Georges Naton, Clément Recq, Dominique Schwartz, Sylvain Soriano, Dorcas Vannieuwenhuyse et Anaëlle Vayssière.

Aux actrices ou acteurs du terrain et des études qui m'ont rendu de précieux services ou qui ont œuvré dans l'acquisition ou l'exploitation des données géoarchéologiques, j'adresse mes remerciements : Aurélie Ajas Plantey, Claire et Pierre-André Auvrard, Alexandre Angelin, Loïc Bouffard, Aurélie Castets, Jean-Baptiste Caverne, Sophie Chamberlan, Anne-Marie Curé, Xavier Deparnay, Emilie Didelle, Gilles Gazagnol, Jean-Baptiste Gobin, Harold Lethrosne, Alexandre Morin, Valérie Morin, Gabriel Navennec, Johanna Recchia-Quiniou, Jocelyn Robbe, Arnaud Roy, Perrine Tacussel, Johanna Terrom et Jean-Louis Schuh.

Aux techniciennes et techniciens qui ont patiemment nettoyé ces grandes coupes.

Aux équipes qui diagnostiquent.

Je remercie également les membres des UMR 5140 (ASM) et 5199 (PACEA) que j'ai sollicités, avec une mention spéciale à Alain Queffelec pour le soutien analytique.

Au terme de cette étude, j'ai une pensée pour l'équipe du programme Casablanca, que j'ai bien hâte de retrouver réunie sur place. Merci au noyau dur actuel de cette équipe formidable : Camille Daujeard, Rosalia Gallotti, Denis Geraads, David Lefèvre, Abderrahim Mohib et Jean-Paul Raynal. Je remercie également les co-responsables du programme Djebel Irhoud dirigé par Abdelouahed Ben-Ncer et Jean-Jacques Hublin, ainsi que Shannon McPherron. Mon implication au Maroc a bénéficié du soutien du LabEx ARCHIMEDE au titre du programme *Investir L'Avenir* (ANR-11-LABX-0032-01).

La rédaction de cette thèse a été l'occasion de prendre du recul sur mon activité professionnelle et mon parcours. Je songe à toutes les personnes qui m'ont formé ou soutenu. Je tiens à réserver une place particulière aux archéologues bénévoles de Saône-et-Loire, en particulier à Jean Duriaud, responsable du GRAT (Groupe de Recherche Archéologique de Tournus) sans qui cette thèse n'aurait également pu voir le jour.

A toutes celles et ceux qui s'intéressent aux biais de l'enɹegɨstremnt arch´ologɨque.

Aux enregistrements de *bluegrass music* aussi…

A tous ces habitants du sol que l'on bouleverse.

A Lorène et Anaïs… <3



Troncs d'arbres coupés par les pionniers de l'expédition *Donner* bloqués dans la sierra Nevada durant l'hiver 1846-1847 et stéréographiés par Alfred Hart une vingtaine d'années après le sauvetage du campement. Ces troncs sectionnés renseignent sur la hauteur du manteau neigeux sur lequel se sont déplacés les occupants et donc sur la distance verticale parcourue par les témoins de leurs activités pour rejoindre le sol lors de la fonte printanière. Source : Golden Spike National Historical Park (domaine public) et Gilles Gazagnol (merci !).

Avant-propos

Mon travail de recherche doctorale est le fruit d'échanges avec les différents spécialistes qui ont étudié les témoins recueillis sur les sites présentés. La liste des auteurs qui ont participé de manière significative à la rédaction des publications présentées dans ce mémoire est donnée ci-dessous, par ordre alphabétique, ainsi que leur statut au moment de l'élaboration des études. Leur contribution respective apparaît dans les chapitres (§) 3 à 5 présentant mes résultats.

- **Lars Anderson,** paléolithicien, doctorant à l'Université de Toulouse Jean Jaurès, UMR 5608 TRACES, Toulouse ;
- **Sébastien Bernard-Guelle**, paléolithicien, co-gérant de Paléotime, Villard-de-Lans ;
- **Pierre Bodu**, paléolithicien, chargé de recherche au CNRS, UMR 7041 ARSCAN, Nanterre ;
- **Lorène Chesnaux**, tracéologue lithicienne, ATER à l'Université de Toulouse Jean Jaurès, UMR 5608 TRACES, Toulouse ;
- **Camille Daujeard**, archéozoologue, chargée de recherche au CNRS, UMR 7194 HNHP, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris ;
- **Paul Fernandes**, pétroarchéologue, chargé d'étude à Paléotime, Villard-de-Lans ;
- **Anne Hauzeur**, néolithicienne, responsable d'opération à Paléotime, Villard-de-Lans ;
- **Jean-Paul Raynal**, géologue et paléolithicien, directeur de recherche émérite au CNRS, UMR 5199 PACEA, Pessac ;
- **Alexis Taylor**, paléolithicien, responsable d'opération à Paléotime, Villard-de-Lans.

- - -

A l'issue de la soutenance, le jury a estimé que cette thèse pouvait être diffusée en l'état. La présente version correspond au mémoire déposé pour la soutenance et corrigé de quelques détails en février 2022.

Chapitre 1. Introduction et problématique générale

Etudier les populations ou sociétés passées à travers le prisme des témoins matériels qu'elles nous ont laissé constitue un des objectifs de l'archéologie. Ces témoins ont toutefois subi différentes transformations d'intensité variable depuis leur période d'utilisation jusqu'au moment de leur extraction, regroupées sous le terme de *processus de formation des sites* ou *processus de formation archéologique,* qu'ils soient d'origine comportementale (*processus culturels*), physico-chimique ou biologique (*processus environnementaux)* (Schiffer 1987 ; LaMotta, Schiffer 2005). L'étude des processus environnementaux, ou processus naturels, et de leur impact sur l'enregistrement archéologique, est dénommée *taphonomie archéologique* et définie comme « *the study of the transition (in all its details) of artifacts from abandonment by the subject population until their archaeological recovery* » (Whitlam 1982).

La taphonomie archéologique constitue une étape préalable nécessaire à l'interprétation des vestiges, au même titre que leur identification ou leur datation. Elle participe en effet à la définition même de ce qui est habituellement nommé *site*[1] (Brugal 2017). Cette étape consiste à s'interroger sur le statut de chacun des ensembles archéologiques définis sur le terrain, c'est-à-dire, principalement sur :

1) leur intégrité spatiale (sont-ils en position primaire ou non par rapport au lieu de dépôt initial ?) ;
2) leur intégrité matérielle (que représentent-ils par rapport à l'assemblage initial ?) ;
3) l'homogénéité des témoins recueillis (plusieurs phases de dépôts sont-elles reconnaissables ?).

Cette étude contribue donc à l'évaluation du degré de préservation de l'espace étudié. Connaissant les modalités de formation du site et les biais taphonomiques, l'archéologue peut alors « *embrayer vers ce qui s'est passé ici* » (Boissinot 2015) et en proposer une interprétation moins biaisée.

La mise en œuvre de cette étude se heurte toutefois à plusieurs difficultés en raison notamment des nombreux agents taphonomiques susceptibles d'avoir altéré l'enregistrement archéologique depuis l'abandon définitif du site jusqu'à son investigation, donc sur une période souvent bien plus longue que celle des activités humaines initiales, d'autant plus que l'impact de ces agents sur les vestiges n'a pas souvent laissé de signatures évidentes.

Plusieurs auteurs ont conceptualisé l'étude des modalités de formation des sites préhistoriques à partir des années 1970 tout en illustrant la grande variété des processus en jeu et la complexité de leurs interactions (*e.g.* Schiffer 1972 ; Butzer 1982 ; Schiffer 1987 ; Waters 1992 ; Ward, Larcombe 2003). Une solution pour démêler le rôle respectif de ces processus dans la formation des sites est de croiser, pour chaque type de vestige, les résultats obtenus par l'analyse à différentes échelles d'indicateurs taphonomiques pertinents (Dibble *et al.* 1997 ; Thiébaut *et al.* 2010 ; Bertran *et al.* 2017).

1 Considéré au sens large dans la suite de ce travail comme un espace aménagé par l'Homme et affecté par les processus culturels et/ou environnementaux, selon des intensités variables.

L'approche géoarchéologique, *« perspective interdisciplinaire à cheval sur les sciences humaines et les géosciences »* (Fouache 2010), contribue à l'étude taphonomique des sites en testant l'hypothèse d'une modification de l'organisation initiale des vestiges ou des aménagements par les processus naturels. Un des principes utilisés postule que les artefacts laissés en surface du sol peuvent être assimilés à des particules sédimentaires (Bertran *et al.* 2006). Différents outils ont été mis au point ces dernières décennies pour identifier et évaluer l'impact des agents taphonomiques sur les vestiges, en complément des observations ou analyses réalisées sur les dépôts sédimentaires, comme les études de la distribution spatiale ou granulométrique des objets, de leur orientation et pendage (analyse des fabriques) ou de leurs états de surface.

Dans ce travail, je pars du constat que ces outils sont encore rarement appliqués préalablement à l'interprétation archéologique des lieux étudiés. L'étude taphonomique des restes matériels apparaît encore peu développée et ce malgré les rappels réguliers de son intérêt dans des articles méthodologiques généraux (*e.g.* Schiffer 1983 ; Texier 2000 ; Butzer 2008 ; Shahack-Gross 2017 ; Bertran *et al.* 2017 et 2019) ou en introduction d'études ciblées (*e.g.* Lenoble 2005 ; Enloe 2006 ; de la Torre, Wehr 2018). En outre, l'évaluation du degré de conservation des sites s'opère de manière inégale, parfois inadaptée, augmentant le risque d'une interprétation erronée des processus anthropiques d'accumulation et de répartition des objets archéologiques, donc des comportements humains.

A travers mon expérience professionnelle et la présentation d'une sélection de travaux réalisés depuis une dizaine d'années dans le domaine de la géoarchéologie appliquée à l'étude taphonomique des sites, je chercherai à expliquer cette situation tout en apportant un regard critique sur les outils couramment utilisés.

Comme le champ d'étude est vaste, ce travail sera principalement axé sur :

- des données obtenues à l'échelle intra-site, celle des concentrations de témoins d'origine anthropique, tout en considérant également l'échelle de l'entité géomorphologique dans laquelle se sont déroulées les occupations. Les problématiques à l'échelle de la région ou de l'objet ne sont donc pas abordées ;

- les périodes du Paléolithique pour lesquelles les interrogations sur le degré de conservation des sites sont généralement récurrentes ;

- les modalités de formation des sites constitués d'un ou plusieurs assemblages de témoins matériels disposés en nappe (parfois nommée *niveau* ou *épandage*), à restes organiques rares ou mal conservés - où la taphonomie des restes biologiques ne peut donc pas s'appliquer - et sans structuration anthropique évidente lors de la fouille, une configuration fréquente pour les périodes préhistoriques ;

- l'identification des mécanismes naturels survenant après l'abandon des objets ou des aménagements en surface du sol, dans l'objectif d'apprécier le degré de préservation de leur agencement. La formation et la fonction des sites pendant la ou les phases d'occupation ne constituent donc pas le point central de ce travail.

Après une présentation du cadre de la recherche (§ 2), mes résultats sont exposés selon la démarche géoarchéologique employée :

- en évaluant le contexte taphonomique des sites à partir des données sédimentaires (*i.e.* obtenues sur les dépôts naturels), indépendamment des données archéologiques (*i.e.* obtenues sur les vestiges) (§ 3) ;
- en confrontant les données sédimentaires et archéologiques (§ 4) ;
- en ayant recours à l'expérimentation (§ 5).

Une synthèse dressera un bilan des travaux réalisés et tentera d'apporter des éléments d'explication du constat initial (§ 6).

Chapitre 2. Cadre des études et stratégie de recherche

2.1. Contexte historique

L'étude de la formation des sites prend racine dans les débuts de la préhistoire au cours du 19e siècle, à une époque où la recherche des origines de l'Homme occupe une place centrale (Meltzer 1983 ; Cohen 1988). Le contexte stratigraphique des découvertes focalise alors l'attention des géologues ou des préhistoriens afin d'assurer la contemporanéité des vestiges lithiques, des éléments de faune, voire des restes humains. La célèbre affaire du site acheuléen de Moulin Quignon dans la Somme, à partir de 1863, année de la parution de l'ouvrage *Geological Evidences of the Antiquity of Man* par Charles Lyell, montre que des outils complémentaires vont être employés pour tenter d'isoler les fausses pièces introduites dans les couches du site, tel l'examen des états de surface ou les expérimentations de taille (Hurel, Coye 2016 ; Bahain, Antoine 2021). A la même époque, diverses interprétations chronostratigraphiques sont tentées, par exemple sur les dépôts d'inondation de la Saône utilisés comme « chronomètre » sédimentaire (**fig. 1** ; Rué 2019).

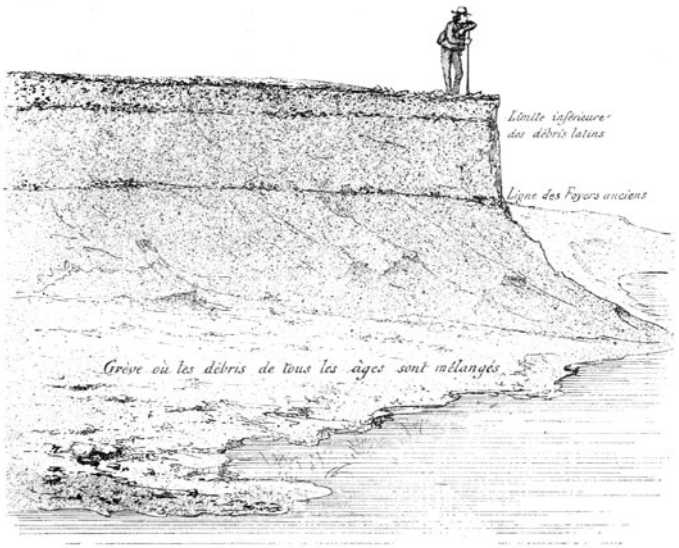


Fig. 1 : Position de deux nappes de vestiges interstratifiées dans les alluvions limono-sableuses de la Saône au nord de Chalon-sur-Saône (Landa 1869). L'auteur signale au premier plan la formation d'une troisième nappe « où les débris de tous les âges sont mélangés ». Les premières tentatives de datation absolue se sont basées sur un taux de sédimentation constant de l'ordre de 0,5 mm/an calculé à partir de la profondeur moyenne de la nappe supérieure d'âge connu, aboutissant à des âges d'une précision remarquable pour l'époque.

Les investigations stratigraphiques ne seront pas suivies d'évolutions méthodologiques significatives concernant les modalités de formation des sites préhistoriques avant la seconde moitié du 20e siècle, malgré les progrès importants dans la reconstitution des paléoenvironnements et les techniques de datation. Durant cette période, « *there is a general assumption that all strata are sealed, that contexts are closed* » (Carver 2012). L'impact des perturbations post-dépositionnelles sur les vestiges n'est que rarement abordé dans les publications. Cette période se termine à la fin des années 1960 avec l'avènement de la *New Archaeology* (LaMotta, Schiffer 2005), plus tard renommée *archéologie processuelle*. La recherche devient plus systémique, en s'intéressant à l'ensemble des processus (sociaux, technologiques, etc.) inhérents aux sociétés étudiées tout en dépassant la typologie descriptive des mobiliers. Différents axes de recherche sur les modalités de formation des sites se développent alors, en cherchant à dégager des lois générales. A partir du

début des années 1970, les travaux de Michael Schiffer vont poser les principes théoriques de ces recherches. Les transformations culturelles (*C-transforms*), déterminées par le mode de vie des préhistoriques, sont distinguées des modifications induites par l'action des agents non-culturels ou naturels (*N-transforms*) (Schiffer 1987).

La compréhension des transformations culturelles va bénéficier du renfort de l'ethnologie. Cet axe de recherche initié par Lewis Binford et son équipe comporte toutefois un risque : « *S'intéresser aux systèmes socio-culturels, c'est augmenter le niveau d'abstraction et diminuer le niveau de confiance...* » (Cleuziou 1973). La recherche de lois générales applicables à la formation culturelle des sites sera progressivement abandonnée dans les années 1990 (Shahack-Gross 2017) mais les données ethnographiques restent cependant une source importante d'informations pour interpréter les comportements humains passés et illustrer la grande diversité des faits techniques.

Les travaux focalisés sur les transformations naturelles vont s'intensifier dans les années 1970-1980. Outre ceux de Michael Schiffer, l'approche naturaliste bénéficie également des avancées de Karl Butzer, le premier auteur à employer le terme *geoarchaeology*, dans un article consacré à l'étude de deux sites acheuléens en Afrique du Sud (Butzer 1974). L'apport de la taphonomie animale va également jouer un rôle important, à partir des fondements posés par Ivan Efremov (Efremov 1940). De nombreuses données sont acquises en domaine actuel ou fossile, comme en témoignent par exemple les travaux de Diane Gifford-Gonzalez (Gifford 1978) ou Kay Behrensmeyer (Behrensmeyer 1978) et notamment en Afrique et au Moyen-Orient. Les principaux processus naturels potentiellement impliqués dans la formation des sites sont par ailleurs de mieux en mieux documentés par les géomorphologues (**fig. 2**) et portés progressivement à la connaissance de la communauté archéologique (*e.g.* Wood, Johnson 1978).

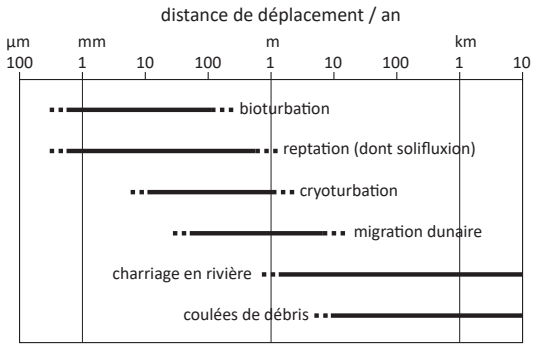


Fig. 2 : Ordre de grandeur des vitesses de déplacement des particules sédimentaires par an, selon différents processus susceptibles d'intervenir dans la préservation ou la dégradation des sites (compilation de valeurs d'après diverses sources dont Bertran *et al.* 2004 et Gregory 2010). Ces vitesses dépendent de plusieurs facteurs, comme la taille et la forme des particules, l'intensité et la durée du processus, les conditions stationnelles et climatiques.

Le courant de pensée post-processualiste qui marqua les décennies 1980-1990, en référence au courant philosophique post-moderne, mettra l'accent sur la subjectivité des interprétations. Il n'aura cependant que peu d'influence sur l'étude de la formation des sites.

Plusieurs ouvrages synthétiques consacrés à la géoarchéologie vont voir le jour à partir des années 1980, rédigés en très grande majorité par des auteurs anglophones (Butzer 1982 ; Schiffer 1987 ; Waters 1992 ; Goldberg et al. 2001 ; French 2002 ; Goldberg, Macphail, 2006 ; Rapp, Hill 2006 ; Cordova 2018), dont une encyclopédie (Gilbert *et al.* 2017). Ils illustrent le champ croissant de données et d'outils exploités, avec en particulier le recours à la micromorphologie, objet de plusieurs ouvrages spécialisés (Courty *et al.* 1989 ; Nicosia, Stoops 2017 ; Macphail, Goldberg, 2018 ; Karkanas, Goldberg 2019). Seul le livre de Michael Schiffer intitulé *Formation Processes of the Archaeological Record* se consacre entièrement aux processus de formation des sites en dressant un panorama de leurs implications possibles dans l'enregistrement archéologique (Schiffer 1987).

Au cours des dernières décennies, « *le terme de géoarchéologie tend à s'enraciner dans le sens de science ayant pour objectif de restituer les paléoenvironnements* » (Brochier 1997). Les études sur la formation des sites préhistoriques s'organisent surtout autour de la caractérisation des dépôts sédimentaires ou des horizons de sol contenant les vestiges dans le but d'en comprendre leur organisation spatiale, leur origine et modalités de mise en place et d'en extraire des informations d'ordre chronologique, paléoenvironnementale ou anthropique (traces d'activités, piétinement, etc.). Cette approche géoarchéologique contextuelle est inégalement suivie d'une diagnose visant à estimer l'intensité des perturbations affectant les niveaux archéologiques, donnant parfois l'impression que l'évaluation taphonomique des sites sort du champ de la géoarchéologie.

La même évolution récente est perceptible en France. Dans l'imposant ouvrage *Géologie de la Préhistoire* paru en 1987 et actualisé en 2002 sous la direction de Jean-Claude Miskovsky, un seul passage est consacré à la taphonomie des niveaux archéologiques, à partir de la distribution spatiale des artefacts (Tuffreau, Marcy 2002). Le bilan intitulé *La géoarchéologie française au XXIe siècle* (Arnaud-Fassetta, Carcaud 2015) ne comporte que cinq fois le terme racine « taphonom* » dans le texte des 24 articles présentés. Cet ouvrage illustre la tendance de la recherche actuelle en géoarchéologie, principalement axée sur l'établissement de cadres chronostratigraphiques ou l'étude des relations Homme / Environnement. De très nombreuses avancées ont été effectuées dans ces domaines grâce aux collaborations interdisciplinaires. De même, le bilan de 45 pages intitulé *Quaternaire et géoarchéologie paléolithique en France : quoi de neuf depuis 1976 ?*, préparé à l'occasion du 18e Congrès de l'Union Internationale des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques qui s'est déroulé à Paris en juin 2018, montre que les efforts se concentrent principalement sur la chronostratigraphie des occupations, le calage des enregistrements pédosédimentaires sur les courbes climatiques et les reconstitutions paléoenvironnnementales (Antoine *et al.* 2018). Pour les périodes récentes de la Préhistoire, on note également la prise en compte, depuis les années 1980, du sédiment comme *ethnofaciès*, pouvant témoigner d'anciens aménagements en terre (*e.g.* Rosen 1986 ; Brochier 1994) et/ou localement contribuer à la préservation de l'espace occupé (Brochier 1999).

En France, la taphonomie archéologique a bénéficié des travaux de plusieurs équipes, en particulier au sein de l'Institut de Préhistoire et de Géologie du Quaternaire à Bordeaux, devenu l'actuel laboratoire PACEA (De la Préhistoire à l'Actuel : Culture, Environnement et Anthropologie). La réalisation du programme expérimental TRANSIT (Transfers de Référentiels Actuels de l'étage Nival aux SITes paléolithiques, Texier *et al.* 1998) a conduit à des progrès notables dans la compréhension du rôle des processus périglaciaires dans la formation des sites. Le développement de la taphonomie appliquée à l'étude des industries lithiques (ou *taphonomie lithique*) a été marqué par plusieurs travaux universitaires (Michel 2010 ; Bachellerie 2011 ; Bordes 2012 ; Gravina 2016). En taphonomie des restes biologiques, les progrès sont plus conséquents comme en témoigne par exemple l'ouvrage *TaphonomieS* venu concrétiser les travaux du groupement CNRS-INEE TaphEnA (Taphonomie, Environnement et Archéologie, Brugal 2017).

L'étude des processus de formation des sites est de nos jours intégrée dans la démarche archéologique (Sullivan, Dibble 2017). Néanmoins, comme le précise l'article consacré à ces processus dans l'encyclopédie de la géoarchéologie, « *considering the number of archaeological sites excavated throughout the world, it is remarkable that so few studies of sites included geoarchaeological investigations addressing formation and postdepositional processes* » (Mandel *et al.* 2017, p. 798). La dernière programmation de la recherche nationale en archéologie rappelle à différentes reprises la nécessité de considérer (ou reconsidérer) le contexte taphonomique des occupations, notamment dans l'axe 1 consacré au Paléolithique ancien et moyen (CNRA 2016).

2.2. Approche bibliométrique

Afin d'apporter un éclairage plus objectif sur l'évolution des études traitant de la formation des sites, une approche bibliométrique de la production scientifique a été effectuée. Les applications de l'analyse bibliométrique sont multiples et principalement employées pour l'évaluation des chercheurs ou des établissements, ou la réalisation de bilans éditoriaux. Elles font rarement l'objet de publication dans les thématiques de la recherche archéologique (*e.g.* Morel-Doridat, Hamez 2019) ou géoarchéologique (*e.g.* Stoops 2014 ; Schlöffel *et al.* 2017) malgré leur potentiel analytique.

Les requêtes ont été réalisées via la plateforme *Web of Science* maintenue par la société Clarivate Analytics et exploitant plusieurs collections bibliographiques. Même si toutes les publications ne sont pas intégrées dans ces collections, comme celles parues dans des revues récentes ou à très faible facteur d'impact, *Web of Science* indexe les principales revues scientifiques à comité de lecture. Deux principaux aspects sont développés ici : 1) l'évolution du nombre d'apparition de certains termes spécifiques à l'étude de la formation des sites à partir de la généralisation du terme *géoarchéologie* dans les années 1990 et 2) l'analyse du contenu d'une sélection d'articles traitant de la formation des sites archéologiques.

2.2.1. Evolution des publications

Afin de limiter le biais d'échantillonnage, l'analyse a porté sur deux corpus bibliographiques constitués de références d'articles et de chapitres d'ouvrages sélectionnés à partir des termes racines *palaeolithic** ou *geoarchaeolog** (prenant en compte les différentes écritures possibles en anglais), dans les titres, résumés ou mots-clés des publications parues entre 1995 et 2020, la recherche dans le texte intégral n'étant pas possible dans la base de données *Web of Science*[2]. Ces requêtes ne visent pas l'exhaustivité des publications traitant des périodes du Paléolithique ou relevant d'une approche géoarchéologique. Elles sélectionnent les publications dont les auteurs ont souhaité mettre en valeur les termes recherchés dans les titres, résumés ou mots-clés. Dans certains articles courts, l'étude de la formation du site est parfois annexée dans les fichiers *Supplementary information / material / data*, sans être mise en valeur en tête d'article (*e.g.* Waters *et al.* 2012). Ces publications ne ressortent donc pas dans les résultats de la requête, elles sont toutefois relativement peu nombreuses.

Comme les termes racines *palaeolithic** coexistent dans différentes disciplines (arts, histoire, etc.), un filtre a été utilisé afin de sélectionner uniquement les références propres à l'archéologie ou aux géosciences. Après vérification des résultats de la requête et suppression des références sans résumé, les deux corpus de références, nommés *paléolithique* et *géoarchéologie,* contenaient respectivement 5746 et 1937 références. Le même type de requête sur le portail Persée, qui constitue la plus grande ressource documentaire francophone en sciences humaines et sociales

2 Les formules de recherche utilisées sont les suivantes :
Corpus « paléolithique » :
(TI=(paleolithic* OR palaeolithic* OR paleolitic* OR palaeolitic*) OR AB=(paleolithic* OR palaeolithic* OR paleolitic* OR palaeolitic*) OR AK=(paleolithic* OR palaeolithic* OR paleolitic* OR palaeolitic*)) AND (DT==(«ARTICLE» OR «PROCEEDINGS PAPER» OR «REVIEW» OR «BOOK CHAPTER») AND TASCA==(«ANTHROPOLOGY» OR «ARCHAEOLOGY» OR «GEOSCIENCES MULTIDISCIPLINARY» OR «GEOGRAPHY PHYSICAL» OR «EVOLUTIONARY BIOLOGY» OR «MULTIDISCIPLINARY SCIENCES» OR «PALEONTOLOGY»))
Corpus « géoarchéologie » :
(TI=(geoarchaeolog* OR geo-archaeolog* OR geoarcheolog* OR geo-archeolog*) OR AB=(geoarchaeolog* OR geo-archaeolog* OR geoarcheolog* OR geo-archeolog*) OR AK=(geoarchaeolog* OR geo-archaeolog* OR geoarcheolog* OR geo-archeolog*)) AND (DT==(«ARTICLE» OR «PROCEEDINGS PAPER» OR «REVIEW» OR «BOOK CHAPTER»))
Avec, dans les deux cas : Timespan: 1995-01-01 to 2020-12-31 ; Editions = A&HCI, BKCI-SSH, BKCI-S, CCR-EXPANDED, ESCI, IC, CPCI-SSH, CPCI-S, SCI-EXPANDED, SSCI.

et en accès libre, a donné un nombre trop faible de références pour prétendre à une analyse bibliographique des publications en français depuis ce portail, selon les critères retenus (texte intégral non pris en compte).

Dans chacun des deux corpus, une recherche de trois termes fréquemment employés dans l'étude de la formation des sites a ensuite été effectuée au moyen de l'application d'analyse textuelle R.Temis (Bouchet-Valat *et al.* 2019) : *site formation*, *taphonom** et *micromorpholog**. Le terme *site formation* peut évoquer à la fois les processus naturels et culturels impliqués dans la formation du site. Le terme *taphonom** peut s'appliquer à différents types de matériaux (restes faunistiques, témoins matériels, etc.) étudiés selon des échelles variables (de l'objet à la région). Une recherche des termes racines *geoarchaeolog** a également été effectuée pour le corpus *paléolithique* et, inversement, des termes *palaeolithic** pour le corpus *géoarchéologie*.

Le nombre d'apparition de ces termes a été décompté dans les résumés et titres des publications pour chaque année. Leur pourcentage d'apparition a été calculé par rapport au nombre total de publications par an. Les résultats sont présentés sur la **figure 3** et en **annexe 1**. Ils permettent les constats suivants :

1) Le nombre de publications contenant les mots *palaeolithic** ou *geoarchaeolog** dans les titres, résumés ou mots-clés est en nette augmentation depuis le début des années 2000 et semble atteindre un plafond depuis quelques années, avec en moyenne respectivement 442 et 163 références par an sur les cinq dernières années. Une hausse similaire du nombre de publications a également été constatée en taphonomie d'après le bilan 2007-2009 du Réseau Thématique Pluridisciplinaire *Taphonomie* (Commelin in Brugal, Chenorkian 2010).

2) Dans le corpus *paléolithique*, le pourcentage d'apparition des termes *site formation*, *geoarcheolog**, *micromorpholog** dans les titres ou résumés est faible, de l'ordre de quelques pourcents. Il augmente très légèrement à partir de 2007. La proportion des termes *taphonom** est légèrement plus importante et augmente de manière plus significative par rapport aux autres termes pour atteindre un maximum d'environ 13 % en 2019 et 2020.

3) Dans le corpus *géoarchéologie*, le pourcentage d'apparition des termes *site formation*, *taphonom** ou *micromorpholog** dans les titres ou résumés est également faible et n'augmente pas de manière significative. Le terme *micromorpholog** est plus fréquemment utilisé que les termes *site formation* ou *taphonom**.

Ces résultats montrent que l'emploi des termes choisis, fréquemment utilisés dans l'étude de la formation des sites, est en légère augmentation dans les articles et chapitres d'ouvrage mais qu'il reste globalement faible par rapport à la production scientifique globale contenant les termes *palaeolithic** ou *geoarchaeolog**. Entre 1995 et 2020, la proportion de publications ayant mis en valeur le terme *site formation* dans le résumé est faible : 1,4 % pour le corpus *paléolithique* et 4,4% pour le corpus *géoarchéologie*. Si l'on prend en compte les dix dernières années (2011 à 2020), ce taux reste sensiblement le même (respectivement 1,8 et 4,6 %).

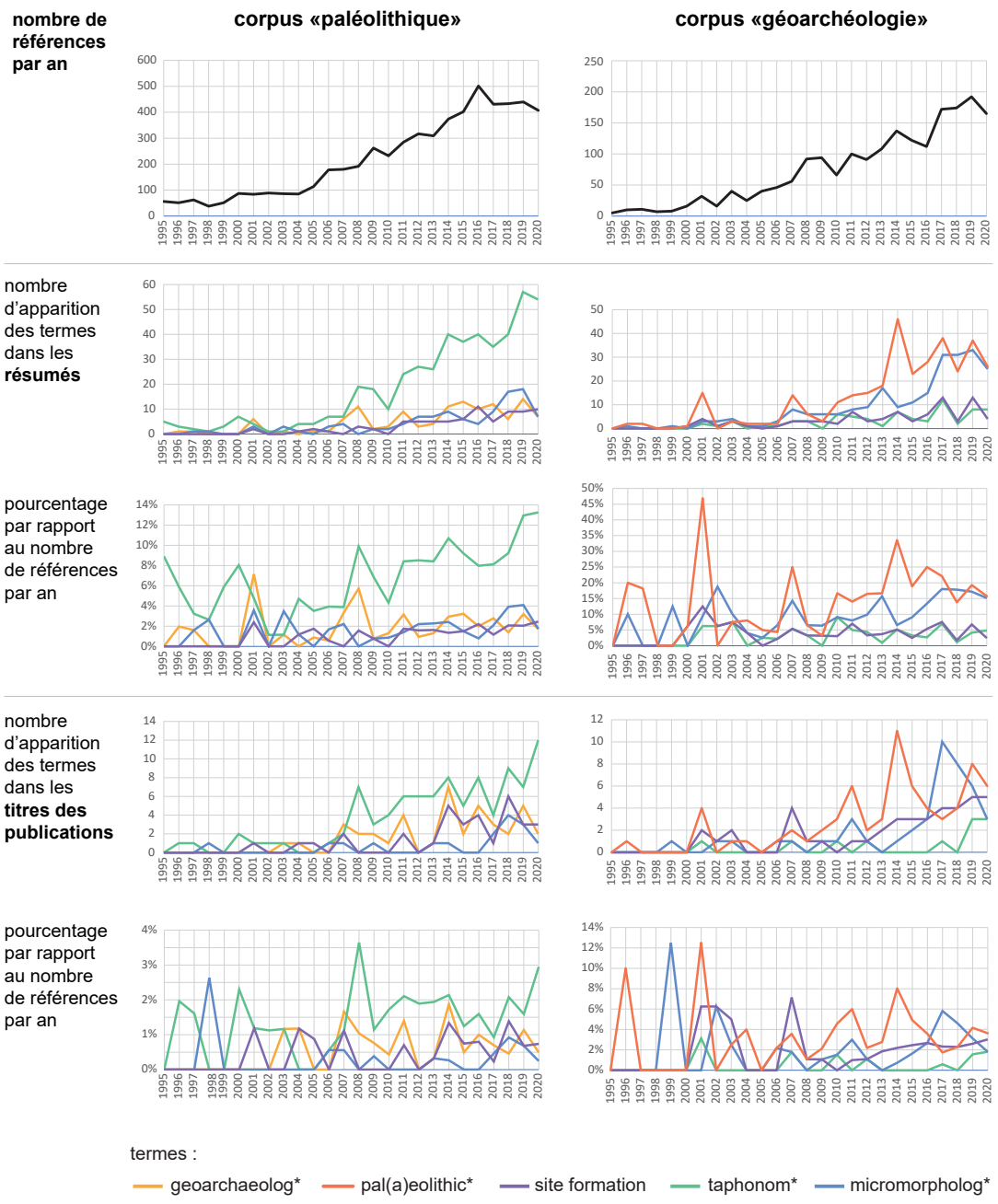


Fig. 3 : Evolution de l'apparition de termes relatifs à l'étude de la formation des sites entre 1995 et 2020 au sein des corpus de références « paléolithique » et « géoarchéologie » sélectionnées dans *Web of Science* (M. Rué).

Les revues, auteurs et pays des auteurs ayant fourni le plus de références incluant dans leur titre, résumé ou mots clés le terme *site formation*, dans chacun des deux corpus, sont présentés sur la **figure 4**. Le classement illustre la contribution importante des auteurs publiant des résultats micromorphologiques dans la production scientifique, en particulier P. Goldberg (USA) impliqué dans l'étude de nombreux sites. La liste des revues et des pays les plus fréquents est sensiblement la même dans les deux corpus. Plus d'un tiers des articles ou chapitres d'ouvrage ayant valorisé le terme *site formation* contiennent au moins un auteur dont l'adresse d'affiliation est localisée aux USA.

corpus «géoarchéologie» filtré avec «site formation» - 142 références, 2308 citations (sans auto-citations)

revues	%	pays	%	auteurs	%
JOURNAL OF ARCHAEOLOGICAL SCIENCE	21.8	USA	40.8	Goldberg P	9.9
GEOARCHAEOLOGY AN INTERNATIONAL JOURNAL	14.8	GERMANY	17.6	Angelucci DE	4.2
QUATERNARY INTERNATIONAL	14.8	ENGLAND	14.8	Morley MW	4.2
ARCHAEOLOGICAL AND ANTHROPOLOGICAL SCIENCES	7.7	AUSTRALIA	14.1	Shahack-Gross R	4.2
JOURNAL OF ARCHAEOLOGICAL SCIENCE REPORTS	4.2	SPAIN	13.4	Friesem DE	3.5
JOURNAL OF HUMAN EVOLUTION	4.2	ITALY	10.6	French C	2.8
QUATERNARY SCIENCE REVIEWS	4.2	FRANCE	9.9	Ligouis B	2.8
PLOS ONE	2.8	ISRAEL	9.2	Miller CE	2.8
AFRICAN ARCHAEOLOGICAL REVIEW	2.1	CANADA	7.7	Roberts RG	2.8
ADVANCES IN COASTAL GEOARCHAEOLOGY IN LATIN AMERICA	1.4	CHINA	5.6	Anesin D	2.1

corpus «paléolithique» filtré avec «site formation» - 156 références, 3869 citations (sans auto-citations)

revues	%	pays	%	auteurs	%
QUATERNARY INTERNATIONAL	19.9	USA	34.6	Goldberg P	6.4
JOURNAL OF HUMAN EVOLUTION	15.4	GERMANY	32.1	Mallol C	5.8
JOURNAL OF ARCHAEOLOGICAL SCIENCE	10.3	SPAIN	25.6	Hernandez CM	5.1
ARCHAEOLOGICAL AND ANTHROPOLOGICAL SCIENCES	7.1	FRANCE	21.2	Conard NJ	4.5
GEOARCHAEOLOGY AN INTERNATIONAL JOURNAL	6.4	ISRAEL	14.1	Galvan B	4.5
PLOS ONE	5.1	ENGLAND	13.5	Hovers E	3.8
JOURNAL OF ARCHAEOLOGICAL SCIENCE REPORTS	4.5	ITALY	8.3	Malinsky-Buller A	3.8
QUATERNARY SCIENCE REVIEWS	3.2	AUSTRALIA	7.7	Miller CE	3.8
JOURNAL OF ANTHROPOLOGICAL ARCHAEOLOGY	2.6	CHINA	7.1	Benito-Calvo A	3.2
AMERICAN ANTIQUITY	1.9	CANADA	6.4	Berna F	3.2

Fig. 4 : Revues, auteurs et pays des auteurs ayant fourni le plus de références incluant dans leur titre, résumé ou mots clés le terme « site formation » dans chacun des corpus étudiés d'après *Web of Science* (M. Rué). Pourcentage par rapport au nombre total de références.

2.2.2. Contenu des publications fréquemment citées

La seconde analyse a consisté à examiner le contenu d'une sélection de publications traitant de la formation des sites. Une requête recensant les références contenant les termes *site formation* ou *formation process** a été effectuée dans les titres, résumés et mots-clés des articles et chapitres d'ouvrage publiés entre 1990 et 2020 dans la catégorie *Archaeology*, sans distinction de la période chronologique[3]. La catégorie *Archaeology* de *Web of Science* permet de restreindre le nombre de références trouvées (>20000) à environ 600 mais elle exclut certaines revues classées uniquement dans la catégorie *géologie* et publiant des articles traitant d'archéologie. Certains compléments ont donc été effectués.

Les références obtenues ont été classées par ordre décroissant du nombre de citations d'après l'algorithme de *Web of Science*, afin de sélectionner les études à plus fort impact. Celles traitant principalement de taphonomie osseuse ont été supprimées afin d'obtenir un corpus proche du contexte d'étude (les sites à contenu faunistique faible ou absent), de même que les quelques publications traitant de taphonomie des épaves, des amas coquillers ou abordant la formation des sites naturels, sans occupation humaine. Les résultats ont été exploités via les outils d'analyse de *Web of Science* et l'application *bibliometrix* sous R (Aria, Cuccurullo 2017).

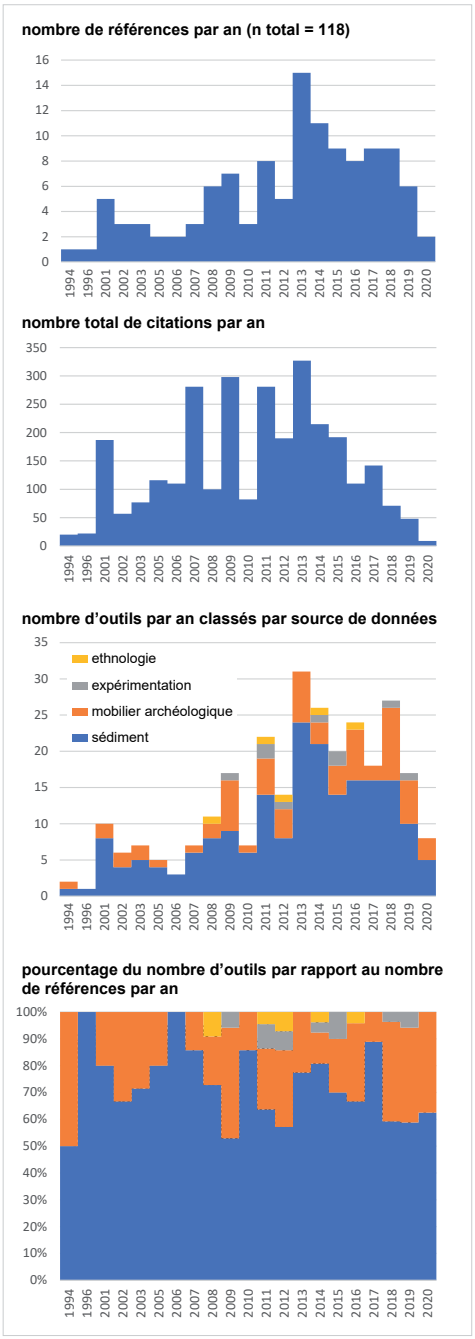
3 Formule de recherche utilisée : (TI=(«site formation» OR «formation process*») OR AB=(«site formation» OR «formation process*») OR AK=(«site formation» OR «formation process*»)) AND ((DT==(«ARTICLE» OR «PROCEEDINGS PAPER» OR «BOOK CHAPTER» OR «REVIEW») AND TASCA==(«ARCHAEOLOGY»))). Timespan: 1990-01-01 to 2020-12-31 ; Editions = A&HCI, BKCI-SSH, BKCI-S, CCR-EXPANDED, ESCI, IC, CPCI-SSH, CPCI-S, SCI-EXPANDED, SSCI.

Les 150 références les plus citées ont été parcourues en utilisant une grille d'analyse afin de décompter le nombre d'outils utilisés pour étudier la formation du site, en complément des observations stratigraphiques classiques et des datations. Ils ont été regroupés selon le type de données exploitées :
-outils appliqués sur les dépôts sédimentaires : micromorphologie, analyses physico-chimiques ; analyses biologiques ;
- outils appliqués sur les objets archéologiques : analyse de la distribution spatiale (horizontale ou verticale) incluant l'étude des remontages ; analyse des fabriques ; distribution granulométrique des assemblages lithiques ; étude des états de surface des pièces lithiques ;
- outils exploitant des données expérimentales ou ethnologiques.
Les données et les références bibliographiques sont présentées en **annexe 2**.

Sur les 150 références sélectionnées, 32 correspondent à des publications méthodologiques ou de synthèse sur la formation des sites. Elles ont fait l'objet d'un traitement à part. Pour ces références, le nombre total d'utilisations des outils s'élève à 44. Les outils les plus souvent considérés par ces publications régulièrement citées sont : l'analyse spatiale de la distribution des vestiges (30 % du nombre total d'utilisations), l'expérimentation (25 %) et la micromorphologie (11 %). Les huit références les plus citées, qui totalisent plus de la moitié des citations, reposent principalement sur l'utilisation de :
- la micromorphologie, appliquée à l'étude des fumiers (Shahack-Gross 2011), des dépôts d'occupation (Matthews *et al.* 1997) ou des structures de combustion (Mallol *et al.* 2013) ;
- l'étude des états d'altération de la surface des silex (Burroni *et al.* 2002) ;
- l'analyse des fabriques (Lenoble, Bertran 2004 ; McPherron 2005) ;
- l'étude de la distribution granulométrique des assemblages lithiques (Bertran *et al.* 2012) ;
- l'étude de la bioturbation induite par l'activité des vers de terre (Canti *et al.* 2003).

Les 118 autres références sont axées sur l'étude d'un ou de plusieurs niveaux archéologiques, généralement du même site. Le nombre total d'utilisations des outils s'élève à 238. Ces références concernent en majorité des occupations de plein air (55 % du nombre total d'utilisations), les périodes du Pléistocène (53 %) et l'utilisation de la micromorphologie (39 %). Leur publication s'étale entre 1994 et 2020 avec une médiane en 2013. La répartition des différents outils par type de données est la suivante :
- dépôts sédimentaires : 65 % ;
- objets archéologiques : 29 % ;
- données expérimentales ou ethnologiques : 6 %.

Pour ces références fréquemment citées, près de deux tiers des études traitant de la formation des sites reposent donc sur l'observation ou l'analyse des dépôts sédimentaires. Cette proportion apparaît globalement constante au cours de la période considérée (**fig. 5a**). En moyenne, deux outils sont utilisés pour étudier la formation des sites (± 0,9). Ceux les plus souvent utilisés sont la micromorphologie (34 %), les analyses physico-chimiques des dépôts et les analyses spatiales de la distribution des artefacts (19 %). Parmi les 82 études qui reposent sur des données micromorphologiques, dans 26,8 % des cas la micromorphologie est utilisée seule et dans la moitié des cas, en association avec un seul autre outil (**fig. 5b**).



a

nombre de références	micromorphologie	analyses physico-chimiques	analyses biologiques	analyse spatiale	analyse des fabriques	distribution granulométrique	états de surface (lithique)	expérimentation	ethnologie
	sédiment			mobilier archéologique					
utilisation									
seule	22	4	0	11	0	0	0	0	0
avec 1 autre outil	41	33	2	15	2	3	1	5	2
avec 2 autres outils	14	17	8	13	5	4	1	3	2
avec 3 autres outils	3	3	3	4	2	2	1	1	1
avec 4 autres outils	2	2	0	2	1	2	1	0	0
total	82	59	13	45	10	11	4	9	5

pourcentage par rapport au nombre de références	micromorphologie	analyses physico-chimiques	analyses biologiques	analyse spatiale	analyse des fabriques	distribution granulométrique	états de surface (lithique)	expérimentation	ethnologie
utilisation									
seule	26.8%	6.8%	0.0%	24.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
avec 1 autre outil	50.0%	55.9%	15.4%	33.3%	20.0%	27.3%	25.0%	55.6%	40.0%
avec 2 autres outils	17.1%	28.8%	61.5%	28.9%	50.0%	36.4%	25.0%	33.3%	40.0%
avec 3 autres outils	3.7%	5.1%	23.1%	8.9%	20.0%	18.2%	25.0%	11.1%	20.0%
avec 4 autres outils	2.4%	3.4%	0.0%	4.4%	10.0%	18.2%	25.0%	0.0%	0.0%
total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

b

Fig. 5 : Résultats de l'analyse du contenu de 118 références fréquemment citées consacrées à l'étude de la formation d'un ou plusieurs niveaux archéologiques (M. Rué).
a. Evolution des outils employés entre 1994 et 2020.
b. Répartition de l'utilisation des outils.

2.2.3. Bilan

Les constats dressés dans cette approche bibliométrique reposent sur des sélections de publications majoritairement rédigées en anglais. Les requêtes, effectuées sur la plateforme *Web of Science*, ne prennent pas en compte les ouvrages, mémoires de thèse ou rapports, ni le texte intégral des références. Peu de mots-clés ont par ailleurs été pris en compte. Les premiers résultats suggèrent que les études abordant la formation des sites sont en légère augmentation dans les publications mais qu'elles restent relativement peu nombreuses par rapport à la production scientifique globale en géoarchéologie ou pour le Paléolithique. L'analyse du contenu des références consacrées à la formation des sites et fréquemment cités montre que les outils utilisés exploitent principalement les dépôts sédimentaires. L'exploitation des objets archéologiques n'est donc pas majoritaire. La micromorphologie apparaît comme l'outil le plus souvent utilisé.

2.3. Démarche et outils employés

La formation des sites préhistoriques peut être scindée schématiquement en cinq phases chronologiques principales (**fig. 6**) :

1) Une phase de fonctionnement du site pendant laquelle les témoins matériels s'accumulent et subissent potentiellement différentes perturbations induites par les occupants ou les aléas naturels ;
2) Une phase d'abandon définitif du site liée à la spécificité de l'occupation ou à des raisons singulières (dynamique sociale ou naturelle), pouvant générer de nouvelles perturbations ;
3) Une phase pendant laquelle les processus affectant la surface du sol (ruissellement, inondation, déflation, bioturbation, cryoturbation, etc.) contribuent à la préservation ou à la disparition des vestiges anthropiques ;
4) Une phase de transformation après enfouissement des vestiges, lorsqu'interviennent les processus diagénétiques (bioturbation, cryoturbation, argiliturbation, acidification, etc.) ;
5) Une ultime phase de perturbation liée à la mise au jour récente du site (érosion, travaux d'aménagement du territoire, pillage ou intervention archéologique) et à son étude.

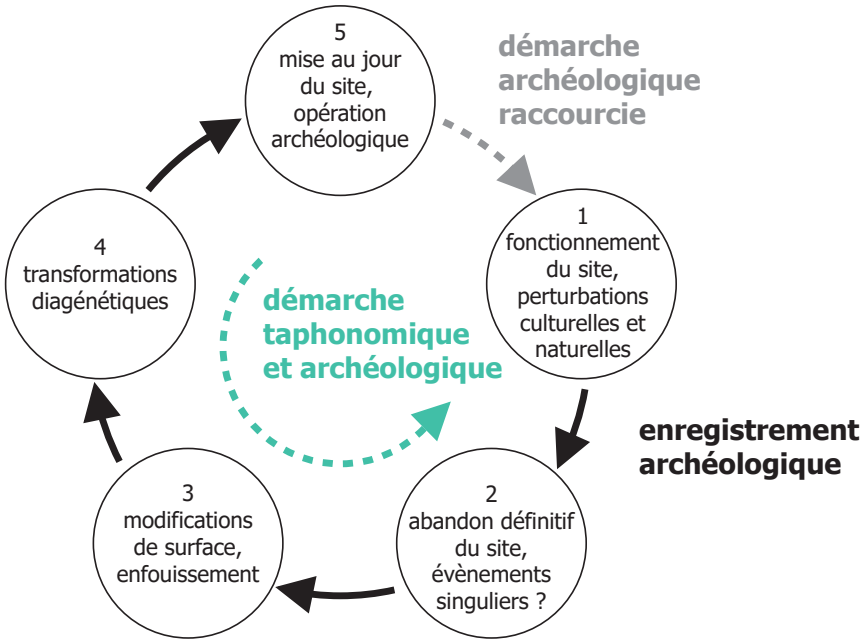


Fig 6 : Enregistrement archéologique *versus* démarche archéologique (M. Rué). Inspiré de Bertran 2010.

Les limites entre ces phases sont souvent difficiles à établir précisément, en particulier en cas de réoccupations successives du site. Dans certains cas exceptionnels, l'enfouissement n'a pas lieu ou reste incomplet. Les phases 1 et 2 regroupent les processus culturels (*C-transforms*) propres au *contexte systémique* défini par Schiffer (1987). Les processus naturels (*N-transforms*) sont en revanche omniprésents. La dernière phase inclut les *R-transforms* définis comme « *the selective perception and recording of archaeological occurrences according to the research interests, recovery strategies, and techniques of archaeologists* » (Whitlam 1982).

Ce découpage schématique permet de mieux appréhender le sens de la démarche archéologique qui consiste à identifier les biais taphonomiques propres à chacune de ces phases, à l'inverse de l'enregistrement archéologique et préalablement à l'interprétation de la fonction des sites, sans quoi cette démarche est raccourcie (**fig. 6**). Contrairement à la taphonomie animale qui débute à la mort du ou des individus, la taphonomie archéologique peut démarrer à différents instants de l'histoire du site, selon l'échelle d'observation utilisée : soit au moment de l'abandon d'un des éléments constitutifs du site (un objet, une structure, etc.), soit à l'abandon définitif du site pris dans sa globalité (**fig. 7**).

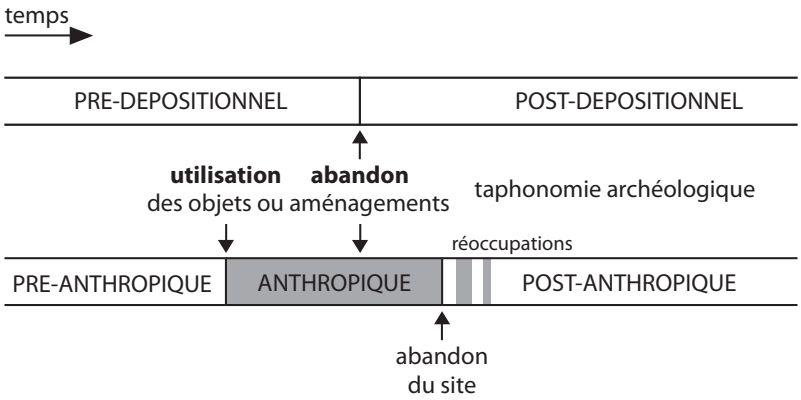


Fig 7 : Cadre temporel des processus pré- et post-dépositionnels dans l'histoire d'un objet ou d'un aménagement anthropique (M. Rué et L. Chesnaux). La taphonomie archéologique débute à partir de l'abandon définitif de l'objet ou de l'aménagement. Elle intègre les processus anthropiques survenus potentiellement après cet évènement, comme par exemple le piétinement ou le labour.

La démarche géoarchéologique que j'applique repose sur le principe que l'étude des modalités de formation de l'unité sédimentaire ne permet pas à elle seule de préciser le statut taphonomique de l'assemblage de vestiges, et cela quelle que soit la précision de cette étude. En effet, « *la seule prise en compte des agents de sédimentation ne conduit qu'à des conjectures ; la démonstration de la préservation d'un site ne peut venir que d'une étude des vestiges archéologiques eux-mêmes* » (Lenoble 2005, p. 13). En d'autres termes, dans la plupart des cas, les résultats obtenus sur la mise en place des dépôts sédimentaires ne peuvent pas être directement transférés sur les assemblages archéologiques. En effet, il n'existe pas de corrélation évidente entre les faciès sédimentaires (ou l'énergie des processus en jeu) et la conservation de l'information archéologique. Qui plus est, l'absence d'organisation sédimentaire ne constitue pas un argument déterminant, comme on le lit pourtant parfois : « *So far, the absence of sedimentary structures related to high energy processes such as channeling or sharp erosional contacts suggests a good level of integrity of the studied archaeological context* » (Machado *et al.* 2017). L'enregistrement archéologique est lacunaire, mais celui des perturbations naturelles l'est également (Carver 2012).

Pour appréhender de manière plus objective les perturbations post-dépositionnelles subies par les vestiges, la démarche employée débute par une *évaluation contextuelle* (Rigaud 1994) et se prolonge par une *confrontation au modèle sédimentaire* (Lenoble 2005), ou *bottom up approach* (Yellen 1996). Cette démarche consiste à tester en plusieurs étapes (ou niveaux d'évaluation) l'hypothèse d'une modification des vestiges par les processus naturels (Bertran *et al.* 2017 et 2019) :

- **Niveau 1** : en identifiant les mécanismes susceptibles d'avoir joué un rôle dans la formation du site par une caractérisation classique de l'environnement pédosédimentaire ;

- **Niveau 2** : en validant ces mécanismes au moyen d'observations ou d'outils adaptés sur les témoins découverts afin de vérifier si, effectivement, ils ont bien contribué à la formation du ou des assemblages étudiés ;
- **Niveau 3** : les résultats sont ensuite confrontés à ceux des études techniques et fonctionnelles pour proposer un modèle intégré de constitution de l'unité considérée et poser des garde-fous supplémentaires à son interprétation archéologique.

Les principaux outils des niveaux 1 et 2 que j'ai utilisés dans le cadre de ce travail sont présentés ci-après.

2.3.1. Evaluation du contexte sédimentaire (niveau 1)

Etude de l'organisation stratigraphique

La stratigraphie reste l'outil de base préliminaire à toute analyse taphonomique. L'étude du contexte stratigraphique des sites débute par une approche géomorphologique lors de la préparation de la phase terrain, en exploitant autant que possible les données existantes (vues aériennes, étude géotechnique, résultats du diagnostic, etc.). Un des objectifs consiste à localiser l'emplacement d'un ou plusieurs transects stratigraphiques le long desquels se concentreront les observations et relevés, en fonction des concentrations de mobilier archéologique et des éventuelles paléoformes.

Sur le terrain, le séquençage des dépôts en unités litho- et pédostratigraphiques est réalisé à partir de de leurs principales caractéristiques macroscopiques : texture, structure et couleur de la matrice (*i.e.* fraction < 2 mm), nature et densité des éléments grossiers (> 2 mm), présence d'éventuelles figures d'origine pédologique (glosses, concrétions, etc.), morphologie des contacts entre unités, etc. La limite entre les sables, graviers, cailloux et blocs est respectivement fixée à 2, 10 et 100 mm. Les coupes sont examinées sous différentes conditions d'observation (ombre/lumière, avant/après séchage) et soumises autant que possible à différents observateurs. Elles font l'objet d'une rectification fine à la truelle mais également d'une exploration au couteau ou à la truelle afin d'observer la manière dont se désagrège naturellement le sédiment (examen de la structure). La description et l'interprétation des horizons pédologiques suivent le guide pour la description des sols (Baize, Jabiol 2012) et le référentiel pédologique (Baize, Girard 2008). L'exploration du terrain est ponctuellement complétée par des sondages profonds à la pelle mécanique ou à la tarière manuelle. Une ou plusieurs coupes de référence font généralement l'objet de prélèvements pour analyses en laboratoire (micromorphologie, granulométrie par diffraction laser de la fraction < 2 mm, tamisage, datations, etc.) ou archivage.

Les restitutions stratigraphiques ont été effectuées à partir de photographies géoréférencées ou de dessins au 1/10 au 1/20, au moyen de projections verticales réalisées sous QGIS, en intégrant la base de données topographiques du site. Sur le terrain, l'utilisation d'une fiche de relevé stratigraphique permet d'impliquer l'équipe de terrain et de systématiser les enregistrements au fur et à mesure de l'avancée de la fouille ou des sondages.

Identification de figures sédimentaires

La recherche et l'étude des éventuelles organisations syn-sédimentaires (chenalisations, pavages, etc.) ou post-sédimentaires (également nommées *structures diagénétiques*, telles les fentes, cryoturbations, figures de charges ou de soutirage, etc.) constituent une phase importante de l'approche géoarchéologique nécessitant des passages fréquents sur le chantier et un examen de toute la documentation photographique en post-fouille. Ces figures peuvent être matérialisées par les particules sédimentaires et/ou par les vestiges. Celles qui sont ambiguës sont, dans la mesure

du possible, fouillées au même titre que les structures archéologiques afin d'en mieux comprendre la nature et l'origine.

Micromorphologie

A cette étape, on se repose sur l'analyse des échantillonnages réalisés sur le terrain. Le recours aux observations microscopiques d'échantillons de sédiment dont on a respecté l'intégrité (par opposition aux analyses de sédiment « en vrac ») permet d'affiner la compréhension de la formation des sites (Matthews *et al.* 1997). Ces observations aident par exemple à préciser l'origine des contacts entre unités et à faire la part entre les processus syn- et post-sédimentaires (Mallol, Mentzer 2015). Les blocs prélevés ont servi de support à la fabrication de lames minces de format 6 x 13 cm environ et d'épaisseur 30 µm, selon le protocole initialement défini par Guilloré 1983. Les observations ont été menées à l'aide d'un microscope polarisant à des grossissements de 25, 40 et 100 fois. La terminologie utilisée est empruntée à Stoops 2003 et à Sordoillet 2009.

Les autres moyens utilisés pour la caractérisation des dépôts sont présentés dans les chapitres 3 et 4. Les résultats obtenus permettent de proposer un modèle dynamique de formation naturelle du site (le « modèle sédimentaire »), indépendamment des aspects archéologiques.

2.3.2. Confrontation au modèle sédimentaire (niveau 2)

Analyse spatiale de la répartition des vestiges

L'étude de la distribution des témoins recueillis a été réalisée par l'intermédiaire de projections verticales, horizontales et en 3D au moyen des logiciels QGIS, R (package plotly) ou Voxler. Plusieurs points sont examinés :

- en coupe, la relation entre les unités litho- et pédostratigraphiques précédemment définies et la répartition des vestiges ;
- en plan, l'identification d'éventuelles concentrations d'objets, si besoin vérifiée statistiquement, de même que l'étude de la forme et de la limite de ces concentrations par rapport aux éléments structurants l'espace (relief, chenaux, etc.) ;
- en plan et en coupe, la distribution en nuage de points ou en densité des vestiges par volume fouillé, leurs dimensions ou leurs principales caractéristiques (grande catégorie de matière première, témoins portant ou non des traces de chauffes, etc.), indépendamment des données plus précises issues des études technologiques du matériel lithique (attribution chrono-culturelle en particulier).

Analyse des fabriques

L'analyse statistique de l'orientation et du pendage des éléments allongés (éléments lithiques naturels ou taillés, vestiges fauniques) contribue à identifier les processus qui ont affecté les assemblages archéologiques. Les mesures ont été effectuées au moyen d'une boussole-clinomètre de précision de 2°. Trois traitements statistiques sont ensuite réalisés, selon le protocole présenté par Bertran, Texier 1995 et Bertran, Lenoble 2002, afin de définir 1) le taux d'orientation préférentielle (indice L obtenu par la formule de Curray 1956), 2) la probabilité que la distribution des orientations soit liée à un effet d'échantillonnage (test de Rayleigh) et 3) la forme de la fabrique (méthode des valeurs propres normalisées, Woodcock 1977). Ce dernier traitement est effectué à l'aide du logiciel *Stereonet* (Cardozo, Allmendinger 2013). La forme de la fabrique est ensuite comparée aux référentiels existants (*e.g.* Bertran, Lenoble 2002 ; Lenoble, Bertran 2004 ; Benito-Calvo *et al.* 2009).

Etude granulométrique de l'industrie lithique

L'étude de la distribution granulométrique de la fraction lithique taillée > 2 mm permet d'alimenter les réflexions sur l'intégrité des séries recueillies en se fondant sur différents référentiels expérimentaux ou archéologiques établis depuis les travaux pionniers de Kathy Schick en Afrique de l'Est (Schick 1986). Le protocole utilisé est celui défini par Bertran *et al.* 2012, partant du principe que la composition granulométrique numérale produite lors des expérimentations est relativement constante quelle que soit la technique de débitage ou de façonnage. Les variations qui apparaissent selon le type de taille, la matière première ou l'expérimentateur sont considérées comme peu importantes et toujours inférieures à 15 % (Bertran *et al.* 2012). Les prélèvements intègrent les zones de plus fortes densités en mobilier lithique. Les largeurs granulométriques considérées (*i.e.* plus grande largeur par rapport à l'axe d'allongement de la pièce) sont les suivantes : 2-4, 4-10 et >10 mm ou 5-10, 10-20 et >20 mm.

Parmi les autres outils ou indicateurs taphonomiques régulièrement utilisés (liste et exemples dans Texier 2000 ou Lenoble 2005), l'étude de l'altération post-dépositionnelle de la surface des objets lithiques taillés a été fréquemment réalisée dans les travaux présentés (apports de Paul Fernandes ; protocole dans Fernandes 2002 ou Delvigne *et al.* 2020), parallèlement aux examens tracéologiques, de même que l'exploitation des remontages à but taphonomique (travaux des lithiciens) et la réalisation de datations absolues (principalement par le radiocarbone ou la luminescence stimulée optiquement) ou relatives (paléopédologie).

2.4. Cadre des études réalisées et présentation des sites

Les 48 sites constitués d'une ou plusieurs nappes de mobilier nécessitant une étude de taphonomie archéologique sur lesquels je suis intervenu depuis mon entrée à Paléotime en 2008 sont listés en **annexe 3** et localisés sur la **figure 8**. Dans 87 % des cas, l'étude de ces sites s'est réalisée dans le cadre d'une fouille préventive, donc à la suite d'une première évaluation du contexte taphonomique réalisée par l'équipe du diagnostic (Inrap ou collectivités territoriales). Les périodes concernées correspondent essentiellement au Paléolithique moyen (35 %) et au Néolithique (23 %), dans des contextes géomorphologiques variés (42 % sur versant, 42 % en contexte alluvial, 12 % en cavité ou sous abri-sous-roche, 4 % sur plateau). Si l'on reprend le regroupement des outils fait précédemment, par type de données utilisées (§ 2.2.2), la répartition du nombre d'applications de ces outils est la suivante :

- dépôts sédimentaires : 48,1 % ;
- objets archéologiques : 51,4 % ;
- données expérimentales : 0,5 %.

On note une part plus importante pour les outils de la première catégorie lors des deux premières années.

En moyenne, 4,3 outils (± 1,5) ont été utilisés pour étudier la formation des sites. Leur distribution géographique couvre une grande partie du territoire français métropolitain, avec un pôle centré sur le bassin parisien et un autre le long le tracé de l'autoroute A65 dans le Sud-Ouest, ainsi que quatre sites au Maroc (**fig. 8**). Un peu plus d'un tiers des résultats géoarchéologiques ont été publiés, pour la plupart accessibles sur l'archive ouverte HAL[4] (et listés en **annexes 3** et **4**).

4 https://hal.archives-ouvertes.fr/search/index/?q=%2A&sort=producedDate_tdate+desc&authId_i=11310960

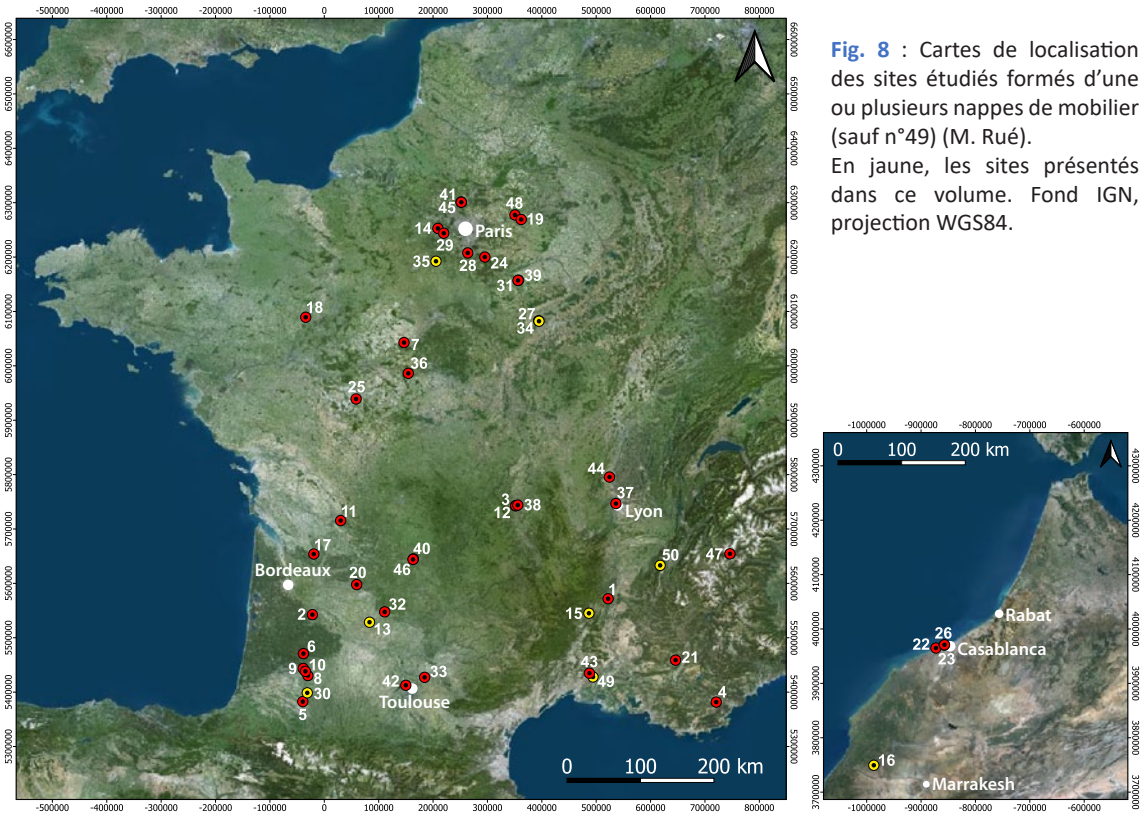


Fig. 8 : Cartes de localisation des sites étudiés formés d'une ou plusieurs nappes de mobilier (sauf n°49) (M. Rué).
En jaune, les sites présentés dans ce volume. Fond IGN, projection WGS84.

Commune (département) Lieu-dit : 1 Saint-Bauzile (07) Montagne d'Andance. 2 Coimères (33) Le Péhau. 3 Clermont-Ferrand (63) Puy Long. 4 Les Arcs-sur-Argens (84) Saint-Pierre. 5 Argelos (64) Labarthe 2. 6 Roquefort (40) Barbiegn. 7 Blois (41) Les Misagroux. 8 Cazères-sur-l'Adour (40) Bénazit. 9 Pujo-le-Plan (40) Hin de Diou. 10 Saint-Gein (40) Latrote. 11 Dirac (16) Le Chêne Vert. 12 Clermont-Ferrand (63) Le Petit Beaulieu. 13 Villeneuve-sur-Lot (47) Brignol. 14 Beynes (78) Les Plantins. 15 Balazuc (07) Les Barasses II. 16 Youssoufia (Maroc) Djebel Irhoud. 17 Montguyon (17) Bois Clair. 18 Auvers-le-Hamon (72) Bois de Sirion. 19 Citry (77) La Grande Pièce. 20 Creysse (24) Saint-Lizier. 21 Forcalquier (04) Le Sarret, ZAC des Chalus. 22 Dar Bouazza (Maroc) Grotte des Gazelles. 23 Casablanca (Maroc) Grotte des Rhinocéros. 24 Melun (77) Plaine de Montaigu. 25 Pussigny (37) Fond d'Arrêt, Pierre Levée. 26 Casablanca (Maroc) Grotte à Hominidés. 27 Appoigny (89) Fossé du Bois. 28 Bondoufle (91) 3 rue des Bordes. 29 Les Clayes-sous-Bois (78) Chemin de la Bretechelle. 30 Garlin (64) Bidau. 31 Pont-sur-Yonne (89) Les Basses Veuves, zone 3. 32 Soturac (46) Fournol. 33 Saint-Sulpice (81) Bois de l'Hôpital. 34 Appoigny (89) Chaumois. 35 Ablis (78) Les Genêts. 36 Noyers-sur-Cher (41) Le Busa. 37 Lyon (Vaise) Rue Claudy. 38 Lempdes (63) 6 rue de la Treille. 39 Pont-sur-Yonne (89) Les Basses Veuves, zone 2. 40 Brive-la-Gaillarde (19) Ancien aérodrome. 41 Persan (95) Chemin Herbu, secteur 2a. 42 Cornebarrieu (31) Le Cassé. 43 Nîmes (30) Les Courroies. 44 Charentay (69) Les Rousses. 45 Persan (95) Chemin Herbu, secteur 2c. 46 Saint-Pantaléon-de-Larche (19) Les Hauts de Lestrade. 47 Villarodin-Bourget (73) Les Tierces. 48 Dhuisy (77) Les Effaneaux. 49 Garons (30) Mitra 5. 50 Villard-de-Lans (38) Paléotime, cellules expérimentales.

Six de ces sites sont présentés dans ce mémoire, selon l'approche géoarchéologique réalisée :

- Approche contextuelle (niveau 1 ; § 3), en se focalisant sur l'exploitation des données micromorphologiques : le Djebel Irhoud à Tleta Ihroud au Maroc (Middle Stone Age) et les Genêts à Ablis (Néolithique supposé), avec un complément consistant en une contribution à l'étude du site néolithique final de Mitra à Garons ;

- Confrontation au modèle sédimentaire et aux résultats des études techniques (niveaux 2 et 3 ; § 4), avec quatre exemples de sites paléolithiques, du plus ancien au plus récent : Bidau à Garlin (Acheuléen ou Moustérien), les Barasses II à Balazuc (Moustérien), Brignol à Villeneuve-sur-Lot (Aurignacien) et Chaumois à Appoigny (Magdalénien).

Ces sites sont présentés sur la **figure 9** qui indique également ma contribution à l'étude taphonomique. Est également rajouté le site expérimental de Villard-de-Lans (§ 5). Au total, huit études sont donc insérées dans ce mémoire, dont six publiées.

																	outils employés sur : sédiment		f.	mobilier						
Ordre de présentation	Numéro sur carte (fig. 8)	Identifiant du site	Commune	Département	Nom du site	Latitude / Longitude	Altitude (m NGF)	Pente de la nappe d'objets	Période concernée	Contexte géomorphologique	Contexte stratigraphique	Type d'opération	Période d'intervention (terrain)	Surface étudiée	Responsable scientifique	Suivi scientifique au SRA	Référence du rapport de diagnostic	Auteur de l'étude géoarchéologique initiale	Micromorphologie	Physico-chimie	Taphonomie animale	Analyse spatiale dont remontages	Analyse des fabriques	Granulométrie lithique	Etats de surface lithique	Référence du rapport	Rapporteur CTRA	Référence de la publication	Relecteurs de la publication
1	35	ALG	Ablis	Yvelines	Les Genêts, Le Petit Poirier	48°30'40.22" N / 1°50'35.63"E	155.5	~ 1°	Néolithique à moderne	Plateau loessique	Horizon argilique sur limons loessiques	Fouille préventive	08-26/08/2016	5340 m²	A. Hauzeur	B. Triboulot, S. Deschamps	Brutus et al. 2015	C. Coussot	x	x						Hauzeur, Rué 2018	C. Gilabert	Rué, Hauzeur 2019	G. Stoops, J. Deák
2	49	GM5	Garons	Gard	Mitra 5	43°45'22.97" N / 4°26'15.73"E	71	~ 2°	Néolithique final / Fontbouïsse	Terrasse alluviale	Comblement de vallon	Fouille préventive	12/12/2016 au 10/04/2017	17500 m²	M. Laroche	H. Marchési, C. Pellecuer, C. Gilabert	Escallon, Bruxelles 2016	L. Bruxelles	x	x						Laroche et al. 2020	*en cours*	*en projet*	
3	16	JI	Tlat Irhoud	Youssoufia (Maroc)	Djebel Irhoud	31°53'38.65" N / 8°51'53.60"O	592	~ 4°	Middle Stone Age	Grotte	Remplissage épikarstique	Fouille programmée	2011	~10 m²	J.-J. Hublin, S. McPherron	*NC*	*NC*	J.-P. Raynal	x							-	*NC*	Richter et al. 2017	3 anonymes
4	30	GZA	Garlin	Pyrénées-Atlantiques	Bidau	43°33'59.47" N / 0°16'58.94"O	203.5	~ 1°	Acheuléen / Moustérien	Terrasse alluviale	Horizon argilique sur limons	Fouille préventive	20/07 au 28/08/2015	2650 m²	A. Taylor	O. Ferullo	Chopin et al. 2015	P. Bertran	x	x		x			x	Taylor et al. 2017	E. Nicoud	Taylor et al. 2020a	A. Turq, M. Jarry
5	15	BB2	Balazuc	Ardèche	Les Barrasses II	44°30'42.57" N / 4°22'12.64"E	185	~ 2°	Moustérien	Grotte	Remplissage épikarstique	Sondage et fouille programmée	01-15/08/2011,01-15/07/2012, 20-27/04/2013	4 m²	C. Daujeard	B. Gély	*NC*	J. Combier	x	x	x	x	x		x	Daujeard et al. 2011, 2012, 2013	S. Soriano	Daujeard et al. 2018	B. Gély
6	13	BGL	Villeneuve-sur-Lot	Lot-et-Garonne	Brignol	44°24'21.20" N / 0°44'43.52"E	70	~ 2°	Aurignacien	Terrasse alluviale	Horizon argilique sur limons	Fouille préventive	07/11 au 23/12/2011	400 m²	R. Picavet	O. Ferullo	Ballarin et al. 2011	P. Bertran	x	x		x		x	x	Picavet et al. 2013a	J.-P. Bracco	Anderson et al. 2016 ; Anderson et al. 2019	2 anonymes (2016) ; L. Mevel (2019)
7	34	APB	Appoigny	Yonne	Chaumois	47°51'1.92"N / 3°32'42.11"E	99.5	~ 1°	Magdalénien	Terrasse alluviale	Horizon argilique sur limons	Fouille préventive	8-26/09/2016	16 m²	J. Grasso, A. Taylor	A. Rousseau	Lenda et al. 2013	-	x	x		x	x		x	Grasso et al. 2021	*en cours*	Bodu et al. 2019	G. Debout, J.-P. Fagnard
8	50	EV	Villard-de-Lans	Isère	75 avenue Achard-Picard	45° 4'22.06"N / 5°32'47.92"E	961.5	~ 18°	Actuel	Talus végétalisé	Horizon A actuel	Programme expérimental	2018 à 2021	5 m²	M. Rué	*NC*	*NC*	*NC*	x	x		x	x	x	x	Rué et al. 2021 (ce volume)	*NC*	*en projet*	-

Fig. 9 : Liste des sites présentés (M. Rué).
En gris, contributions personnelles à l'étude taphonomique des assemblages archéologiques, en complément de l'étude du contexte géomorphologique et stratigraphique. Taux de contribution : gris foncé : proche de 100 %, gris clair : proche de 50 %. f : faune. NC : non concerné. CTRA : Commission territoriale de la recherche archéologique. SRA : Service régional de l'archéologie.
En bleu, les références insérées dans ce mémoire.

Chapitre 3. Approche contextuelle : apports et limites de l'interprétation des microfaciès

Ce chapitre est consacré à l'utilisation de la micromorphologie comme outil d'aide à l'évaluation du contexte sédimentaire. En raison de la place importante qu'occupe l'observation des microfaciès dans l'étude de la formation des sites (§ 2.2), il m'a semblé utile de débuter la présentation des résultats par un regard critique de cet outil, en l'illustrant par trois exemples. Le premier est celui d'un cas, relativement rare (mais idéal), où l'interprétation du contexte de dépôt est facilitée par la présence de figures sédimentaires diagnostiques d'un processus, en l'occurrence ici du ruissellement : c'est le site du Djebel Irhoud au Maroc (§ 3.1).

Le second exemple traite d'une situation plus fréquente, lorsque les faciès ne sont pas diagnostiques, ouvrant la voie à différentes interprétations possibles. C'est le cas du site des Genêts à Ablis (Yvelines) où les faciès ont été initialement interprétés comme témoignant d'anciennes constructions en terre, ce que j'ai cherché à vérifier en utilisant différents moyens analytiques (§ 3.2). Comme aucun de ces restes n'a finalement été reconnu, j'ai profité de la fouille du site néolithique final de Mitra à Garons (Gard) pour examiner en lame mince des témoins architecturaux avérés et proposer quelques recommandations méthodologiques (§ 3.3 et 3.4).

3.1. Contribution à l'étude du site de Djebel Irhoud (Tleta Ithoud, Maroc)

L'ancienne cavité de Djebel Irhoud est localisée dans le massif hercynien des Jébilet à une centaine de kilomètres à l'ouest de Marrakech. Elle a été découverte en 1960 lors de l'extension d'une carrière de barytine. Les fouilles reprises à partir de 2004 se sont concentrées sur la partie du remplissage préservée de l'exploitation et des fouilles antérieures, localisée contre une paroi de la cavité. La base de la séquence (unité 7) a livré la plupart des restes humains, associés à de la faune et une industrie caractéristique du *Middle Stone Age*. Les restes humains, attribués à *Homo sapiens,* présentent à la fois des caractères archaïques et modernes (Hublin *et al.* 2017). Les datations réalisées par thermoluminescence sur des silex chauffés suggèrent que l'industrie de l'unité 7 daterait entre 383 et 247 ka à 95 % de probabilité, ce qui pour le moment fait de Djebel Irhoud le plus ancien site du *Middle Stone Age* directement daté (Richter *et al.* 2017). Ces résultats remettent en perspective l'hypothèse d'une origine panafricaine de notre espèce et de cette culture matérielle.

Les microfaciès ont été caractérisés par l'observation de 25 lames minces de grand format fabriquées à partir de 14 prélèvements recoupant principalement les unités 1, 4 et 7 du témoin stratigraphique. L'échantillonnage a été réalisée par Jean-Paul Raynal en 2006 et 2007. Les lames minces ont permis d'identifier des figures de ruissellement bien préservées, montrant que les

processus post-dépositionnels n'ont pas profondément désorganisé les dépôts après la phase de ruissellement, au moins au niveau des points de prélèvement. Des accumulations organiques charbonneuses ont également été décelées, possiblement associées à des structures de combustion (étude en cours).

Les premiers résultats de l'étude micromorphologique que j'ai réalisée ont été publiés dans la partie *Supplementary Information* de l'article présentant le résultat des datations :

Richter D., Grün R., Joannes-Boyau R., Steele T. E., Amani F., Rué M., Fernandes P., Raynal J.-P., Geraads D., Ben-Ncer A., Hublin J.-J., McPherron S. P., 2017, « The age of the hominin fossils from Jebel Irhoud, Morocco, and the origins of the Middle Stone Age », *Nature*, 546, 7657, p. 293-296 (*Supplementary Information, 15 p.).* https://www.nature.com/articles/nature22335

Les pages suivantes sont tirées de cette partie co-rédigée pour moitié environ avec Jean-Paul Raynal (JPR). J'ai réalisé les illustrations sauf les figures 1 et 2 (extraites de l'article).

Geology (MR and JPR)

The Jebel Irhoud hill has been deeply karstified and mineralized over time. During the last century, mining activity to recover baryte and associated copper and silver frequently cut into cavities filled with Pleistocene sediments. One of these, the site Jebel Irhoud, yielded human fossils and was properly excavated in the late 1960's after the remaining roof had been blasted away. New excavations were initiated in 2004 on the section that remained from the late 1960s excavations.

The karst containing the site developed along a fracture zone oriented SE-NW with a slope towards the southeast (see Figure 1). The cavity's history can be partly deciphered using photos and text archives provided by former excavators and by observations and analyses of what remains of the site itself. Several stages characterize its history. In a first stage, the cavity was part of an internal karst with no connection to outside. At the base of the sequence are cubical blocks of roof fall covered with several layers of speleothems. In a second stage, sediments were brought into the cavity, in part through water transport, and partially filled the spaces between these blocks. These deposits contain no archaeological material and are represented in our excavation by Layer B (see Figure 2). In a third stage, the cavity opened by roof collapse in its southern part and eventually became an open cave in the central portion where the excavations took place (again - this roof was then totally removed in the 1950s/60s leaving the completely open cavity seen today). In a fourth stage, the area around the entrance was visited by animals and humans; artefacts, bones and charcoals were deposited in the cave within sediments characterized by their heterogeneity in size and poor sorting, building a large debris fan which submerged the inside topography (Layers 1-7, see Figure 2). Then, in a last stage, the cavity quickly filled with similar materials with some local deformations observable and the site was completely sealed again.

Macrofacies

The principal points of the sedimentary sequence are as follows:

Speleothems. These are present at the base of the sequence in the southeast and the northwest of the cavity. They attest to a period when the cavity was part of a wet karstic system without sedimentary connections to the exterior. However, there are not yet speleothems in direct contact with the sediments excavated by our project.

Boulders. This represents a phase during which the cavity probably opened to the surface through a collapse of the roof. The roof collapse itself consists of blocks in a range of sizes and was concentrated on the centre and southeast portion of the cavity.

Poorly stratified deposits. Most of the sedimentary deposit is poorly stratified with some rare stony lenses. The grain size is generally large and fits with waves of deposition from a debris cone.

Clasts are organised according to the slope of the deposits. In some rare cases, the deposit fits with debris flow. These deposits are thin and where the clast orientation can be measured it is sloped and shows some indications of plastic deformation.

Multiples charcoal lenses were observed at the bottom of Layer 7, directly on huge underlying blocks and in positively graded sediment at the top of inter-block filling. Numerous flint flakes have been heated, some apparently after being retouched.

The sedimentation is that of a rock talus slope fed by debris flow sometimes matrix supported but more often clast supported. The orientation of these deposits is sometimes planar but more often isotropic.

Microfacies

Microscopic observations were performed on 25 large thin sections cut in 14 oriented block samples extracted from Layers 1 to 7.

All samples are matrix supported and composed of poorly sorted predominantly schisteous clasts inserted in a red-brown sandy-silty matrix partly derived from eroded soils outside of the cavity. The c/f-related[10] distribution is of dense porphyritic type. Main sedimentary

10. Bullock, P., Fedoroff, N., Jongerius, A., Stoops, G. & Tursina, T. Handbook for soil thin section description. (Waine Research, 1985).

structures consist of millimetre size decantation which are indicators of run-off transport. Their good preservation demonstrates that post-depositional processes have not intensively destroyed the depositional organization, and they are frequently covered by cave wall lithoclasts (Extended Figure 2a).

Sedimentary microfacies do not change significantly from the bottom to the top of the sequence, and this indicates that relatively permanent aggradation processes took place during its accumulation. However, seven parameters show different states from bottom to the top of the sequence (SI Table 1):

- Materials show a progressive change from a granular microstructure (Layer 7) to an angular polyedric one (Layer 1) with a correlated increase of red-brown matrix from the base of Layer 4 upwards. The birefringence mode of the matrix is of stipple-speckled b-fabric.
- Elongated clasts in the base of Layer 4 are preferentially oriented according to the unit dip (Extended Figure 2b).
- Run-off deposits appear within Layers 7 and 6 and at the top of Layer 4. They are particularly well developed at the bottom of Layer 6 (Extended Figure 2c).
- Bone microfragments generally of angular morphology are characteristic of Layers 6 and 7. They are not abundant (< 5 %) (Extended Figure 2d). Phosphatic nodules are mainly concentrated in the bottom of Layer 7 and evoke small animal coprolites.
- In the bottom part of Layer 7, micro-charcoal concentrations are locally associated with soil aggregates, bone fragments and heated lithoclasts. The densest concentration lies at the very bottom of Layer 7 (Extended Figure 2e). The very top of Layer 7 shows a micro-organization of a trampled surface (Extended Figure 2f).

The spatially constrained accumulations of black material consist of wood charcoal with classic vesicular structure, but other black undetermined particles can partly be weathered schisteous material. Some of these were deposited in a plastic form, as testified by black coatings in a biogallery (Extended Figure 3b) or micro-beds mixed in the matrix (Extended Figure 3c). In some micro-organizations (named ‘structures’), black particles are concentrated in beds and look like carbon products issued from a fire-place (Extended Figure 3d and e). In other layers, no charcoal beds were observed.

Table 1. Summary of thin-section results.

Macroscopy				Microscopy						
Thin section n°	**Field units**	**Layer**	**Number of sub-units**	**Micro-structure**	**Brown-red matrix**	**Preferential orientation of elongated clasts**	**Run-off structures**	**Bone fragments**	**Phosphatic nodules**	**Micro-charcoals**
601T	1	1		AB	xxx					x
601B	1	1		AB	xxx					
602	1	1/2		AB	xxx					
603	4	3		AB-G	xx		x			
604T	4	3/4		AB-G	xx	x	xx	x	x	
604B	4	4		AB-G	xx	xx				
605T	4	4		AB-G	xxx	x	x			
605B	4	4		AB-G	xxx	x	x			
606T	4	4		AB-G	xxx	x	x			
606B	4	4		AB-G	xxx	xx	x			
607T	4	4		AB-G	xx					
607B	4	4		AB-G	xx					
608T	4	4		AB-G	xx	x				
608M	4	4	2	G	x	xx	x			
608B	4	4/5	2	G	x	x	xx			
609T	7	6		G	x	x	x	xx		
609B	7	6		G	x	x	x	xxx	x	
712T	7	6		G	x		xxx	xx		
712M	7	6/7		G	xx		x	xx		xx
712B	7	7		G	x		x	xx		xx
713	7	7		G	x		xx	xx		xx
714T	7	7		G	x		x	xx		xx
714B	7	7		G	x		x	xx	x	xx
716	7	7		G	x	xx		xx	x	xx
717	7	7	3	G	x		x	x		xx

T : top, M : middle, B : base

microstructure : AB : angular blocky ; G : granular ; AB-G : intermediate

abundance / intensity : x : weak, xx : medium, xxx : strong



Figure 1 | Excavation site and hominin fossils. **a**, South view of the site with the inset showing the location of Irhoud in northwest Africa. The remaining deposits are located in what was a tunnel-like karstic feature dipping to the east that was later fully exposed (at least in part to the left) by quarrying-related activities. The remaining *in situ* sediments are to the right of the blue tarp. The red circle indicates where the hominin remains shown in **b** and **c** were found (photo taken after the hominins were removed; photo is a composite image with some distortion noticeable left and right). **b**, View showing the partial skull (Irhoud 1678/Irhoud 10) in the centre foreground (white arrow) and the femur (Irhoud 2252/Irhoud 13) in the centre background (yellow arrow). The back centre and left is the cliff face. The archaeological material is resting on a large boulder (the 10-cm scale bar is at the contact). **c**, Plan view of **b**, but after additional excavation. The partial skull (white arrow) and femur (yellow arrow) are still present. The mandible (Irhoud 4765/Irhoud 11) is wrapped around the upper corner of the pyramid-shaped rock. A portion of the right tooth row is clearly visible (red arrow). A smaller portion of the left tooth row is also visible. The photograph was taken after the area (including the skull and femur) had been covered with glue before moulding (see Supplementary Information). Some glue has also been applied to the mandible to stabilize it before removal.

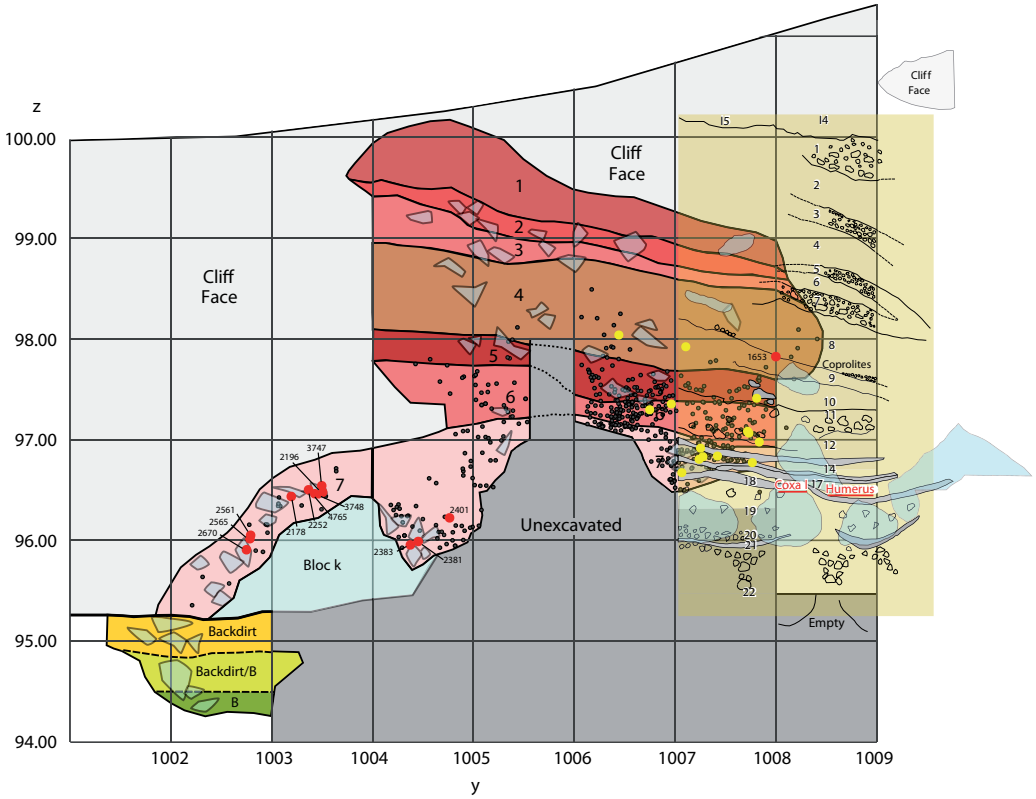
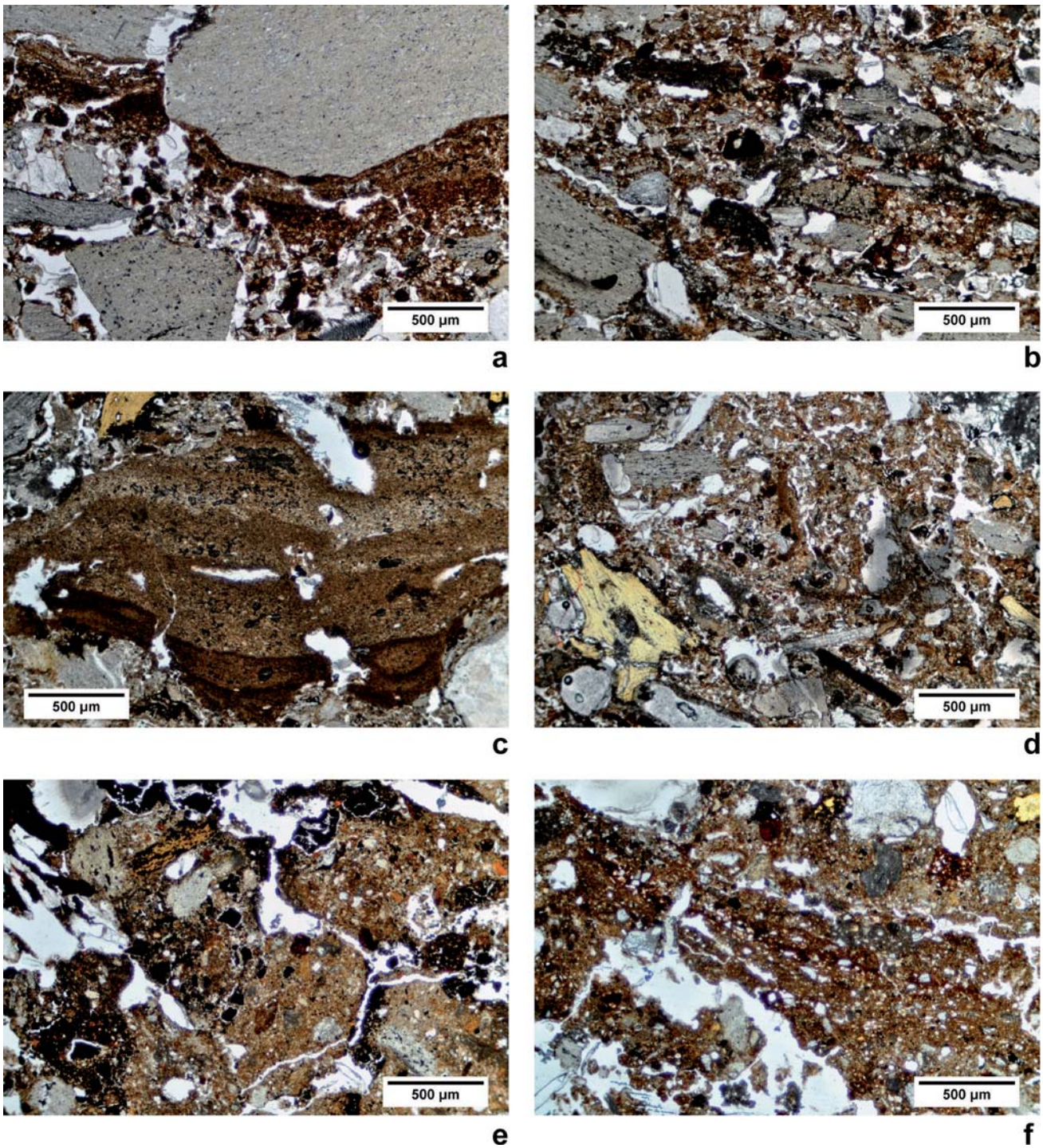


Figure 2 | South view of the profile (in m) showing the main stratigraphic units of our excavations correlated with the previous stratigraphic profile. The layer designations on the right (1–22) are based on the previous publication (see ref. 12). The designations in the centre and on the left are our designations (numbers and letters in the coloured layers). A strict correspondence between the two is not possible; however, it is clear that the hominins recovered previously[12] (the coxal and humerus noted in red) correspond to our layer 7. The correlation of the two stratigraphic profiles is based on field observations including finding nails from the previous excavations[12]. Layer B is stratigraphically unconnected to the rest of the sequence. The viewing angle of this section roughly corresponds to the view in Extended Data Fig. 1. The clearly visible (in the preserved profile) continuation of the layers is indicated as dotted lines for the as yet unexcavated sediment. Our fossil finds are indicated with red dots. The location of the coxal is estimated based on descriptions in ref. 15. The location of the humerus comes from ref. 12. Heated flints used for thermoluminescence dating are indicated with yellow dots. Stone tools are indicated with smaller grey dots.

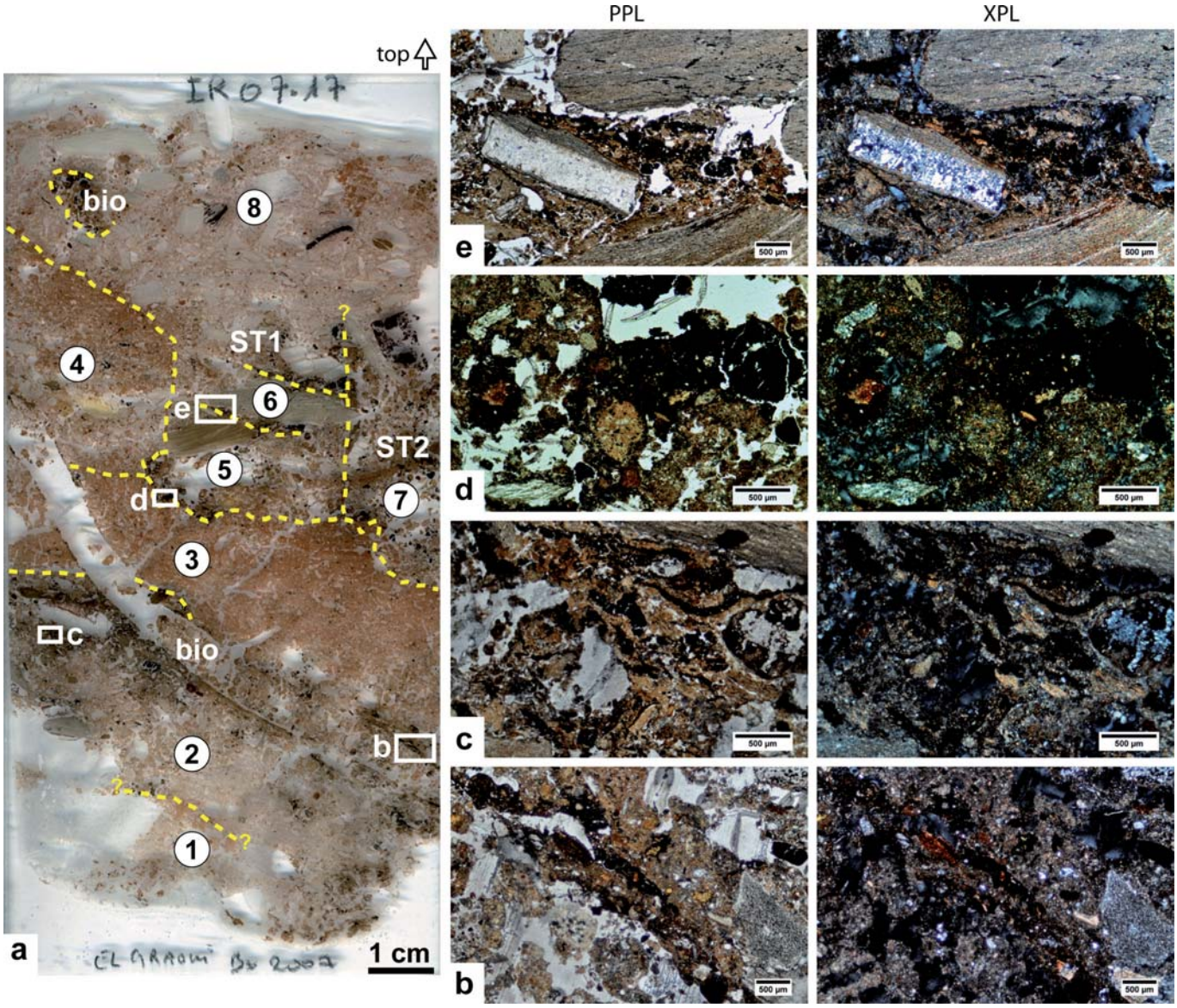
12. Hublin, J.-J., Tillier, A. M. & Tixier, J. L'humérus d'enfant moustérien (Homo 4) du Djebel Irhoud (Maroc) dans son contexte archéologique. Bull. Mem. Soc. Anthropol. Paris 4, 115–141 (1987).

Figures d'après Richter *et al.* 2017.



Extended Data Figure 2 | Non-polarized light photomicrographs from thin-sections. a, Layer 4, thin-section 608M, showing the good preservation of the sediment owing to overlying cave lithoclasts. **b**, Layer 4, thin-section 608M, clasts are oriented with unit dip. **c**, Layer 7 upper part, thin-section 712T, indicating a run-off deposit. **d**, Layer 7, thin-section 609T, bone micro-fragments in an isotropic fabric microfacies. **e**, Lower part of layer 7, thin-section 716, with a high density of micro-charcoal, soil aggregates, bone fragments and heated lithoclasts. **f**, Trampled surface in layer 7, thin-section 712B (thin sections by M. El Graoui). Photos by M.R.

© 2017 Macmillan Publishers Limited, part of Springer Nature. All rights reserved.



Extended Data Figure 3 | Cross-polarized and plane-polarized photomicrographs from thin-section of micromorphology sample 717 (layer 7). a, Scanned thin section. Squares with letters in **a** refer to the areas in **b**–**e**, each area provided as plane- (PPL) and cross-polarized (XPL) images. Scale bar, 0.5 mm. Bio indicates bioturbation and the numbers refer to the sub-units as indicated by dotted lines. ST refers to structure. **b**, Black coatings against a biogallery wall. **c**, Micro-bedded carbon products preserved under a schisteous clast. **d**, Carbon aggregates that coat the bottom of ST1. **e**, bed of carbon micro-particles in the filling of ST1. Photos by M.R.

© 2017 Macmillan Publishers Limited, part of Springer Nature. All rights reserved.

3.2. Micromorphologie des constructions en terre et convergence de faciès : le cas du site des Genêts à Ablis (Yvelines)

La fouille préventive du site des Genêts à Ablis (Yvelines), dirigée par Anne Hauzeur en 2016, fait suite à un diagnostic ayant révélé une nappe de témoins néolithiques et modernes situés à faible profondeur, sous l'horizon cultivé (Brutus *et al.* 2015). L'étude de ce site a fourni l'occasion de s'interroger sur les modalités de formation de cette nappe, en se contentant d'une évaluation contextuelle (niveau 1), ainsi que sur la reconnaissance des restes architecturaux en terre (Hauzeur, Rué 2018).

Les résultats présentés ont fait l'objet d'une communication orale et d'une publication parue lors de la rencontre en hommage aux travaux de Roger Langohr qui s'est tenue à Bruges en 2019 :

Rué M., Hauzeur A., 2019, « Micromorphologie des constructions en terre et convergence de faciès : le cas du site des Genêts à Ablis (Yvelines, France) », in Deák J., Ampe C., Mikkelsen J. H. (éd.), *Soils as records of past and present, From soil surveys to archaeological sites: research strategies for interpreting soil characteristics*, Proceedings of the Geoarchaeological Meeting Bruges (Belgium), 6 & 7 November 2019, Raakvlak, Bruges, p. 141-158.
https://zenodo.org/record/3420859

J'ai rédigé et illustré la quasi-totalité de cette publication.

MICROMORPHOLOGIE DES CONSTRUCTIONS EN TERRE ET CONVERGENCE DE FACIÈS

Le cas du site des Genêts à Ablis (Yvelines, France)

M. Rué[1,2]
A. Hauzeur[1,3]

[1] Paléotime, Archéologie préventive, Villard-de-Lans, France
[2] Université Paul-Valéry Montpellier, Archéologie des Sociétés Méditerranéennes, France
[3] Université de Liège, Service de Préhistoire, Belgique

Auteur de correspondance
M. Rué, mathieu.rue@paleotime.fr

ABSTRACT
The preventive excavation of a site that initially delivered remains of Neolithic earthen constructions, in the north of the Beauce, provided us with the opportunity to study more precisely its stratigraphic context (micromorphology, grain size analysis, OSL dating). The results show that these remains have in fact been confused with natural organizations. Soil evolution and bioturbation are indeed at the origin of many facies which, at microscopic scales, can mimic those produced by earthwork activities. This convergence between natural facies and anthropic facies constitutes a field of study still little explored in the recognition of earthen architecture. The more systematic elaboration of a repository of natural features (from thin sections of site substrate) and anthropic features (from well-established earthen elements) appears necessary in order to limit interpretation biases.

KEYWORDS
earthen constructions, Neolithic, Paris Basin, micromorphology, equifinality

RESUMÉ
La fouille préventive d'un site ayant initialement livré des restes de constructions en terre néolithiques, dans l'extrémité nord de la Beauce, nous a fourni l'occasion d'étudier plus précisément son contexte stratigraphique (micromorphologie, granulométrie, datation OSL). Les résultats montrent que ces restes ont en réalité été confondus avec des organisations naturelles. L'évolution du sol et la bioturbation sont en effet à l'origine de nombreux faciès qui, aux échelles microscopiques, peuvent imiter ceux produits par un travail de la terre. Cette convergence entre faciès naturels et faciès anthropiques constitue un terrain d'étude encore peu exploré dans la reconnaissance des témoins architecturaux en terre crue. L'élaboration plus systématique d'un référentiel de traits naturels (à partir de lames issues du substrat des sites) et anthropiques (à partir d'éléments façonnés avérés) apparaît nécessaire afin de limiter les biais d'interprétation.

MOTS-CLÉS
constructions en terre, Néolithique, Bassin parisien, micromorphologie, équifinalité

DOI
10.5281/zenodo.3420859

ORCID
M. Rué: 0000-0001-7948-9459

SOILS AS RECORDS OF PAST AND PRESENT. FROM SOIL SURVEYS TO ARCHAEOLOGICAL SITES: RESEARCH STRATEGIES FOR INTERPRETING SOIL CHARACTERISTICS
Proceedings of the Geoarchaeological Meeting, Bruges, 6 & 7 November 2019. Edited by J. Deák, C. Ampe and J. Mikkelsen. © Raakvlak

1. Introduction

Les résultats d'un diagnostic archéologique réalisé en août 2015, préalablement à la construction d'une zone pavillonnaire au lieu-dit les Genêts à Ablis, à environ 50 km au sud-ouest de Paris, ont conclu notamment à la présence de restes de bâtiments en terre crue du Néolithique identifiables par la présence d'éléments modulaires façonnés (Brutus et al., 2015). Face à cette découverte jugée exceptionnelle, une fouille-test a été prescrite par le Service Régional d'Archéologie d'Île-de-France. Réalisée en août 2016, elle avait pour principal objectif de questionner l'existence d'éléments en terre crue.

La reconnaissance d'éléments en terre est liée à plusieurs critères, des plus évidents comme les briques aux moins lisibles comme la bauge, demandant à être confirmés par un protocole de fouille et des analyses adaptés (De Chazelles, 2016). Si l'existence de constructions en terre, et uniquement en terre, sans autres éléments porteurs comme les poteaux en bois, est une évidence en région circumméditerranéenne, y compris dans le sud de la France (e.g. De Chazelles et Roux 2010 ; Gutherz et al., 2011 ; Sénépart et al., 2015), leur identification et leur existence même ont été et continuent de nous interroger pour la moitié nord du pays (Riche et al., 2016). En effet, dès le Néolithique ancien, la plupart des constructions pérennes sont réalisées sur poteaux porteurs avec des parois en clayonnage et torchis, le tout étant couvert par une toiture végétale (Masuch et Ziessow, 1985). Ces bâtiments sont généralement matérialisés par les trous d'implantation des poteaux et par des restes de torchis cuits, plus exceptionnellement par des fragments de parois à enduit intérieur (Hauzeur, 2006). En cas de forte érosion ou de construction plus légère, seuls ces éléments de terre cuite, conjugués à d'autres indices comme les fosses à rejets domestiques et le mobilier, permettent d'assurer la présence de bâtiments et plus largement celle d'un habitat pérenne.

Ces dernières décennies ont vu s'étendre la reconnaissance de bâtiments en terre crue dans les régions tempérées du nord de l'Europe, avec toutes les difficultés d'identification que cela implique. Pour en assurer la conservation dans ces régions, il faut généralement des conditions géomorphologiques exceptionnelles provoquant un ensevelissement rapide et suffisant des vestiges, ou bien des conditions archéologiques singulières comme des bâtiments partiellement enterrés ou incendiés. Pour certains chercheurs, les éléments en terre sont parfois bien présents, car, même s'ils ne sont pas visibles et identifiables à l'œil nu, ils sont reconnaissables par le biais d'analyses micromorphologiques (Friesem et al., 2017 ; Cammas, 2018). L'étude de lames minces s'avère en effet un complément utile aux observations de terrain malgré les biais possibles, liés par exemple à un échantillonnage non-représentatif ou à des convergences de faciès (lorsque plusieurs processus aboutissent à une même organisation sédimentaire).

À Ablis, suite au diagnostic, tous les éléments favorables à l'existence d'un site bien conservé semblaient réunis : une nappe de vestiges contenant du mobilier domestique, des éléments façonnés (« pains de terre ») et des restes d'élévation décelés sur le terrain, de même que des sols construits et des restes d'aménagement en bauge perçus en lame mince (Brutus et al., 2015). Ce site, devenu référence (Wattez et al., 2018), s'ajoutait ainsi à la série des sites beaucerons à éléments en terre crue prétendus conservés comme ceux de la Fosse Blanche à Prasville (Bailleux et al., 2015), des Friches de Flotville à Sours (Hamon et al., 2014) ou encore des Grands Noyers à Gas (Noël et al., 2015). Or, malgré une méthodologie adaptée et des conditions édaphiques favorables lors de la fouille (semblables à celles du diagnostic), aucun de ces vestiges n'a été mis en évidence. Cet article propose une explication à ce contraste de résultats d'après les principales données stratigraphiques et micromorphologiques obtenues lors de la fouille (Hauzeur et Rué, 2018).

2. Contexte géomorphologique

L'emprise est localisée dans le bassin versant de la Voise, affluent de la rive droite de l'Eure avant sa confluence avec la Seine. Cette région marque l'extrémité nord de la Beauce. D'après la carte géologique à 1/50000 de Dourdan (Bricon et Ménillet, 1971), le secteur d'étude se situe sur la formation des « limons des plateaux » qui forme une couverture presque continue d'apports lœssiques pléistocènes, d'épaisseur généralement métrique. Les formations sous-jacentes correspondent aux Sables de Lozère (argile jaune sableuse à éléments de calcaire altéré) et aux Argiles à meulières de Montmorency, d'âge cénozoïque.

D'après la carte pédologique à 1/100000 de Chartres (Crahet et al., 1981), l'emprise est située sur un sol brun lessivé, à la limite entre deux unités pédologiques distinguées par leur degré d'hydromorphie. Les profils décrits dans les environs du site se rattachent aux Luvisols (Baize et Girard, 2009). Ces sols se sont progressivement différenciés en plusieurs horizons au cours de l'Holocène par la migration d'éléments minéraux (lessivage). Ils présentent ainsi un horizon supérieur appauvri (horizon éluvié, E) et un horizon inférieur d'accumulation (horizon argilique, BT). L'exploitation agricole de ces sols provoque souvent la transformation ou la disparition de l'horizon E.

D'après les vues aériennes anciennes, on constate sans surprise une simplification progressive du parcellaire à partir des années 1950. Sur les vues des années 2000,

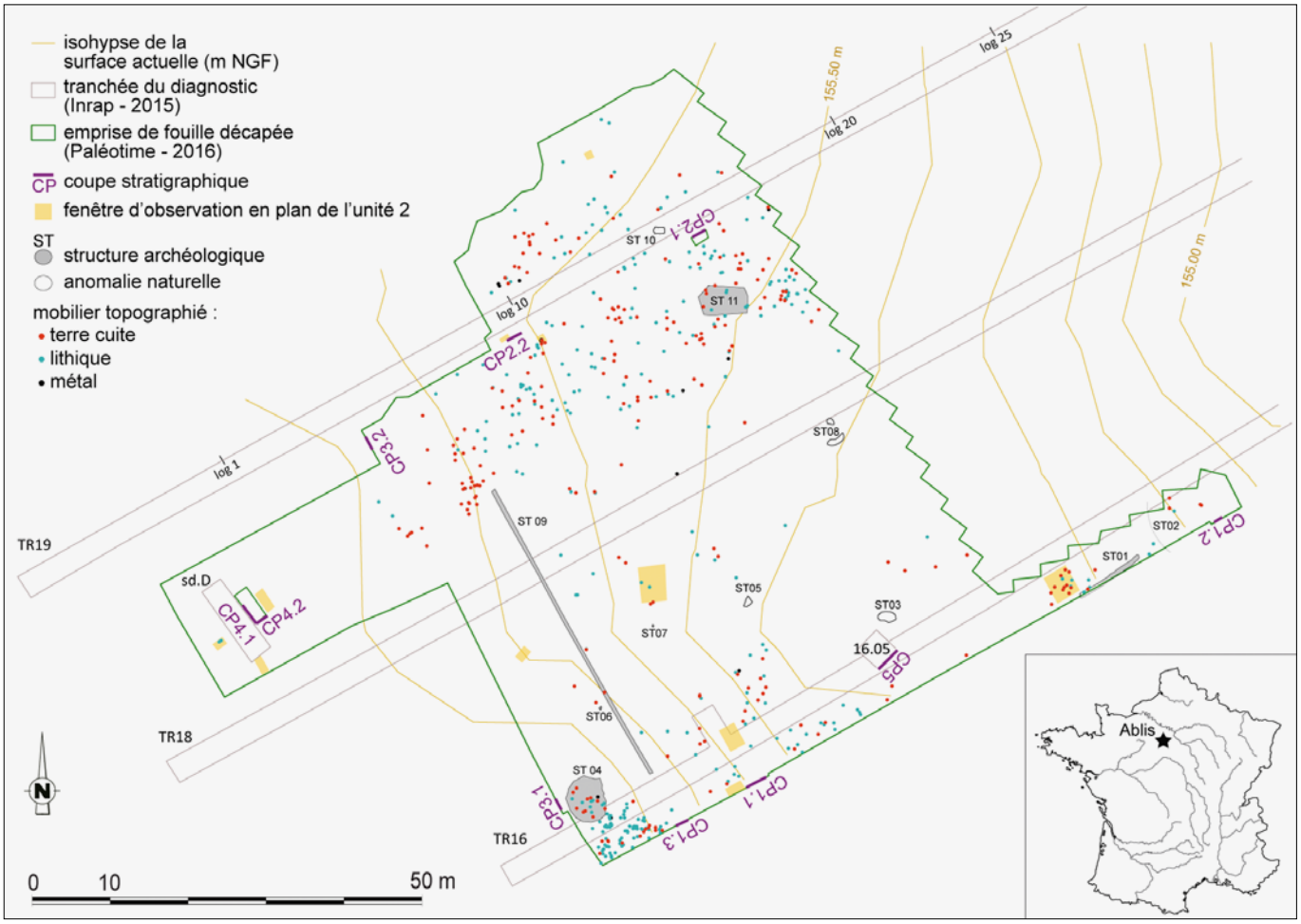


Figure 1. Plan des investigations géoarchéologiques et des découvertes archéologiques (M. Rué, A. Hauzeur, J.-B. Caverne).

lorsque les conditions édaphiques le permettent, l'ancien parcellaire ressort particulièrement bien. Les cellules décamétriques visibles à 1,5 km au sud-ouest de l'emprise, signalées par Bertran et al., (2013), indiquent par ailleurs que la couverture limoneuse a enregistré une phase périglaciaire à pergélisol. Sa mise en place a donc débuté avant la période du Dernier maximum glaciaire.

La surface actuelle du terrain étudié est globalement inclinée vers l'est selon une pente moyenne faible, généralement inférieure à 1 %. Le site est localisé à proximité immédiate d'un point haut du relief, à une altitude de 158 m.

3. Méthodologie

3.1. TERRAIN

Les observations stratigraphiques se sont focalisées sur dix coupes (CP) nettoyées sur une largeur minimale d'un mètre et réparties sur l'emprise. Deux de ces coupes (CP4.1 et CP5) sont situées au même emplacement que celles du diagnostic où des vestiges en terre crue ont été identifiés (respectivement au droit des sondages D et 16.05, Fig. 1). Les profils dégagés ont été examinés sous différentes conditions d'observation (ombre/lumière, avant/après séchage) et soumis à différents observateurs. Ils ont fait l'objet d'une rectification fine à la truelle, mais également d'une exploration au couteau afin d'observer la manière dont se désagrège naturellement le sol (structure). Les dépôts ont été séquencés en unités pédosédimentaires (UPS) d'après leur texture, couleur, structure et principaux traits pédologiques. La description des UPS et l'identification de la couleur Munsell ont été effectuées sur sédiment frais (sauf pour l'UPS1, plus sèche). En complément des coupes, onze fenêtres d'étude des faciès en plan ont été implantées à différents endroits de l'emprise. Elles ont en commun d'être toutes situées dans l'UPS2, là où s'insère la nappe de vestiges et où la plupart des éléments de terre crue ont été initialement signalés.

Les principaux prélèvements ont été réalisés à

l'endroit précis où des éléments architecturaux ont été reconnus au diagnostic, dans le sondage D, sur la coupe CP4.1. Cette dernière a été étudiée en deux temps : une première portion a été nettoyée et enregistrée (au nord) puis une seconde partie a été reculée (au sud) afin de sortir de la zone d'influence possible du remblai du sondage D. C'est cette portion qui a été échantillonnée. La coupe CP4.1 a été complétée par une section perpendiculaire (CP4.2) afin de mieux appréhender l'évolution spatiale des UPS. Des mesures *in situ* de la susceptibilité magnétique volumique ont été réalisées à l'aide d'un appareil Bartington muni d'un capteur MS2K. Ce paramètre permet d'estimer la quantité de particules magnétiques qui ont tendance à augmenter dans les horizons de surface ou les niveaux anthropisés (Pétronille, 2009). Le taux de réponse du capteur est de 50 % à 3 mm de profondeur et de 10 % à 8 mm (Dearing, 1999).

3.2. LABORATOIRE

Les trois blocs de sédiment prélevés sur la coupe CP4.1 (PR4 à 6, Fig. 2) ont été litholamellés au laboratoire EPOC à l'Université de Bordeaux 1 (UMR 5805) après séchage à l'air. Chaque bloc a fait l'objet de deux lames minces de grand format séparées d'environ 5 mm afin de mieux apprécier l'organisation spatiale des matériaux aux échelles microscopiques. Les observations ont été réalisées au moyen d'un microscope polarisant Leica DM750 à des grossissements de 25, 40 et 100x, selon l'approche préconisée par Stoops 2003.

Treize échantillons espacés verticalement de 10 cm ont fait à la fois l'objet d'analyses microgranulométriques et de dosages géochimiques (PR7 à 19). Seuls les résultats des analyses granulométriques sont présentés ici. L'appareil utilisé est un granulomètre par diffraction laser Malvern Mastersizer 2000, capable de détecter des particules entre 0,2 µm et 2 mm de diamètre. Quelques agrégats sont placés dans 700 mL d'eau courante, sans adjonction de dispersant. La solution est alors soumise à des ultrasons pendant une minute afin de dissocier les particules. Les résultats correspondent à la moyenne de trois mesures. La variation de la distribution granulométrique entre ces trois mesures est insignifiante. Le calcul de cette distribution utilise le principe de Fraunhofer qui assimile les particules à des disques plats et opaques à la lumière. La limite entre les argiles, limons et sables a été fixée respectivement à 6,6 et 60,3 µm d'après Makó et al., 2017 pour permettre la comparaison avec d'autres méthodes. Trois prélèvements plus volumineux (2 kg) issus des horizons supérieurs (PR20 à 22) ont été séchés à l'air libre, pesés puis tamisés à l'eau, sans prétraitement, à l'aide de tamis normés à 0,5 et 2 mm afin, entre autres, d'estimer la quantité d'éléments anthropiques lithiques et céramiques potentiellement présents.

Un prélèvement pour datation par luminescence stimulée optiquement (OSL) a été réalisé à la base de la séquence limoneuse (PR3). Ce prélèvement n'a pas fait l'objet d'une mesure de la radioactivité *in situ*. Il provient cependant d'un environnement sédimentaire relativement homogène, éloigné des terriers et des cailloux. Les analyses ont été menées par le centre GADAM de l'Institut de Physique à Gliwice en Pologne. Elles portent sur les particules quartzeuses de taille comprise entre 90 et 125 µm, selon le protocole *Single Aliquot Regeneration* (Murray et Wintle, 2000). La date proposée a été calculée en utilisant le *Central Age Model* (Galbraith et al., 1999) à partir des résultats obtenus sur 12 aliquotes.

4. Résultats

4.1. SÉQUENCE STRATIGRAPHIQUE ET INSERTION DES VESTIGES

Six principales unités ont été reconnues sur le terrain, sur une épaisseur explorée d'environ 2,5 m. On trouve ainsi, de haut en bas (Tab. 1, Fig. 2, Fig. 3a à c) :

- UPS1 : l'horizon cultivé actuel, d'épaisseur régulière (environ 30 cm), à mobilier archéologique rare ;
- UPS2 : un horizon limono-argileux brun renfermant du mobilier en épandage diffus, d'épaisseur variable (environ 30 cm), affecté par plusieurs générations de bioturbation (Fig. 3c) provoquant en plan l'apparition de taches blanchâtres (descente de l'UPS1 dans l'UPS2) ;
- UPS3 : un horizon limono-argileux brun-jaune, exempt de mobilier, épais d'environ 40 cm, subdivisé en deux sous-unités sur CP4.1 : 3a au sommet (faciès commun), 3b à la base (faciès à petites concrétions noires arrondies, à contour net, millimétriques, <5 %) ;
- UPS4 et 5 : un complexe argileux brun, sans mobilier, d'épaisseur variable, marqué à son sommet par un pavage caillouteux et, localement à la base, par des volumes graveleux festonnés (fig. 3b) suggérant des déformations par cryoturbation ou argiliturbation ;
- UPS6 : des argiles bariolées à quelques cailloux et blocs siliceux (formation oligocène des Argiles à meulière de Montmorency).

Conformément aux données des cartes géologique et pédologique, le profil formé par les UPS1 à 3 est constitué par un même matériau, d'origine principalement lœssique, décarbonaté, qui s'est progressivement différencié en horizons par les processus pédogénétiques. Les observations de terrain permettent de reconnaitre le profil d'un Luvisol typique (Baize et Girard 2009), tronqué par les labours :

- UPS1 : horizon cultivé sur l'ancien horizon éluvié (LE) ;
- UPS2 et 3 : horizon argilique (BT1), plus intensément bioturbé à son sommet (UPS2).

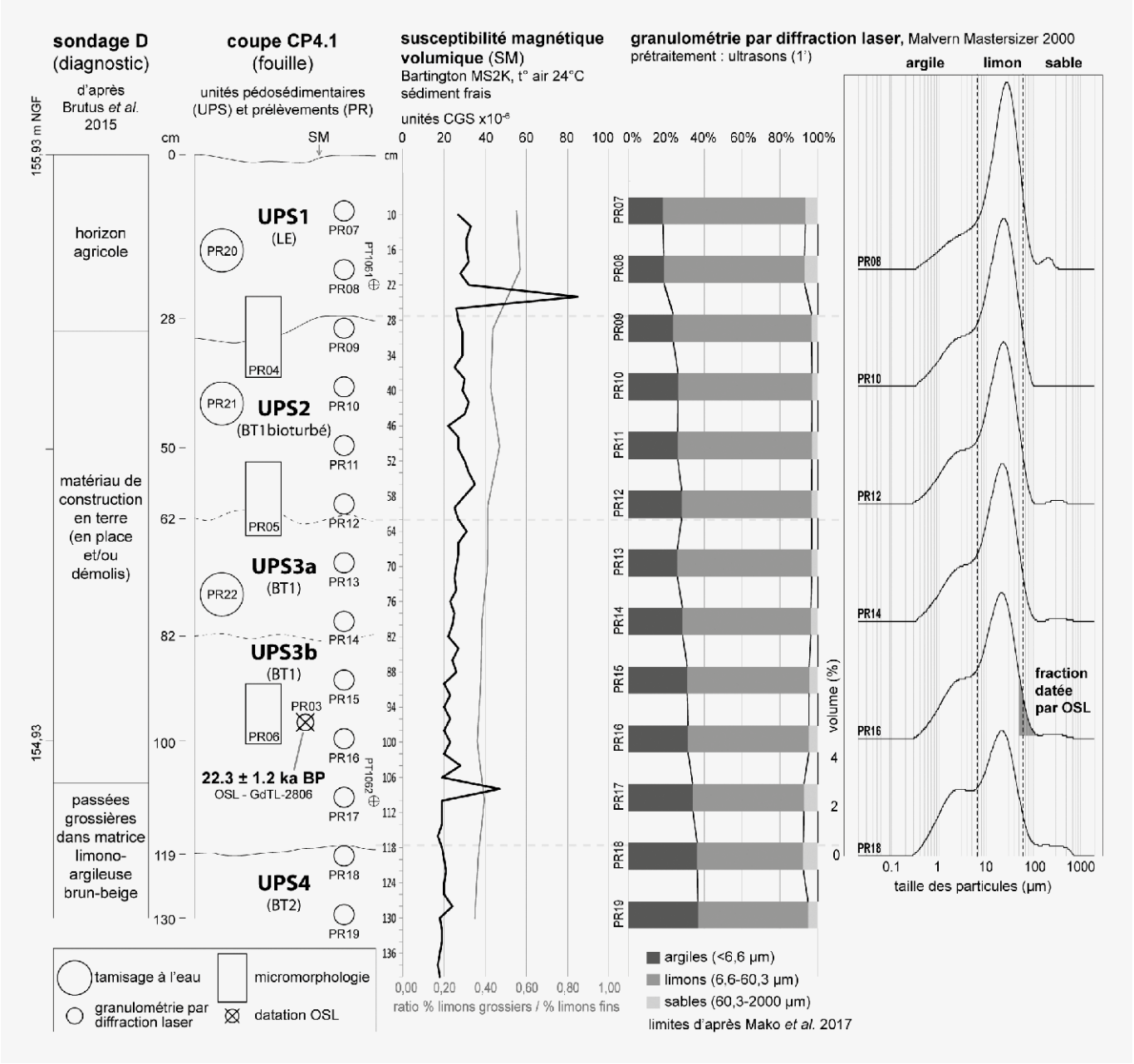


Figure 2. Séquençage stratigraphique, évolution verticale de la susceptibilité magnétique et des fractions granulométriques le long de la coupe CP4.1 (M. Rué). A gauche, l'interprétation donnée à l'issue du diagnostic archéologique (Brutus et al. 2015).

- Les UPS4 et 5 constituent probablement un second et troisième horizon argilique (BT2 et BT3).

Cette organisation stratigraphique générale est semblable en tout point de l'emprise de fouille. Les travaux de viabilisation du terrain situé à l'ouest ont permis de montrer qu'elle s'étend bien au-delà. D'après le diagnostic, les éléments architecturaux en terre seraient localisés dans les UPS2 et 3 (Fig. 2), voire jusque dans l'UPS4 si l'on en croit l'interprétation réalisée *a posteriori* sur des photographies du sondage D. Les deux lames minces étudiées lors du diagnostic proviennent de l'UPS2, dans un secteur où cette unité a été identifiée sans ambiguïté (à proximité de CP1.1, Fig. 1).

Les résultats analytiques obtenus sur les UPS1 à 4 permettent d'avancer les points suivants (Fig. 2) :

1) Aucune discontinuité texturale importante n'apparaît dans le profil. On constate au contraire une augmentation progressive de la teneur en argile vers le bas du profil, comme le montrent par ailleurs les

analyses précédemment réalisées sur ce type de sol (Crahet et al., 1981). Ce résultat est l'expression de l'argilluviation, en accord avec le contexte pédosédimentaire décrit plus haut.

2) Les dépôts sont tous caractérisés par la forte présence de limons (entre 59 et 73% dans l'horizon BT1), dont la distribution granulométrique traduit une origine éolienne, avec un mode qui dérive progressivement de 28 à 22 µm vers le bas du profil. La fraction >2 mm est très faible dans l'horizon BT1 (<0,05%) alors qu'elle est légèrement plus élevée dans l'horizon cultivé (0,6 %). Elle est principalement constituée par des graviers siliceux et des concrétions millimétriques noires. La quantité d'éléments anthropiques >2 mm recueillie dans les prélèvements tamisés est très faible (quelques éléments de terre cuite de la taille des graviers dans les UPS1 et 2, une esquille de silex dans l'UPS1).

3) Le signal de la susceptibilité magnétique diminue également vers la base et reste relativement constant dans les UPS1 et 2. Les valeurs restent basses dans ces deux unités, ce qui suggère, comme pour les résultats granulométriques sur la fraction >2 mm, une faible anthropisation du sol du point de vue de ce paramètre. Les résultats obtenus sur des surfaces occupées néolithiques ou protohistoriques montrent en effet des signaux nettement plus contrastés et élevés (Hulin et al., 2011). La diminution des valeurs de la susceptibilité dans la partie inférieure du sol peut être imputable à l'hydromorphie, en accord avec ce qui a été observé sur le terrain.

Le mobilier recueilli au décapage (lithique, terre cuite, métal), atteste de plusieurs périodes s'étalant du Néolithique (moyen ?) aux périodes médiévales et modernes. Il a été principalement récolté dans l'UPS2 et ne montre aucune organisation spatiale en faveur d'un habitat. En plan, sa répartition traduit une conservation différenciée selon les anciennes parcelles. La densité est faible, avec une moyenne de 0,1 pièce/m² (531 pièces sur 5340 m², tout type d'artefact confondu). Même dans le cas des concentrations les plus importantes, comme dans le sud-ouest de l'emprise (Fig. 1), la densité reste peu élevée, avec 1,8 objet par mètre carré. Verticalement, l'épandage apparaît dilaté et homogène (mélange de témoins de différentes périodes). Seules trois structures archéologiques avérées ont été découvertes : une possible fosse d'extraction antique, deux tracés linéaires (fossés de parcellaire ?) et un empierrement d'âge indéterminé (Hauzeur et Rué, 2018).

4.2. OBSERVATIONS MICROMORPHOLOGIQUES

L'examen des six lames minces (Fig. 4) a permis de déceler les principales micro-organisations suivantes :

UPS1 (LE)

La base de l'UPS1, observable sur les lames PR4a et b, est constituée par un assemblage dense de particules silto-quartzeuses selon une microstructure cavitaire. La teinte claire de l'UPS1 témoigne du caractère lessivé de l'unité. On observe une association de traits symptomatiques du labour : (i) des intercalations brunes teintées

Table 1 Principales caractéristiques des unités pédosédimentaires (UPS) (M. Rué)

Unité	UPS1	UPS2	UPS3	UPS4	UPS5	UPS6
Horizon	LE	BT1 bioturbé	BT1	BT2?	BT3?	C
Texture	limoneuse, rares graviers	limono-argileuse, rares graviers	limono-argileuse, rares graviers	limono-argileuse, quelques graviers et cailloux	argileuse	argileuse
Macrostructure	polyédrique à grumeleuse	polyédrique à tendance prismatique	polyédrique à tendance prismatique	polyédrique	polyédrique	polyédrique
Couleur Munsell	brun-olive clair (2,5Y 5/3)	brun-jaune sombre (10YR 4/4)	brun-jaune (10YR 5/8)	brun-jaune (10YR 5/6)	brun vif (7.5YR 4/6)	bariolée (brun à gris)
Figures sédimentaires	croutes de battance (en place ou remaniées)	croutes de battance piégées dans certains terriers	-	pavage caillouteux discontinu au sommet	-	-
Traits pédologiques (macro)	-	conduits biologiques comblés par LE et/ou BT1 ; terriers	conduits biologiques comblés par LE et/ou BT1 ; quelques taches décolorées diffuses	taches décolorées au contour orangé diffus (glosses)	taches décolorées au contour orangé diffus (glosses)	taches décolorées ; concrétions noires diffuses
Mobilier archéologique	rare (terre cuite, lithique, métal), épars	rare (terre cuite, lithique, métal), épars	-	-	-	-
Limite inférieure	nette et rectiligne	diffuse et ondulée	nette et rectiligne	nette, rectiligne à irrégulière	(peu observée)	(non observée)
Lame mince	PR4	PR4, PR5	PR5, PR6	-	-	-
Microstructure	cavitaire ; à chenaux	à chenaux ; cavitaire	à chenaux ; cavitaire	-	-	-
Masse basale	assemblage dense de silts quartzeux ; motif de biréfringence indifférencié	assemblage dense de silts quartzeux ; motif de biréfringence à légère striation entrecroisée	assemblage dense de silts quartzeux ; motif de biréfringence à légère striation entrecroisée	-	-	-
Traits pédologiques (micro)	intercalations brunes ; taches brunes diffuses organo-minérales	intercalations brunes ; revêtements argileux orangés (nombreux) ou poussiéreux (rares)	revêtements argileux orangés, plus épais à la base ; rares revêtements argilo-silteux bruns ; hyporevêtements noirs	-	-	-

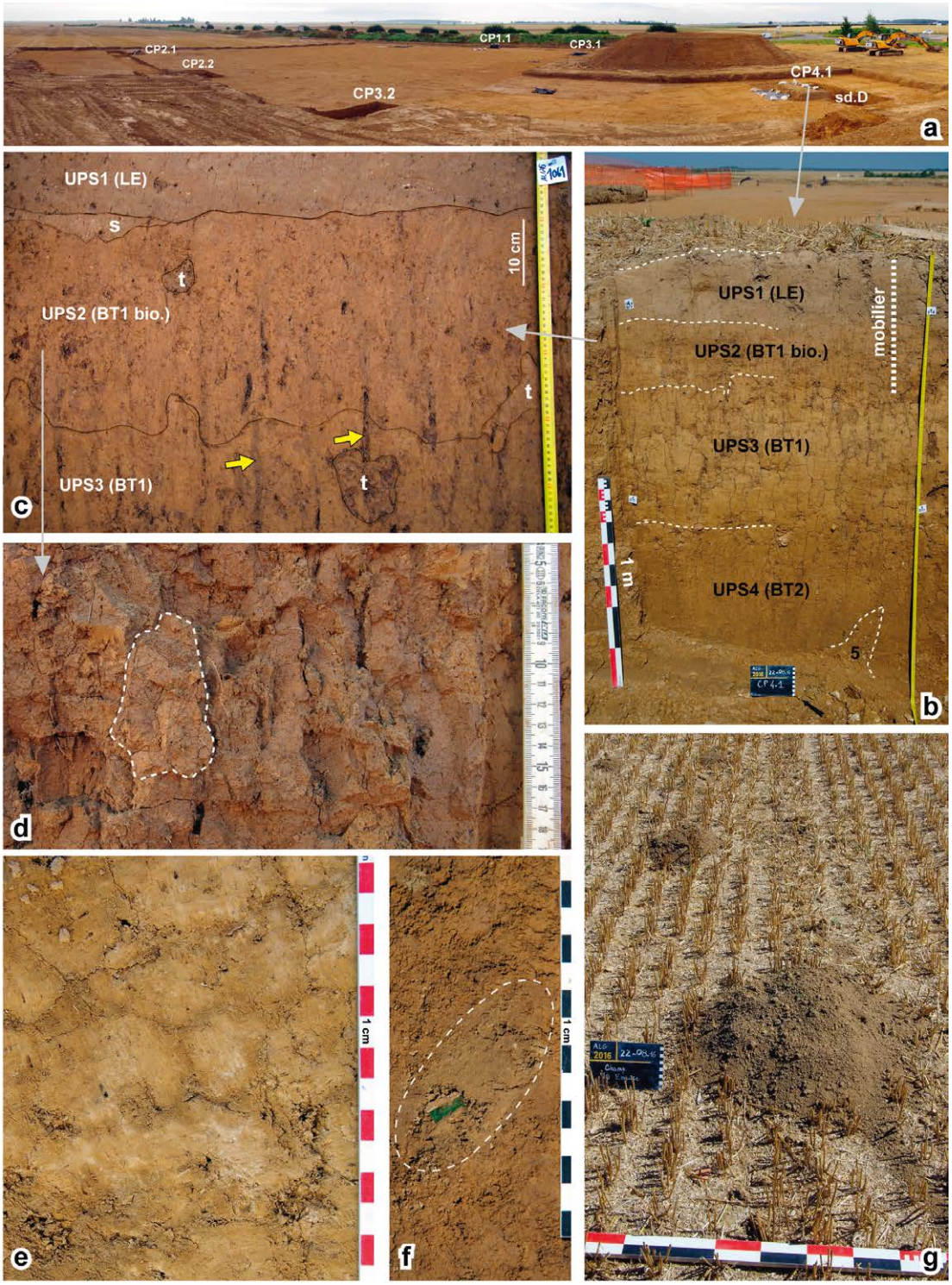


Figure 3.
a. Panorama de l'emprise de fouille depuis le nord-ouest et localisation des coupes.
b. Coupe CP4.1 (sondage D du diagnostic) après quelques heures de séchage.
c. Détail du sommet de la coupe CP4.1 (fraîche), s. base de sillon à petites taches claires (limons ruisselés), t : terrier comblé. Les conduits biologiques récents se distinguent aisément (flèches).
d. Détail de la structure de l'horizon BT1 d'où se dégagent des gros agrégats à tendance prismatique.
e. Effet « pain de terre » provoqué par l'humidification et le séchage partiel du BT1 (en plan).
f. Vue en plan d'un terrier dans le BT1 dans lequel est descendu un fragment de céramique glaçurée.
g. Remontée de la terre par la bioturbation en août 2017, au nord du site. Au premier plan, une taupinière atteignant 20 cm de hauteur recouvre une surface d'environ 1/3 de m². Photographies M. Rué et A. Hauzeur.

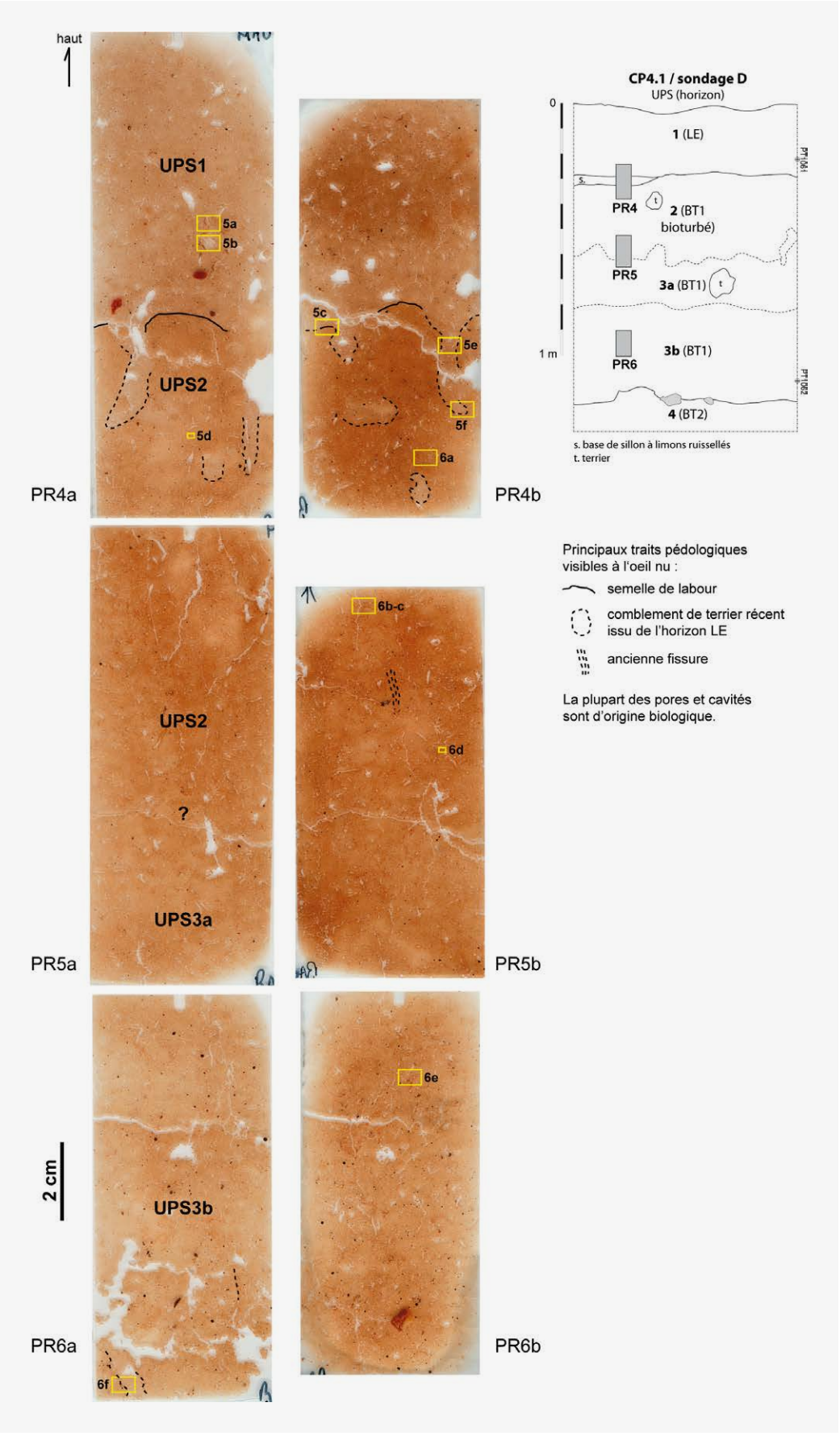


Figure 4. Scans des lames minces et localisation des clichés (M. Rué). Chaque bloc prélevé a fait l'objet de deux lames minces séparées d'environ 5 mm (a et b) afin de mieux appréhender la variabilité spatiale et le volume des traits pédologiques.

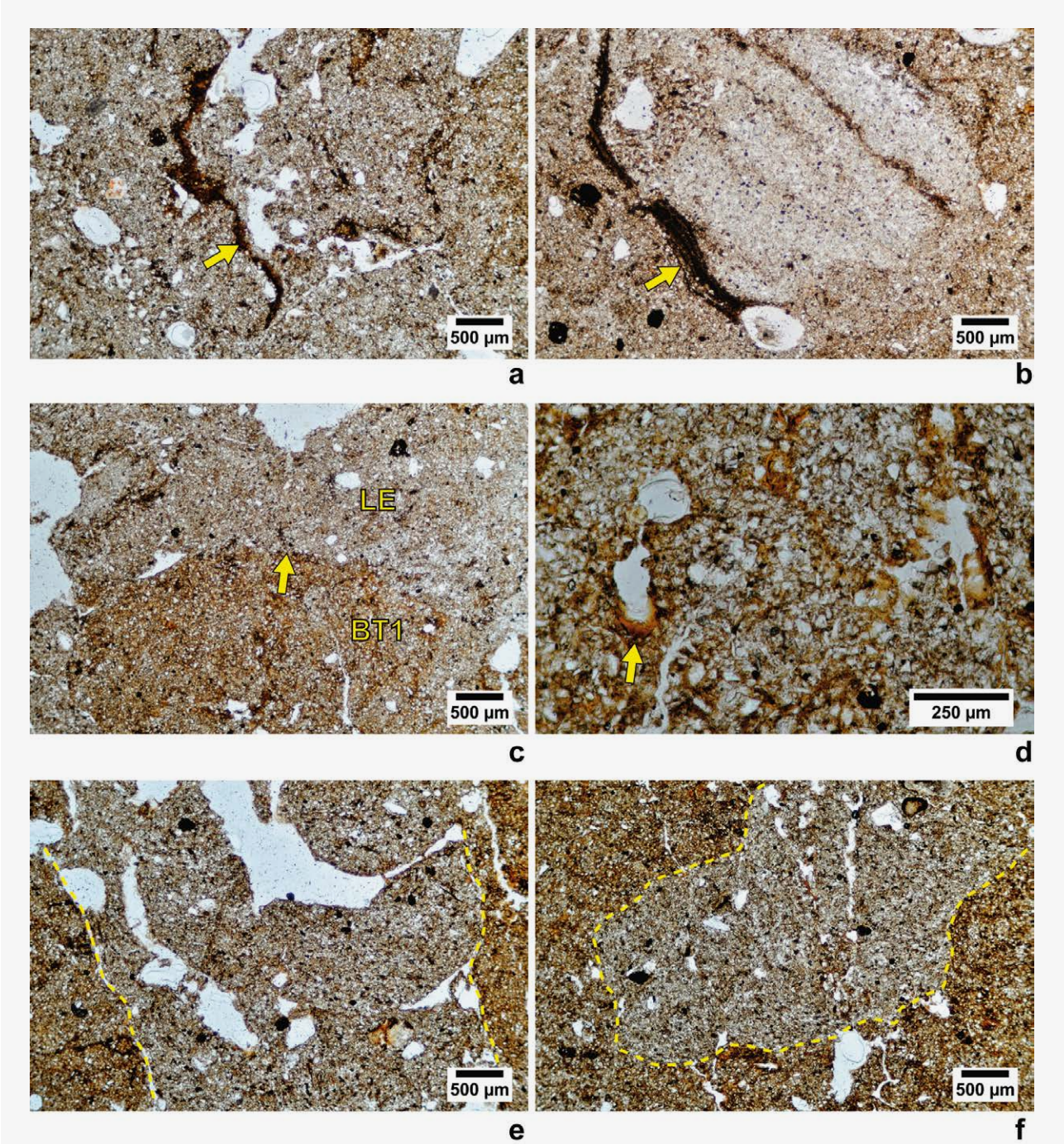


Figure 5. Aperçu des microfaciès (M. Rué). Lumière polarisée non analysée.

UPS1 (LE) :

a. Intercalation brune (flèche) au sein d'une matrice éluviée à porosité biologique.
b. Intercalation microlitée (flèche) en bordure d'un fragment remanié de croûte de battance.

UPS2 (BT1), sommet :

c. Contact irrégulier entre l'horizon éluvié (LE) et l'horizon argilique (BT1) provoqué par l'effet conjugué du labour et de la bioturbation. Il s'agit respectivement des microfaciès A et B du diagnostic interprétés comme d'origine anthropique.
d. Apparition de revêtements illuviaux orangés en position primaire (flèche).

e. et f. Sommet (e) et extrémité apparente (f) d'une galerie de vers comblée par la matrice éluviée de l'horizon cultivé.

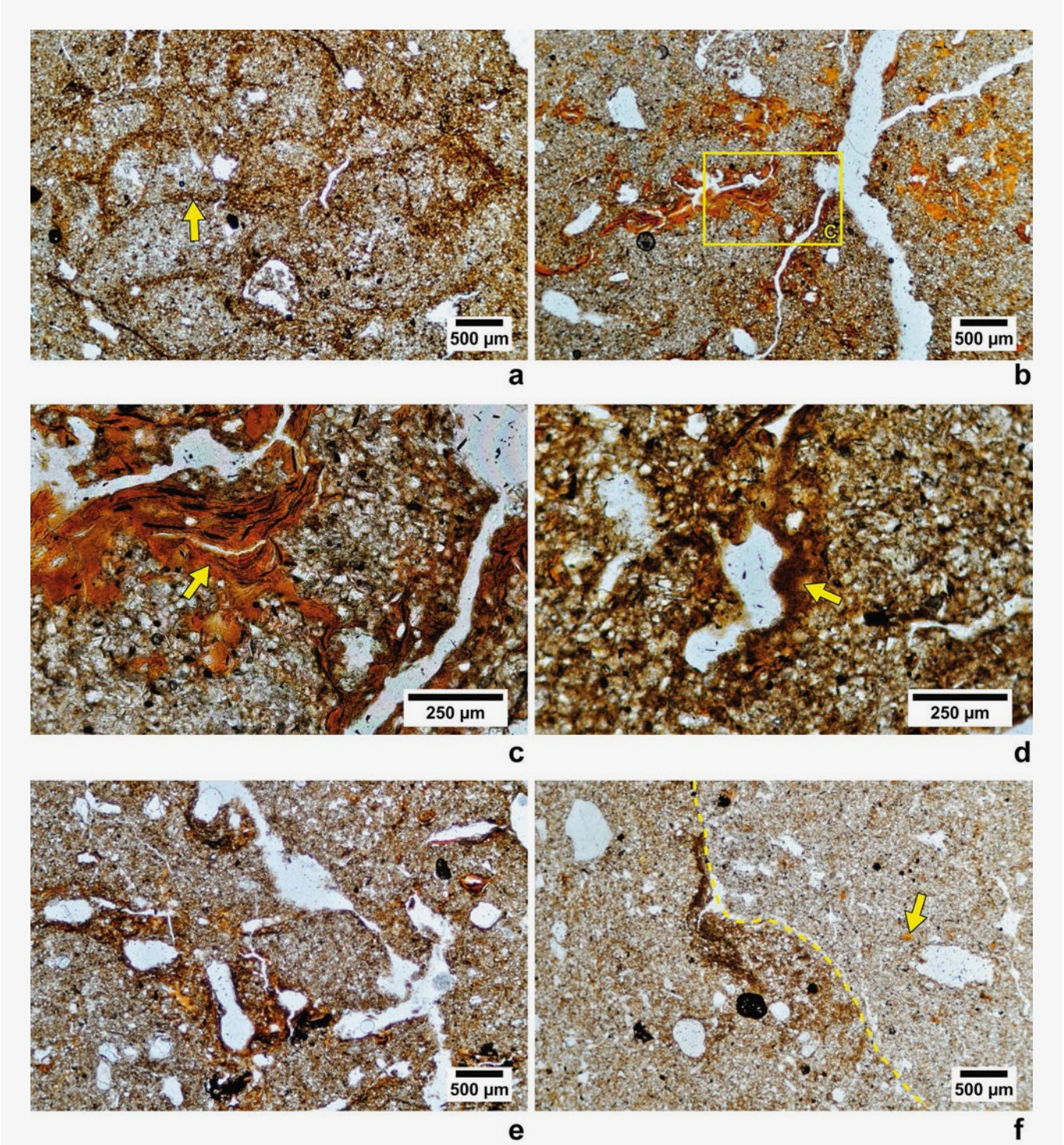


Figure 6. Aperçu des microfaciès (suite) (M. Rué). Lumière polarisée non analysée.

UPS2 (BT1), sommet :

a. Nombreuses intercalations brunes imputables à la bioturbation (flèche).

UPS2 (BT1), base :

b et c. Les revêtements illuviaux microlités orangés sont localement bien développés et en conformité avec la porosité (flèche).

d. Présence de quelques revêtements illuviaux bruns « poussiéreux » non lités, d'origine agricole possible.

UPS3 (BT1), base :

e. Organisation plus complexe et apparition d'hyporevêtements noirs provoqués par l'hydromorphie.

f. Les conduits biologiques sont toujours présents (à droite), comblés par un matériel proche des horizons superficiels et incluant des microfragments de revêtements orangés (flèche).

par de la matière organique, parfois bien développées (Fig. 5a et b), qui traduisent des remaniements par écoulement visqueux, et (ii) des fragments remaniés de croûte de battance (Fig. 5b), témoignant d'épisodes de ruissellement sur sol dénudé. La semelle de labour est marquée par une limite nette et rectiligne bien visible sur les lames lorsqu'elle n'a pas été perturbée par la faune du sol ou les racines (Fig. 4, Fig. 5c).

UPS2 (BT1 bioturbé)

Sur les lames PR4 et 5, qui recoupent respectivement le sommet et la base de l'UPS2, on constate que le matériau est, comme pour l'horizon labouré, constitué par un assemblage dense de limons quartzeux bien triés affecté par de nombreuses cavités et des vides planaires. Il se caractérise par l'apparition de revêtements illuviaux argileux orangés (Fig. 5d). Aucune figure syn-sédimentaire n'est visible, ni indice de labour ancien. On sait toutefois que la bioturbation peut rapidement en effacer les traces (Davidson, 2002). Les traits induits par la bioturbation sont très nombreux (cavités remplies de déjections de lombricidés, terriers comblés ou non, intercalations, etc.). Certains conduits recoupés présentent un comblement caractéristique à fabrique en croissant, de type « meniscate backfill » (Seilacher, 2007) ou « bow-like » (Kooistra et Pulleman, 2010), constitué par un empilement concave de matériel limoneux clair semblable à celui de l'UPS1 et généré par les vers de terre (Fig. 5e et f). La présence d'intercalations entrelacées (Fig. 6a), qui occupent parfois des surfaces importantes, résulte de la fusion partielle d'anciennes déjections de vers de terre (Thompson et al., 1990).

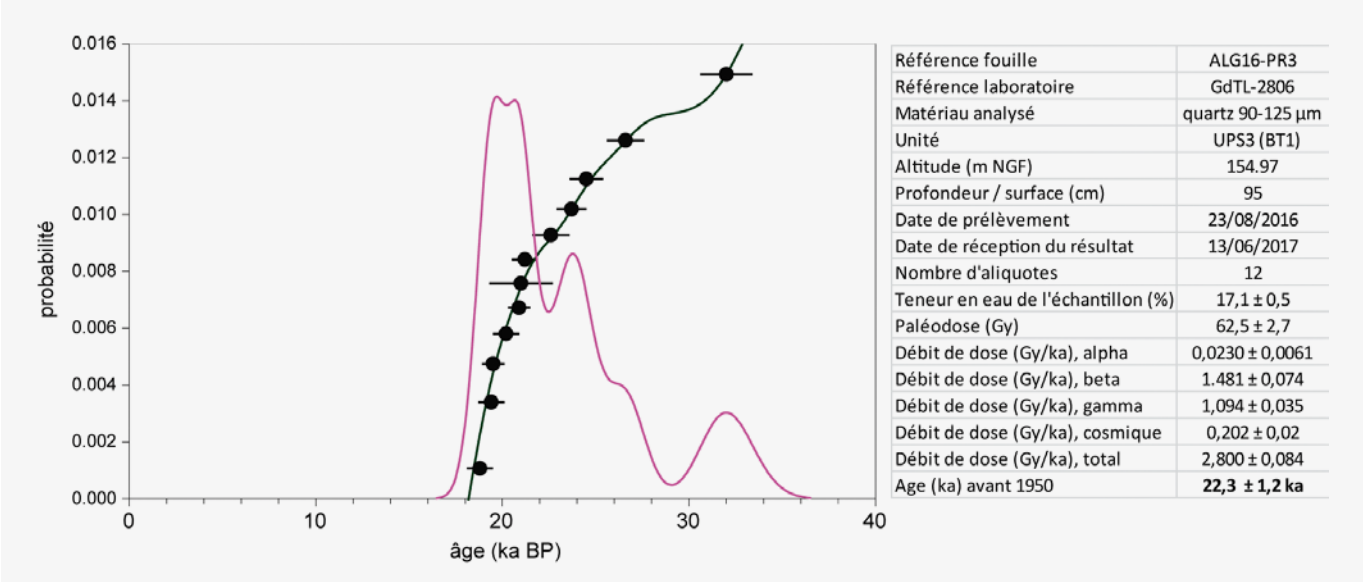
Les revêtements argileux orangés apparaissent en position conforme avec la porosité ou, plus rarement, finement broyés et intégrés dans la matrice du sol par les différentes perturbations. Ceux en place dans la porosité sont de plus en plus épais vers le bas (Fig. 6b et c). Ces revêtements en croissant, à ligne d'extinction large en lumière polarisée analysée, traduisent une longue phase de pédogenèse sous couvert forestier (Fedoroff et Courty, 1987). On distingue également quelques revêtements illuviaux plus sombres et non lités (Fig. 6d), conséquence possible de la mise en culture de la surface actuelle (Lewis, 2012). Aucun faciès imputable à un travail anthropique de la terre à des fins architecturales n'apparaît, travail qui aurait nécessairement impacté l'organisation des revêtements les plus anciens. Enfin, aucun reste anthropique n'a été décelé.

UPS3 (BT1)

La partie inférieure de l'horizon BT1 est principalement documentée par les lames PR6a et b. Le matériau est constitué par un assemblage dense de limons quartzeux affecté par des cavités et vides planaires, semblables à ceux de l'UPS2. On note l'apparition de sables grossiers et graviers siliceux, de revêtements plus complexes, de concrétions noires à contour net et d'hyporevêtements noirs imputables à l'hydromorphie (Fig. 6e). Malgré la profondeur, la porosité biologique est toujours abondante et l'on trouve encore des conduits comblés par l'UPS1 (Fig. 6f). Aucun trait anthropique n'est perceptible.

4.3. DATATION OSL

La datation des quartz de la partie inférieure de l'UPS3 (BT1) a donné un âge central d'enfouissement de 22,3 ± 1,2 ka BP (Fig. 2 et 7), ce qui renvoie à la principale période de sédimentation lœssique du dernier cycle climatique, au cours du stade isotopique 2 (Antoine et al., 2016). Ce



Référence fouille	ALG16-PR3
Référence laboratoire	GdTL-2806
Matériau analysé	quartz 90-125 µm
Unité	UPS3 (BT1)
Altitude (m NGF)	154.97
Profondeur / surface (cm)	95
Date de prélèvement	23/08/2016
Date de réception du résultat	13/06/2017
Nombre d'aliquotes	12
Teneur en eau de l'échantillon (%)	17,1 ± 0,5
Paléodose (Gy)	62,5 ± 2,7
Débit de dose (Gy/ka), alpha	0,0230 ± 0,0061
Débit de dose (Gy/ka), beta	1.481 ± 0,074
Débit de dose (Gy/ka), gamma	1,094 ± 0,035
Débit de dose (Gy/ka), cosmique	0,202 ± 0,02
Débit de dose (Gy/ka), total	2,800 ± 0,084
Age (ka) avant 1950	**22,3 ± 1,2 ka**

Figure 7. Courbe de distribution des âges OSL par aliquote et tableau des résultats (GADAM).

résultat est cohérent avec les traits d'altération pédologique présentés précédemment, en particulier les illuviations argileuses monophasées reconnues dans la porosité des UPS2 et 3 (pédogenèse Holocène). Aucune figure de gel profond n'a pourtant été observée aux échelles macro- et microscopiques dans l'unité datée bien que les dépôts limoneux enregistrent généralement bien ces traits. La pédoturbation holocène explique sans doute la disparition progressive de ces figures. Cet âge confirme le caractère condensé des dépôts, avec un taux de sédimentation moyen de l'ordre de 0,4 mm/an. Les aliquotes ont donné des âges pléistocènes, ce qui exclut des remaniements holocènes pour l'UPS3. L'interprétation de cette unité comme matériau de construction apparaît donc improbable. On sait en effet que le remaniement du sol impacte rapidement la paléodose et donc l'âge des échantillons (Kemp et al., 2014).

5. Discussion

5.1. ORIGINE DES MATÉRIAUX ET PROCESSUS SÉDIMENTAIRES RECONNUS

Comme souvent en contexte à faible taux de sédimentation, les figures syn-sédimentaires responsables de la mise en place des matériaux sont rares ou absentes. A Ablis, la structure massive des matériaux limoneux est cohérente avec des apports colluviaux en contexte de faible aggradation sédimentaire. Les processus de surface, comme la bioturbation, les alternances de gel-dégel ou le *splash*, ont vraisemblablement provoqué l'homogénéisation des matériaux au fur et à mesure de leur accumulation. Mise à part la semelle de labour actuelle et le pavage caillouteux à la base de l'horizon BT1, aucune limite d'érosion ne se distingue en coupe ou en lame mince. En outre, aucune organisation sédimentaire des mobiliers n'a été observée sur le terrain (comme des concentrations d'objets orientées dans l'axe de la plus grande pente du terrain). Cette non-reconnaissance de figure syn-sédimentaire rend donc hypothétique la mise en place du sommet de la séquence et de son contenu archéologique. Dans ce cas, l'étude taphonomique des mobiliers permet généralement de préciser les processus de formation du site (Bertran et al., 2017). Cette approche implique l'application d'outils adaptés (étude de la distribution granulométrique des objets après tamisage, analyse des fabriques, recherche de remontages, étude détaillée des états de surface, etc.). A Ablis, ces outils ne répondaient pas à l'objectif principal de la fouille centré sur l'identification d'aménagements en terre.

L'origine des fractions graveleuses et sableuses est principalement locale, par érosion puis transport des altérites tertiaires ou par remontée par la bioturbation. La fraction limoneuse est en grande partie d'origine éolienne alors que la fraction argileuse qui augmente vers le bas du profil est, au moins en partie, générée par l'altération géochimique et l'argilluviation.

Les figures post-sédimentaires sont en revanche plus nombreuses, surtout celles générées par la bioturbation. La plupart des structures biologiques cataloguées par Piron et al., (2012) sont par exemple reconnaissables dans l'UPS2. Sous nos latitudes, le brassage du sol par les vers de terre est estimé à au moins 100 tonnes par hectare et par an pour une prairie, soit autour de 10 kg de matériau remanié par m² et par an (Bouché, 2014 ; Jagercikova et al., 2014). L'étude micromorphologique quantitative de trois Luvisols situés sur le plateau des Alluets, à 40 km au nord d'Ablis, dans un contexte pédosédimentaire proche, a montré que la bioturbation impacte environ 65 % du volume total du sol à 40 cm de profondeur et 20 à 30 % de ce volume à 150 cm de profondeur (Sauzet, 2016). Toujours d'après ce travail, en un à deux siècles, « la masse totale de sol bioturbé par l'activité des vers de terre équivaut à la masse de sol contenue dans les 40 premiers cm de sol » (Sauzet, 2016, 106). On imagine mal dans ce cas comment peuvent subsister des micro-organisations anthropiques âgées de plusieurs millénaires.

A Ablis, quatre principales étapes peuvent être avancées pour expliquer la formation des UPS1 à 3 :

1) Apports limoneux éoliens au cours du Pléistocène supérieur associés à des remaniements verticaux et latéraux pouvant expliquer la présence de la fraction grossière.
2) Cryoturbations durant les phases à pergélisol.
3) Pédogenèse holocène provoquant la différenciation des horizons E et BT1, l'apparition de traits hydromorphes en profondeur et la disparition partielle des stigmates périglaciaires.
4) Mise en culture affectant l'horizon E et le sommet de l'horizon BT1.

   Cette séquence n'a rien de surprenant en contexte lœssique, elle a souvent été documentée (*e.g.* Langohr, 2001 ; Jamagne, 2011 ; Gebhardt et al., 2014). Différentes phases de colluvionnement ont probablement rythmé sa formation au cours de l'Holocène, mais elles sont indécelables ici.

5.2. MATÉRIAU ARCHITECTURAL VERSUS PÉDOLOGIQUE

Aucun reste en terre crue n'a été perçu lors de la fouille, ni en plan ni en coupe, malgré la surface décapée et les bonnes conditions d'observation. Les résultats analytiques sont cohérents avec une origine naturelle de la stratigraphie. La date OSL en témoigne très clairement.

Les « pains de terre » identifiés en plan lors du diagnostic résultent en réalité de la structuration polyédrique

de l'horizon BT1, une conséquence de l'argilluviation qui caractérise les sols lessivés. Appelée « sur-structure » par Gaucher (1968) et Baize, Jabiol (2011), elle délimite en plan des polygones centimétriques à décimétriques, qui, selon le traitement que l'on opère (balayage, séchage, etc.), ressortent plus ou moins bien (Fig. 3e). A cette structure polyédrique s'ajoute une structure grumeleuse induite par l'activité de la faune du sol, augmentant ainsi la variabilité des faciès. Plus en profondeur, c'est l'hydromorphie qui explique les figures interprétées comme des restes d'éléments architecturaux. Toutes ces organisations sont omniprésentes sur l'emprise de la fouille et même au-delà.

Les microfaciès anthropiques perçus initialement dans les lames minces s'apparentent à des traits communs dans ce type de sol, en grande partie générés par l'activité biologique, en particulier par les vers de terre. Le rôle de ces derniers ne peut être négligé en raison des volumes importants de terre déplacés (Stein, 1983 ; Armour-Chelu et Andrews, 1994 ; Canti 2003). A Ablis, la bioturbation a progressivement mélangé la matrice claire de l'horizon LE à celle orangée de l'horizon BT1, générant ainsi une grande diversité de microfaciès. Ce biomalaxage, pour reprendre une expression introduite par Langohr (2001), explique les nombreuses organisations interprétées comme des aménagements en terre crue aux échelles microscopiques. Au sommet de l'horizon BT1, le biomalaxage se conjugue aux passages répétés de la charrue (Fig. 5c). Les galeries empruntées par les vers peuvent également mimer des organisations anthropiques singulières (selon l'échelle à laquelle on les observe). Le « joint » séparant deux « pains de terre » (Brutus et al., 2015, p. 70) correspond par exemple à l'une de ces galeries, au comblement à fabrique en croissant symptomatique du passage d'un ver. Nos résultats soulèvent donc, en partie, un problème de convergence de faciès, un biais d'interprétation pourtant connu en micromorphologie des sols (Brewer, 1972 ; Valentine et Dalrymple, 1976 ; Kemp, 1998).

Ces constats pourraient être élargis aux sites où des restes en terre ont été localisés dans un contexte pédosédimentaire similaire à celui d'Ablis, c'est-à-dire sous l'horizon cultivé, dans les unités plus fortement impactées par la bioturbation. La question se pose également pour les successions de sols d'occupation décelées en lame mince, comme en région Centre-Val de Loire sur les sites des Carreaux à Prunay-le-Gillon, des Friches de Frotville à Sours ou encore des Grands Noyers à Gas (Wattez et Onfray, 2014 ; Onfray et Wattez, 2015 ; Onfray, 2019) où les faciès anthropiques apparaissent étonnamment bien conservés. Dans la plupart des études, le substrat des sites est par ailleurs rarement documenté en lame mince, alors que son examen détaillé devrait constituer la base des études. L'élaboration plus systématique d'un référentiel de traits naturels (à partir de lames minces issues du substrat) et de traits anthropiques (à partir d'éléments façonnés avérés) semble en effet indispensable afin de limiter le biais d'équifinalité, de même que l'intégration de ce référentiel dans les rapports et publications. La réalisation de datations OSL pourrait également s'avérer utile dans certains cas.

5.3. HYPOTHÈSES SUR LA PROVENANCE DES OBJETS EN ÉPANDAGE DANS L'HORIZON BT1

La présence de vestiges épars de différentes époques dans le sol, sans concentration notable et selon des densités faibles, est souvent difficile à expliquer. A Ablis, plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer cette configuration.

5.3.1. Occupations résidualisées

Une première hypothèse consiste à considérer que les occupations se sont déroulées directement sur place (ou à proximité immédiate), sur une surface proche de celle actuelle, et que le ou les niveaux occupés se sont secondairement résidualisés par évacuation de leur fraction fine, fragmentation et altération d'une partie des vestiges (en particulier par les labours). La rareté des structures et le très faible taux d'anthropisation des UPS n'argumentent pas dans ce sens. Nous ne pouvons toutefois pas exclure complètement cette hypothèse dans le cas d'occupations à faible impact sur le sol.

5.3.2. Apports par les amendements

Une partie du mobilier en épandage rencontré pourrait également s'expliquer par la pratique de la fumure, un phénomène sous-estimé dans la formation des épandages archéologiques (Poirier et Nuninger, 2012). Il reste cependant difficile à quantifier. A Ablis, la répartition du mobilier apparaît localement contrainte par l'ancien parcellaire, ce qui peut plaider en faveur de cette hypothèse.

5.3.3. Apports par colluvionnement

L'origine colluviale des dépôts ou des vestiges est souvent proposée par habitude ou confort intellectuel. A Ablis, l'hypothèse d'une provenance des mobiliers par l'érosion d'occupations situées plus en amont se heurte toutefois à la présence des revêtements illuviaux argileux orangés dans l'horizon BT1 et dont la formation implique une longue phase de pédogenèse sous couvert forestier. Ceux observés en position primaire dans l'UPS2 semblent en effet incompatibles avec une mise en place synchrone de cette unité et de son contenu archéologique par colluvionnement (ni même avec un remaniement par le labour qui, à terme, provoque la destruction de ces illuviations anciennes). En outre, l'horizon E, qui s'est formé au cours de la pédogenèse luvisolique holocène, est toujours présent dans la

séquence étudiée puisqu'il constitue le support de l'horizon labouré. Il est également présent plus en amont du site. Cette configuration indique que, si des processus érosifs ont eu lieu, ils ont été superficiels. Enfin, aucune limite pouvant correspondre à une troncature érosive n'a été observée en coupe ou décelée par les analyses. Ainsi, l'hypothèse colluviale ne peut être mise en avant pour expliquer à elle seule la présence de mobilier dans l'UPS2.

5.3.4. Rôle de la bioturbation

Les nombreux stigmates provoqués par la bioturbation nous amènent à proposer un autre mécanisme impliqué dans la formation du site : l'enfouissement progressif des vestiges par la bioturbation. Ce processus permet d'expliquer la présence d'objets épars et d'âge variable dans la partie supérieure de l'horizon BT1. Il est également compatible avec la préservation des traits illuviaux anciens. L'intégration des vestiges dans le sol s'opère à la fois par la descente des objets le long des conduits biologiques (Fig. 3f) et par la remontée progressive de la terre en surface par les organismes (Fig. 3g). L'estimation des taux d'enfouissement varie assez fortement d'une étude à l'autre. Si l'on retient la fourchette comprise entre 0,25 et 0,4 mm/an (Richards Humphreys, 2010), la profondeur atteinte en un millénaire avoisine environ 25 à 40 cm. Juste après l'abandon des objets en surface du sol, les taux d'enfouissement apparaissent toutefois encore plus élevés (Butt et al., 2016). L'enfouissement des vestiges par la faune du sol est rarement pris en compte par la communauté archéologique dans l'étude taphonomique des sites (Schwartz, Gebhardt 2011). Ce mécanisme est pourtant bien documenté (Balek, 2002 ; Johnson, 2002 ; Feller et al., 2003 ; Morin, 2006 ; Walkington, 2010).

Seule une étude taphonomique précise des mobiliers permettrait de préciser ou nuancer la contribution relative de ces différents processus. Une origine mixte des vestiges est pour le moment vraisemblable, limitant de fait la lecture archéologique des plans de leur répartition.

6. Conclusions

La fouille du site des Genêts à Ablis n'a pas confirmé la présence d'aménagements en terre crue décelés initialement, ce que la plupart des résultats analytiques ont également confirmé. Notre étude montre que les organisations architecturales perçues durant l'évaluation ont été confondues avec des traits pédologiques naturels, démontrant ainsi que les faciès diagnostics d'un travail de la terre aux échelles microscopiques ne sont sans doute pas aussi nombreux que ne le suggèrent les publications. Ces organisations sont provoquées à la fois 1) par l'évolution structurale et géochimique d'un dépôt lœssique à partir du Dernier maximum glaciaire et 2) par la bioturbation, à l'origine de nombreux microfaciès qui, dans certains cas, imite une action humaine. Cette convergence entre faciès naturels et faciès anthropiques est fréquente dans les disciplines archéologiques. Elle constitue cependant un terrain d'étude encore peu exploré dans la reconnaissance des témoins architecturaux en terre crue. Enfin, la formation de la nappe d'objets située dans la partie supérieure du Luvisol résulte d'une histoire taphonomique complexe faisant intervenir plusieurs processus naturels (colluvionnement, résidualisation, bioturbation, etc.), limitant ainsi son exploitation archéologique.

Remerciements

Il nous est agréable de remercier S. Deschamps et B. Triboulot du Service Régional d'Archéologie d'Île-de-France pour le suivi scientifique de la fouille, ainsi que C. Gilabert (CTRA Centre Nord), de même que T. Rouxel et J.-M. Gabillon de la société Tepacter, pour leur intérêt à nos travaux et pour leur disponibilité. Nos remerciements s'adressent également à A. Morin et A. Taylor (Paléotime) et à toute l'équipe de fouille (J.-B. Caverne, G. Gazagnol, G. Lamerant, A. Obón, A. Roy), de même qu'à G. Stoops pour la relecture constructive de cet article.

Références

Antoine, P., Coutard, S., Guerin, G., Deschodt, L., Goval, E. and Locht, J.-L., Paris C., 2016. Upper Pleistocene loess-palaeosol records from Northern France in the European context: Environmental background and dating of the Middle Palaeolithic. *Quaternary International*, 411, 4-24.

Armour-Chelu, M. and Andrews, P., 1994. Some effects of bioturbation by earthworms (Oligochaeta) on archaeological sites. *Journal of Archaeological Science*, 21, 4, 433-443.

Bailleux, A., Bailleux, G., Hamon, T., Coussot, C. and Wattez, J., 2015. L'habitat stratifié de Prasville. *Archéopages*, 42, 26-27.

Baize D. and Girard M.-C., 2009. *Référentiel pédologique 2008*. Association Française pour l'Etude du Sol, Quae, Versailles.

Baize, D. and Jabiol, B., 2011. *Guide pour la description des sols*. Quae, Versailles.

Balek, C. L., 2002. Buried artifacts in stable upland sites and the role of bioturbation: a review. *Geoarchaeology*, 17, 1, 41–51.

Bertran, P., Andrieux, E., Antoine, P., Coutard, S., Deschodt, L., Gardère, P., Hernandez, M., Legentil, C., Lenoble, A., Liard, M., Mercier, N., Moine, O., Sitzia, L. and Van Vliet-Lanoë, B., 2013. Distribution and chronology of Pleistocene permafrost features in France: Database and first results. *Boreas*, 43, 3, 699-711.

Bertran, P., Bordes, J.-G., Todisco, D. and Vallin, L., 2017. Géoarchéologie et taphonomie des vestiges archéologiques : impacts des processus naturels sur les assemblages et méthodes d'analyse. In : *TaphonomieS* (Éd. J.-P. Brugal), 123-156. CNRS-INEE, Paris.

Bouché, M., B., 2014. *Des vers de terre et des hommes, découvrir nos écosystèmes fonctionnant à l'énergie solaire*. Actes Sud, Paris.

Brewer, R., 1972. The basis of interpretation of soil micromorphological data. *Geoderma*, 8, 2-3, 81-94.

Bricon, C. and Ménillet, F., 1971. Carte géologique de la France au 1/50000, Dourdan, XXII-16. BRGM, Orléans.

Brutus, F., Blaser, R., Coussot, C., Mouchene-Borys, C., Rouppert, V., Wattez, J., Belarbi, M., Hamon, T., Irribarria, R. and Leconte, L., 2015. Ablis « Les Genêts », Île-de-France, Yvelines (78). Rapport de diagnostic. Inrap, SRA Île-de-France. 157 pp.

Butt, K. R., Callaham Jr, M. A., Loudermilk, E. L. and Blaik, R., 2016. Action of earthworms on flint burial - A return to Darwin's estate. *Applied Soil Ecology*, 104, 157-162.

Cammas, C., 2018. Micromorphology of earth building materials: Toward the reconstruction of former technological processes (Protohistoric and Historic Periods). *Quaternary International*, 483, 160-179.

Canti, M. G., 2003. Earthworm Activity and Archaeological Stratigraphy: A Review of Products and Processes. *Journal of Archaeological Science*, 30, 2, 135-148.

Crahet, M., Righi, D., Fedoroff, N., Vermeire, R. and Amat, J.P., 1981. Carte pédologique de France à 1/100000, Chartres, J-8. Institut national de la recherche agronomique, Versailles.

Davidson, D. A., 2002. Bioturbation in Old Arable Soils: Quantitative Evidence from Soil Micromorphology. *Journal of Archaeological Science*, 29, 11, 1247-1253.

De Chazelles, C.-A., 2016. Problématiques et méthodes des recherches sur les vestiges de construction et de mobiliers en terre crue. In : *L'usage de la terre à bâtir en France non méditerranéenne durant la Protohistoire : du petit mobilier à l'architecture* (Éd. R. Issenmann, T. Nicolas), 3-14. Bulletin de l'APRAB, supp. 2, Dijon.

De Chazelles, C.-A. and Roux, J.-C., 2010. La construction en terre crue en France méditerranéenne. In : *Archéologie des rivages méditerranéens : 50 ans de recherche* (éd. X. Delestre, H. Marchesi), 343-347. Errance, Paris.

Dearing, J. A., 1999. *Environmental magnetic susceptibility using the Bartington MS2 system*. Chi Publishing, Kenilworth.

Fedoroff, N. and Courty, M.-A., 1987. Paléosols. In : *Géologie de la Préhistoire* (Éd. J.-C. Miskowsky), 251-280. Géopré, Maison de la Géologie, Paris.

Feller, C., Brown, G. G., Blanchart, E., Deleporte, P. and Chernyanskii, S. S., 2003. Charles Darwin, earthworms and the natural sciences: various lessons from past to future. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 99, 1-3, 29-49.

Friesem, D., Wattez, J. and Onfray, M., 2017. Earth Construction Materials. In : *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology* (Éd. C. Nicosia, G. Stoops), 99-110. John Wiley & Sons, Hoboken.

Galbraith, R. F., Roberts, R. G., Laslett, G. M., Yoshida, H. and Olley, J. M., 1999. Optical dating of single and multiple grains of quartz from Jinmium rock shelter, northern Australia: Part I, Experimental design and statistical models. *Archaeometry*, 41, 2, 339-364.

Gaucher, G., 1968. *Traité de pédologie agricole, le sol et ses caractéristiques agronomiques*. Dunod, Paris.

Gebhardt, A., Fechner, K. and Occhietti, S., 2014. Grandes phases de pédogenèse, d'érosion et d'anthropisation des sols au cours de la seconde moitié de l'Holocène en Lorraine (France). *ArchéoSciences*, 38, 1, 7-29.

Gutherz, X., Jallot, L., Wattez, J., Borgnon, C., Roux, J.-C., Thouvenot, Y., Orgeval, M., Blaise, E., Cros, J.-P., Diaz, A., Dubosq, S., Escallon, G., Fellot-Girard, J., Guerrero, Y., Kaenel, S., Raux, A., Recchia, J. and Rousselet, O., 2011. L'habitat néolithique final de la Capoulière IV (Mauguio, Hérault) : présentation des principaux résultats 2004-2007. In : *Marges, frontières et transgressions, actualité de la recherche*. Actes des 8e Rencontres Méridionales de Préhistoire Récente, Marseille, 7 et 8 novembre 2008 (Éd. I. Sénépart, T. Perrin, E. Thirault, S. Bonnardin), 413-438. Archives d'Ecologie Préhistorique, Toulouse.

Hamon, T., Creusillet, M.-F., Onfray and Sours, M., 2014. Les Hauts de Flotville (Eure-et-Loir), mise en évidence de sols néolithiques et protohistoriques en plaine de Beauce, approches et limite de terrain et d'étude. In : *Méthodologies des recherches de terrain sur la Préhistoire récente en France, Nouveaux acquis, nouveaux outils, 1987-2012*. Actes des premières Rencontres Nord/Sud de Préhistoire récente, Marseille, 23-25 mai 2012 (éd. I. Sénépart, C. Billard, F. Bostyn, I. Praud, E. Thirault), 349-354. Archives d'Ecologie Préhistorique, Toulouse.

Hauzeur, A., 2006. *Le Rubané au Luxembourg : contribution à l'étude du Rubané du Nord-Ouest européen.* Collection ERAUL, 114, Université de Liège.

Hauzeur, A. and Rué, M., 218. Ablis « les Genêts » : regards croisés sur la reconnaissance d'aménagements en terre. Rapport final d'opération, fouille préventive. Paléotime, SRA Île-de-France. 242 pp.

Hulin, G., Broes, F. and Fechner, K., 2012. Caractérisation de phénomènes anthropiques par la mesure de paramètres magnétiques sur surface décapée : premiers résultats sur le projet Canal Seine-Nord Europe. *ArchéoSciences*, 36, 61-70.

Jagercikova, M., Evrard, O., Balesdent, J., Lefèvre, I. and Cornu, S., 2014. Modeling the migration of fallout radionuclides to quantify the contemporary transfer of fine particles in Luvisol profiles under different land uses and farming practices. *Soil and Tillage Research*, 140, 82-97.

Jamagne M., 2011. *Grands paysages pédologiques de France*. Quae, Versailles.

Johnson, D. L., 2002. Darwin would be proud: bioturbation, dynamic denudation, and the power of theory in science. *Geoarchaeology*, 17, 1, 7-40.

Kemp, R. A., 1998. Role of micromorphology in paleopedological research. *Quaternary International*, 51, 133-141.

Kemp, J., Pietsch, T. J. and Olley, J., 2014. Digging your own grave: OSL signatures in experimental graves, *Journal of Human Evolution*, 76, 77-82.

Kooistra, M. J. and Pulleman, M. M., 2010. Features related to faunal activity. In : *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths* (Éd. G. Stoops, V. Marcelino, F. Mees), 397-418. Elsevier, Amsterdam.

Langohr, R., 2001. L'anthropisation du paysage pédologique agricole de la Belgique depuis le Néolithique ancien, apports de l'archéopédologie. *Etudes et Gestion des Sols*, 8, 2, 103-118.

Lewis, H., 2012. *Investigating Ancient Tillage, An experimental and soil micromorphological study.* BAR International Series, 2388, Archaeopress, Oxford.

Makó, A., Tóth, G., Weynants, M., Rajkai, K., Hermann T., and Tóth, B., 2017. Pedotransfer functions for converting laser diffraction particle-size data to conventional values: Conversion of particle-size distribution data. *European Journal of Soil Science*, 68, 5, 769-782.

Masuch, A. and Ziessow, K.-H., 1985. Reconstructing Linear Culture houses : theoretical and practical contributions. *Helinium*, XXV, 1, 58-93.

Morin, E., 2006. Beyond stratigraphic noise: Unraveling the evolution of stratified assemblages in faunalturbated sites. *Geoarchaeology*, 21, 541-565.

Murray, A. S. and Wintle, A. G., 2000. Luminescence dating of quartz using an improved regenerative-dose single-aliquot protocol. *Radiation Measurements*, 32, 57-73.

Noël, J.-Y., Onfray, M., Chamaux, G. and Rodot, M.-A., 2015. Approche pluridisciplinaire des nappes de mobilier en contexte de plateau : mise en évidence d'un habitat de la fin du Néolithique à Gas « Les Grands Noyers » (Eure-et-Loir). In : *Occupations et exploitations néolithiques, et si l'on parlait des plateaux…* Actes du 31e colloque Internéo, Châlons-en-Champagne, octobre 2013 (Éd. C. Laurelut, J. Vanmoerkerke J.), 7-34. Bulletin de la Société archéologique champenoise, Reims.

Onfray, M., 2019. Revisiter le paradigme du « sol néolithique disparu » : géoarchéologie des modes d'occupation de la fin du Néolithique dans le sud-ouest du Bassin parisien, Le cas du site « les Grands Noyers » à Gas (Eure-et-Loir). *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 116, 1, 41-72.

Onfray, M. and Wattez, J., 2015. Les nappes de mobilier en Beauce : état de la question et apport de la géoarchéologie pour leur compréhension. In : *Occupations et exploitations néolithiques, et si l'on parlait des plateaux…* Actes du 31e colloque Internéo, Châlons-en-Champagne, octobre 2013 (Éd. C. Laurelut, J. Vanmoerkerke J.), 61-73. Bulletin de la Société archéologique champenoise, Reims.

Petronille, M., 2009. Contribution à la caractérisation du type d'occupation des sols à partir des propriétés magnétiques. Thèse de doctorat. Institut de Physique du Globe, Paris. 354 pp.

Piron, D., Pérès, G., Hallaire, V. and Cluzeau, D., 2012. Morphological description of soil structure patterns produced by earthworm bioturbation at the profile scale. *European Journal of Soil Biology*, 50, 83-90.

Poirier, N. and Nuninger, L., 2012. Techniques d'amendement agraire et témoins matériels, Pour une approche archéologique des espaces agraires anciens. *Histoire & Sociétés Rurales*, 2, 38, 11-50.

Richards, P. J. and Humphreys, G. S., 2010. Burial and turbulent transport by bioturbation: a 27-year experiment in southeast Australia. *Earth Surface Processes and Landforms*, 35, 7, 856-862.

Riche, C., Baudry and A.-C., Cammas, C., 2016. L'architecture en terre du site de Choisy-au-Bac (Oise), Exemple d'une approche croisée des données archéologiques et micromorphologiques, Données de terrain et perspectives d'étude. In : *L'usage de la terre à bâtir en France non méditerranéenne durant la Protohistoire : du petit mobilier à l'architecture* (éd. R. Issenmann, T. Nicolas), 15-25. Bulletin de l'APRAB, supp. 2, Dijon.

Sauzet, O., 2016. Quantification par approche micromorphologique couplée à de l'analyse d'images de l'effet de la mise en culture et de l'apport de matières organiques sur l'intensité et la dynamique des processus de lessivage et de bioturbation à l'échelle pluri-décennale. Thèse de doctorat. Université Paris-Saclay, AgroParisTech. 239 pp.

Schwartz, D. and Gebhardt, A., 2011. L'enfouissement de vestiges archéologiques par la bioturbation. *Etudes et Gestion des Sols*, 18, 4, 287-300.

Seilacher, A., 2007. Burrows of Stripminers. In : *Trace Fossil Analysis* (Éd. A. Seilacher), 103-116. Springer, Berlin.

Sénépart, I., Wattez, J., Jallot, L., Hamon, T. and Onfray, M., 2015. La construction en terre crue au Néolithique, Un état de la question. *Archéopages*, 42, 6-19.

Stein, J. K., 1983. Earthworm activity: a source of potential disturbance of archaeological sediments. *American Antiquity*, 48, 2, 277-289.

Stoops, G., 2003. *Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections*. Soil Science Society of America, Madison.

Thompson, M. L., Fedoroff, N. and Fournier, B., 1990. Morphological features related to agriculture and faunal activity in three loess-derived soils in France. *Geoderma*, 46, 4, 329-349.

Valentine, K. W. G. and Dalrymple, J. B., 1976. Quaternary buried paleosols: a critical review. *Quaternary Research*, 6, 2, 209-222.

Walkington, H., 2010. Soil science applications in archaeological contexts: A review of key challenges. *Earth-Science Reviews*, 103, 3-4, 122-134.

Wattez, J. and Onfray, M., 2014. La question des sols d'occupation néolithiques : apports de la géoarchéologie à leur identification et à leur interprétation. In : *Méthodologies des recherches de terrain sur la Préhistoire récente en France, Nouveaux acquis, nouveaux outils, 1987-2012*. Actes des premières Rencontres Nord/Sud de Préhistoire récente, Marseille, 23-25 mai 2012 (Éd. I. Sénépart, C. Billard, F. Bostyn, I. Praud, E. Thirault), 317-331. Archives d'Ecologie Préhistorique, Toulouse.

Wattez, J., Peinetti, A., Onfray, M., Mylona, P. and Eddargach, W., 2018. Le second œuvre dans les habitats de Préhistoire récente : première synthèse géoarchéologique sur les sols construits. In : *Construction en terre crue, Torchis, techniques de garnissage et de finition, Architecture et mobilier.* Echanges transdisciplinaires sur la terre crue, 2016, vol. 4 (Éd. C.-A. De Chazelles, E. Leal, A. Klein), 279-292. Editions de l'Espérou, Montpellier.

3.3. Micromorphologie des restes de construction en terre du site de Mitra 5 à Garons (Gard) : référentiel et premiers résultats

Cette contribution à l'étude du site de Mitra à Garons, au sud-est de Nîmes, complète les résultats précédents. Ce site est caractérisé par un système fossoyé témoignant de plusieurs phases d'occupation au cours de la culture de Fontbouïsse, entre 2700 et 2300 BCE environ. L'étude micromorphologique présentée est extraite du rapport de la fouille menée entre fin 2016 et début 2017 sous la direction de Marie Laroche :

Laroche M., Parisot N., Recq C., Orgeval M., Remicourt M., Renaud A., Grange G., Charbouillot S., Battentier J., Marquebielle B., Rué M., Lafont V., Chateauneuf F., Curé A.-M., Magnin F., 2020, *L'occupation fonbuxienne de Mitra 5 à Garons (Gard),* rapport final d'opération, fouille préventive, SRA Occitanie, Montpellier, Paléotime, Villard-de-Lans, 5 vol., 1706 p.

J'ai rédigé l'intégralité du texte présenté.

CHAPITRE 13 : MICROMORPHOLOGIE DES RESTES DE CONSTRUCTION EN TERRE DE MITRA 5 : RÉFÉRENTIEL ET PREMIERS RÉSULTATS

Mathieu Rué

13.1. Introduction

Dès sa découverte, le site néolithique final de « Mitra 3 et 5 » a révélé la présence de restes architecturaux en terre dans le comblement des fossés (des fragments de torchis, Bovagne *et al.* 2011), mais c'est surtout lors de la fouille de la partie méridionale du site que ces éléments se sont avérés nombreux et bien conservés (Sendra *et al.* 2013). L'étude micromorphologique, réalisée sur une coupe de l'enclos FO15, a mis en évidence l'existence de la base d'un mur en terre massive s'appuyant sur le fond du fossé et conservé en place sur une hauteur comprise entre 30 et 40 cm (étude M. Onfray *in* Sendra *et al.* 2013, p. 178 [1]).

Autre point notable, le site présente la particularité d'être implanté dans le comblement limono-sableux d'un paléovallon pléistocène s'ouvrant vers le sud-est alors qu'ailleurs le substrat est constitué par des matériaux grossiers à plus faible support matriciel (*cf.* Chapitre 2). Dès le début de la phase de fouille, ce contraste lithologique nous a interrogés. Ce comblement a-t-il joué un rôle dans le choix d'implantation du site ? On constate en effet que l'emprise du site est centrée dans l'axe du paléovallon (**fig. 13.1**). Et si oui, pourquoi ? Est-ce en raison des propriétés géotechniques du matériau ou bien d'autres critères indépendants de la lithologie, comme par exemple le souhait de profiter des écoulements de surface dans l'éventuelle dépression laissée par l'ancien vallon ? La présence de nombreux restes de construction en terre piégés dans les comblements est venue renforcer la première hypothèse, celle d'une implantation possiblement guidée par la présence d'une importante ressource en terre à bâtir. Dès lors, il nous a semblé justifié d'engager une étude micromorphologique afin de mieux caractériser les matériaux en présence - qu'ils soient naturels ou archéologiques - et de préciser les modalités de mise en œuvre d'une sélection d'éléments architecturaux, de même que leur degré de préservation.

A Mitra 5, l'analyse des faciès sédimentaires a été guidée dès le terrain par les études de la séquence naturelle, du comblement des fossés (C. Recq) et des restes en terre crue/cuite (N. Parisot), ce qui a nécessité plusieurs interventions de notre part sur le chantier. En post-fouille, lors de la sélection des échantillons à étudier, différents prélèvements du substrat ont été choisis afin de constituer dans un premier temps un référentiel de traits naturels. Des restes architecturaux avérés ont également été choisis, comme par exemple des fragments de torchis présentant en surface des empreintes de végétaux. Cette approche globale intégrant à la fois des échantillons naturels et des matériaux façonnés avérés reste encore rare. La plupart des études micromorphologiques récentes consacrées aux matériaux construits n'illustrent en effet pas la diversité et la singularité des faciès naturels propres à chaque site, faciès qui peuvent être confondus avec des organisations anthropiques. Cette confusion, qui repose sur le principe d'équifinalité, est pourtant bien connu en micromorphologie des sols (Brewer 1972 ; Valentine, Dalrymple 1976 ; Kemp 1998). La prise en compte de restes en terre avérés a permis de compléter l'étalonnage. Cette approche préliminaire devrait également être étayée par des tests expérimentaux, ce que nous n'avons pas pu réaliser dans le cadre de cette opération. Nous envisageons toutefois la réalisation de quelques lames minces expérimentales lors de la phase de publication.

1 Dans la publication qui a suivi, il est proposé que ce mur appartienne à un « rempart » longeant le fossé (Sendra *et al.* 2019). Le caractère « en place » de cet aménagement repose uniquement sur l'interprétation des microfaciès.

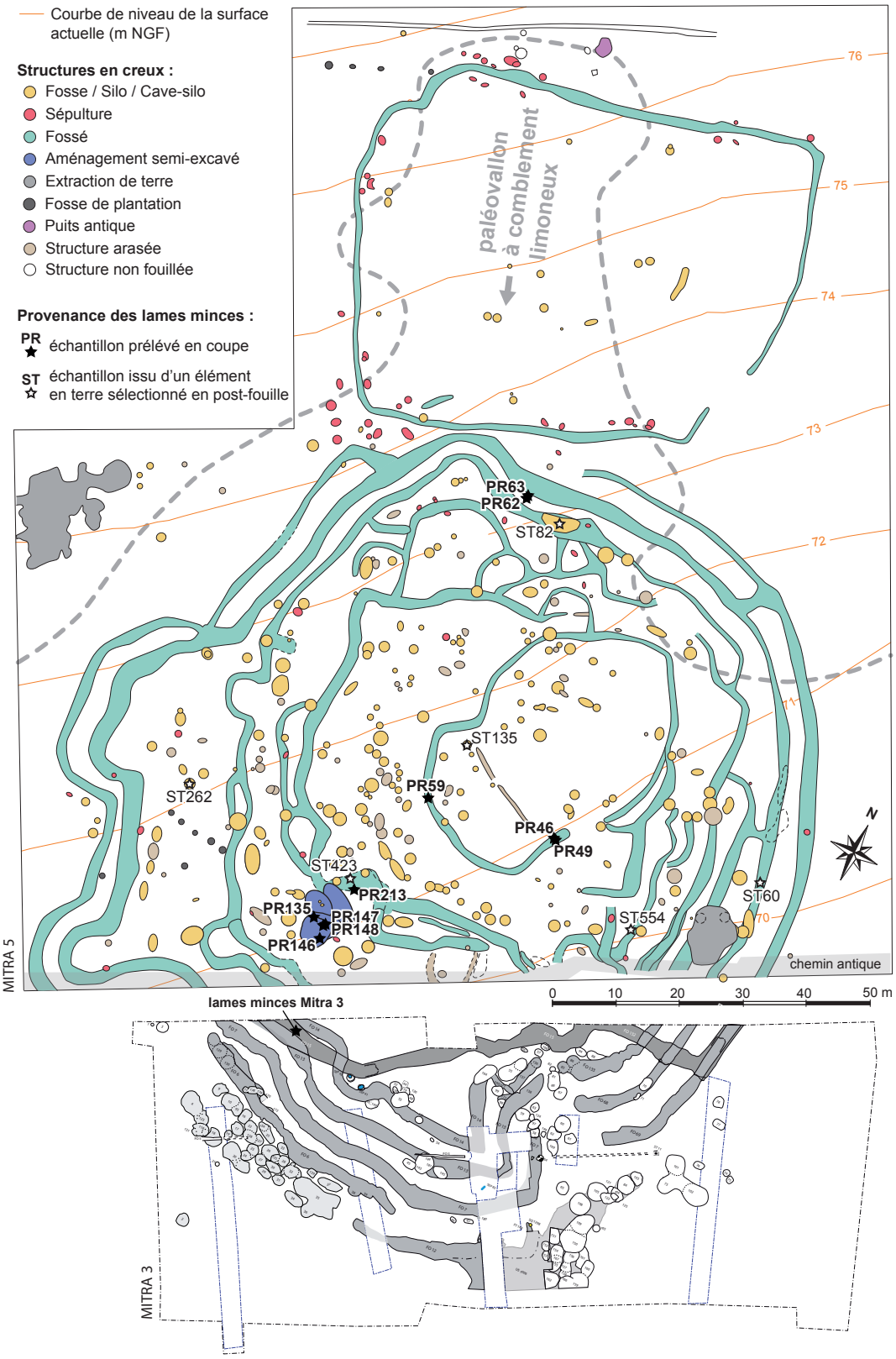


Figure 13.1 : Plan de localisation des échantillons micromorphologiques (M. Rué, M. Laroche). Echelle 1/1000. Le comblement limoneux du paléovallon est matérialisé par la courbe isopaque 1.5 m. Plan de Mitra 3 d'après Sendra et *al.* 2013

13.2. Méthodologie

Plus d'une vingtaine de blocs orientés ont été prélevés et documentés sur le terrain, pour étude ou archivage (*cf.* Inventaire des prélèvements, volume 5). Le substrat limono-sableux du site a également fait l'objet d'un prélèvement plus volumineux en vrac (PR82), dans le but de réaliser des lames minces expérimentales.

Le choix des échantillons à litholameller s'est effectué courant 2017, conjointement avec C. Recq (étude géomorphologique), N. Parisot (étude des restes en terre) et M. Laroche (RO). Au final, dix blocs prélevés directement sur le terrain ont fait l'objet d'une lame mince de grand format (référencée PR n°) auxquels se sont rajoutés six fragments de terre crue ou terre cuite sélectionnés en post-fouille (référencés ST n°). Parmi ces six fragments, tous issus d'éléments construits retrouvés en position secondaire ou en remploi (ST554) :

- trois correspondent à des restes de terre à bâtir avérés macroscopiquement en raison de la présence de négatifs végétaux à leur surface (ST60, ST82, ST135) ;
- un provient d'un élément modulaire en terre cuite (ST554) ;
- un est issu d'une probable élévation en terre massive (ST423) ;
- un provient d'une sole foyère (ST262).

Quatre fragments ont pu être regroupés sur deux lames. Au final, quatorze lames minces de grand format ont été réalisées (**fig. 13.2**).

Le litholamellage a été effectué par P. Dugas au laboratoire PACEA à Pessac (UMR 5199, cellule Transfert Sédiments & Matériaux). Les lames minces ont ensuite été scannées à 600 dpi en utilisant un filtre polarisant (obtention d'un fond noir) ou non (fond blanc). Les observations micromorphologiques ont été réalisées au moyen d'un microscope polarisant Leica DM750 à des grossissements de 25, 40 et 100x. La terminologie utilisée est celle employée par Aurenche *et al.* 2011 pour les modalités de mise en œuvre de la terre crue et par Cammas 2018 pour les traits micromorphologiques associés.

Nous avons profité de notre participation à l'*International Workshop on Archaeological Soil Micromorphology,* qui s'est tenu à Nancy les 11 et 12 avril 2019, pour soumettre toutes les lames minces à la vingtaine de micromorphologues présents, ce qui a permis d'étayer ou nuancer certaines de nos interprétations.

13.3. Résultats et interprétations

Le tableau de la **figure 13.3** donne un aperçu synthétique des résultats. Les **figures 13.4 à 13.7** localisent les lames minces et les clichés associés (**fig. 13.8 à 13.10**).

13.3.1. Substrat du site : identification des faciès naturels

Quatre lames permettent d'observer les principales unités pédosédimentaires (UPS) qui ont été recoupées par les creusements néolithiques (lames PR49, 62, 63 et 148). Toutes montrent un assemblage relativement homogène de particules limono-sableuses selon une fabrique à tendance porphyrique dense, sans évolution notable à l'échelle de la lame, sans doute en raison de l'accrétion progressive du sédiment sous l'effet conjugué des alternances d'humectation-dessiccation et de la bioturbation. Mis à part les lentilles de graviers qui ponctuent l'UPS3 (**fig. 13.4**), aucune figure syn-sédimentaire n'été observée à l'échelle des lames. La lentille de graviers recoupée par la lame PR63 présente une structure matricielle fermée, à matrice sableuse, non triée, ce qui suggère des apports rapides par écoulements hyperconcentrés.

Les particules silicatées, qui occupent plus de la moitié de la matrice, sont principalement représentées par des quartz subanguleux. Les particules carbonatées représentent environ un quart de la matrice. Il est difficile de déterminer l'origine précise de ces grains limono-sableux et encore moins les différents processus sédimentaires impliqués en raison de la forte homogénéisation de la matrice.

Mis à part pour l'UPS5, les traits pédologiques sont caractéristiques d'une pédogenèse peu évoluée de type Cambisol, sans décarbonatation. L'UPS5, uniquement observée dans la moitié inférieure de

Echantillon	Réf. sur lame mince	Localisation	Point topo.	Unité	Nature du prélèvement	Auteur
prélevé en coupe sur le terrain	**PR46**	comblement du fossé ST10, SD B	PT4933	US 10.1	concrétions calcaires (niveau sup.)	C. Recq
	PR49	encaissant du fossé ST10, SD B	PT4936	UPS 5	concrétions calcaires (niveau inf.)	C. Recq
	PR59	comblement du fossé ST10, SD P	PT5459	US 10.1	terre crue, pain de terre ?	M. Rué
	PR62	substrat sur coupe du fossé ST46, SD A	PT5681	UPS 2	limon sableux	M. Rué
	PR63	substrat sur coupe du fossé ST46, SD A	PT5682	UPS 3 et 4	limon sableux	M. Rué
	PR135	ensemble ST257, mur ST413, B4, CP N-S	PT7636	US 413.1	terre crue, sommet dégradé du mur ?	M. Rué
	PR146	ens. ST257, comblement unité dom. ST422, 1/4NE, CP E-O	PT8478	US 422.9	unité sombre, incendie ?	M. Rué
	PR147	ens. ST257, comblement unité dom. ST589, 1/4NE, CP S-N	PT8479	US 589.2	comblement lité	M. Rué
	PR148	ens. ST257, comblement unité dom. ST589, 1/4NE, CP S-N	PT8480	US 589.3, UPS 5	fond de structure et limon sableux	M. Rué
	PR213	comblement du fossé ST261, SD B	PT8954	US 261.7 à 13	comblement lité	C. Recq
sélectionné en post-fouille	**ST60**	comblement du fossé ST60, épandage F481	-	-	terre crue, clayonnage ?, faciès fin jaune	N. Parisot
	ST82	comblement du fossé ST82, A2, CP O-E	-	US 82.2	terre cuite, clayonnage armaturé	N. Parisot
	ST135	comblement de la fosse ST135	-	US 135.8	terre cuite, élément de toiture	N. Parisot
	ST262	comblement de la fosse ST262	-	US 262.2	terre cuite, sole foyère	N. Parisot
	ST423	ens. 257, comblement de l'UD ST423, B7, déc. 1	-	éq. US 423.2	terre crue, élément de mur ?, faciès fin gris	N. Parisot
	ST554	comblement de la tombe en logette dans ST401	-	US 554.4	terre cuite, pain de terre	N. Parisot

Figure 13.2 : Liste des échantillons micromorphologiques (M. Rué).
Présentation par phase d'échantillonnage (terrain puis post-fouille) puis par ordre de numérotation.
Les cellules en grisé indiquent les lames regroupant deux échantillons distincts. Total de 14 lames minces

						Micro-organisation				Traits pédogénétiques et biologiques				Principaux constituants ou traits liés à l'occupation					Traits diagnostics d'un travail de la terre à bâtir			
	Référence sur lame mince	Localisation	Nature du prélèvement	Unité terrain	Unité lame	Texture	Microstructure	Porosité relative	Ruissellement	Revêtements argilo-silteux	Hyporevêtements calcitiques	Intercalations brunes	Traits biologiques	Charbons	Fragments de terre cuite	Coprolithes	Phosphates	Piétinement	Fibres végétales	Fantômes de fibres	Fissures ou vides parallèles	Fabrique en bandes parallèles
substrat du site et formations naturelles (sélection sur terrain)	**PR62**	substrat fossé ST46	limon sableux	UPS 2	UPS 2	LS	Sp, Ca	+		+	+	+	+									
	PR63	substrat fossé ST46	limon sableux	UPS 3	UPS 3	LS, Gr.	Sp, Ca	+		+	+	+	+									
				UPS 4	UPS 4	LS	Sp, Ca	+		+	+	+	+									
	PR148	substrat de l'unité dom. ST589	limon sableux	UPS 5	UPS5	LS	Ca, Sp	+		++	+	+	+									
	PR49	substrat fossé ST10	concrétions calcaires (niveau inf.)	UPS 5	UPS 5	LS	Ca, Sp	+		+	+++	+	+									
	PR46	fossé ST10	concrétions calcaires (niveau sup.)	US 10.7	US 10.7	LS	Ca, Sp	+		+	+++		+	+								
éléments en terre crue/cuite démantelés (sélection en post-fouille)	**ST82**	fosse ST82 (cave-silo ?)	terre cuite, clayonnage armaturé	-	-	LS, Gr.	Sp, Ca	+					+								+	+
	ST135	fosse ST135	terre cuite, élément de toiture	-	-	LS, Gr.	Sp, Ca	+		+	+		+							+	+	
	ST262	fosse ST262	terre cuite, sole foyère	-	-	LS	Ca, Sp	+		+	+	+	+	+			+				+	
	ST554	tombe dans ST401	terre cuite, pain de terre	-	-	LS, Gr.	Sp, Ca	+			+		+	+							+	
	ST60	fossé ST60, F481	terre crue, clayonnage ?, faciès jaune	-	-	LS	Sp	+		+	+	++	+				++					
	ST423	ens. ST257, unité dom. ST423	terre crue, él. de mur ?, faciès gris	éq.US 423.2	-	LS	Ca, Sp	+			++		+				?		+	+		
matériaux à caractériser et interpréter	**PR59**	fossé ST10, sommet	terre crue, élément modulaire ?	US 10.1	US 10.1	LS	Sp, Ca	+		+	+		++									
	PR135	ensemble ST257, mur ST413	terre crue, pains en terre ? sommet dégradé du mur ?	US 413.1	US 413.1b	LS	Sp, Ca	+			+		+	+			?					?
				US 413.1	US 413.1a	LS	Sp, Ca	++			+		++	++	+							
	PR146	ensemble 257, unité domestique ST422	unité sombre, toiture incendiée ?	US 422.9	US 422.9b	LS	Sp, Ca	++	(+)		+		+	++	+					(+)		
				US 422.9	US 422.9a	LS	Sp, Ca	++			+		+	+++	+							
	PR147	ens. ST257, unité dom. ST589	comblement lité, nature et origine ?	US 589.2	US 589.2	LS	Sp, Ca	+	++		+		+									
	PR148	ens. ST257, unité dom. ST589	comblement basale, nature et origine ?	US 589.3	US 589.3	LS	Ca, Sp	+	+	+	+		+	+		+		+				
	PR213	fossé ST261	comblement lité, nature et origine ?	US 261.7	US 261.7	L	Ca, Sp	+	+++		+		+	+								
				US 261.9	US 261.9	LS	Ca, Sp	+					+	++	+					(+)		
				US 261.10	US 261.10	LS	Ca, Sp	+	+				+	+		+	+					
				US 261.13	US 261.13b	LS	Ca, Sp	+					+	+		+	++					
				US 261.13	US 261.13a	LS	Ca, Sp	+					+	++	+		++					

Figure 13.3 : Principales caractéristiques des faciès observés en lame mince (M. Rué).
En grisé, les lames qui ont servi à l'élaboration du référentiel.
Unité lame : a. base, b. sommet.
Texture : L. Limoneuse, LS. limono-sableuse, Gr. Graviers.
Structure : Sp. Spongieuse, Ca. Canaliculaire.
+ à +++ : abondance relative.
(+) signifie que le faciès a été observé dans des agrégats en position secondaire

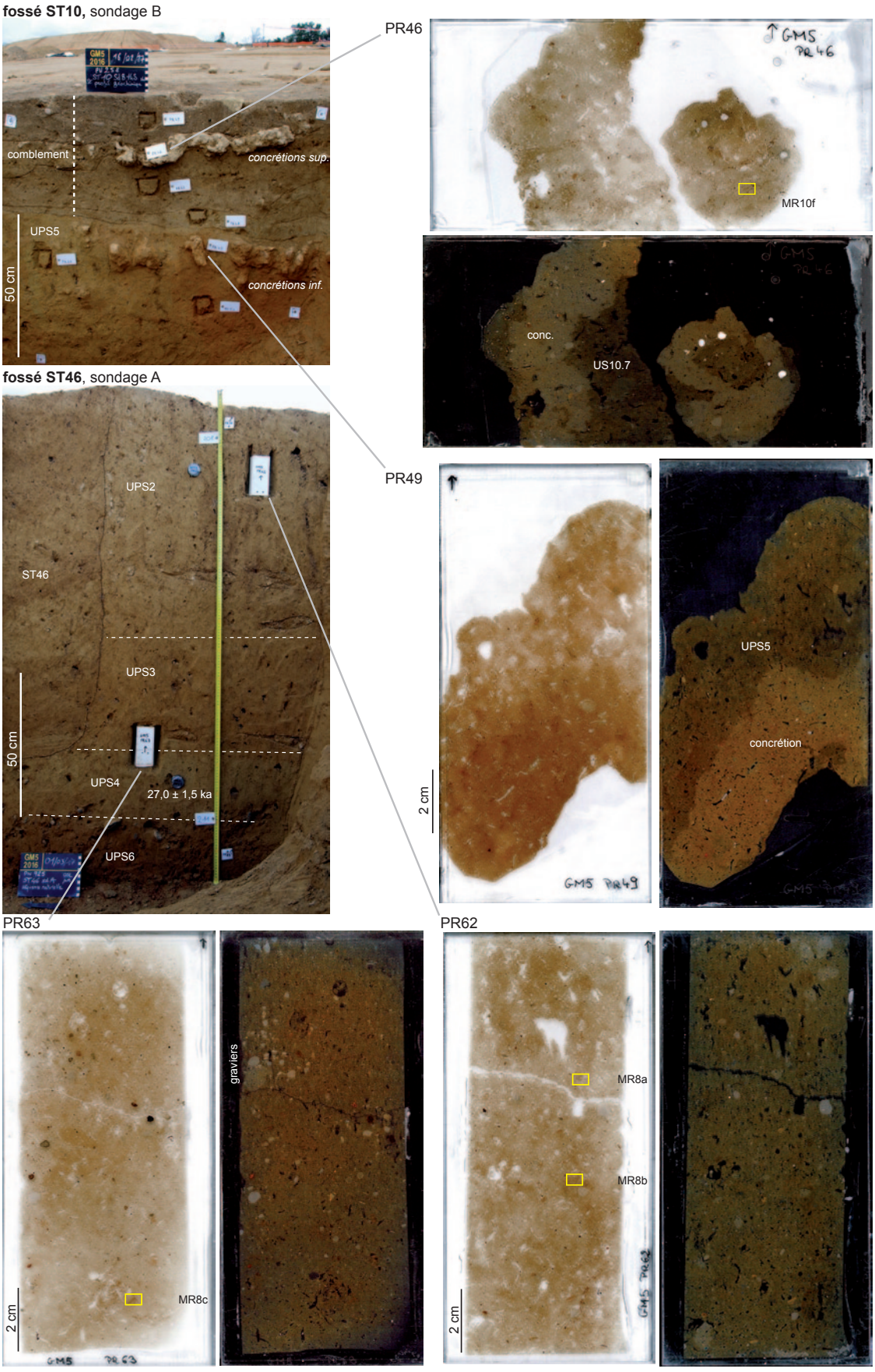


Figure 13.4 : Lames minces : séquence naturelle et concrétions calcaires (M. Rué)

la lame mince (PR 148), présente des revêtements illuviaux plus épais et une légère rubéfaction de la matrice ce qui suggère une phase pédologique plus intense et/ou plus longue (mais qui n'a pas atteint le stade de la décarbonatation).

Quatre principaux traits ont été distingués dans ces unités (**fig. 13.3**) :

- des revêtements illuviaux argilo-silteux, qui apparaissent plus développés en profondeur ;
- des hyporevêtements calcitiques, correspondant le plus souvent à des concrétions développées autour d'anciennes racines (**fig. 13.8a**) ;
- des intercalations brunes, aux formes diverses ;
- une micro-agrégation biologique, omniprésente.

Localement, la matrice présente des intercalations brunes complexes, parfois imbriquées et au relief plus ou moins contrasté (**fig. 13.8b et c**). Ces micro-organisations, provoquées ici par l'activité de la faune du sol, sont présentées comme des figures typiques d'un travail de mise en œuvre ou de préparation de la terre (*e.g.* Wattez 2009 ; Cammas 2018). A Mitra, en raison de leur présence parfois importante dans le substrat, elles ne peuvent pas être considérées comme un indicateur microscopique fiable d'une telle activité.

La présence de particules limoneuses carbonatées dans le substrat explique sans doute son intérêt comme matériau de construction, les carbonates jouant le rôle de ciment lors du séchage. D'autres critères ont également pu jouer, comme la facilité d'extraction de ce matériau et sa capacité à absorber rapidement les liquides (précipitations, rejets, eau utilisée lors de sa mise en œuvre, etc.).

13.3.2. Eléments en terre crue/cuite : recherche d'éléments anthropiques discriminants

Quatre indicateurs potentiellement diagnostiques d'un travail de la terre ont été identifiés dans les témoins sélectionnés en post-fouille (**fig. 13.3**) : présence de fibres végétales, de grains phosphatés, de fissures parallèles et d'une fabrique en bandes parallèles. Nous verrons toutefois que leur pertinence est limitée car ces critères peuvent également être confondus avec d'autres organisations naturelles ou anthropiques.

13.3.2.1. Fibres végétales

Des fibres végétales (ou les pseudomorphoses associées) sont visibles dans le témoin « ST423 » provenant d'un niveau résultant d'un effondrement supposé d'une élévation en terre. Aux échelles microscopiques, les fibres apparaissent particulièrement bien conservées. Elles différent des cellules calcitisées que l'on rencontre ponctuellement dans le substrat. Leur orientation est généralement aléatoire sauf à proximité d'un des grands côtés du fragment où elles apparaissent plus ou moins à plat (**fig. 13.8d**). Elles sont pour la plupart relativement rectilignes et longues d'après la coupe apparente donnée par la lame mince (> 1 cm). Cette configuration, associée à l'absence de figures de fluage dans la matrice, suggère un malaxage de faible intensité et/ou une mise en œuvre singulière de la terre (par lissage ? pour un enduit ?). Ces fibres sont toutefois disposées à plat dans le sens de stratification, au-dessus d'une séquence de limons ruisselés (partie inférieure de de l'US423.5) et la lame mince montre des tâches orangées diffuses imputables à l'hydromorphie. De fait, ces éléments plaident également en faveur d'un dépôt naturel provoqué par stagnation d'eau au fond de l'unité ST423. D'après la fouille et l'étude des restes, une origine mixte est proposée (détérioration naturelle d'une construction initiale en terre, en contexte humide, *cf.* chap. 12), ce qui est compatible avec nos observations. La détermination botanique des fibres permettra sans doute de préciser leur origine (ajout lors de la préparation de la terre ou bien dépôt naturel).

D'autres fibres, plus réduites, ont été identifiées dans certaines unités du comblement du fossé ST261, ou encore à la base de l'unité domestique ST589 mais elles se sont avérées appartenir à des coprolithes (*cf. infra*).

13.3.2.2. Particules phosphatées

Le fossé ST60 a livré des fragments singuliers caractérisés par une teinte jaunâtre et une texture plus fine que les autres éléments recueillis et interprétés comme des restes de clayonnage. La lame mince ST60 réalisée dans un de ces fragments montre que cette teinte est provoquée par des

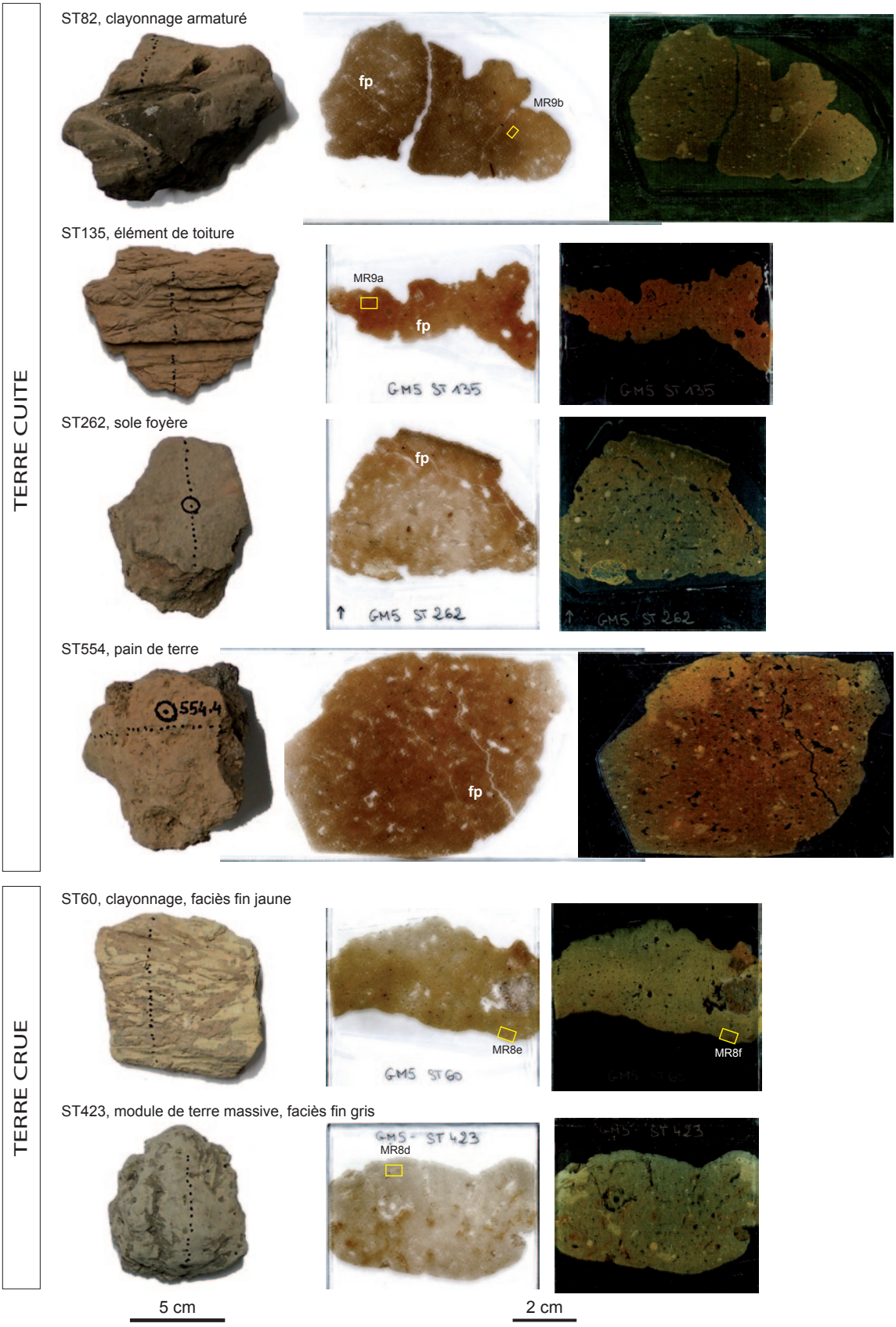


Figure 13.5 : Lames minces : éléments en terre crue/cuite sélectionnés en post-fouille (M. Rué). fp. = fissurations parallèles

produits phosphatés qui sont vraisemblablement issus de la dégradation de grains minéraux de la taille des sables ou des graviers (**fig. 13.8e et f**). La nature précise et l'origine de ces particules nous restent inconnues sans analyse complémentaire. Elles diffèrent nettement des accumulations phosphatées d'origine animale probable décelées dans le fossé ST261 (*cf. infra*). Comme ces particules sont absentes du substrat du site, une origine plus lointaine est probable. Un gravier gréseux phosphaté a également été identifié dans la lame ST262 réalisée dans la sole foyère, mais son caractère isolé ne permet pas d'en dire plus.

La texture plus fine du fragment « ST60 » est générée par un limon quartzeux bien trié et décarbonaté (par diffusion des produits phosphatés ?). A ce stade de l'étude, il est difficile de savoir si ce matériau jaunâtre a été extrait tel quel d'un gisement ou s'il résulte d'une préparation (ajout de grains phosphatés dans du limon) et si oui, dans quel but ? La lame ST60 montre également plusieurs intercalations grises qui plaident en faveur d'un malaxage à l'état humide (même si une origine naturelle n'est pas exclue pour ces figures comme nous l'avons vu précédemment).

13.3.2.3. Fissures parallèles

Quatre restes présentent des fissurations parallèles absentes de la séquence naturelle (lames ST82, ST135, ST262 et ST554). Elles sont généralement identifiables à l'œil nu (**fig. 13.5**). La densité la plus forte a été rencontrée dans un élément de toiture provenant de la fosse ST135 (**fig. 13.9a**). Ces fentes ne sont pas diagnostiques d'un travail de la terre à bâtir. Elles peuvent en effet aussi être générées par le piétinement, comme celles identifiées dans le fond de l'unité domestique ST589 (lame PR148), ou par l'utilisation d'une surface, comme celles visibles au sommet de la sole foyère découverte dans la fosse ST262 (**fig. 13.5**).

13.3.2.4. Fabrique en bandes parallèles

Ce faciès a été mis en évidence dans un fragment de clayonnage armaturé issu du creusement ST82. Les particules allongées (et parfois certains vides) montrent une orientation préférentielle dans le sens du fluage (**fig. 13.9b**). On retrouve cependant ce faciès dans les unités du substrat en périphérie immédiate de certaines galeries biologiques ou dans leur comblement (**fig. 13.8a**).

13.3.2.5. Bilan

L'étalonnage réalisé sur ces différents restes illustre la difficulté de reconnaître aux échelles microscopiques des faciès diagnostiques d'un unique processus, en l'occurrence ici d'une exploitation de la terre comme matériau de construction. Au contraire, notre approche permet de mettre en évidence différentes convergences de faciès, lorsque plusieurs processus aboutissent à une même organisation pédosédimentaire. Ce résultat méthodologique implique donc une grande prudence dans l'interprétation des traits reconnus en lame mince, ce que nos précédents travaux ont par ailleurs déjà illustré (exemples dans Remicourt *et al.* 2012 ; Hauzeur, Rué 2017).

13.3.3. Etude d'une sélection de matériaux : premiers résultats

13.3.3.1. Les éléments modulaires du fossé ST10

La fouille manuelle des unités supérieures du fossé ST10 a abouti à la reconnaissance d'éléments modulaires pouvant appartenir initialement à différents aménagements. Aucune construction *in situ* n'a toutefois été décelée. La lame PR59 visait à documenter un de ces éléments reconnus au sommet du remplissage, de même que son encaissant (**fig. 13.6**). A l'échelle de la lame, la microstructure apparaît très homogène et engendrée par l'activité biologique (agrégats arrondis, porosité canaliculaire, **fig. 13.9c**). Aucune différence significative n'est visible entre l'élément modulaire et l'US 10.1 encaissante. On ne distingue ni fissurations parallèles, ni fabrique orientée. En revanche, des volumes jaunâtres de taille millimétrique à centimétrique, au contour plus ou moins net, sont visibles et bien mis en évidence par la polarisation (**fig. 13.6**). Ils correspondent à des carbonatations secondaires développées le long de la porosité racinaire. Certains apparaissent être en position secondaire. La présence de ces carbonatations, relativement nombreuses ici, explique vraisemblablement l'induration localisée du sédiment et donc, peut-être, la délimitation en fouille manuelle de volumes plus indurés. On note la présence de quelques intercalations, semblables à celles du substrat du site. Ces premières observations plaident plutôt en faveur d'une origine naturelle à ces vestiges. Mais est-ce parce que les stigmates laissés par le modelage des éléments sont ici très ténus ou

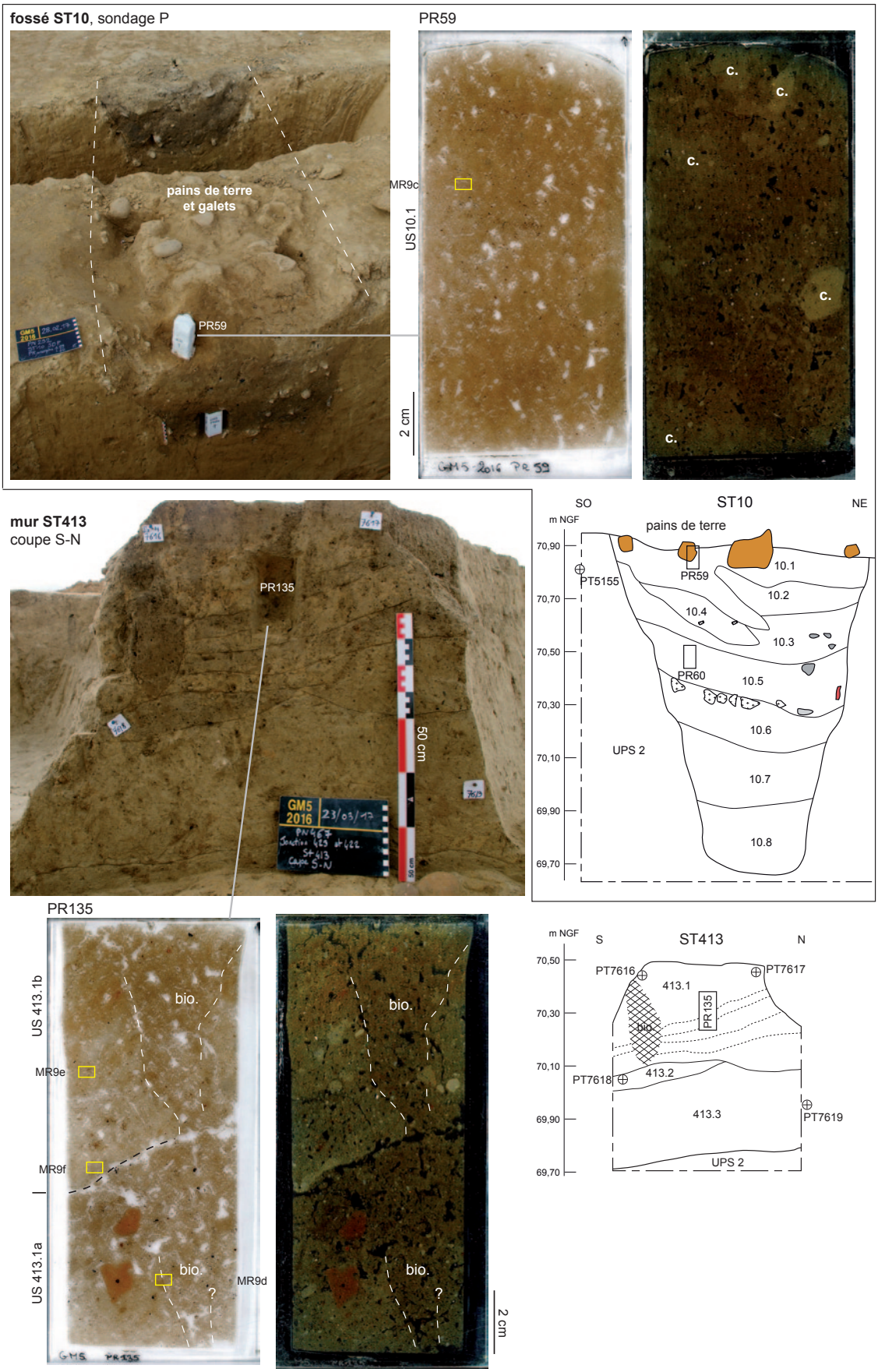


Figure 13.6 : Lames minces : restes d'architecture en terre d'après les observations de terrain (M. Rué).
PR59 : c. concrétion calcaire.
Dessin de la coupe du mur ST413 : relevé A. Vacheret, DAO A. Garziano et N. Parisot.
Dessin du comblement du fossé ST10 : relevé C. Recq, DAO M. Laroche

parce qu'ils ont disparu sous l'effet des processus post-dépositionnels ? En l'absence d'indicateurs évidents (comme par exemple la présence d'ajouts végétaux ou minéraux), il est difficile de conclure. Un biais d'échantillonnage est également possible. Rappelons qu'une lame mince ne livre qu'une image d'une coupe réduite d'environ 13 x 6,5 cm.

A l'échelle de la lame, la matrice n'apparaît pas anthropisée (absence de charbons ou de micro-restes anthropiques). Elle est en revanche proche de celle des UPS2 et 3. Cette unité échantillonnée (US10.1) pourrait de fait correspondre aussi à un remblai issu du substrat (dans le but de niveler la partie supérieure du fossé ?). On sait en effet que le comblement rapide d'une structure en creux génère des volumes hétérogènes (entassement de mottes et de petits agrégats) qui peuvent subsister au cours du temps (Brochier, Ferber 2009). Est-ce que les éléments modulaires délimités au sommet de ST10 ne pourraient-ils pas résulter d'une évolution post-dépositionnelle de mottes non travaillées jetées dans le fossé ? C'est une hypothèse à étudier qui peut expliquer les concentrations d'éléments modulaires dégagées manuellement sur certains sites.

13.3.3.2. Le mur ST413

Ce mur, appartenant à l'ensemble ST257 et séparant deux unités domestiques semi-excavées, a été échantillonné dans son extrémité ouest. La lame PR135 provient du sommet conservé interprété initialement sur le terrain comme résultant d'une construction en pains de terre crue (US413.1). La présence de sous-unités brun jaune à brun sombre inclinées vers le sud, en direction de ST422, nous a interrogés lors du prélèvement. S'agissait-il des dépôts formant la terminaison latérale du comblement de cette unité domestique ou bien réellement de pains encore en place ?

La lame montre au moins deux sous-unités légèrement inclinées vers le sud (US413.1a et 1b) et recoupées par une bioturbation (**fig. 13.6**). Si l'on observe la lame sans tenir compte du contexte stratigraphique général et en sous-estimant les perturbations biologiques, on est tenté d'interpréter cette configuration comme une juxtaposition de plusieurs pains de terre séparés par un liant (à l'emplacement du comblement de la bioturbation). Aux échelles microscopiques, la limite localement nette de cette bioturbation renforce également cette idée (**fig. 13.9d**). Plusieurs indicateurs confirment toutefois que l'on est bien en présence d'une zone remaniée par le passage d'une racine ou d'un animal fouisseur, en particulier la morphologie tubulaire décelable sur le prélèvement et la forte agrégation biologique perceptible en lame mince.

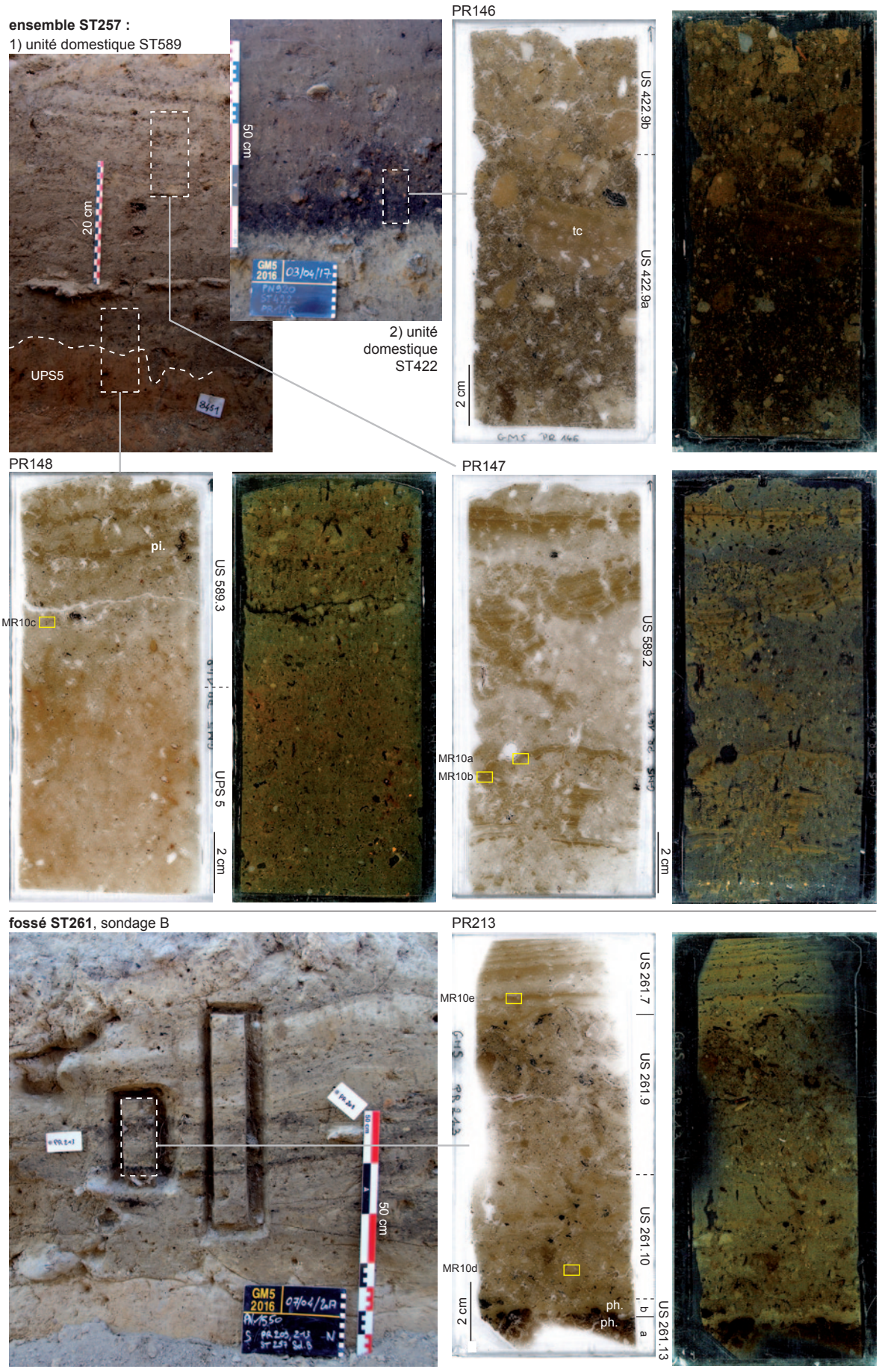
Les sous-unités adjacentes sont caractérisées, pour celles brun jaune, par un matériel limono-sableux proche du substrat et, pour celles plus sombres, par de nombreux micro-restes anthropiques (fragments de terre cuite et charbons de bois en particulier). Aucune association évidente d'indicateurs pouvant suggérer un travail de la terre n'est observée. On distingue toutefois une orientation préférentielle de certaines particules ou certains vides dans le sens du litage, vers le sud (fabrique en bandes parallèles, **fig. 13.9e**). Certaines concrétions secondaires soulignent également ce pendage naturel (**fig. 13.9f**). Cette organisation en conformité avec la stratification générale et l'absence de traits diagnostiques d'un travail de la terre sont manifestes. Au final, la lame PR135 ne permet pas de confirmer l'origine construite de l'US413.1. Elle traduit plutôt une séquence de comblement naturel située en marge de l'unité ST422.

13.3.3.3. Les unités domestiques ST422 et ST589

Trois lames permettent de documenter les comblements de ces unités, de haut en bas (**fig. 13.7**) :

- PR146 : US422.9 constituant un épais niveau repère charbonneux ;
- PR147 : US589.2 marquée par une succession de dépôts d'inondation ;
- PR148 : UPS5 et base de l'US589.3 documentant les premières phases de comblement de l'unité domestique ST589.

La lame PR146 montre un assemblage d'agrégats polygéniques souvent arrondis, avec parfois un mince revêtement charbonneux enrobant, suggérant un déplacement ou un remaniement par la bioturbation. La microstructure localement très ouverte va dans ce sens. Aucun indicateur de piétinement n'est mis en évidence. Deux sous-unités sont distinguées, l'une à la base, plus riche en micro-charbons (US422.9a) et l'autre


ensemble ST257 :
1) unité domestique ST589
20 cm
50 cm
UPS5
2) unité domestique ST422
PR146
US 422.9b
tc
US 422.9a
2 cm
PR148
pi.
MR10c
US 589.3
UPS 5
2 cm
PR147
US 589.2
MR10a
MR10b
2 cm
fossé ST261, sondage B
50 cm
PR213
MR10e
US 261.7
US 261.9
US 261.10
MR10d
2 cm
ph.
ph.
b
a
US 261.13

au sommet, plus carbonaté, d'où sa teinte plus jaune (US422.9b). La lame recoupe également un fragment centimétrique de terre cuite (**fig. 13.7**) qui présente une fabrique en bandes parallèles ainsi que de possibles pseudomorphoses de fibres végétales.

La lame PR147 confirme les interprétations de terrain : les litages recoupés sont constitués par des apports limoneux à granoclassement positif symptomatiques d'épisodes de ruissellement (lits clairs) et de décantation (lits sombres). Plus d'une cinquantaine d'alternances sont enregistrées sur la lame (**fig. 13.7**). L'absence d'incision syn-sédimentaire visible sur le terrain et en lame mince suggère plutôt des phases de ruissellement diffus et de décantation au fond d'un réceptacle, en l'occurrence ici l'unité domestique ST589 (et non des écoulements concentrés). Ces dépôts sont parfois exceptionnellement bien conservés, à l'image de ceux recoupés dans le fossé ST261 (*cf. infra*). Ils sont classiquement rattachés à des épisodes orageux ou pluvieux mais en contexte de creusement anthropique, d'autres origines sont possibles (débordement d'un fossé, changement dans la gestion des écoulements, activité spécifique à proximité, etc.). Ces litages ne contiennent pas d'éléments anthropiques, ce qui est toujours difficile à interpréter à l'échelle d'une seule coupe ou lame mince. Traduisent-ils une phase d'abandon de l'espace ou bien au contraire des écoulements « maîtrisés » ne passant pas par les zones pourvoyeuses en restes anthropiques ? Le bon état de conservation des surfaces séparant les litages indique seulement que ces évènements hydrosédimentaires se sont succédés relativement rapidement dans le temps. La végétation n'a pas eu le temps de coloniser complètement ces surfaces de décantation. L'ordre de grandeur temporel pour la mise en place de deux cycles ruissellement-décantation peut ainsi aller de quelques secondes à quelques jours, mais sans doute pas au-delà.

Le tassement différentiel et surtout la bioturbation sont les principaux agents post-dépositionnels ayant perturbé cette séquence de dépôts. Ces processus sont respectivement mis en évidence par de légères dépressions en creux et par des fragments remaniés ou broyés des dépôts de ruissellement (**fig. 13.10a**). Aucune figure de piétinement n'a été décelée. En revanche, lorsque certaines lamines se condensent, les faciès résultant imitent des surfaces de sol piétiné (**fig. 13.10b**).

Grace à ces litages ou lamines, qui s'étendaient initialement de manière continue et qui donc occupaient toute la largeur de la lame, on peut facilement estimer la surface qui a disparu sous l'effet de la bioturbation. En bas de la lame PR147, le passage de racines ou de terriers a par exemple provoqué la disparition de près de 85 % des dépôts initiaux. En sachant que ces dépôts se sont mis en place rapidement ici, donc en contexte plutôt favorable à la bonne conservation des assemblages archéologiques (i.e. taux de sédimentation élevé), il faut envisager un pourcentage de destruction du message sédimentaire initial encore plus élevé ailleurs, là où les taux de sédimentation sont moindres.

La lame PR148 permet d'observer le fond de l'unité ST589. A la base, on distingue localement des fissurations horizontales peu prononcées qui peuvent résulter du piétinement (**fig. 13.10c**). La matrice contient quelques coprolithes et de rares microcharbons. Les premiers litages imputables à des inondations du fond de l'unité domestique apparaissent rapidement (**fig. 13.7**).

13.3.3.4. Le comblement lité du fossé ST261

La lame PR213 provient du centre du comblement du fossé ST261 situé juste au nord de l'ensemble ST257. Au moins cinq phases de dépôts sont perceptibles, de la plus ancienne à la plus récente (**fig. 13.7**) :

← Figure 13.7 : Lames minces : comblements du fossé ST261 et des unités domestiques ST422 et 589 (M. Rué).
PR146 : tc. fragment de terre cuite.
PR148 : pi. première inondation au fond de ST589.
PR213 : ph. phosphates.

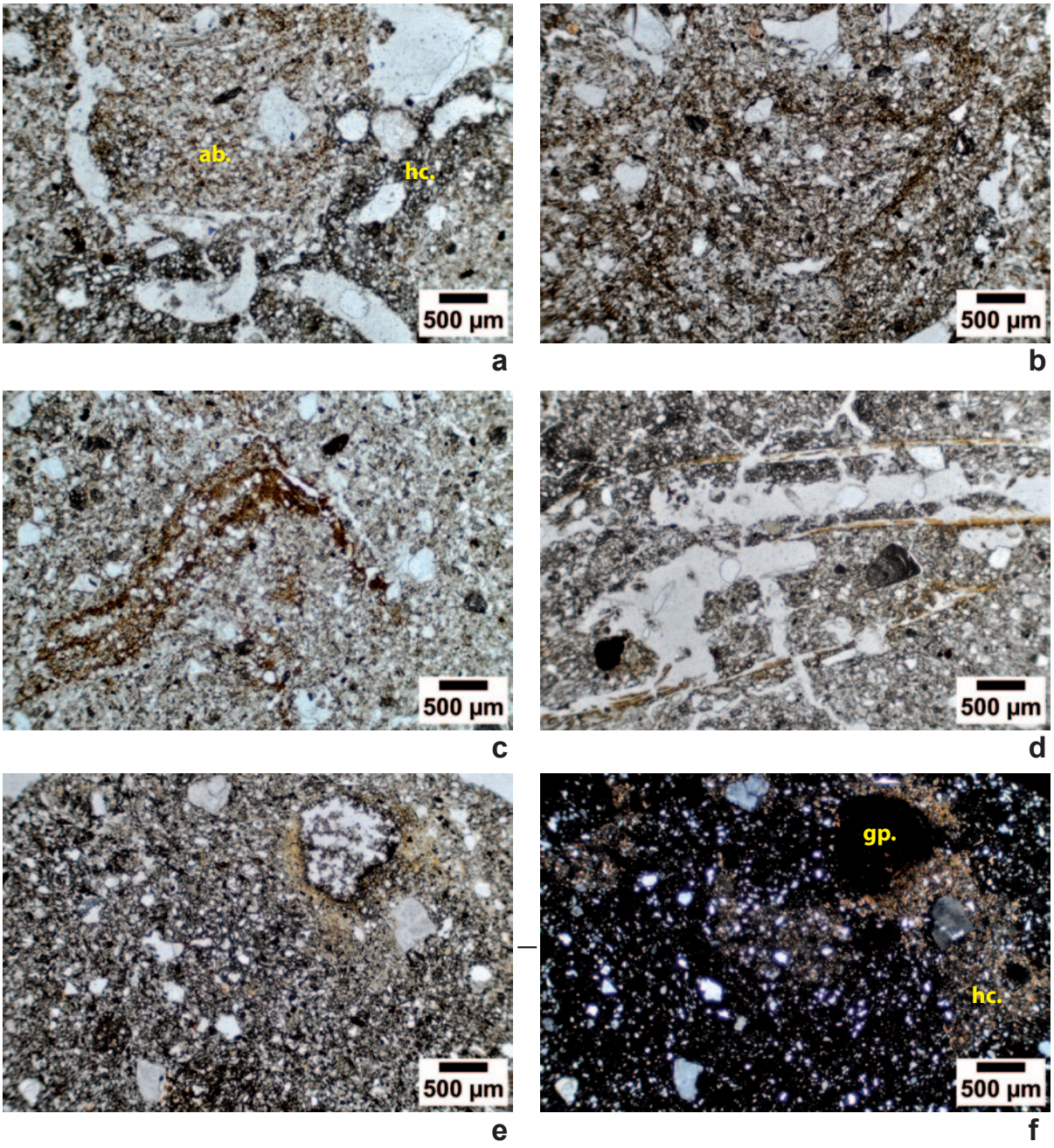


Figure 13.8 : Microfaciès, planche 1 (M. Rué). Lumière analysée non polarisée (sauf f., lumière analysée polarisée).

a. Lame PR62, UPS2, hc. hyporevêtement calcitique (en gris) autour d'un ancien conduit racinaire recoupé longitudinalement ; ab. agrégat biologique à fabrique en bandes parallèles probablement généré par le passage d'un vers (remplissage « bow-like »).

b. Lame PR62, UPS2, intercalations entrelacées d'origine biologique.

c. Lame PR63, UPS4, intercalations associées à des revêtements illuviaux bruns dans le sommet du limon lœssique daté par OSL autour de 27 ka BP.

d. Lame ST423, élément supposé de mur effondré, fibres végétales rectilignes à plat dans le sens de la stratification.

e. et f. Lame ST60, élément supposé de clayonnage, matrice décarbonatée et grain phosphaté (gp.) expliquant la teinte jaune du fragment ; hc. hyporevêtement calcitique autour d'un conduit racinaire coupé transversalement

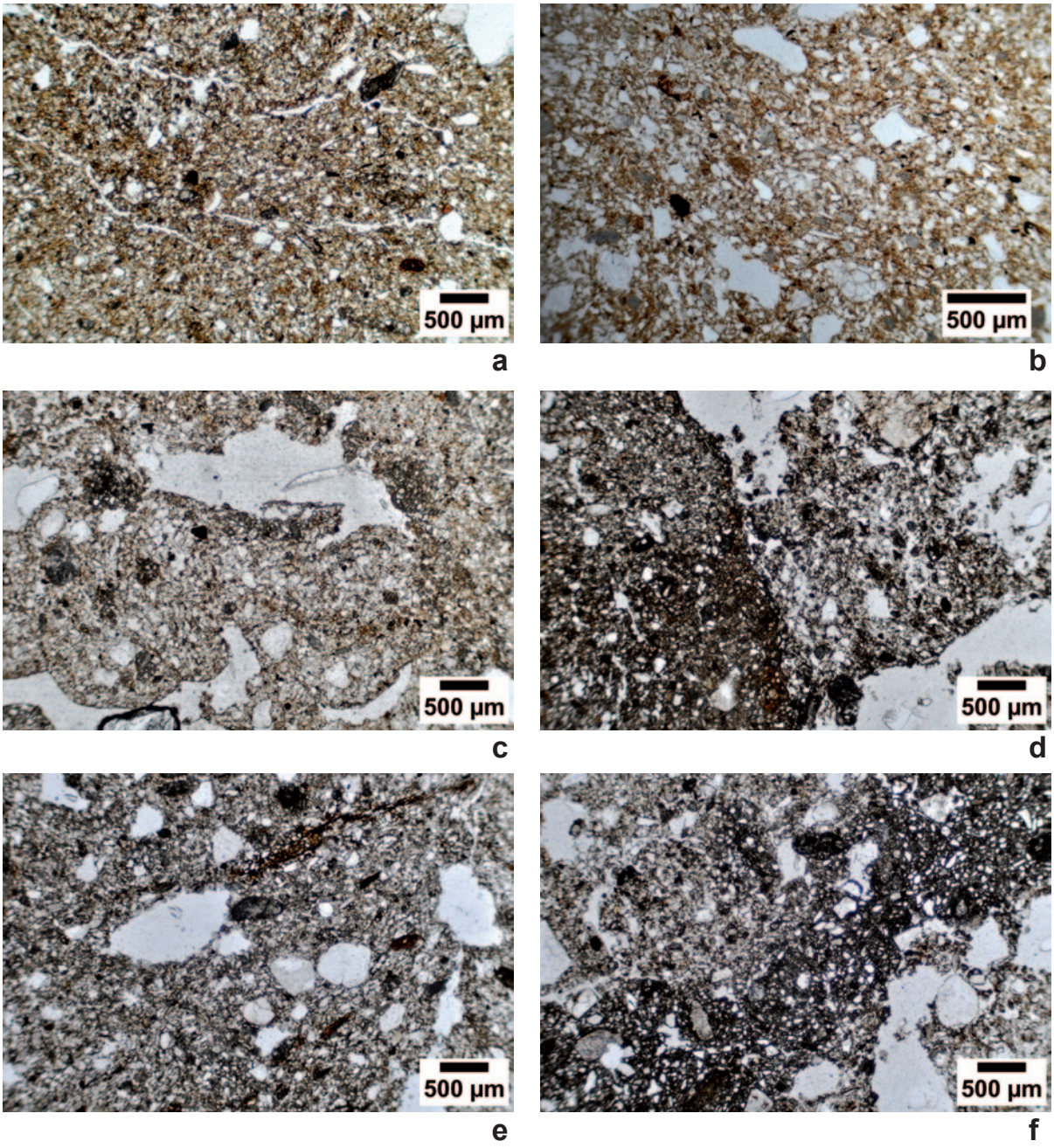


Figure 13.9 : Microfaciès, planche 2 (M. Rué). Lumière analysée non polarisée.

a. Lame ST135, élément de toiture, terre cuite, fissurations parallèles orientées dans le plan de la construction.

b. Lame ST82, clayonnage armaturé, terre cuite, fabrique en bandes parallèles donnée par l'orientation préférentielle des grains lors de mise en œuvre de la terre à l'état humide.

c. Lame PR59, pain de terre supposé, microstructure biologique.

d. Lame PR135, sommet du mur ST413, bordure nette d'un conduit biologique (à droite).

e. et f. Lame PR135, sommet du mur ST413, orientation préférentielle de grains et d'intercalations (e.) ou de concrétions carbonatées (f.) dans le sens du pendage général

1) US261.13a. Ce litage sombre d'épaisseur centimétrique évoquait sur le terrain un dépôt d'incendie. La lame indique qu'il s'agit en fait d'un assemblage constitué par des matériaux organiques (coprolithes et phosphates) où les charbons et fragments brûlés occupent finalement peu de place.

2) US261.13b : Ce litage blanchâtre est presque exclusivement composé de produits phosphatés incluant également des coprolithes d'animaux (présence de particules minérales). L'abondance des phosphates dans cette US261.13, de même que, très probablement, dans les autres litages blanchâtres du comblement du fossé ST261, traduit sans doute une phase de fonctionnement du site caractérisée par de nombreux rejets organiques (présence probable de bétail). L'analyse des phosphates permettra peut-être de le préciser.

3) US261.10. La matrice est ici constituée d'agrégats limono-sableux issus du substrat, de quelques charbons de bois, de rares petits fragments osseux et surtout de coprolithes reconnaissables par leur matrice phosphatée / décarbonatée (**fig. 13.10d**). On distingue également plusieurs premiers litages induits par des phases d'inondations du fond du fossé.

4) US261.9. Cette unité est caractérisée par une porosité biologique bien développée avec des charbons de plus en plus nombreux vers le sommet.

5) US261.7. La lame recoupe ici la base d'une épaisse séquence litée constitué par des dépôts d'inondation très bien conservés qui marquent une phase de colmatage rapide du fond du fossé (**fig. 13.10e**).

13.3.3.5. Les concrétions calcaires

A Mitra 5, certains comblements sont marqués par d'abondantes concrétions carbonatées qui ont soulevé différentes interrogations sur le terrain, à ce jour non résolues (origine précise ? temps de formation ? relation avec certains types de structure ?). La fabrication d'une lame mince dans chacun des deux niveaux fréquemment observés a été réalisée à partir de prélèvements réalisés dans le fossé ST10 (**fig. 13.4**). La lame PR46 provient du comblement alors que la lame PR49 est issue du sommet de l'UPS5.

Leur examen permet d'avancer les points suivants :

- Aucune différence significative de texture n'est perceptible entre la concrétion et son encaissant, indiquant qu'il s'agit bien d'une cimentation secondaire. Aucune différence notable n'est de même visible entre les deux niveaux échantillonnés.
- La microstructure est proche des hyporevêtements racinaires que l'on rencontre sur toutes les lames, suggérant peut-être une même origine génétique à toutes ces figures de redistribution des carbonates (?).
- Plusieurs phases de croissance centripète sont localement décelables, soulignées par des interruptions (**fig. 13.10f**), ce qui témoigne de différentes phases de précipitation.
- La dernière phase de calcitisation est représentée par un ciment sparitique en revêtement de certains vides (**fig. 13.10f**).

13.3.4. Conclusion

A Mitra 5, les quatorze lames minces réalisées ont permis d'illustrer une grande diversité de micro-organisations mais également plusieurs convergences de faciès dues notamment à la bioturbation, limitant ainsi le nombre d'indicateurs diagnostiques d'un travail de préparation ou de mise en œuvre de la terre. Ce premier résultat illustre toute la difficulté de l'interprétation micromorphologique des vestiges en terre.

L'examen des restes architecturaux aux échelles microscopiques a en effet soulevé plusieurs interrogations sur l'origine possible de ces restes tout en considérant les bais inhérents à cette discipline (biais d'échantillonnage, de représentativité ou d'échelle). La surface couverte par un cliché pris à un grossissement x25 ne représente par exemple qu'environ 1/500 de la surface totale de la lame mince, ce qui incite certains micromorphologues à préconiser une couverture photographique complète des lames ou un scan à haute résolution et à les joindre aux études (Haaland et *al.* 2019).

Malgré cela, plusieurs résultats peuvent être retenus, comme par exemple la présence de minéraux phosphatés dans les éléments en terre jaunâtre issus du fossé ST60, une originalité qui mériterait de

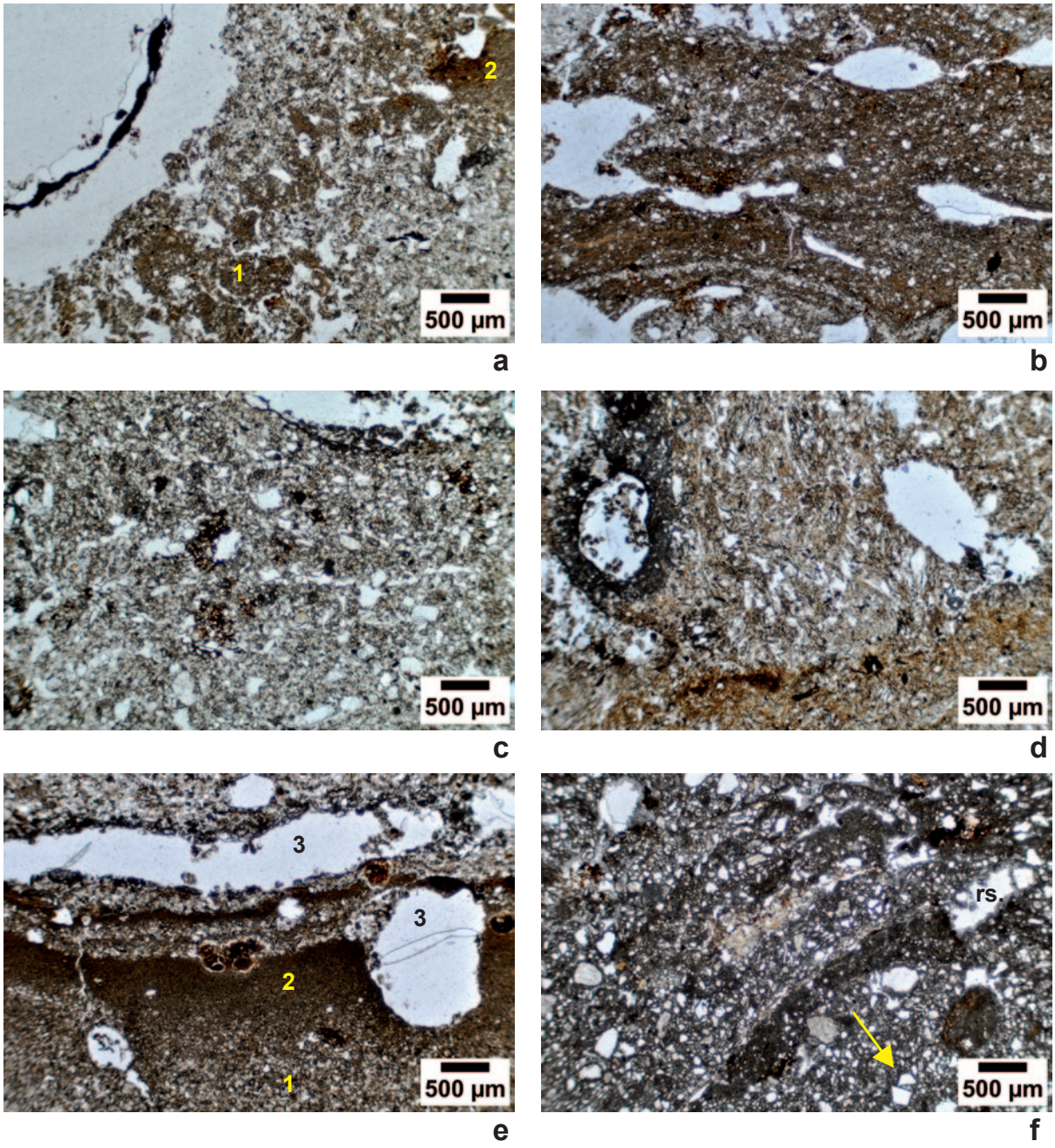


Figure 13.10 : Microfaciès, planche 3 (M. Rué). Lumière analysée non polarisée.

a. Lame PR147, unité domestique ST589, fragments de dépôts ruisselés plus (1) ou moins (2) déstructurés par la bioturbation.

b. Lame PR147, unité domestique ST589, séquence condensée de dépôts d'inondation imitant un sol d'occupation piétiné.

c. Lame PR148, unité domestique ST589, fissures ou alignements de vides parallèles plus ou moins bien exprimés à la base du comblement.

d. Lame PR213, fossé ST261, entassement de coprolithes.

e. Lame PR213, fossé ST261, enregistrement de cycles ruissellement (1) - décantation (2) secondairement affectés par la bioturbation (3).

f. Lame PR46, niveau de concrétions carbonatées dans le comblement du fossé ST10, faciès témoignant d'une croissance centripète polyphasée (la flèche indique le sens) ; rs. revêtement monophasé de calcite sparitique dans un vide.

plus amples recherches (provenance et fonction de cette ressource ?) de même que les abondants phosphates et coprolithes mis en évidence dans le comblement du fossé ST261 (parcage d'animaux dans les enclos ?).

Ces premiers résultats réaffirment également la nécessité d'élaborer un étalonnage méthodologique préalablement à l'identification et à la caractérisation des restes architecturaux en terre aux échelles microscopiques. La constitution d'un référentiel de traits naturels (sur des lames issues du substrat) et anthropiques (sur des éléments avérés) semble en effet indispensable, de même que son intégration dans les études, ce qui n'est quasiment jamais le cas actuellement. Ce référentiel, qui nécessite la fabrication de quelques lames supplémentaires, présente un double intérêt : il permet 1) de mieux caractériser la ressource actuelle en matière première et l'évolution de ses propriétés au cours du temps (étaient-elles les mêmes au moment de l'occupation ?, un point qui reste encore à éclaircir à Mitra) et 2) de limiter le « biais d'équifinalité », source de confusion. Sur ce dernier point, plusieurs exemples ont pu être illustrés dans notre étude, les cas les plus singuliers étant générés par l'activité de la faune du sol à l'origine d'un grand nombre de constructions aux échelles méso- et microscopiques. Au final, à Mitra 5, la micromorphologie apparaît à la fois comme un complément aux observations de terrain (qui peut parfois ne rien apporter de plus) et un outil en cours de développement, ce qui contraste avec certaines études actuelles où tout apparaît toujours bien conservé.

En perspective, un croisement de nos résultats avec ceux obtenus sur les lames de Mitra 3, de même que la réalisation de quelques lames minces expérimentales, permettront de préciser nos premières interprétations avant la phase de publication.

Références bibliographiques

Aurenche et al. 2011
AURENCHE O., ALAIN K., DE CHAZELLES C.-A., HUBERT G., « Essai de classification des modalités de mise en oeuvre de la terre crue en parois verticales et de leur nomenclature », *3e échanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue*, table-ronde de Toulouse, 2008, éd. de l'Espérou, Montpellier, p.13-34.

Bovagne et al. 2011
BOVAGNE M., BOUCHET., CHEVILLOT P., BARBERAN S., BEL V., CAILLAT G. Vistre1 : Languedoc-Roussillon, Gard, Nîmes, Milhaud, Aubord et Bernis, Rapport final de diagnostic archéologique, Inrap MED, Nîmes, 2 vol., 497 p.

Brewer 1972
BREWER R., « The basis of interpretation of soil micromorphological data », *Geoderma*, 8, 2-3, p. 81-94.

Brochier, Ferber 2009
BROCHIER J.-L., FERBER F., Méthode d'approche du fonctionnement des fosses du site chasséen des Moulins, Saint-Paul-Trois-Châteaux, Drôme (d'après l'étude de leur remplissage sédimentaire), *Mémoire de la Société Préhistorique française*, XLVIII, p. 143-151.

Cammas 2018
CAMMAS C., « Micromorphology of earth building materials: Toward the reconstruction of former technological processes (Protohistoric and Historic Periods) », *Quaternary International*, 483, p. 160-179.

Haaland et al. 2019
HAALAND M. M., CZECHOWSKI M., CARPENTIER F., LEJAY M., VANDERMEULEN B., « Documenting archaeological thin sections in high-resolution: A comparison of methods and discussion of applications », *Geoarchaeology,* 34, 1, p. 100 114.

Hauzeur, Rué 2018
HAUZEUR A., RUÉ M., Ablis (Yvelines), les Genêts : regards croisés sur la reconnaissance d'aménagements en terre, Rapport final d'opération, Paléotime, Service Régional de l'Archéologie d'Ile-de-France, 242 p.

Kemp 1998
KEMP R. A., « Role of micromorphology in paleopedological research », *Quaternary International,* 51, p. 133–141.

Remicourt et al. 2012
REMICOURT M., ANDRIEU-PONEL V., AUDIBERT C., BARADAT A., BATTENTIER J., BELKACEM D., BLAISE E., BONNARDIN S., DOUSSE M., CAVERNE J.-B., FERNANDES P., GERBE M., GIRARD B., LACHENAL T., LEPERE C., LOCATELLI C., MARTIN L., PARAVEL B., PARISOT N., PONEL P., POUSSET D., RUÉ M., SCHMITT A., SENEPART I., TALLET P., THIRAULT E., Les occupations pré et protohistoriques du Clos de Roque, à Saint-Maximin-la-Sainte-Baume (Var), Rapport final d'opération, Paléotime, Service Régional de l'Archéologie Provence-Alpes-Côte-d'Azur, 3 vol., 1084 p.

Sendra et al. 2013
SENDRA B., ORGEVAL M., BLAISE E., ONFRAY M., PROVENZANO N., REMICOURT M., HOWARTH L., MAGNIN F., DEL CARMEN MACHADO YANES M., MOQUEL J., BEYLIER A., DI PASCALE A., BEAUCHAMP C., PRAT B., ROPIOT V., SAVANIER M., MARMARA M., GILLE A., Les occupations fontbuxiennes, du Bronze ancien et de l'âge du Fer de Mitra 3 à Garons (Gard). Rapport final d'opération de fouilles archéologiques préventives. Montpellier : Chronoterre Archéologie, SRA Languedoc-Roussillon, 2 vol., 557 p.

Valentine, Dalrymple 1976
VALENTINE K. W. G., DALRYMPLE J. B., « Quaternary buried paleosols: a critical review », *Quaternary Research*, 6, 2, p. 209–222.

Wattez 2009
WATTEZ J., « Enregistrement sédimentaire de l'usage de la terre crue dans les établissements néolithiques du sud de la France : le cas des sites du Néolithique final de La Capoulière 2 et du Mas de Vignoles IV », in : Beeching A., Sénépart I. (éd.), *De la maison au village. L'habitat néolithique dans le Sud de la France et le Nord-Ouest méditerranéen*, Société Préhistorique Française, Paris, mémoire XLVIII, p. 199-218.

3.4. Bilan

La micromorphologie, initialement consacrée à l'étude des sols grâce aux travaux pionniers de Walter Kubiëna (Kubiëna 1938), s'est progressivement appliquée à l'archéologie, en particulier à partir des années 1980 sous l'impulsion, en France, de Nicolas Fedoroff et Marie-Agnès Courty (*e.g.* Courty *et al.* 1989). De très nombreuses études ont été réalisées depuis, renforçant le référentiel des microfaciès, essentiellement pour le domaine fossile, moins fréquemment en contexte expérimental. De nos jours, « *chacun veut « son » étude micromorphologique* » (Texier 2009, p. 9), ceci étant renforcé par le fait que les Services régionaux de l'Archéologie demandent souvent un examen des unités archéologiques aux échelles microscopiques dans les cahiers des charges scientifiques des opérations de fouille préventives, mais également dans les prescriptions de fouilles programmées.

A Djebel Irhoud, les premières observations micromorphologiques, réalisées afin de préciser le contexte sédimentaire des vestiges archéologiques et des échantillons datés, ont permis d'identifier des figures non perceptibles sur le terrain et non ambiguës en lames minces, attribuables au ruissellement. Dans une perspective taphonomique, il reste maintenant à tester l'hypothèse d'un impact de ce processus sur l'intégrité des vestiges, d'autant que l'inclinaison des dépôts sédimentaires est localement non négligeable.

Pour la reconnaissance des aménagements en terre à partir des lames minces, nos deux exemples montrent qu'il existe un risque réel de surévaluation du potentiel archéologique si on ne prend pas préalablement en compte l'impact des processus pédologiques et si on ne réalise pas *a minima* un étalonnage approprié des microfaciès sur le substrat du site, d'autant que l'on connait la forte vulnérabilité de ces aménagements anthropiques (*e.g.* Schiffer *et al.* 1987). Le cas de la fouille des Genêts, renforcé par l'approche menée à Mitra 5, ne semble pas isolé si l'on en croit certaines publications récentes ne prenant pas pleinement en considération ces aspects méthodologiques (*e.g.* Wattez *et al.* 2017 ; Onfray 2019 ; Peinetti *et al.* 2018 ; Sendra *et al.* 2019). Aux Genêts à Ablis, des organisations naturelles du sol ont été initialement interprétées comme des faits anthropiques, confirmés par l'examen des lames minces, soulevant ainsi un biais fréquent de l'observation micromorphologique - et de l'observation tout court - qui consiste à « voir ce que l'on veut voir ».

L'exemple des Genêts et de Mitra 5 rappelle donc la nécessité d'une approche reposant sur plusieurs critères indépendants, comme par exemple dans l'étude des tertres monumentaux précolombiens de *Poverty Point* en Louisiane (Kidder *et al.* 2021) ou sur le site anatolien de Çatalhöyük (Love 2017). L'utilisation de la datation par luminescence pour distinguer les éventuels restes aménagés du substrat mériterait d'être testée sur d'autre sites.

Ces constats pourraient être généralisés à l'étude des autres catégories de sites. Or, dans la moitié des références examinées précédemment, la micromorphologie appliquée à l'étude de la formation des sites n'est associée qu'à un seul autre outil indépendant (§ 2.2.2). L'étude des microfaciès *« should be utilized - if nothing else - as an initial tool for just visualizing and understanding what is in the sample »* (Goldberg, Aldeias 2016), en s'intégrant autant que possible dans une démarche de confrontation au modèle sédimentaire.

Chapitre 4. Confrontation au modèle sédimentaire : exemples pour le Paléolithique

Ce chapitre illustre les apports et limites de l'évaluation taphonomique menée sur quatre sites paléolithiques. J'ai fait le choix de présenter l'intégralité des publications, en incluant la contribution d'autres auteurs, afin d'illustrer mon implication dans les différentes étapes de la démarche employée (présentation du contexte géomorphologique et stratigraphique, contribution à l'étude taphonomique, participation à l'interprétation des datations et à la conclusion générale).

4.1. L'industrie sur quartzite du site de Bidau à Garlin (Pyrénées-Atlantiques) : Acheuléen *versus* Moustérien ?

L'étude de ce site localisé en marge de la couverture sableuse landaise (Chopin *et al.* 2015 pour le diagnostic ; Taylor *et al.* 2017 pour la fouille) a fait l'objet de la publication suivante :

Taylor A., Rué M., Bernard-Guelle S., Fernandes P., Ajas A., Chesnaux L., 2020, « L'industrie sur quartzite du site de Bidau à Garlin (Pyrénées-Atlantiques) : Acheuléen versus Moustérien ? », *Paléo*, t.2, p. 280-318. https://journals.openedition.org/paleo/5806

J'ai rédigé la totalité des parties 2.1 (séquence stratigraphique), 2.2 (résultats des datations par luminescence), 2.4 (bilan taphonomique) et co-rédigé environ un tiers de la présentation générale, des résultats de l'étude taphonomique et de la discussion générale. Parallèlement à l'étude de ce site, un projet de recherche axé sur l'analyse comparative des états de surface du mobilier en quartzite a été lancé. Il est présenté à la suite de l'article.

L'INDUSTRIE SUR QUARTZITE DU SITE DE BIDAU À GARLIN (PYRÉNÉES-ATLANTIQUES, FRANCE) : ACHEULÉEN *VERSUS* MOUSTÉRIEN ?

Alexis Taylor[a],
Mathieu Ruré[b],
Sébastien Bernard-Guelle[c],
Paul Fernandes[d],
Aurélie Ajas[d],
Lorène Chesnaux[e]

a. *Paléotime, 75 avenue J. S. Achard Picard, FR-38250 Villard-de-Lans ; UMR 7055, Préhistoire et Technologie, Nanterre - alexis.taylor@paleotime.fr*
b. *Paléotime, 75 avenue J. S. Achard Picard, FR-38250 Villard-de-Lans ; UMR 5140, Archéologie des Sociétés Méditerranéennes, Montpellier - mathieu.rue@paleotime.fr*
c. *Paléotime, 75 avenue J. S. Achard Picard, FR-38250 Villard-de-Lans ; UMR 7269, LAMPEA, Aix-en-Provence - sebastien.bernard-guelle@paleotime.fr*
d. *Paléotime, 75 avenue J. S. Achard Picard, FR-38250 Villard-de-Lans ; UMR 5199, PACEA, FR-33615 Pessac - paul.fernandes@paleotime.fr et aurelie.ajas@paleotime.fr*
e. *TRACES, UMR 5608 Université Toulouse Jean Jaurès, Maison de la Recherche, 5 allées Antonio Machado, FR-31058 Toulouse cedex 9 - chesnauxlorene@yahoo.fr*

PALEO 30 | t. 2
JUILLET 2019
PAGES 280 À 318

MOTS-CLÉS Géoarchéologie, datation OSL, taphonomie lithique, Acheuléen, Moustérien, Pléistocène supérieur, quartzites.

RÉSUMÉ

Le site de Bidau à Garlin (64) a fait l'objet d'une fouille préventive sur 2 700 m² dans le cadre d'un aménagement d'une zone d'activité économique en marge d'un diffuseur autoroutier de l'A65. Le mobilier découvert s'inscrit dans une séquence pédosédimentaire semblable à celles décrites lors des opérations préventives sur le tracé de l'A65 notamment (sites de Bénazit, Duclos, Romentères, Septsos...). À Garlin, la position stratigraphique de la nappe d'objets pose question et relance la problématique de l'attribution chronologique des séries dites acheuléennes. La nappe de mobilier s'insère en effet en grande majorité dans l'horizon BT1 développé aux dépens des limons loessiques datés du Pléistocène supérieur, aux environs de 0,80 m de profondeur et ce jusqu'à parfois 1,4 m, sans organisation sédimentaire interne, selon une pente générale d'environ 1 %. La pédostratigraphie et les datations OSL permettent de situer la période de formation de cet épandage lithique entre le MIS5 et le MIS3. Le mobilier recueilli est quasi-exclusivement confectionné sur galets de quartzite. Il est marqué par la prédominance des chaînes opératoires de débitage sur celles de façonnage qui sont attestées par quelques hachereaux, bifaces et galets aménagés. Le débitage est majoritairement de type Discoïde unifacial ou bifacial partiel. On note également la forte présence de nucléus débités frontalement sur enclume. L'outillage est rare, peu diversifié pour l'outillage retouché (denticulés, racloirs...), la part de l'outillage lourd et/ou façonné y est relativement importante (galets aménagés, grands éclats tranchants, bifaces, hachereaux...). Les témoins de débitage en silex sont extrêmement rares. La série présente donc des caractères technologiques et typologiques évoquant une phase récente de l'Acheuléen pyrénéo-garonnais. Toutefois, son insertion chronostratigraphique apparaît incompatible avec cette attribution chronoculturelle. En effet, au vu des résultats de l'étude taphonomique, il faut envisager que la série lithique se rattache à un technocomplexe moustérien daté du Pléistocène récent mais dont les principales caractéristiques peuvent relever d'un déterminisme pétrographique et/ou fonctionnel.

ABSTRACT

The quartzite industry from the Bidau site at Garlin (Pyrénées-Atlantiques, France): Acheulean versus Mousterian?

Archaeological survey excavations were made at Bidau (Garlin, 64, France), prior to the construction of an economic activity area located on the A65 motorway exit. Quartzite artifacts were discovered within a sedimentary sequence similar to those described on other A65 survey excavations (Bénazit, Duclos, Romentères, and Septsos sites among others...). At Garlin, the archaeological layer's stratigraphic position raises questions and revives discussions on so-called Acheulean artifacts' cultural attribution. Indeed, the artifacts are mostly comprised in the BT1 horizon developed on loessial silts dated to the Upper Pleistocene, about 0,8 to 1,4 m deep, without internal sedimentary organization, on a slight slope (around 1%). Pedostratigraphy and OSL datations place this archaeological layer's formation between MIS5 and MIS3. The collected objects are mostly made from quartzite pebbles. Blank production sequences clearly dominate tool-shaping sequences documented by a small number of hachereaux, bifaces and pebble tools. Debitage is mostly from the Discoid type, unifacial or partially bifacial. Many cores have also been reduced using the anvil technique, following a frontal and unipolar progression. Tools are scarce, poorly diversified when retouched (denticulates, scrapers...), the part of heavy or shaped tools being important (pebble tools, big cutting flakes, bifaces, hachereaux...). Flint artifacts are extremely rare. The collection thus presents technological and typological features pointing towards a recent stage of the Pyreneo-Garonnais Acheulean culture. However, the archaeological layer's chronostratigraphic position cannot support this particular cultural attribution. Indeed, according to the results of the taphonomic study, an attribution to the Upper Pleistocene Mousterian complex should be considered, the collection's main features being related to a petrographic and/or functional determinism.

KEY-WORDS Geoarchaeology, OSL datation, lithic taphonomy, Acheulean, Mousterian, Upper Pleistocene, quartzites.

INTRODUCTION

L'objet de cet article est de présenter les principaux résultats issus de la fouille préventive du site de Bidau à Garlin (Taylor *et al.* 2017) et d'alimenter le débat sur l'attribution chronologique et culturelle des séries lithiques sur quartzite du Sud-Ouest de la France. En effet, en l'absence d'éléments diagnostics et sur la base des assemblages et des divers composantes typo-technologiques des séries lithiques, la caractérisation chronoculturelle des industries des périodes anciennes du Paléolithique pose fréquemment problème, surtout lorsque le contexte taphonomique n'est pas favorable ou complexe. C'est le cas des industries sur quartz et quartzite du piedmont pyrénéen, rattachées au Paléolithique moyen ancien ou à l'Acheuléen, que certains n'hésitent pas à qualifier de taphofaciès (Bertran *et al.* 2012). L'exercice est d'autant plus délicat sur les sites qui attestent d'une utilisation prépondérante des roches tenaces (quartzites et quartz). Comme déjà signalé pour les gisements garonnais (*e.g.* Jarry et Lelouvier 2014), les contraintes de ces matériaux (dureté, modules...), certes globalement de bonne qualité, peuvent entrainer des convergences techniques rendant parfois bien difficile l'interprétation chronoculturelle. Le site de Bidau s'insère pleinement dans cette problématique et apporte son lot de questionnements supplémentaires.

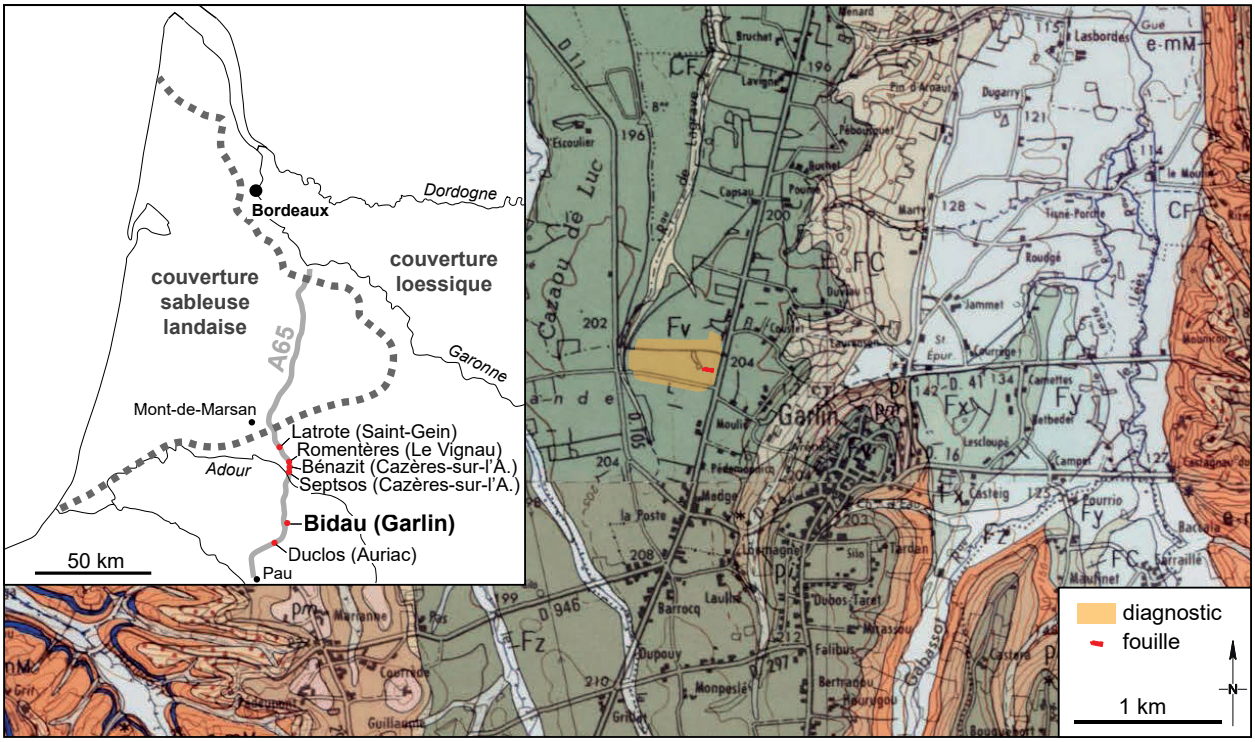
1 | PRÉSENTATION GÉNÉRALE

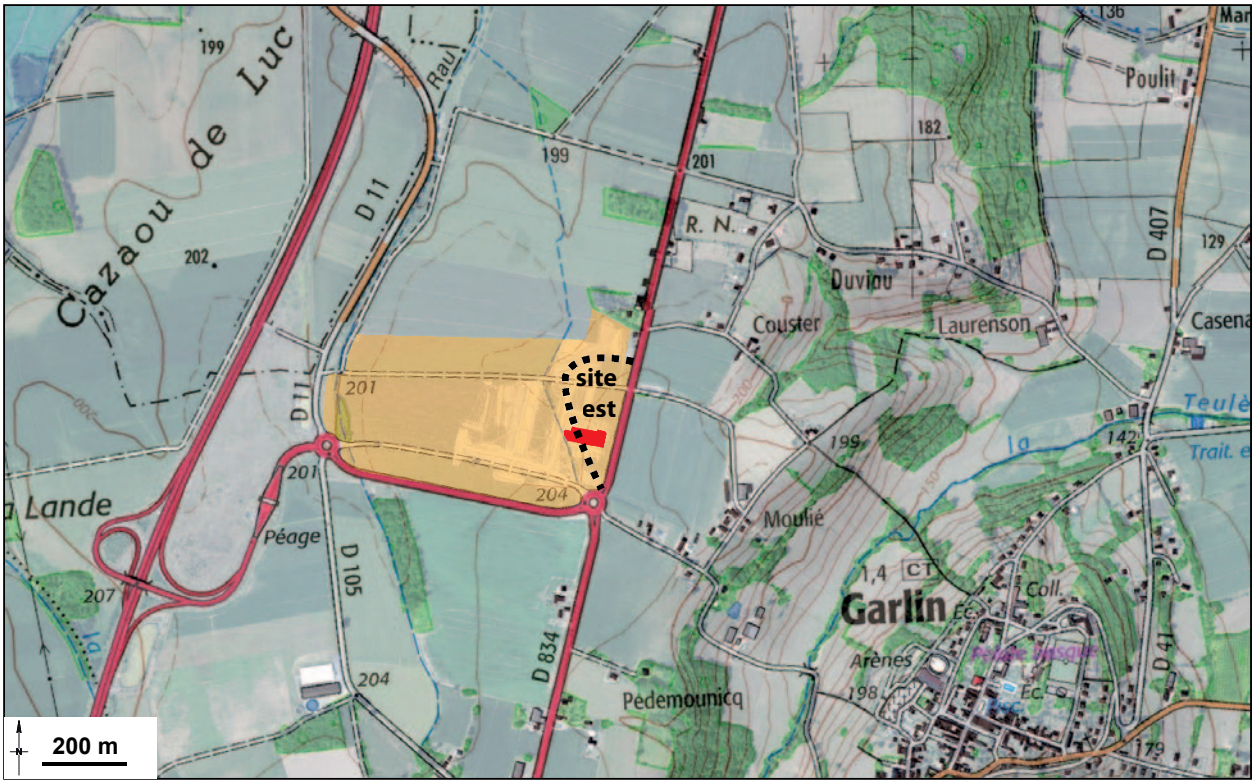
1.1 | Contexte géographique et archéologique

Le gisement est localisé sur la commune de Garlin (Pyrénées Atlantiques), sur la nappe alluviale Fv de la vallée du Lées, d'âge Pléistocène inférieur (Alimen 1964). L'évaluation archéologique a concerné la zone amont d'un petit bassin versant évoluant vers le ruisseau de Lagrave, affluent du Bahus qui comme le Lées rejoint au nord l'Adour (**fig. 1**). Le site occupe la partie orientale de ce bassin, sur une surface estimée à environ 4 ha. L'emprise de fouille, localisée dans un secteur à plus forte densité de mobilier, à proximité immédiate du sommet du versant, représente à peine 10 % de la superficie estimée du site. La fouille archéologique s'est focalisée sur l'emprise d'un bassin de rétention d'eau[1], sur une superficie d'environ 2700 m².

Le diagnostic de l'emprise du projet a mis en évidence des vestiges d'industrie lithique sur galets de quartzite attribués à l'Acheuléen de type pyrénéo-garonnais (Chopin *et al.* 2015), qui s'inscrivent dans une séquence pédosédimentaire semblable à celles décrites lors des opérations préventives menées précédemment dans le bassin de l'Adour : sites de Bénazit, Duclos, Romentères, Septsos sur le tracé de l'A65 (**fig. 1**, Defaye *et al.* 2009a ; Chopin *et al.* 2010 ; Bertran *et al.* 2011 ; Colonge *et al.* 2012 ; Hernandez *et al.* 2012 ; Fourloubey *et al.* 2013 ; Lelouvier *et al.* 2013), sites du Prissé et du Chemin de Jupiter à Bayonne,

[1] La fouille a été réalisée à l'initiative de la Société d'Equipement des Pays de l'Adour, dans le cadre du projet de création d'une zone d'activité économique intercommunautaire (ZAEI) dite « Parc d'activités du Nord Béarn », en marge du diffuseur autoroutier A65 Pau-Langon





— FIGURE 1 —

Localisation du site (M. Rué). a : Plan d'après Bertran *et al.* 2011. Cartes géologiques à 1/50000 d'après Capdeville *et al.* 1998 (nord) et Karnay *et al.* 1998 (sud). Nappes alluviales : Fv : Pléistocène inférieur (+20-30 m), Fx : Pléistocène moyen récent (+10 m), Fy : Pléistocène supérieur (+5 m), Fz : Holocène. Colluvions : FC, CF. En orangé, les dépôts détritiques tertiaires. b : Carte topographique à 1/25000 superposée à la vue aérienne de 2015 (Géoportail, IGN). En jaune la surface diagnostiquée (25 ha), en rouge l'emprise de fouille. Le trait pointillé noir localise la limite occidentale du site principal découvert en 2014 (Chopin *et al.* 2015).

Site location. a : Map after Bertran et al. *2011. 1/50000 scale geological survey maps after Capdeville et al. 1998 (north) and Karnay et al. 1998 (south). Alluvial terrace: Fv: Lower Pleistocene (+20-30m), Fx: late Middle Pleistocene (+10m), Fy: Upper Pleistocene (+5m), Fz: Holocene. Colluvial deposits: FC, CF. In orange, Tertiary detrital deposits. b : 1/25000 scaled topographic map overlaid on the 2015 aerial view (Géoportail, IGN). In yellow, the surveyed area prior to the archaeological excavation (25 ha), in red the excavated area. The black dotted line draws the limits to the west of the main site discovered in 2014 (Chopin et al. 2015).*

sur le tracé du gazoduc Artère de l'Adour (Fourloubey et Sellami 2008 et 2009, Fourloubey 2012 ; Colonge 2013 et 2014 ; Beague-Tahon *et al.* 2014 ; Colonge *et al.* 2014a). La fouille de la ZAEI de Garlin offrait donc une opportunité supplémentaire de consolider le cadre chronostratigraphique esquissé par ces précédentes opérations archéologiques et de compléter les données régionales sur la diversité du Paléolithique moyen dans sa phase ancienne.

1.2 | Méthodologie

La fouille s'est déroulée sur 6 semaines, en juillet et août 2015 (Taylor *et al.* 2017). Bien qu'entièrement mécanisée, l'approche a été couplée avec quelques tests de fouille manuelle sur les secteurs de plus forte densité. Parallèlement au décapage, un transect est-ouest orienté dans l'axe médian du bassin a été réalisé sur une longueur d'environ 100 m afin de préciser la position stratigraphique du mobilier au fur et à mesure de sa découverte et d'étudier l'évolution latérale des dépôts. Il a été complété par plusieurs sondages profonds. L'étude de la séquence pédosédimentaire s'est concentrée sur une coupe (CP1.3) située dans la partie la plus dilatée du site, à l'est. Elle a été complétée par des mesures de susceptibilité magnétique, des prélèvements micromorphologiques, des analyses microgranulométriques et géochimiques, ainsi que par six dates obtenues par luminescence stimulée optiquement (OSL). Seuls les résultats des datations sont présentés ici. En laboratoire, l'étude lithique a bénéficié d'une approche taphonomique du mobilier (analyse spatiale, distribution granulométrique, analyse des états de surface, recherche de remontages et raccords). L'analyse des fabriques n'a pas pu être menée en raison d'un effectif de mesures trop faible. La méthodologie employée pour les datations et les différents outils taphonomiques est précisée plus bas.

2 | CADRE CHRONOSTRATIGRAPHIQUE ET PROCESSUS DE FORMATION DU SITE

21 | Séquence stratigraphique

Le site s'insère dans un dépôt limoneux couvrant la nappe Fv et appartenant à une vaste formation allochtone d'origine éolienne en provenance de la façade atlantique (Bertran *et al.* 2011 ; Sitzia *et al.* 2015). Il est plus précisément localisé dans la zone des limons lœssiques, à une quarantaine de kilomètres de la couverture sableuse landaise (**fig. 1**). Ces limons renferment la plupart du temps une fraction grossière éparse, qui s'organise localement en pavage (ou *stone-line*), indiquant que ces produits éoliens ne sont plus en position primaire. Postérieurement à leur dépôt, ces matériaux ont enregistré les principales grandes phases pédoclimatiques pléistocènes : formation progressive d'un horizon BT enrichi en argile par illuviation pendant les périodes tempérées, érosion et cryoturbation durant les périodes froides. Malgré l'imbrication de ces différentes phases les unes sur les autres, rendant difficile le décryptage paléoenvironnemental de ces matériaux, ces limons se sont suffisamment différenciés au cours du temps pour permettre un calage chronostratigraphique des nappes de mobilier qu'ils incluent.

L'étude stratigraphique, initiée par P. Bertran (Chopin *et al.* 2015), a permis de mettre en évidence les principaux points suivants :

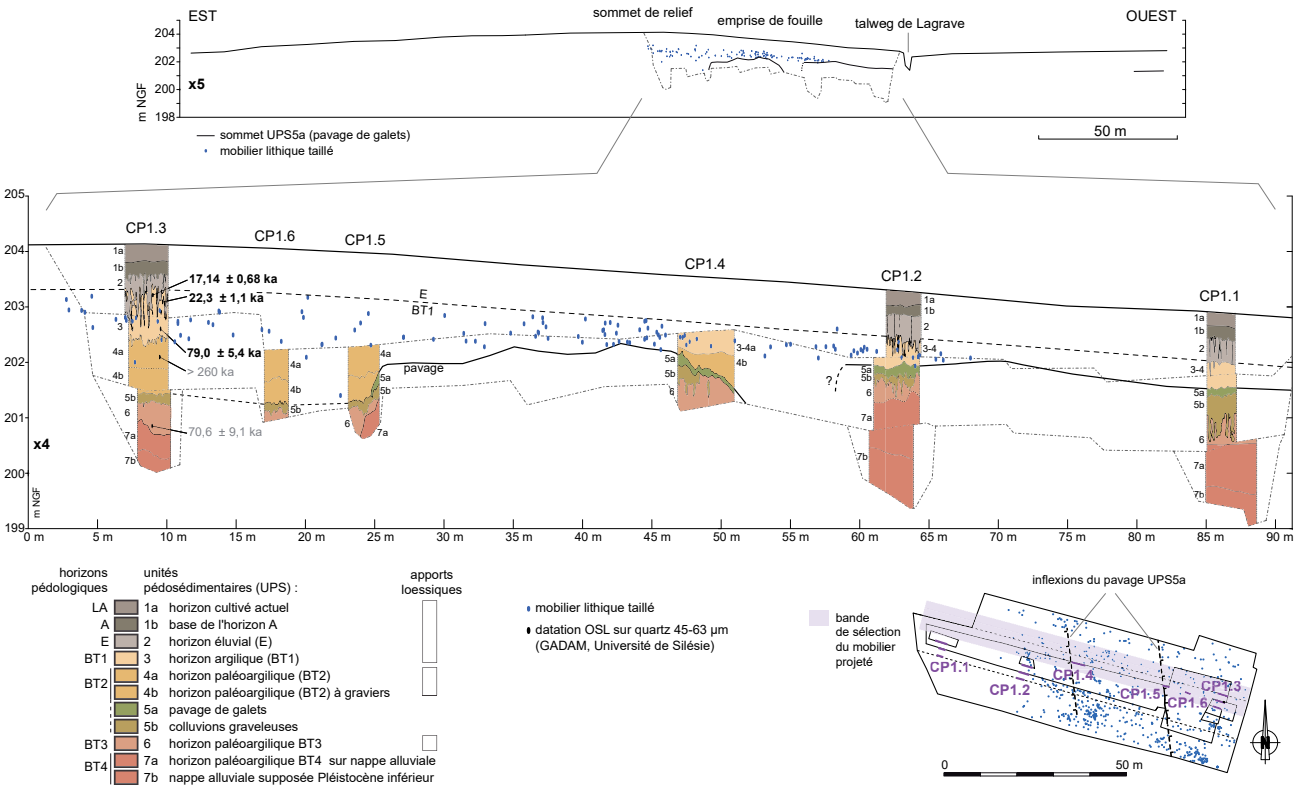
1) La couverture limoneuse atteint au maximum 3,4 m d'épaisseur dans la partie est de l'emprise, où les dépôts sont plus dilatés en raison d'un probable accident néotectonique. Ces dépôts limoneux massifs ont été subdivisés en six principales unités pédosédimentaires (UPS1 à 6) surmontant la nappe alluviale Fv (UPS7). Les UPS3 à 6 correspondent à la superposition de trois horizons BT (correspondances sur **fig. 2**). La majorité du mobilier lithique s'insère dans presque toute l'épaisseur de l'UPS3 qui correspond au premier horizon argilique (BT1).

2) L'UPS3 (BT1), limono-sableuse brun-jaune (10YR5/8), renferme une fraction > 2 mm peu abondante (moins de 1 %), distribuée aléatoirement. La limite supérieure correspond aux profondes langues de dégradation qui s'organisent selon un réseau polygonal métrique au sommet de l'unité (fig. 3). Ce réseau, provoqué par d'anciennes fentes de contraction thermique, est associé à des glosses horizontales et à une structure lamellaire plus ou moins bien exprimée. Cette configuration traduit l'établissement de conditions périglaciaires après le dépôt des limons (formation d'un cryosol), expliquant en partie la dilatation verticale du mobilier et permettant de proposer une limite d'âge supérieure à la formation du site (fin MIS3 ou MIS2, Bertran *et al.* 2013). La limite inférieure de l'UPS3 est difficile à percevoir, elle correspond à l'apparition des volumes irréguliers orangés de l'horizon BT2.

3) En dessous, l'UPS4 (BT2), qui a livré quelques pièces lithiques, correspond à un matériau limono-sableux brun vif (7.5YR5/8) à fraction > 2 mm faible (autour de 3 %) et éparse. Les observations micromorphologiques basées sur plusieurs lames minces de grand format (Taylor *et al.* 2017) montrent que cette unité a supporté la pédogenèse du Début Glaciaire weichsélien caractérisée par une succession de fins revêtements illuviaux organo-minéraux reconnue dans plusieurs séquences datées du Sud-Ouest (Texier et Bertran 1990 ; Bertran *in* Jarry *et al.* 2007 ; Bernard-Guelle *et al.* 2017). D'après ces données paléopédologiques, le dépôt des limons de l'UPS4 s'est donc déroulé avant cette période, donnant ainsi un âge inférieur probable à la formation du site.

2.2 | Résultats des datations par luminescence

Les grains de quartz du sédiment constituent le seul support datable en l'absence de reste organique et d'élément brûlé. Cinq prélèvements pour datation par OSL issus de la coupe CP1.3 (**fig. 2 et 3**) ont été analysés par le centre GADAM de l'Université de Silésie à Gliwice (détails dans Taylor *et al.* 2017). Les doses équivalentes ont été déterminées selon le protocole *Single Aliquot Regenerative dose* (Murray et Wintle 2000). Les dates ont été obtenues en utilisant le *Central Age Model* (Galbraith *et al.* 1999). En l'absence de mesure du rayonnement gamma *in situ* et en raison des difficultés à estimer la variation de la teneur en eau du sédiment au cours du temps, les dates sont à utiliser avec précaution. Elles correspondent à la période de dernière exposition à la lumière des limons quartzeux de taille comprise entre 45 et 63 µm (limons grossiers), et donc à la période de leur enfouissement définitif.



— FIGURE 2 —

Transect stratigraphique du site à l'emplacement de l'emprise de fouille (M. Rué, A. Ajas).

The site's stratigraphic cross-section at the archaeological excavation's location.

Les trois âges obtenus dans l'UPS3 (BT1) sont cohérents avec les données pédostratigraphiques : cet horizon s'est formé sur des limons mis en place progressivement durant le Pléistocène supérieur (**fig. 3**). L'analyse de l'échantillon situé dans la partie inférieure de l'UPS3, juste en dessous des plus fortes densités en mobilier, a donné un âge de 79 ± 5,4 ka, soit à la fin du stade 5 (MIS5a). Au-dessus de la nappe de mobilier, les âges renvoient au stade 2. D'après ces dates, l'ordre de grandeur du taux de sédimentation des limons est de l'ordre de 1 cm par millénaire, ce qui donne une idée du temps théorique nécessaire pour qu'un artefact se retrouve enseveli.

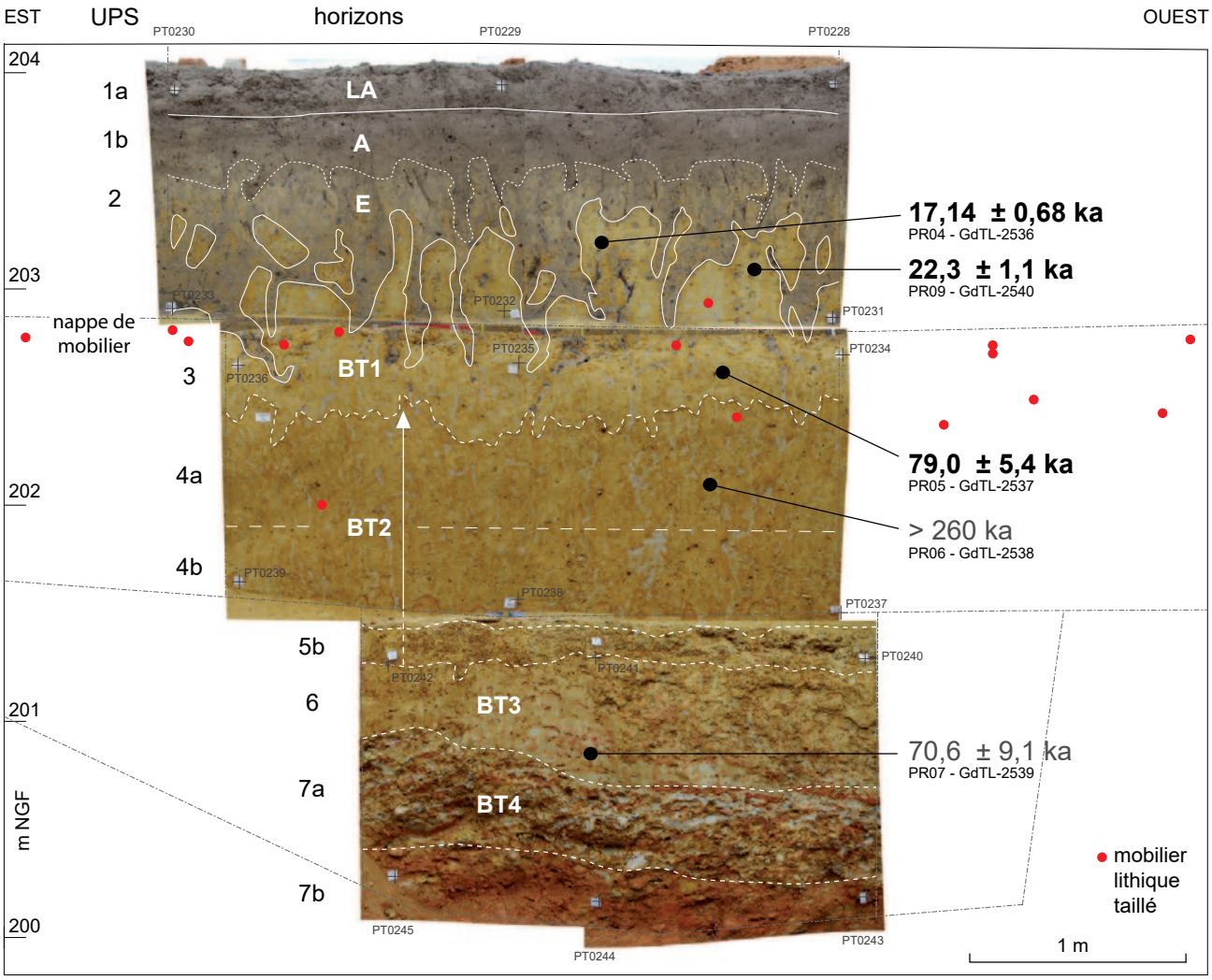
Le prélèvement centré dans la partie supérieure de l'UPS4 (BT2) a donné un âge plus ancien que 260 ka. Même si ce résultat est conforme aux prévisions pédostratigraphiques, il ne repose que sur l'analyse d'une aliquote (**fig. 3**). Cette unité correspond à un pédocomplexe qui couvre probablement plusieurs interglaciaires, dont l'avant-dernier (Eémien). Le dernier prélèvement, issu de la base de la couverture limoneuse (UPS6), a fourni un résultat à 70,6 ± 9,1 ka BP qui s'avère incohérent en raison de sa position stratigraphique et du fort degré d'altération de l'unité datée. L'âge de la base de la séquence limoneuse reste donc inconnu.

2.3 | Étude taphonomique des vestiges de l'UPS3 (horizon BT1)

2.3.1 | Caractéristiques générales des vestiges

La série lithique recueillie comporte 608 objets paléolithiques, participant à un poids total de 423,24 kg. La proportion de nucléus est forte (27,6 %), tandis que les produits du débitage sont en comparaison relativement peu présents (40,3 %). Les phases d'acquisition et de sélection des volumes à débiter sont bien documentées par la présence de manuports (blocs de matière première réservés ou rejetés, percuteurs…) ainsi que de galets testés et fracturés. L'outillage est représenté par plusieurs galets aménagés et façonnés, ainsi que par quelques éclats retouchés, représentant 6,9 % de l'ensemble lithique. Le matériau est quasi exclusivement composé de quartzites (98,2 %) accompagnés de rares quartz (n = 7) et silicites (n = 9).

La plupart des objets proviennent de l'UPS3 (76 % pour un total de 601 objets), dispersés sur toute la puissance de l'horizon, mais plusieurs d'entre eux ont également été collectés à l'interface des UPS3 et 4 (24 %). Le mobilier apparait dans son ensemble d'une fraicheur remarquable, les tranchants et arêtes des éclats et blocs exploités semblant peu affectés par une action mécanique contre le sédiment.



							débit de dose (Gy/Ka)						
PR	**référence laboratoire**	**UPS**	**horizon**	**profondeur / surface actuelle (cm)**	**teneur en eau**	**nombre d'aliquotes**	**alpha**	**beta**	**gamma**	**cosmique**	**total**	**dose équivalente (Gy)**	**âge BP (ka)**
4	GdTL-2536	3 top	BT1	92	18 ± 5 %	15	0,057	1,123	0,922	0,194	2,296 ± 0,070	39,49 ± 0,99	17,14 ± 0,68
9	GdTL-2540	3 top	BT1	101	18 ± 5 %	15	0,058	1,105	0,926	0,201	2,289 ± 0,071	51,2 ± 1,9	22,3 ± 1,1
5	GdTL-2537	3 base	BT1	147	18 ± 5 %	15	0,055	0,978	0,851	0,183	2,067 ± 0,061	163,5 ± 9,9	79,0 ± 5,4
6	GdTL-2538	4a	BT2	198	18 ± 5 %	1	0,058	0,909	0,86	0,169	1,996 ± 0,017	> 530	> 260
7	GdTL-2539	6	BT3	324	18 ± 5 %	10	0,075	1,68	1,324	0,146	3,22 ± 0,11	228 ± 28	70,6 ± 9,1

— FIGURE 3 —

Coupe 1.3 et résultats des datations OSL (M. Rué et GADAM). Localisation de la coupe et légende des unités sur la figure précédente. Projection du mobilier topographié situé sur une bande de 8 m de large centrée sur CP1.3.

Section 1.3 and OSL datation results. Section's location and units' captions on previous figure. Artifacts' projection on a 8m wide band centered on section CP1.3.

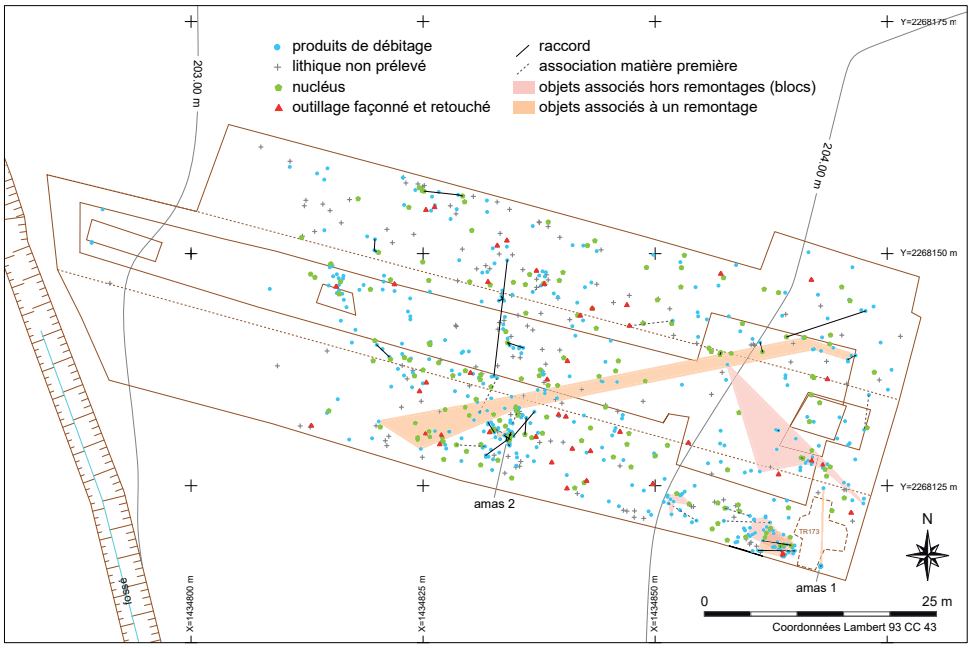


FIGURE 4

Distribution en plan des principales composantes technologiques et des liaisons de la série étudiée (A. Taylor, J.-B. Caverne, M. Rué).

Main technological features and refittings' distribution.

2.3.2 | Distribution spatiale du mobilier archéologique

L'ensemble du mobilier paléolithique forme une nappe d'objets qui témoigne d'un degré variable de dilatation. Les projections font apparaitre un pendage généralisé vers le nord-ouest, en direction du talweg actuel. Elles indiquent aussi une plus forte dispersion verticale des pièces dans la partie est de l'emprise. Dans ce secteur, la pente moyenne des objets situés dans le BT1 est faible (environ 1 %), mais la dispersion verticale couvre toute la moitié inférieure de cet horizon, soit sur près de 80 cm d'épaisseur (**fig. 3**).

En plan, on constate une distribution non homogène du mobilier, avec notamment sa disparition totale sur le tiers ouest de l'emprise (**fig. 4**), ce qui correspond probablement à une limite d'érosion liée au fonctionnement du vallon de Lagrave. Le mobilier semble localement s'organiser le long de lignes orientées dans l'axe de la plus grande pente de la nappe, ce qui suggère des réorganisations post-dépositionnelles de l'assemblage initial (par des écoulements concentrés ?).

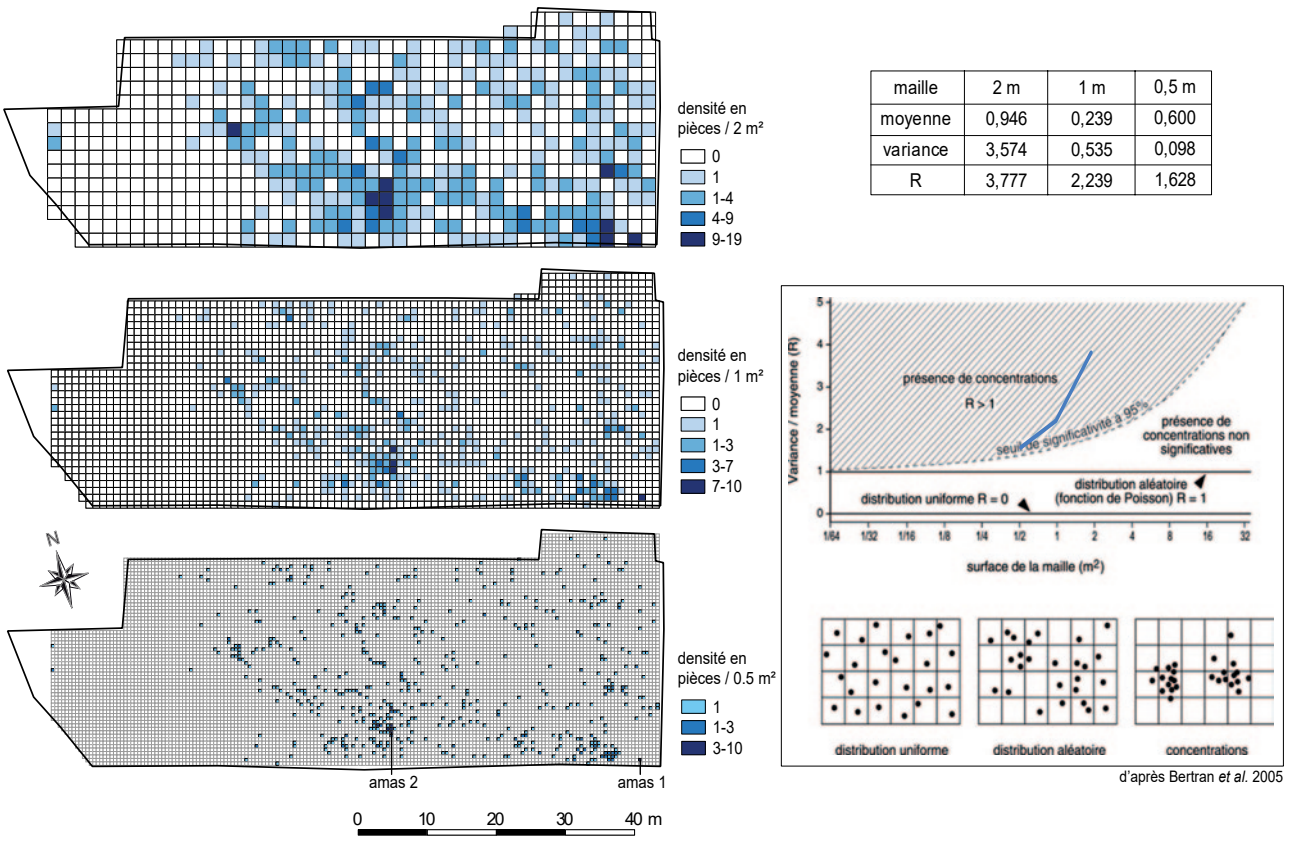
L'extension de la nappe de vestiges reste inconnue, hormis à l'ouest où son arrêt est imputable à l'érosion. L'emprise de fouille est en revanche très proche du sommet du relief actuel (angle sud-est), et donc de la zone source des matériaux déplacés (limon ou mobilier). Au regard de la morphologie de la nappe de mobilier, en conformité avec celle du relief actuel, le déplacement des objets semble limité, de l'ordre d'une dizaine de mètres pour les pièces situées dans l'angle sud-est.

L'analyse de la densité des pièces, couplée à une analyse dimensionnelle de la variance (Whallon 1973 ; Bertran *et al.* 2005), souligne la présence de concentrations de mobilier, notamment dans la bande sud du décapage, où deux d'entre elles ont été testées en fouille manuelle (amas 1 et 2, respectivement 10 et 24 pièces, **fig. 4 et 5**). Les résultats du calcul de R (rapport variance / moyenne) indiquent en effet une distribution non aléatoire et non uniforme des densités, et ce pour des maillages de 50 cm (R = 1,6) à 2 m (R = 3,8) (**fig. 5**). Les projections par catégories techno-typologiques ne montrent néanmoins aucune distribution particulière (**fig. 4**).

2.3.3 | Composition granulométrique de l'assemblage lithique

Après un tri par classes dimensionnelles, l'analyse granulométrique de l'ensemble des produits de débitage a permis de souligner un fort déficit en éclats de faibles dimensions puisqu'aucun éclat inférieur à 2 cm n'a été retrouvé. Si l'approche mécanisée de l'exploration de la nappe d'objets, bien que très précautionneuse, peut en être partiellement responsable, ce tri granulométrique s'est toutefois confirmé lors des tests de fouilles manuelles. Par ailleurs, les tamisages à l'eau réalisés sur la coupe 1.3, à l'aide d'une maille de 2 mm, n'ont pas rencontré d'éléments lithiques alors même que 8 seaux de 10 L de sédiment ont été extraits de l'UPS3.

L'approche par classes de poids des objets inférieurs à 1 kg confirme le tri de la série lithique : la plupart des objets pèse entre 20 et 300 g et seulement 4 objets moins de 5 g. Les objectifs et techniques de débitage adoptés peuvent expliquer en partie l'absence de produits de petites dimensions (peu de préparation des plans de frappe notamment, technique de percussion sur enclume), mais des chaînes opératoires de façonnage bifaciales semblent néanmoins présentes (abrasion nécessaire avant percussion ?), ainsi que plusieurs éclats retouchés (menus éclats et esquilles liés à la retouche et/ou régularisation des parties actives de l'outil). La fabrication de ces objets aurait dû produire une fraction fine. En outre, plusieurs nucléus de dimensions réduites suggèrent que des éclats recherchés en fin d'exploitation pouvaient être inférieurs à 2 cm.



maille	2 m	1 m	0,5 m
moyenne	0,946	0,239	0,600
variance	3,574	0,535	0,098
R	3,777	2,239	1,628

— FIGURE 5 —

Densité du mobilier lithique et résultats de l'analyse dimensionnelle de la variance (d'après Whallon 1973 et Bertran *et al.* 2005).

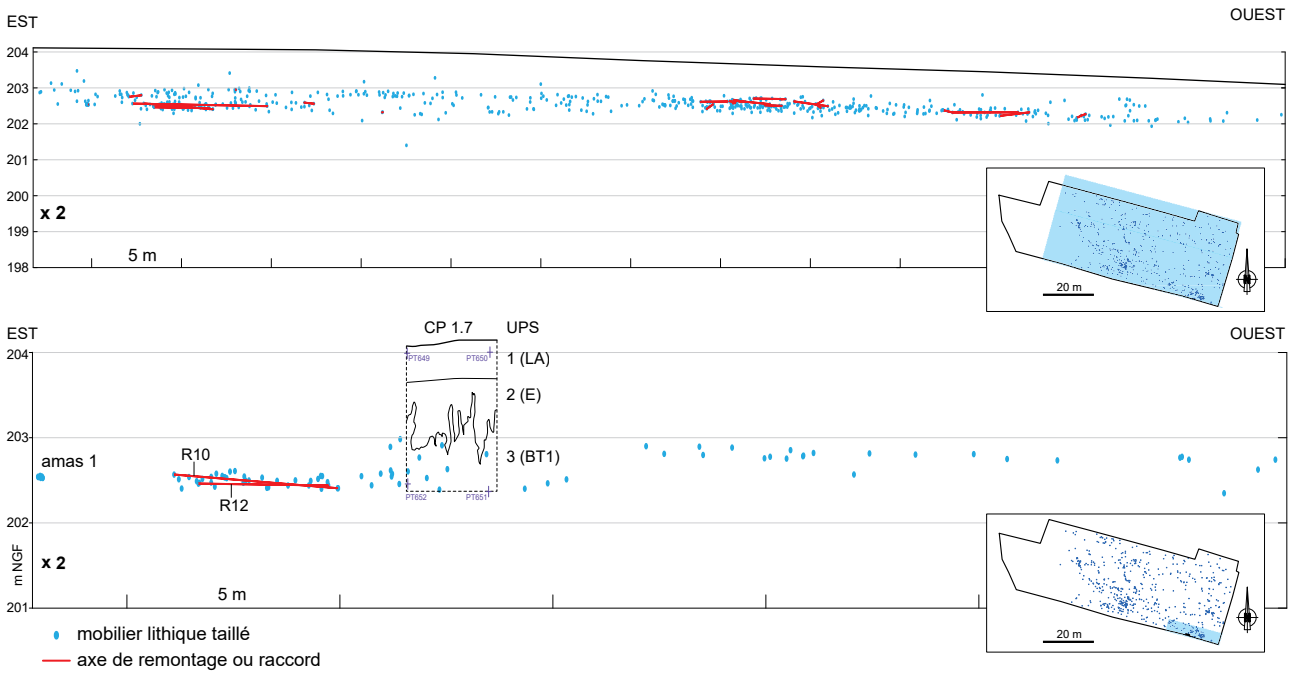
Lithic artifacts' distribution and dimensional analysis of variance results (from Whallon 1973 and Bertran et al. *2005).*

Même si les tests de tamisage n'ont pris en compte que de faibles surfaces, ces résultats montrent que la série lithique a été triée par les processus géomorphologiques. La série apparait donc comme tronquée, sans doute privée des éléments lithiques les plus légers, une situation commune aux sites paléolithiques moyens fouillés le long de l'A65 (*eg.* Bertran *et al.* 2012 ; Bernard-Guelle *et al.* 2014).

2.3.4 | Étude des états de surface des quartzites

Son objectif visait à vérifier l'homogénéité taphonomique des quartzites et à rechercher des indicateurs de déplacement afin de préciser les modalités de formation de la nappe d'objets. Afin de répondre à ces questions, nous avons utilisé une méthode multiscalaire fondée sur le principe que les quartzites enregistrent les processus post-dépositionnels. Pour un même contexte environnemental, l'altération peut être utilisée comme marqueur de chronologie relative et témoin de l'intégrité de l'unité archéologique (Alimen 1964 ; Icole 1970 ; Bornand 1978 ; Coutard et Ozouf 2008 ; Fernandes 2012). Les surfaces observées à la loupe binoculaire (Leica M165C, x20 à x200) correspondent aux négatifs liés à la fabrication de l'objet et non à leur utilisation. En effet, pour décrypter la succession des mécanismes post-dépositionnels, on pratique une lecture microtopographique des stigmates et des traces qui bordent ou recouvrent les négatifs des enlèvements. Seuls les tranchants n'ont pas été observés mais traités dans le cadre de l'analyse fonctionnelle (cf. *infra*). En parallèle, nous prenons en compte la polarité taphonomique susceptible de renseigner sur les mécanismes à l'origine de la mise en place de l'unité archéologique (Hue 1929 ; Vignard et Vacher 1964 ; Fernandes 2012).

Le classement des objets en quartzite est basé sur la prise en compte des transformations relevées sur une soixantaine d'échantillons géologiques prélevés sur le site dans le pavage de galets (UPS5a) et au sein de la terrasse Fv (UPS7b) et comparées aux transformations enregistrées par trente-six pièces archéologiques provenant essentiellement du cœur de l'UPS3. En raison de la dilatation verticale importante du mobilier, nous avons également sélectionné deux ensembles de pièces en nous appuyant sur la projection du mobilier, l'un pour le haut de la nappe (pièces n° 236 à 239), le second pour le bas (pièces n° 255 à 258 et remontages 10 et 12, **fig. 6**). Nos premiers résultats, détaillés dans Taylor *et al.* 2017, ont permis d'avancer les points suivants :



— FIGURE 6 —

Projections en coupe du mobilier et des liaisons entre pièces lithiques (A. Taylor, J.-B. Caverne, M. Rué).

Artifacts and refittings' projection.

- les états de surface post-dépositionnels des pièces issues de l'UPS3 sont homogènes. Les différences sont essentiellement dépendantes de l'état d'altération pré-dépositionnel. Rien n'a permis de distinguer clairement les deux ensembles haut et bas sélectionnés. Les objets ont donc vraisemblablement subi les mêmes phénomènes quelle que soit leur position dans l'horizon archéologique ;
- ce sont les processus chimiques liés au lessivage (patine blanche, accélération de l'altération à la surface) qui ont le plus impacté les quartzites, ce qui est cohérent avec le contexte pédologique (sol lessivé dégradé). La fréquence des objets à polarité taphonomique permet par ailleurs de proposer une absence de remaniement au cours de l'Holocène ;
- l'analyse des états de surface indique une mobilité faible de la majorité des quartzites depuis leur abandon dans l'unité archéologique. Il faut toutefois rester prudent car les réactions de ce matériau aux différents types d'altération, ses capacités d'enregistrement et la cinétique des comportements sont encore loin d'être totalement décryptées.

Cette étude préliminaire a par ailleurs permis de poser les bases d'une méthodologie renouvelée issue des protocoles utilisés pour le silex. Nous savons que la composition minérale, la granulométrie, la cohésion des grains, leur orientation et la porosité ont une grande influence dans la capacité à enregistrer les processus taphonomiques. En conséquence, une description pétrologique avant toute analyse taphonomique est une étape nécessaire (Pedergnana et Ollé 2017). L'observation de la microtopographie des grains et du ciment livre des résultats exploitables (Clemente et Gibaja 2009). L'utilisation d'un MEB et d'un microscope confocal pourrait compléter cette démarche de façon utile.

2.3.5 | Remontages, associations et rapprochements

L'intérêt taphonomique de l'étude des remontages dans la compréhension de l'état de conservation d'un site n'est plus à démontrer. Une dizaine de jours ont ainsi été consacrés à cette recherche permettant la réalisation de 22 raccords physiques, comportant de 2 à 4 objets ou fragments d'objets, totalisant 52 pièces (taux de remontage de 8,5 %). À ces raccords physiques, peuvent être associés plusieurs pièces retrouvées à proximité dont l'aspect pétrographique (aspect du néocortex, teinte, grain, inclusions et veines) laisse à penser qu'elles peuvent appartenir au même bloc. Ces 28 éléments supplémentaires portent le taux de « remontage et associations » à 13,2 % de la série. Les raccords de débitage l'emportent largement sur les raccords de cassure, avec respectivement 16 unités contre 6. Enfin, 63 pièces intègrent 19 rapprochements de matière première (2 à 13 pièces), représentant probablement tout autant de blocs.

En plan, les raccords apparaissent répartis sur toute la surface de fouille, sans concentration particulière, si ce n'est un taux plus élevé dans les zones de plus fortes densités de matériel (**fig. 4**). Les liaisons témoignent plutôt de raccords à courtes distances, inférieures à 50 cm

(14 liaisons sur les 31 documentées), suivies de moyennes distances, comprises entre 50 cm et 2 m (10 liaisons), et enfin à grandes distances, de 2 m jusqu'à plus de 12 m (7 liaisons, la plupart comprises entre 3 et 4 m). Plusieurs orientations de ces raccords s'inscrivent grossièrement dans l'axe du pendage de la nappe, sans que cet axe soit privilégié néanmoins. Si l'on considère les pièces que l'on peut rapprocher de ces remontages par association de matière première (figurées sous forme de polygones dont les sommets correspondent à ces objets, **fig. 4**), on constate qu'elles soulignent la présence de concentrations de pièces pouvant provenir d'un même bloc (« amas de débitage ») dans la partie est de la bande de décapage sud.

En projection sur l'axe est-ouest, les remontages effectués apparaissent pour la plupart sur des plans horizontaux ou sub-horizontaux, suivant en ce sens le plan moyen de la nappe de mobilier (**fig. 6**). De plus, sur la petite zone de fouille manuelle localisée autour de l'amas 2, plusieurs remontages à courtes distances associent de grandes pièces à de petites pièces plus légères, contredisant l'hypothèse d'un fort remaniement de la nappe dans ce secteur, qui aurait bouleversé l'horizontalité de la nappe et l'intégrité de ces remontages.

2.4 | Discussion et conclusion

Comme pour de nombreux sites pléistocènes de plein air, les indicateurs taphonomiques, qu'ils reposent sur le sédiment ou le mobilier, montrent que les vestiges ont subi une histoire post-dépositionnelle complexe depuis leur abandon sur le sol. Le site de Garlin n'échappe malheureusement pas à cette règle. Plusieurs de ces indicateurs vont en effet dans le sens d'une perturbation importante de l'assemblage initial :
- la partie supérieure de la nappe de mobilier a supporté le fonctionnement d'un cryosol durant la fin du dernier cycle glaciaire, expliquant en partie la forte dilatation verticale des objets ;
- aucune structuration archéologique évidente de l'espace n'a été perçue au diagnostic ou en fouille. Les densités sont globalement toujours faibles, en moyenne inférieure à 0,5 pièces au m² en prenant en compte l'ensemble des objets (taillés et non taillés) ;
- la série récoltée a subi un tri granulométrique important par évacuation des fractions fines et moyennes avant et/ou pendant son enfouissement par les limons.

Cette configuration rend illusoire toute lecture archéologique du plan de répartition spatiale des objets lithiques. Ce constat rejoint d'autres résultats obtenus sur les sites de l'A65 situés dans la zone des lœss. Toutefois, plusieurs indicateurs montrent que le mobilier recueilli dans l'UPS3 (BT1) ne correspond pas au produit de l'érosion d'un site beaucoup plus ancien initialement situé dans l'horizon BT2 et secondairement redistribué sur le versant :
- la partie orientale de l'emprise se situe à proximité immédiate d'un point haut du relief, les déplacements mis en évidence ne peuvent donc qu'être limités. De surcroît, la pente générale de la nappe d'objets est faible (environ 1 %) et l'horizon BT2 est conservé sur le point haut ;
- l'examen des limons aux échelles macro- et microscopiques n'a pas mis en évidence de figures de déplacement en masse, alors que le contexte limoneux enregistre généralement bien ces figures ;
- les stigmates post-dépositionnels liés au déplacement des quartzites dans le sol apparaissent faibles et moins prononcés que ceux observés sur les quelques pièces provenant de l'horizon BT2 ;
- des concentrations résiduelles subsistent, confirmées par l'analyse dimensionnelle de la variance. Deux d'entre-elles concentrent un nombre plus élevé de remontages ;
- le taux de remontage est relativement élevé et les axes ne sont pas préférentiellement orientés dans le sens de la plus grande pente vers le nord-ouest. Ces axes apparaissent en conformité avec la pente de la nappe et l'on n'observe pas de remontage entre deux pièces éloignées verticalement.

Ce contexte plaide ainsi en faveur d'un épandage archéologique qui s'est constitué en plusieurs phases de dépôt, mêlant probablement occupations *in situ* et mobilier érodé issu d'occupations antérieures dans l'horizon BT1. L'épaisseur occupée par l'épandage de mobilier représente un épisode de temps relativement long d'après les dates OSL obtenues (de l'ordre de 50 ka). À Garlin, nous sommes donc sans doute en présence de plusieurs ensembles taphonomiques, et donc d'un mélange d'industries, bien que probablement sub- ou pénécontemporaines comme semblent l'attester l'homogénéité des états de surface et la cohérence techno-économique de la série (cf. partie 3). Au regard des dates OSL et des données pédostratigraphiques, ces occupations polyphasées se sont vraisemblablement déroulées entre le MIS5 (post-Eémien) et le MIS3.

3 | L'INDUSTRIE LITHIQUE : APPROCHES PÉTROGRAPHIQUE, TECHNO-TYPOLOGIQUE, ÉCONOMIQUE ET FONCTIONNELLE

3.1 | Approche pétrographique

L'analyse pétrographique a porté sur près d'un tiers du mobilier recueilli intégrant l'évolution des quartzites et des quelques silex associés (n = 7) *(Taylor et al. 2017)*. Ce travail s'appuie sur les recherches récentes qui ont abouti à un renouvellement de la connaissance des traceurs et des aires de disponibilités concernant le piémont occidental des Pyrénées *(e.g.* Colonge *et al.* 2002, 2010, et 2012a ; Colonge et Mourre 2009 ; Séronie-Vivien 2009 et 2010 ; Bernard-Guelle *et al.* 2010 ; Jarry 2010 ; Millet et Millet 2010 ; Colonge *et al.* 2011 ; Minet 2013 ; Fourloubey *et al.* 2013 ; Lelouvier *et al.* 2013).

Cette analyse n'a pas permis de déterminer les limites exactes du domaine minéral exploité par les occupants du site en raison de la connaissance imparfaite des cortèges de galets contenus dans les différentes formations superficielles. Il est tout de même possible de proposer des résultats sur la provenance des quartzites et d'avancer quelques hypothèses sur les aires d'approvisionnement en silex.

Les quartzites sont ainsi majoritairement récoltés dans l'environnement immédiat du site. Il s'agit de galets pyrénéens similaires à ceux présents dans le pavage (UPS5a) situé sous la nappe de mobilier (**fig. 2**). Ce sont essentiellement des quartzites à grains moyens à grossiers. Toujours altérés, ils présentent divers gradients d'épuisement matriciel ou de rubéfaction et une importante variabilité d'aspects corticaux. Une part réduite des quartzites provient des terrasses plus récentes (Fw ou Fx) aux cortèges grossiers non altérés. Quartz et lydiennes complètent le corpus de façon très anecdotique. Les quelques silex présents attestent d'une acquisition plus lointaine. Les blocs roulés de silex turoniens type Montgaillard-Hibarette peuvent avoir été collectés au sein d'une des formations alluviales de l'Adour ou de L'Échez. L'autre silex du Flysch présente de fortes similitudes avec les lits silicifiés de la région au sud-ouest de Pau. Le cas des silex à *Lépidorbitoïdes* est encore plus complexe car les trois silex présents dans la série n'ont pas été collectés sur un même gîte. Même si deux d'entre eux présentent des similitudes micropaléontologiques et altérologiques avec certains silex maastrichtiens des Pyrénées centrales (paléo-couloir Adour-Baïse), leur provenance exacte reste à déterminer.

Le site de Garlin entre parfaitement dans un cadre déjà évoqué par nos prédécesseurs (Colonge *et al*. 2012). Il appartiendrait au groupe à prépondérance de quartzites à double patine, pauvre en silex mais de provenance multiple, installé sur des épandages pléistocènes inférieurs assez éloignés des grands couloirs alluviaux riches en quartzites moins altérés.

3.2 | Étude techno-typologique

3.2.1 | Caractérisation de la production lithique et des séquences opératoires

L'observation technologique du mobilier, couplée à celle des remontages, souligne la présence *in situ* des témoins de l'ensemble des chaines opératoires de débitage. Les chaines opératoires de façonnage ne sont quant à elles documentées sur site que par le façonnage d'outils lourds (galets aménagés) et de bifaces (dont plusieurs ébauches).

Modalités d'acquisition et d'introduction des blocs, sélection des volumes

Le premier apport des remontages est d'attester de l'introduction de grands volumes, fragmentés ensuite afin de produire des supports qui seront utilisés dans des chaines opératoires de débitage (notamment Discoïde) exploitant des volumes plus réduits. D'autres galets apparaissent simplement testés dès la phase de collecte (n = 17). Les galets exploités semblent dans l'ensemble parcourus de veines et de diaclases, contrecarrant parfois les objectifs des tailleurs (fractures accidentelles, réfléchissements).



FIGURE 7

Grande entame (n° 298) (A. Taylor, S. Bernard-Guelle). Échelle 2/3

Big primary flake (n° 298). Scale 2/3.

De grands à très grands éclats sont également présents dans la série (plus de 10, voire 20 cm de longueur). Ce sont de grandes entames (*e.g.* **fig. 7**) provenant de galets de dimensions considérables. En l'absence de remontage, la question de leur production hors du site reste posée. Pourtant, la possibilité de collecte à proximité immédiate du site (cf. § 3.1 *supra*) et la présence de galets d'un poids conséquent (parfois plus de 7 kg) sont des arguments en faveur d'une production sur place mais en dehors de l'emprise fouillée.
Au regard des manuports (n = 40), galets testés (n = 17), galets fracturés (n = 60), galets et entames aménagés et/ou retouchés (n = 32), des remontages et rapprochements de matières premières, et des 157 nucléus hors remontages, le nombre minimal de galets introduits au niveau de l'emprise est estimé à 337 pour un poids moyen d'un galet de quartzite (ou assimilé hors silex) de 1228 g. Cette valeur théorique reste proche du poids moyen constaté pour les manuports, nucléus et galets testés abandonnés (respectivement 1663, 1065 et 1222 g). L'introduction de silex a été bien plus modeste (821 g contre 422416 g de quartzite et assimilés) et manifestement sous forme d'éclats exceptés deux petits nucléus et un outil bifacial comptant à lui seul pour 700 g.

Concernant la sélection des volumes exploités, si la morphologie des blocs sélectionnés apparait variée, la tendance semble privilégier les morphologies parallélépipédiques, souvent allongées et présentant au moins une face plate.

Enfin, plusieurs nucléus investissent des éclats épais, sous-produits de débitages précédents, voire de grandes entames. Ces dernières intègrent surtout la phase de retouche/façonnage, que l'on considère l'outillage fortement investi tel que les pièces bifaciales, ou un outillage lourd plus fruste (hachereau type 0, pièces tranchantes ou encochées…).

Les produits de débitage (fragmentation, dimensions, morphologie)

Les produits de débitage (éclats et fragments d'éclats) sont relativement peu nombreux dans la série (n = 244 bruts + 16 outils, rapport éclats/nucléus = 1,55). Ils sont en outre fréquemment fracturés, sans doute en relation avec la technique de percussion employée, particulièrement violente (percussion sur enclume). On compte en effet 50 cassures de type accident Siret, soit plus de 20 % des produits concernés. S'y ajoutent 33 fragments distaux et 22 fragments proximaux d'éclats.

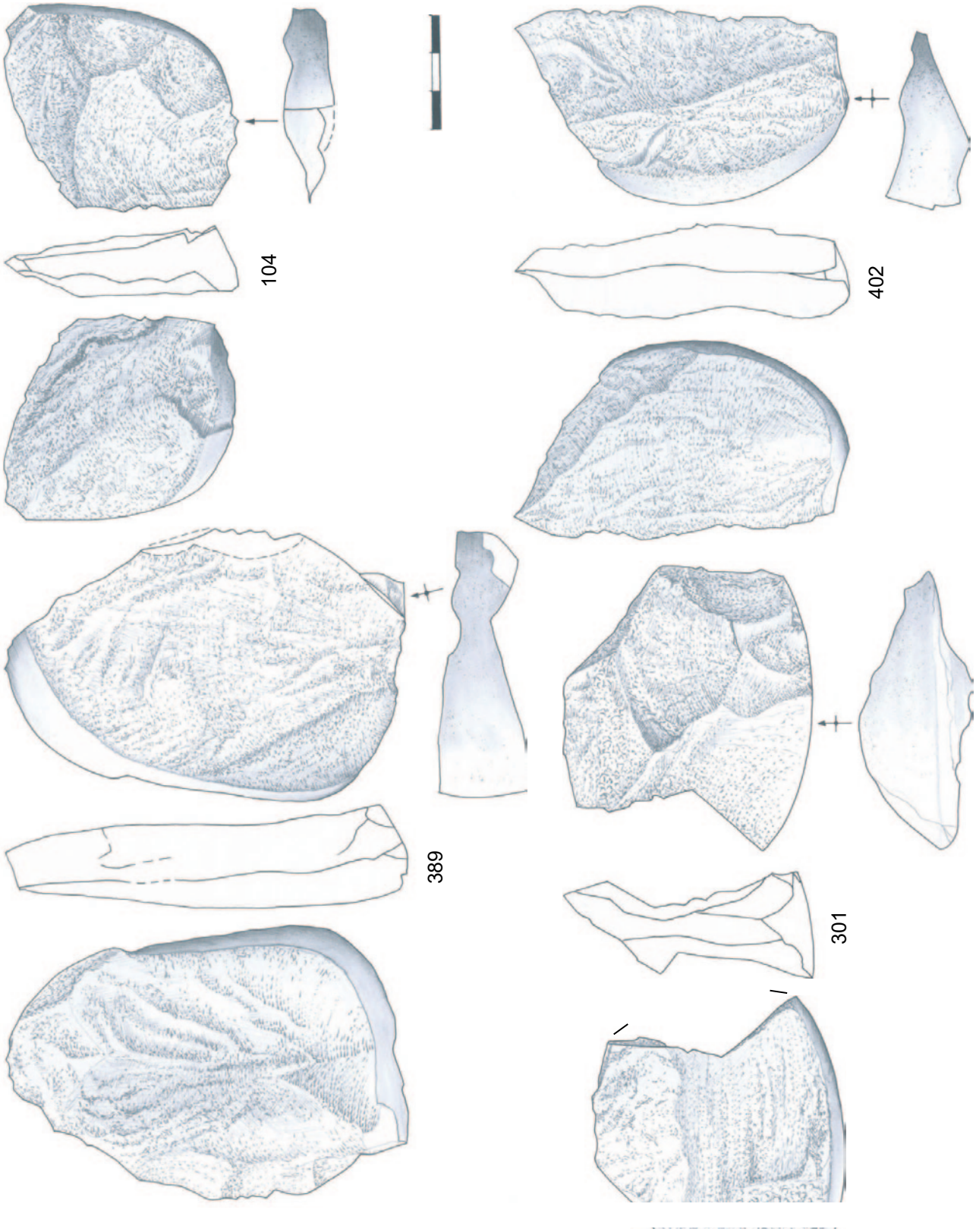
L'ensemble témoigne d'un fort déficit de la fraction fine du débitage (aucun produit inférieur à 2 cm). Les éclats supérieurs à 5 cm de longueur dominent de façon écrasante l'assemblage (65 %), suivis des éclats supérieurs à 10 cm (20 %) et des éclats dont la longueur est comprise entre 3 et 5 cm (13 %).

Les produits de débitage se répartissent principalement entre 3 morphologies : ovalaire (n = 78), quadrangulaire (n = 65) et triangulaire (n = 54). L'allongement des produits est limité, les éclats sont parfois bien plus larges que longs (n = 50), leur épaisseur est notable, particulièrement celle des talons, symptomatique d'une percussion minérale dure, parfois violente. De nombreux produits portent des plages corticales conservées, notamment en raison de la fréquence des dos naturels, mais on note aussi la présence d'entames entièrement néocorticales. Plus du tiers des produits ne présente toutefois aucune plage corticale, sauf leur talon, dont la préparation est rarissime à l'échelle de la série. De nombreux produits présentent un dos (95 sur les 245 collectés), néocortical le plus souvent, mais parfois de débitage (produit pseudo-Levallois notamment) (**fig. 8**). Ce dos néocortical se prolonge en général à partir du talon et peut se développer sur toute la longueur du produit, voire se poursuivre dans sa partie distale (dos enveloppant). Au cours de l'exploitation de blocs plus étroits, le dos néocortical peut se prolonger sur les deux bords latéraux de l'éclat.

Les nucléus (concepts, schémas opératoires, objectifs du débitage, état d'abandon)

L'observation technologique des concepts, schémas opératoires et objectifs du débitage a pu être étudié sur 168 volumes exploités. Deux grands concepts semblent organiser la mise en œuvre de la production lithique, un débitage centripète (Discoïde) et un débitage frontal unipolaire (sur enclume) dont les modalités et la gestion sont modulées en fonction de la morphologie du volume investi, voire de sa réduction. Ainsi le débitage centripète se décline en modalités Discoïdes unifaciales ou bifaciales (Boëda 1993 ; Mourre 2003a), tandis que le débitage frontal unipolaire pourra présenter des changements d'orientation dans l'exploitation de la surface de débitage, voire plusieurs surfaces successives privilégiant toujours l'unipolarité de la production, et ce sur les volumes les plus massifs. Tous ces schémas opératoires produisent exclusivement des éclats, en général peu allongés. Les concepts Discoïdes et frontaux unipolaires regroupent respectivement 68 et 89 nucléus (40 et 53 % des volumes débités). S'y ajoutent quelques volumes où la progression du débitage unipolaire est plus périphérique (n = 6), ou investit le plan d'aplatissement du volume sans adopter un schéma Discoïde (débitage « facial » unipolaire, n = 1).

Le débitage Discoïde est mis en œuvre à partir de volumes de plus faibles dimensions que le débitage frontal unipolaire, et qui proviennent presque tous déjà de la réduction d'un bloc plus grand, éclats épais, entames et surtout fragments de galets fracturés sur enclume, opposant une surface néocorticale fortement convexe à la surface d'éclatement du support. La surface néocorticale convexe des matrices sert de plan de frappe et de surface réserve à la production d'éclat dans la modalité Discoïde unifaciale (majoritaire, n = 54) (**fig. 9 et 11**) ou bifaciale partielle hiérarchisée, l'investissement d'une seconde face étant limité et lié à l'entretien des plans de frappe (minoritaire, n = 14) (**fig. 10 et 11**). L'objectif du débitage semble être la production d'éclats centrés de morphologies diverses (ovalaires, quadrangulaires ou triangulaires). Peu de produits caractéristiques des productions Discoïdes « classiques » ont pu être retrouvés à l'exception de quelques éclats pseudo-Levallois (n = 9). Le détachement d'enlèvements cordaux prédéterminés ne semble ainsi pas faire partie des objectifs principaux du débitage. On peut sans doute rapprocher de ces productions Discoïdes la plupart des éclats légers témoignant d'une percussion directe dure, sans stigmates évidents de contre-coups évoquant la technique de percussion sur enclume. Sur quelques volumes, le



— FIGURE 8 —

Éclats à dos néocortical issus d'un débitage sur enclume (R. Picavet). Échelle 2/3. *Neocortical backed flake from an anvil technique debitage. Scale 2/3.*



FIGURE 9

Nucléus Discoïde unifacial (n° 590) (A. Taylor, S. Bernard-Guelle). Échelle 2/3.

Discoid unifacial core (n° 590). Scale 2/3.

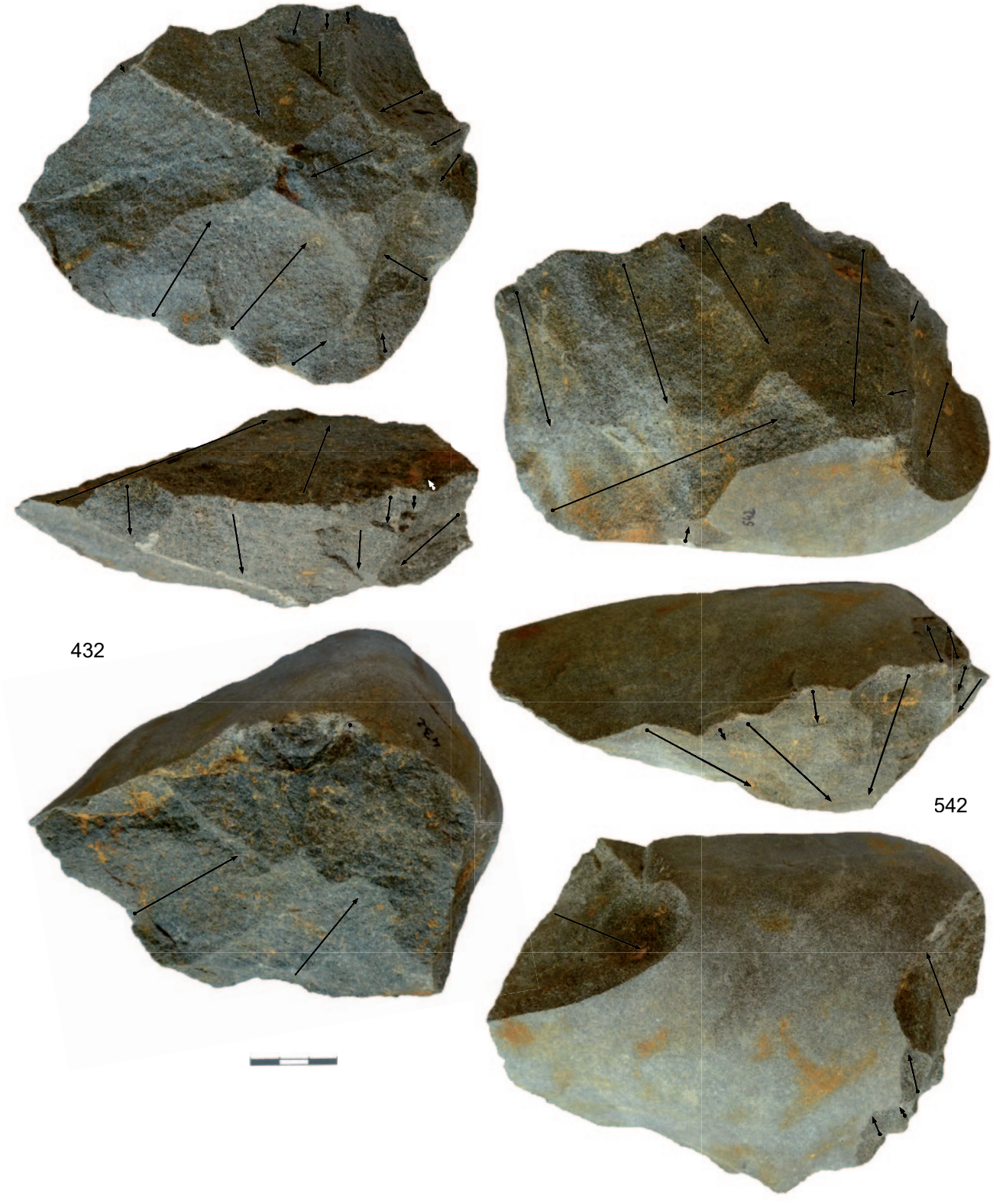
débitage a été poussé jusqu'à un aplatissement total de la surface de débitage, le plan de fracturation des derniers enlèvements n'étant plus du tout sécant mais parallèle au plan d'aplatissement du volume, ce qui explique les réflé-chissements successifs plus fréquemment observés au centre de la surface de débitage de ces nucléus. Parmi les rares pièces en silex, un nucléus Discoïde bifacial (**fig. 11**) atteste d'un débitage particulièrement poussé avec un volume abandonné mesurant 40 mm de longueur pour une épaisseur inférieure à 20 mm.

Le débitage frontal unipolaire investit bien plus volontiers des galets entiers ou fracturés plus massifs, une face naturelle (convexe ou plate) non préparée servant de plan de frappe. La surface de débitage s'inscrit dans l'épaisseur du support, le débitage progressant frontalement au moyen d'éclats larges et épais, le plus souvent dans l'axe de la largeur du support. La morphologie générale du nucléus abandonné évoque celle d'un galet aménagé unifacial (ou « chopper »), si ce n'est le caractère très abrupte de la surface de débitage (angle formé avec la surface de plan de frappe égal, voire supérieur à 90°), et l'absence de régularisation de la corniche. Des stigmates de contrecoups sont discernables et témoignent de l'utilisation d'une percussion sur enclume pour détacher des éclats qui présentent alors un dos néocortical lorsqu'ils sont détachés à proximité du bord de la surface de débitage, et éventuellement juste un dos néocortical distal lorsqu'ils sont détachés plus au centre de la surface (**fig. 12**) (Mourre 1996, 2004). Les cassures transversales et surtout les accidents de type siret sont fréquents. Hormis l'obtention d'un tranchant opposé à un dos ou de tranchants latéraux, le contrôle de la morphologie exacte de l'éclat pâtit de la violence de la percussion et de la qualité des galets de quartzite sélectionnés, veinés et fissurés. L'observation des produits de débitage indique fréquemment en effet une fissuration radiaire importante du point d'impact, causant la fracture du produit en 2 fragments, voire plus. La plupart des éclats présentant un dos se développant de manière importante à partir du talon, ou présentant une cassure type siret, sont sans doute à rapprocher de cette production sur enclume. Sur les volumes les plus massifs on note parfois des réorientations successives du débitage, la surface exploitée restant la même mais débitée à partir d'une nouvelle surface de plan de frappe (une autre face du galet), souvent perpendiculairement à la séquence unipolaire précédente. Une part au moins des volumes exploités frontalement par percussion sur enclume semble abandonnée de façon précoce, la technique de percussion sur enclume autorisant en théorie la réduction quasi complète du volume.

Quelques supports de nucléus présentent des plages localisées de percussion, témoins du recyclage d'anciens percuteurs, d'autres montrent un écrasement localisé d'une partie de leurs arêtes, probablement dans le cadre d'un remploi opportuniste du volume en tant qu'outil lourd (percussion, broyage ?). Certains présentent parfois des corniches fortement écrasées et pourraient correspondre à un des marqueurs typologiques de l'Acheuléen pyrénéo-garonnais (polyèdres ou galets à chant épannelé) dont la fonction reste encore mystérieuse.

3.2.2 | L'outillage

Les 43 outils, tous en quartzite sauf un en silex, composent 6,9 % de la série. L'outillage lourd est aménagé sur galets (n = 20, galets aménagés et bifaces et apparentés), grandes entames et éclats (n = 6, bifaces et apparentés, hachereaux), ou bloc de silex (n = 1, pièce bifaciale tranchante). Aux outils plus légers confectionnés sur éclats



— FIGURE 10 —

Nucléus Discoïdes bifaciaux partiels (A. Taylor, S. Bernard-Guelle). Échelle 1/2. *Discoid partially bifacial cores. Scale 1/2.*



FIGURE 11

Nucléus Discoïde bifacial en silex (n° 128), nucléus Discoïdes bifaciaux partiels (n° 292 et 314), nucléus Discoïde unifacial (n° 239) (A. Taylor, S. Bernard-Guelle). Échelle 2/3.

Flint discoid bifacial core (n° 128), discoid partially bifacial cores (n° 292 and 314), discoid unifacial core (n° 239). Scale 2/3.



FIGURE 12

Nucléus à débitage frontal unipolaire sur enclume (A. Taylor, S. Bernard-Guelle). Échelle 2/3.

Anvil technique core, unipolar frontal progression. Scale 2/3.

(n = 11, denticulés, racloirs…) s'ajoutent quelques tranchants d'éclats utilisés (n = 5). Avec ces derniers, le taux de transformation des supports débités atteint 9 % contre 13,1 % pour les galets.

Les outils façonnés

Le groupe est dominé par les galets aménagés unifaciaux (n = 9) sur lesquels une série d'enlèvements unipolaires dégage un bord actif rectiligne ou légèrement convexe, orienté le plus souvent dans la largeur du support (**fig. 13 à 16**). Il semble ensuite régularisé par une retouche plus fine, contrairement aux nucléus frontaux unipolaires, morphologiquement proches mais dont la corniche reste crénelée. Plus expéditifs, 5 galets ont été fracturés dans leur largeur selon un plan oblique, dégageant un tranchant convexe sur lesquels on observe de multiples écrasements. Un autre galet présente une succession de 4 encoches larges sur sa longueur, avec des écrasements localisés en fond d'encoches (**fig. 17**).

Les deux hachereaux de « type 0 » sur éclats néocorticaux ou semi-néocorticaux ont leurs bords latéraux succinctement aménagés par une retouche inverse envahissante (Tixier 1956 ; Mourre 2003b et 2006). Leur tranchant distal, laissé brut, présente des écrasements. La partie proximale épaisse et néocorticale du support reste quant à elle brute de débitage (**fig. 18**).

Une autre pièce, en silex, bifaciale et massive, oppose un tranchant distal transversal rectiligne et oblique dégagé par un enlèvement unique à un façonnage extensif du reste de l'objet, à l'exception d'une réserve corticale à la base de l'outil. Il s'agit d'une pièce bifaciale tranchante, dont le support, un bloc, l'éloigne de la définition typologique classique du hachereau (**fig. 19**).

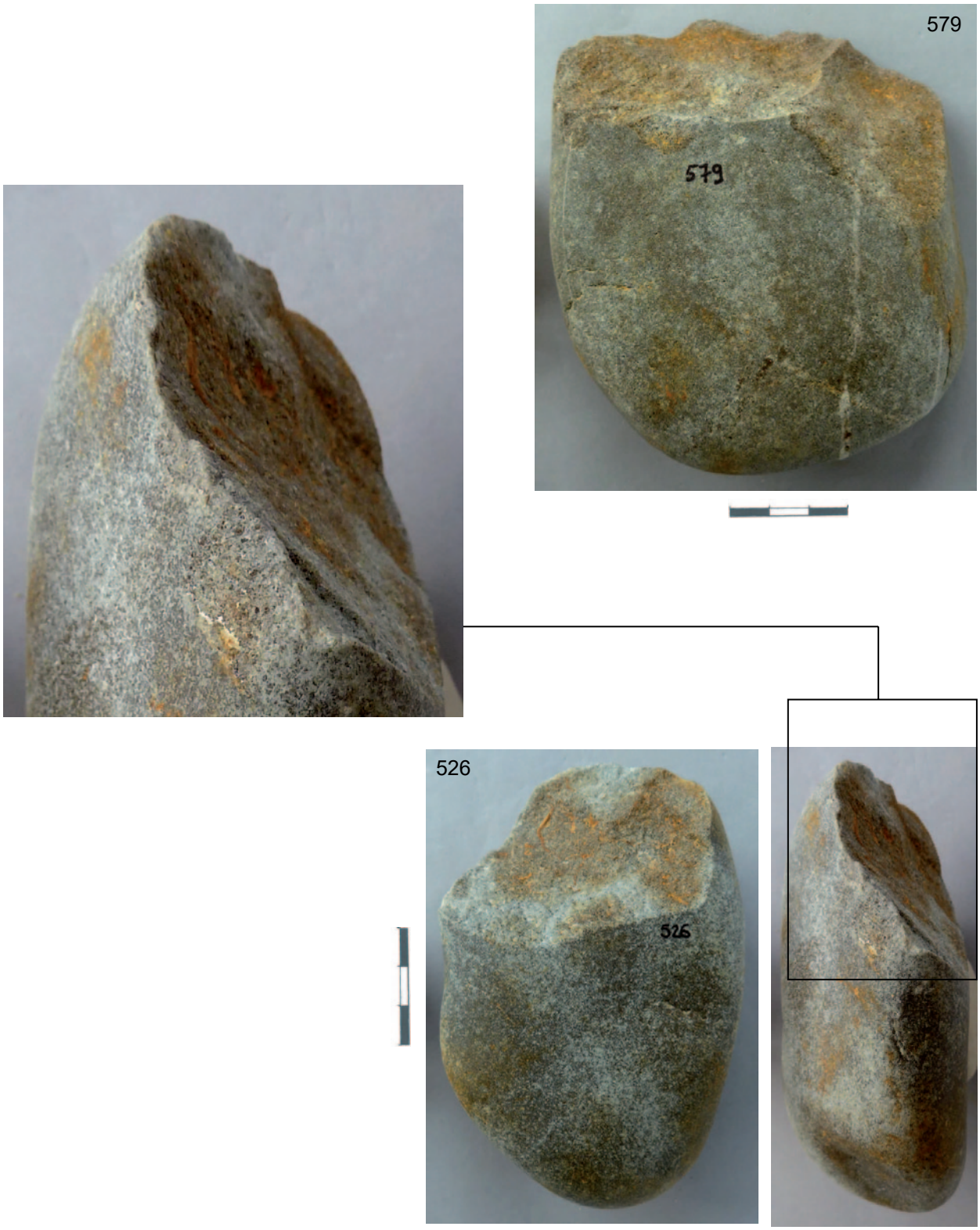
Enfin, la série comporte 2 bifaces (dont un à base cassée) ainsi que 7 bifaces partiels à base réservée (**fig. 20**), 1 uniface partiel (**fig. 21**), et 4 ébauches de bifaces (**fig. 22**). Ces pièces portent les stigmates d'une percussion dure et rentrante. Les exemplaires les plus aboutis sont un biface lancéolé de dimensions modestes (**fig. 23**), tout juste 10 cm de longueur, à base épaisse partiellement réservée, alors que la retouche de la pointe est particulièrement soignée sur un tel matériau (percuteur organique ?), ainsi qu'un biface plutôt cordiforme (**fig. 23**), dont la finition laisse à désirer malgré l'étendue du façonnage sur les deux faces de l'objet (façonnage quasi intégral).



— FIGURE 13 —

Galet aménagé unifacial tranchant convexe (n° 174) et détail de l'endommagement du tranchant (A. Taylor, S. Bernard-Guelle). Échelle 2/3.

Unifacial convex cutting edge pebble tool (n° 174) and detail of the cutting edge's alteration. Scale 2/3.



— FIGURE 14 —

Galet aménagé unifacial tranchant convexe (n° 579) et tranchant utilisé sur galet fracturé (n° 526) et détail de la modification de la partie active (x1,5) (A. Taylor, S. Bernard-Guelle). Échelle 2/3.

Unifacial convex cutting edge pebble tool (n° 579), used cutting edge on fractured pebble (n°526) and detail of the edge's alteration (x1,5). Scale 2/3.

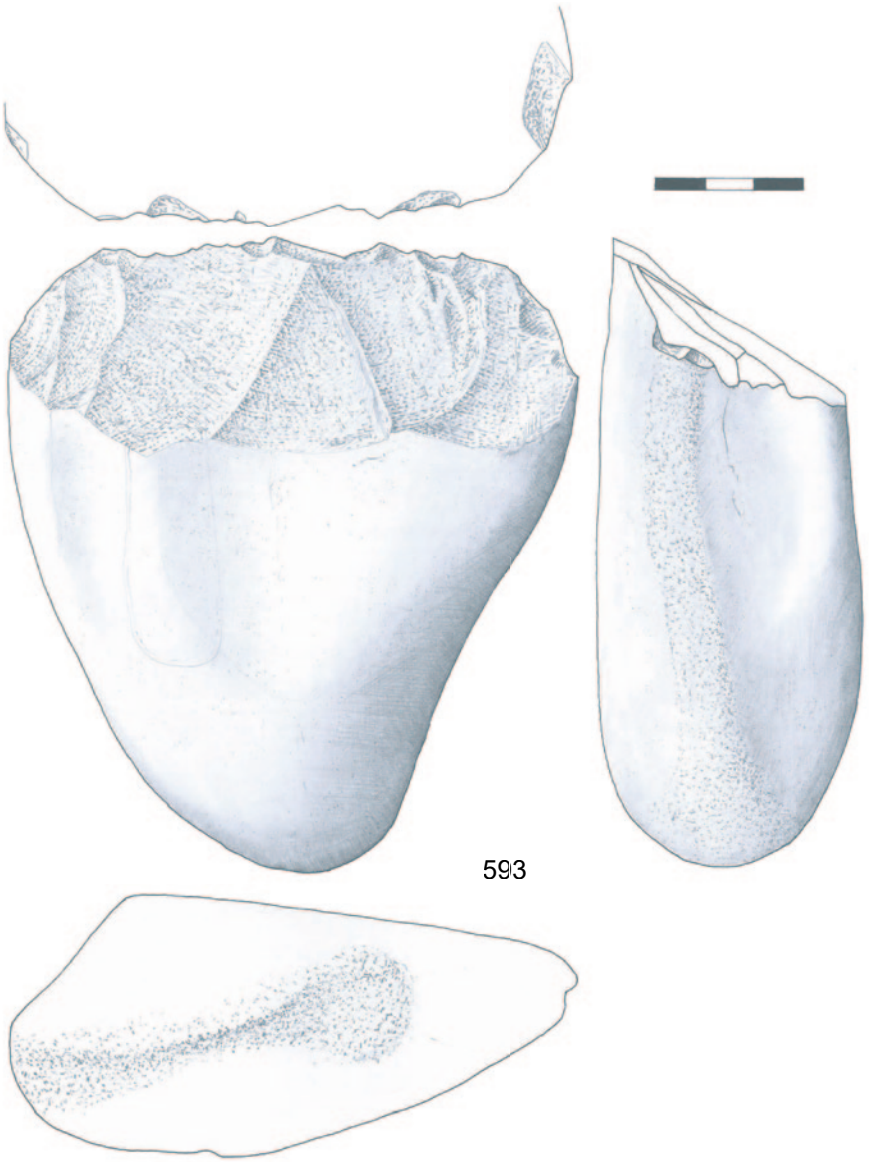


FIGURE 15

Galet aménagé unifacial rectiligne (n° 593) (R. Picavet). Échelle 2/3.

Unifacial straight cutting edge pebble tool (n° 593). Scale 2/3.

Les pièces façonnées sont largement dominantes (3/4 de l'outillage). Les galets aménagés sont surtout de grands outils à tranchants robustes et base réservée. Les bifaces et apparentés sont à de rares exceptions près plus légers, mais leur façonnage peut être tout aussi expédient que sur certains galets aménagés. A minima, une pointe est sommairement dégagée, associée au façonnage ou à la simple régularisation d'au moins un tranchant latéral. Le façonnage bifacial poussé de l'outil ne semble pas être une exigence, la base du biface étant le plus souvent totalement réservée, ou tout du moins plus sommairement aménagée.

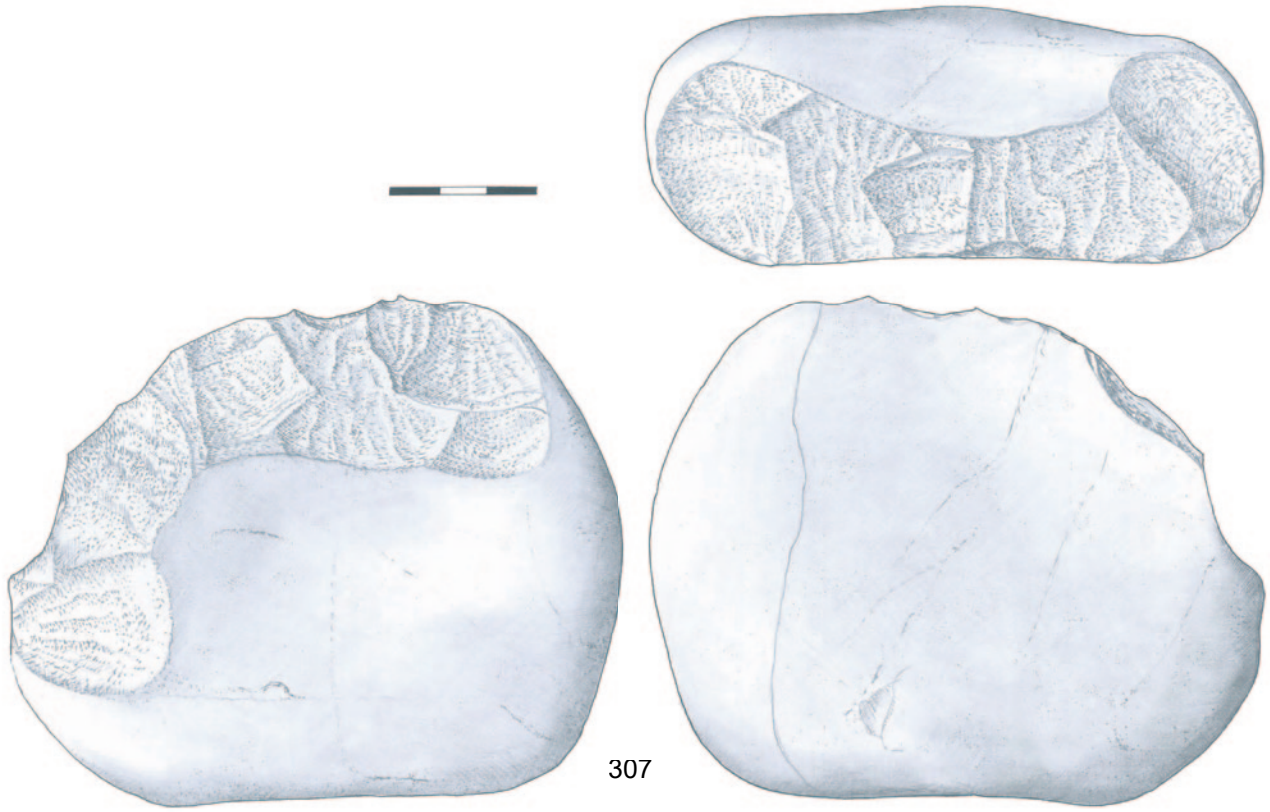
Les outils retouchés

L'ensemble des outils sur éclats est composé de 4 racloirs simples (2 transversaux - **fig. 24**, 2 latéraux), de 4 pièces denticulées (**fig. 25**) dont 1 à microdenticulation, d'1 pièce à encoches sur grande entame ovalaire (**fig. 17**), et enfin de 2 pièces à retouche bilatérale convergente, l'une de délinéation concave, dégageant un bec (**fig. 25**), l'autre de délinéation convexe dégageant une pointe de section triédrique (pic ? - **fig. 21**)

D'autre part, 5 éclats toujours corticaux et plutôt de grandes dimensions semblent porter des stigmates d'utilisation sur leurs tranchants bruts (écrasements et esquillements localisés - **fig. 26**).

3.3 | Approche fonctionnelle

L'observation s'est portée sur un ensemble de 40 objets comprenant divers outils et éclats issus d'un débitage bipolaire sur enclume ou d'une production Discoïde. Trente-neuf pièces sont en quartzite. Une seule est en silex (n° 325). Toutes présentaient des enlèvements d'aménagement et/ou enlèvements macroscopiques liés à une possible utilisation dont l'observation des bords devait confirmer ou non l'origine fonctionnelle.



— FIGURE 16 —

Galet aménagé unifacial convexe (n° 307) (R. Picavet). Échelle 2/3.

Unifacial convex cutting edge pebble tool (n° 307). Scale 2/3.

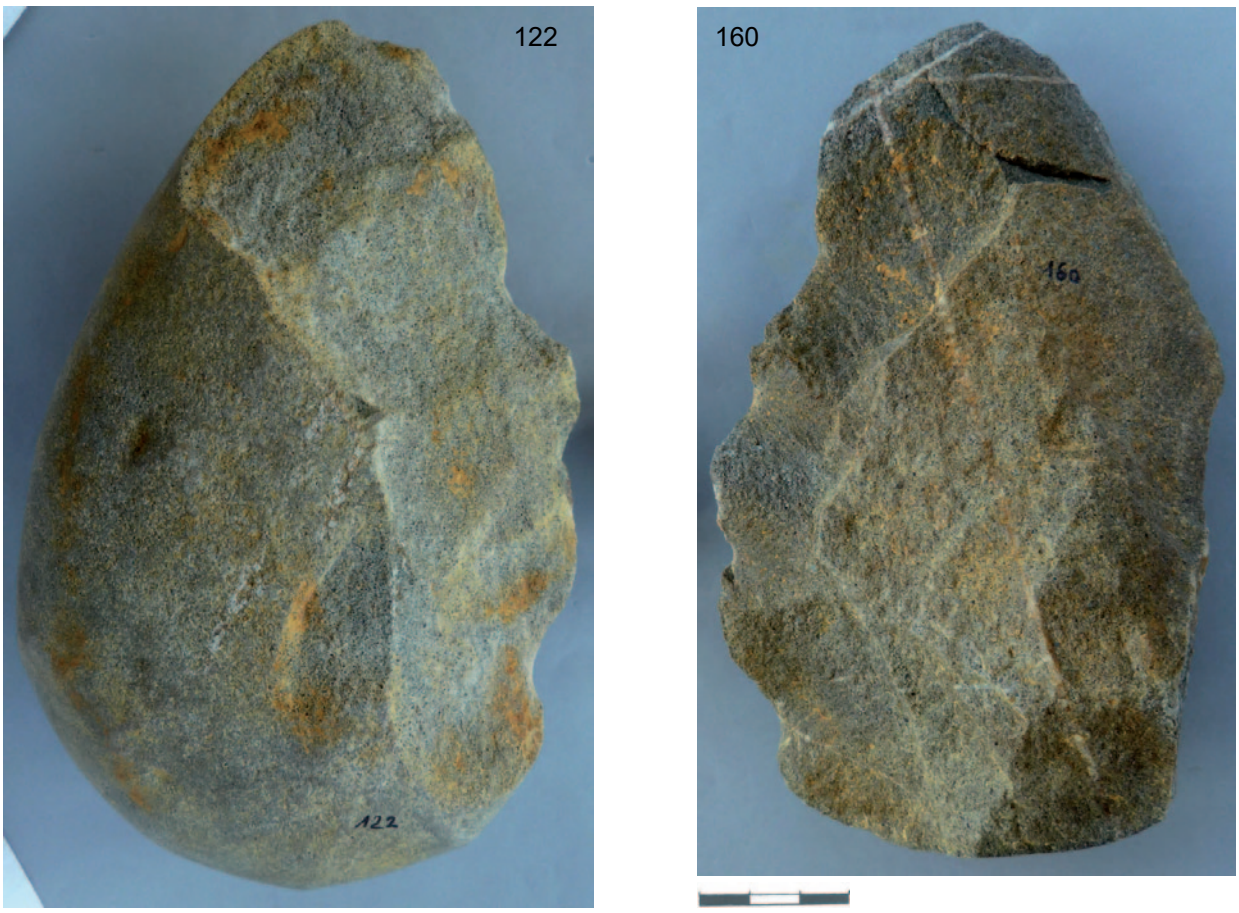
Du fait de la mauvaise conservation des micro-surfaces (matrice et grains de quartz particulièrement corrodés, ces derniers présentant à leur surface de nombreuses stries multidirectionnelles d'origine post-dépositionnelle - **fig. 27**), nous avons décidé d'aborder ce mobilier d'un point de vue essentiellement macroscopique ce que nous permettait son état relativement bon. Pour cela, nous nous sommes fondée sur les travaux réalisés dans le cadre du PCR « des traces et des hommes » dirigé par C. Thiébault et réalisés principalement par E. Claud (Thiébault *et al.* 2009 ; Thiébault *et al.* 2011 ; Claud *et al.* 2015). Ces travaux montrent que, selon les activités pratiquées, la répartition, la quantité, le nombre de générations et la forme des enlèvements diffèrent. Ainsi l'organisation des enlèvements le long du bord permettent d'écarter l'hypothèse de leur origine taphonomique et d'émettre des hypothèses quant à leurs fonctions et fonctionnement.

Les principaux résultats peuvent se résumer en 3 points : (1) parmi les 40 objets, 29 présentent de probables traces macroscopiques d'utilisation ; (2) une certaine diversité des activités menées au moyen de ces outils est à noter, en lien avec une variabilité typologique assez importante : 8 zones utilisées concernent des actions en percussion, 10 des actions transversales (de type raclage), 4 des actions longitudinales (de type découpe), 1 une action rotative (de type désarticulation) et enfin 6 des actions indéterminées ; (3) l'unicité des zones utilisées sur chacune des pièces est quasi systématiquement observée. L'outil est donc en général mono-tâche.

3.4 | Approche techno-économique

Au vu de l'approche taphonomique, la nappe d'objets lithiques, triée et partiellement redistribuée le long de la pente, pourrait correspondre à un épandage archéologique constitué en plusieurs phases de dépôt, mêlant probablement plusieurs phases d'occupations plus ou moins érodées. L'homogénéité des états de surface et la cohérence techno-économique de la série permettent néanmoins d'avancer que, si mélange il y a, il affecte des ensembles archéologiques d'un même techno-complexe. Malgré ces facteurs limitant (série triée, absence de structuration spatiale, fenêtre de fouille réduite), les remontages permettent d'esquisser, en appui de l'analyse pétrographique, quelques hypothèses d'ordre techno-économique.

Ainsi, le site a probablement pu être occupé à plusieurs reprises et les occupants se sont presque exclusivement approvisionnés en galets de quartzites présents dans l'en-



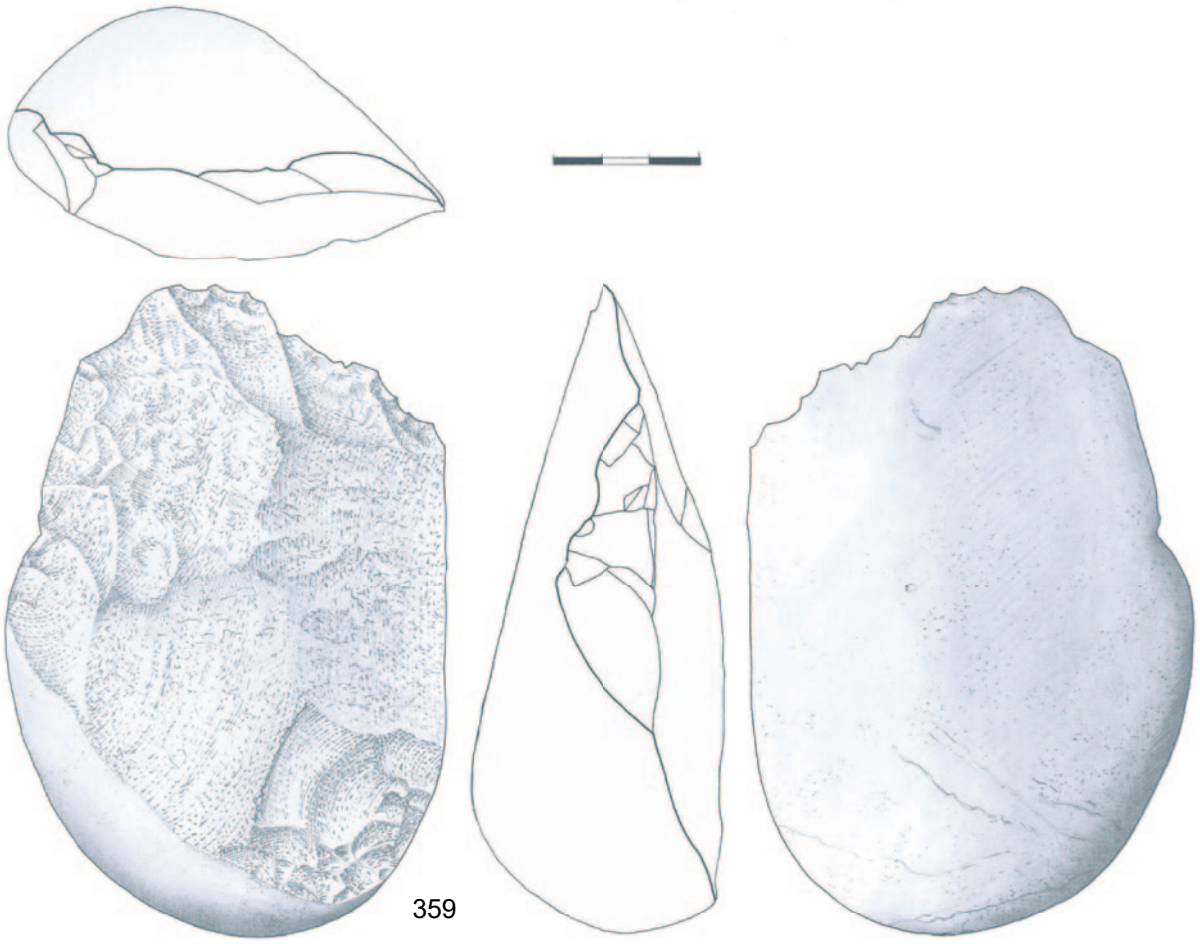
— FIGURE 17 —

Encoches sur grande entame (n° 160) et sur galet ovalaire aplati (n° 122) (A. Taylor, S. Bernard-Guelle). Échelle 2/3.

Notched big first flake (n° 160), notched flat pebble (n° 122). Scale 2/3.

vironnement local voire immédiat. Des volumes parfois considérables (galets de plusieurs kg) ont été introduits et exploités sur place et l'ensemble des chaînes opératoires de débitage et de façonnage s'est intégralement déroulé sur site. Les productions issues de séquences de débitage sont dominantes comme en atteste l'importance des nucléus au sein de la série (27,6 %). Les activités de production d'éclats sont réalisées selon deux chaînes opératoires principales (Discoïde et frontale unipolaire sur enclume) fournissant une gamme d'éclats variés, souvent à dos naturels et de grandes dimensions (5-10 cm). Les galets les plus imposants sont fracturés de manière ordonnée afin de produire des supports de plus faibles dimensions qui intégreront notamment les chaines de débitage Discoïde, mais également frontale unipolaire. Les deux concepts de débitage principaux apparaissent donc synchrones, puisqu'un même volume peut fournir des supports de nucléus illustrant les deux concepts (R19 - **fig. 28 et 29**). Ce remontage est un argument fort en faveur de l'homogénéité de l'ensemble lithique collecté. Les galets moins massifs (décimétriques) sont exploités frontalement par débitage unipolaire sur enclume et une partie des éclats obtenus (particulièrement de gros éclats corticaux) sont, à l'image des fragments issus de la fracturation des gros blocs, utilisés comme supports au débitage Discoïde. En parallèle, une partie de ces galets, ainsi que certains galets fracturés, intègrent une chaine opératoire de façonnage essentiellement tournée vers la confection d'outils lourds, parfois de pièces bifaciales. Le façonnage bifacial est également mis en œuvre sur grosses entames probablement issues du débitage sur place de galets pluridécimétriques. Ces entames semblent en outre particulièrement prisées pour une utilisation brute ou parfois retouchée.

À côté de cette gestion des quartzites locaux, on note l'importation de rares silex depuis des sources d'origine variée et plus éloignée. Une partie de ces silex atteste d'une acquisition dans le secteur de Montgaillard-Hibarette ou même en aval de celui-ci au sein d'une des formations alluviales de l'Adour ou de L'Échez. Le deuxième groupe présente de fortes similitudes avec les silicifications de la région au sud-ouest de Pau. Le cas du troisième groupe, les silex à *Lépidorbitoïdes* est plus délicat puisque nous n'avions pas assez d'éléments pour



— FIGURE 18 —

Hachereau type 0 (n° 359) (R. Picavet). Échelle 2/3.

Type 0 "hachereau" (n° 359). Scale 2/3.

déterminer leur origine. En plus de l'outil bifacial, les quelques éclats/fragments d'éclats et les 2 petits nucléus attestent donc d'une introduction sur site très ponctuelle de petits galets, probablement en partie exploités sur place selon un concept Discoïde.

L'utilisation *in situ* d'une partie des productions est attestée par une approche fonctionnelle de la série qui révèle en effet la présence de macro-traces d'utilisation sur l'outillage retouché et façonné, ainsi que sur des supports bruts, tout en soulignant le caractère mono-spécifique des activités réalisées. Au regard de la sous-représentation des supports débités (1,55 éclat par nucléus), tout en gardant à l'esprit qu'une portion de la fraction fine a été tronquée, une autre part de la production a pu semble-t-il faire l'objet d'une exportation ou au moins d'une délocalisation.

4 | DISCUSSION : CONTEXTE RÉGIONAL ET ATTRIBUTION CHRONOCULTURELLE

Les diagnostics et fouilles préventives réalisés à l'occasion des travaux de l'A65 ont fourni pour le bassin de l'Adour, un corpus de séries lithiques sur quartzite auxquelles l'industrie de Garlin peut être comparée, notamment avec les sites de Romentères (série A : Paléolithique moyen ancien et série B : Acheuléen pyrénéo-garonnais), Bénazit, Duclos et Septsos (Acheuléen pyrénéo-garonnais) (Defaye *et al.* 2009b ; Spinapolice *et al.* 2010 ; Colonge *et al.* 201 ;, Hernandez *et al.* 2012, Lelouvier *et al.* 2013 ; Fourloubey *et al.* 2013) (**fig. 30**). Le mobilier lithique s'y présente essentiellement sous forme de nappes de vestiges résidualisées, s'inscrivant dans des dépôts lœssiques colluvionnés et secondairement altérés par une

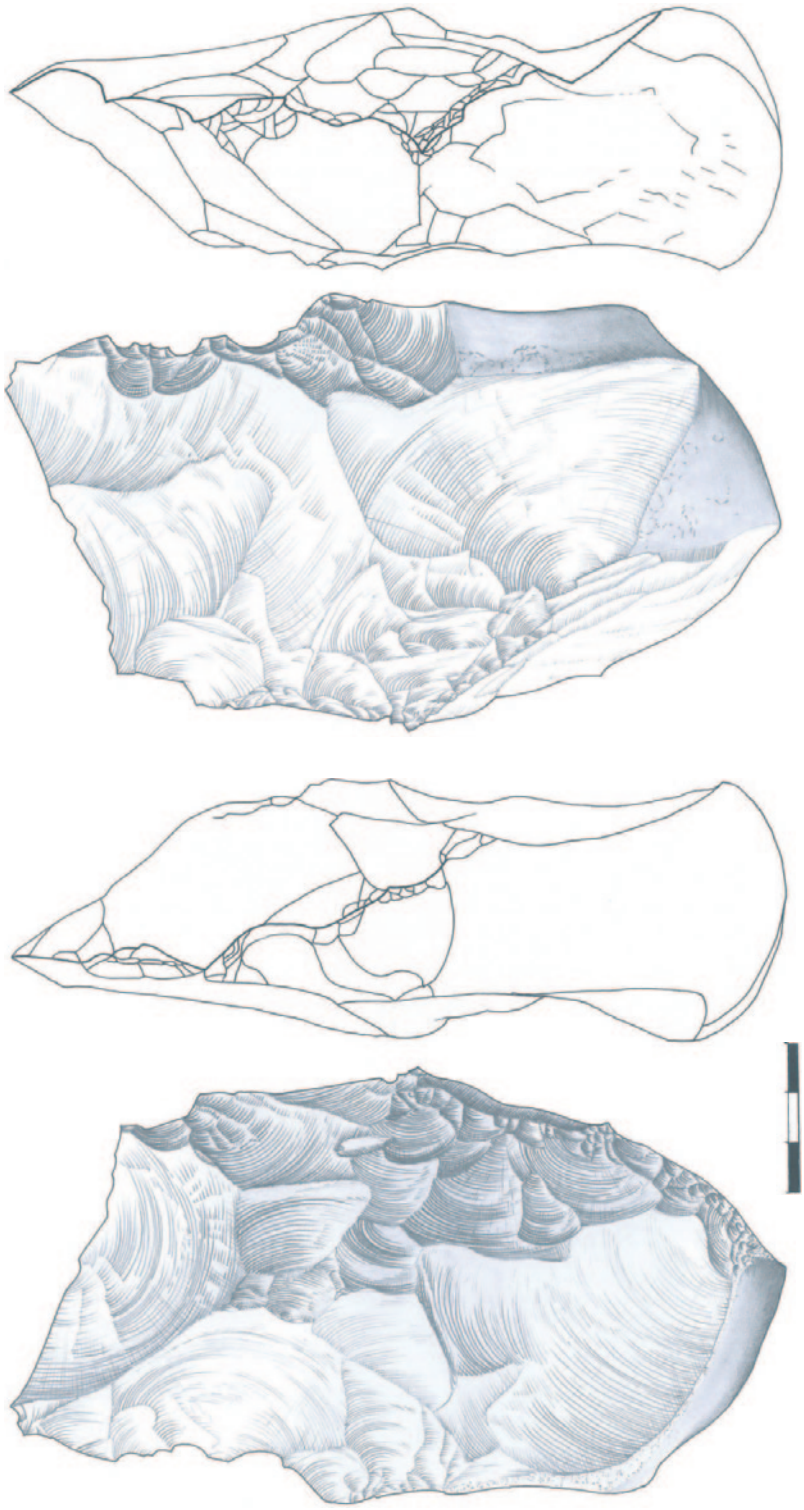


FIGURE 19

Pièce bifaciale à tranchant transversal en silex (n° 325) (R. Picavet). Échelle 2/3.

Flint bifacial tool with transverse cutting edge (n° 325). Scale 2/3.

pédogenèse de type Luvisol dégradé. Tous ces sites présentent une économie des matériaux tournée majoritairement vers l'acquisition et l'exploitation de galets de quartzites locaux (90,4 % à Septsos, 94 % à Romentères, 95 % à Bénazit, 95,8 % à Duclos), comme à Garlin (98 %).

Bénazit, Duclos et Septsos ont tout trois été attribués à un faciès acheuléen du sud du bassin aquitain, d'influence ibérique, un Acheuléen pyrénéo-garonnais qui s'étend notamment sur le piémont nord des Pyrénées (bassins de l'Adour et de la Garonne) (Mourre et Colonge 2007 ; Colonge *et al.* 2014b). Cet Acheuléen se singularise par :

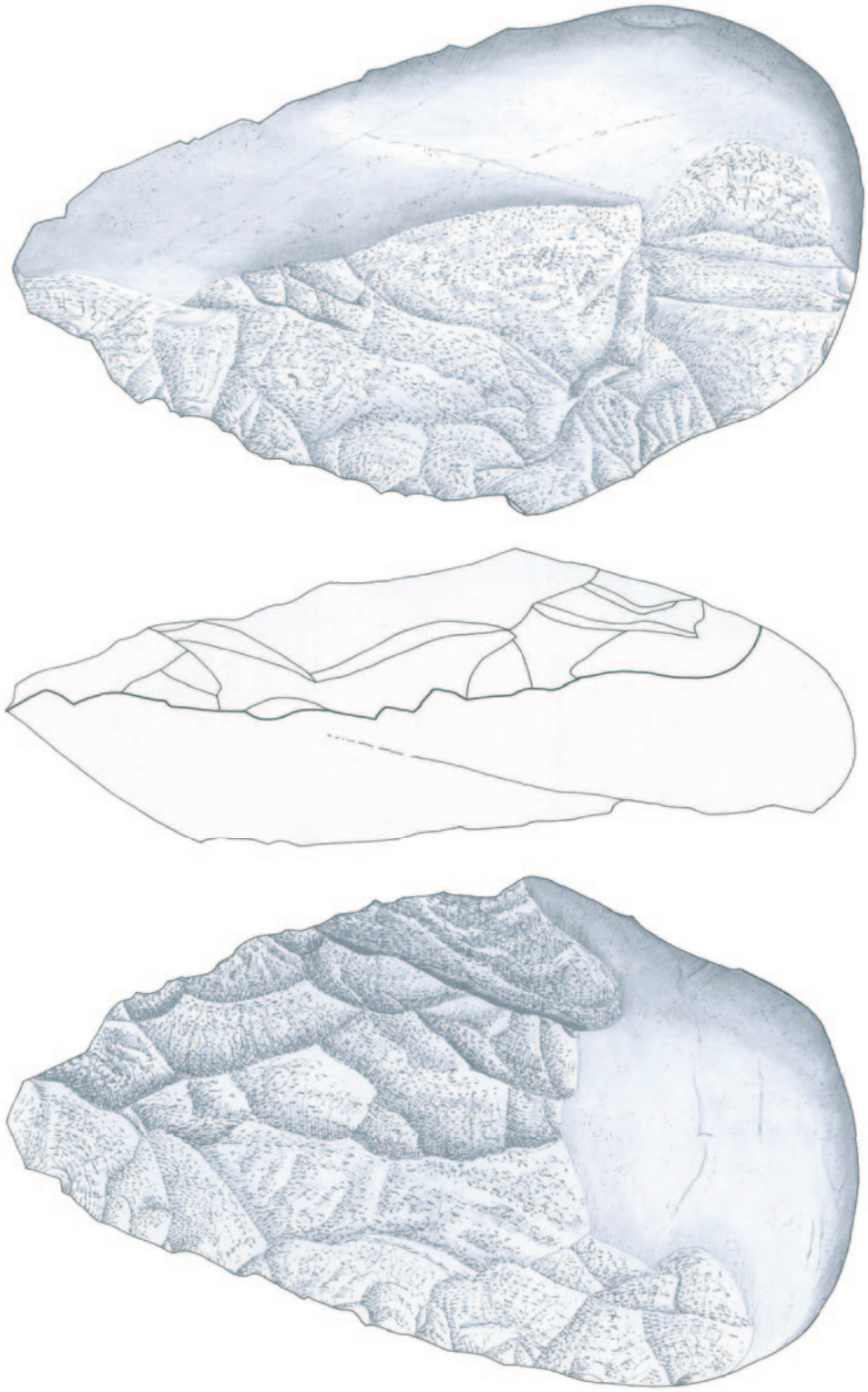


FIGURE 20

Biface partiel à base réservée (n° 145) (R. Picavet). Échelle 2/3.

Reserved base partial "biface" (n° 145). Scale 2/3.

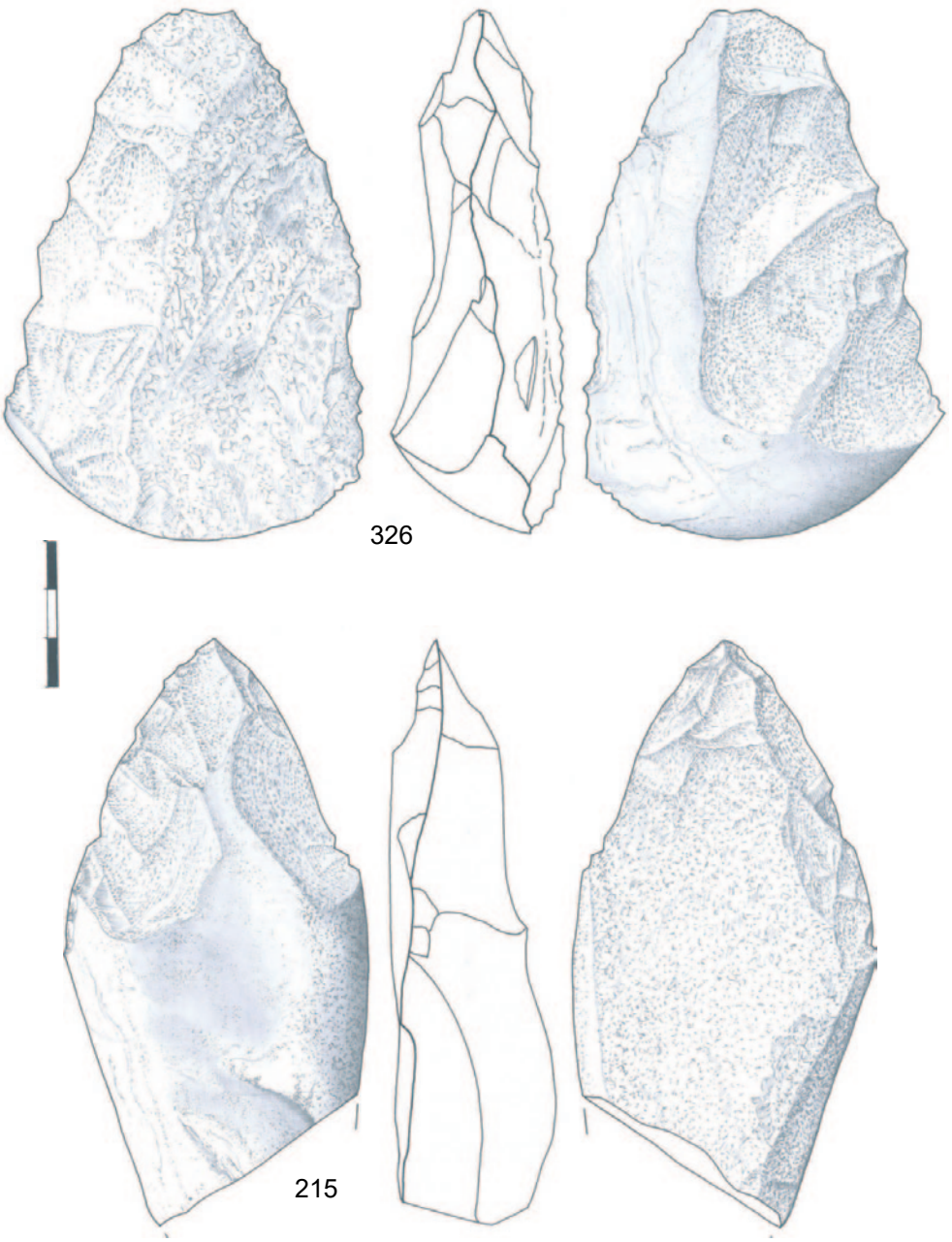


FIGURE 21

Uniface/biface partiel à base réservée (n° 326) et pic (n° 215) (R. Picavet). Échelle 2/3.

Reserved base "uniface" / partial "biface" (n° 326), "pic" (n° 215). Scale 2/3.

- la production de grands éclats, objectif d'une chaine opératoire vraisemblablement autonome, plutôt destinés à fournir les supports d'un façonnage bifacial ou de hachereaux qu'à faire l'objet de retouche ou être utilisés bruts ;
- une place importante de l'outillage lourd sur galet dans le panel typologique de l'outillage (galets aménagés type chopper notamment, cas particulier des polyèdres), équivalente à celle des bifaces ;
- la présence de hachereaux, le plus souvent de type 0 ;
- des pièces bifaciales en quartzite, partielles, massives, irrégulières, aux arêtes finalisées/régularisées de manière très localisée relevant d'un façonnage majoritaire dit « mixte-combiné », à percussion dure rentrante, évoquant à la fois un façonnage mais possiblement un débitage de supports également ; un mode de façonnage bifacial secondaire, plus classique, couvrant et abouti, réalisé au percuteur dur selon un geste tangentiel, la percussion tendre organique intervenant en finition sur les exemplaires les plus investis techniquement (façonnage strict) ;
- un débitage dominé par le concept Discoïde, surtout de modalité unifaciale mais également bifaciale partielle ;
- un recours fréquent au débitage sur enclume ;
- l'extrême rareté des méthodes Levallois, y compris lorsque les matériaux s'y prêtent (silex) ;
- un outillage retouché faiblement présent, peu varié et défini, plutôt dominé par le groupe des denticulés et encoches.

Si une certaine unité typo-techno-économique (et géographique) se dégage des industries lithiques de ces gisements, leur position chronostratigraphique reste discutée. En effet, traditionnellement perçu comme



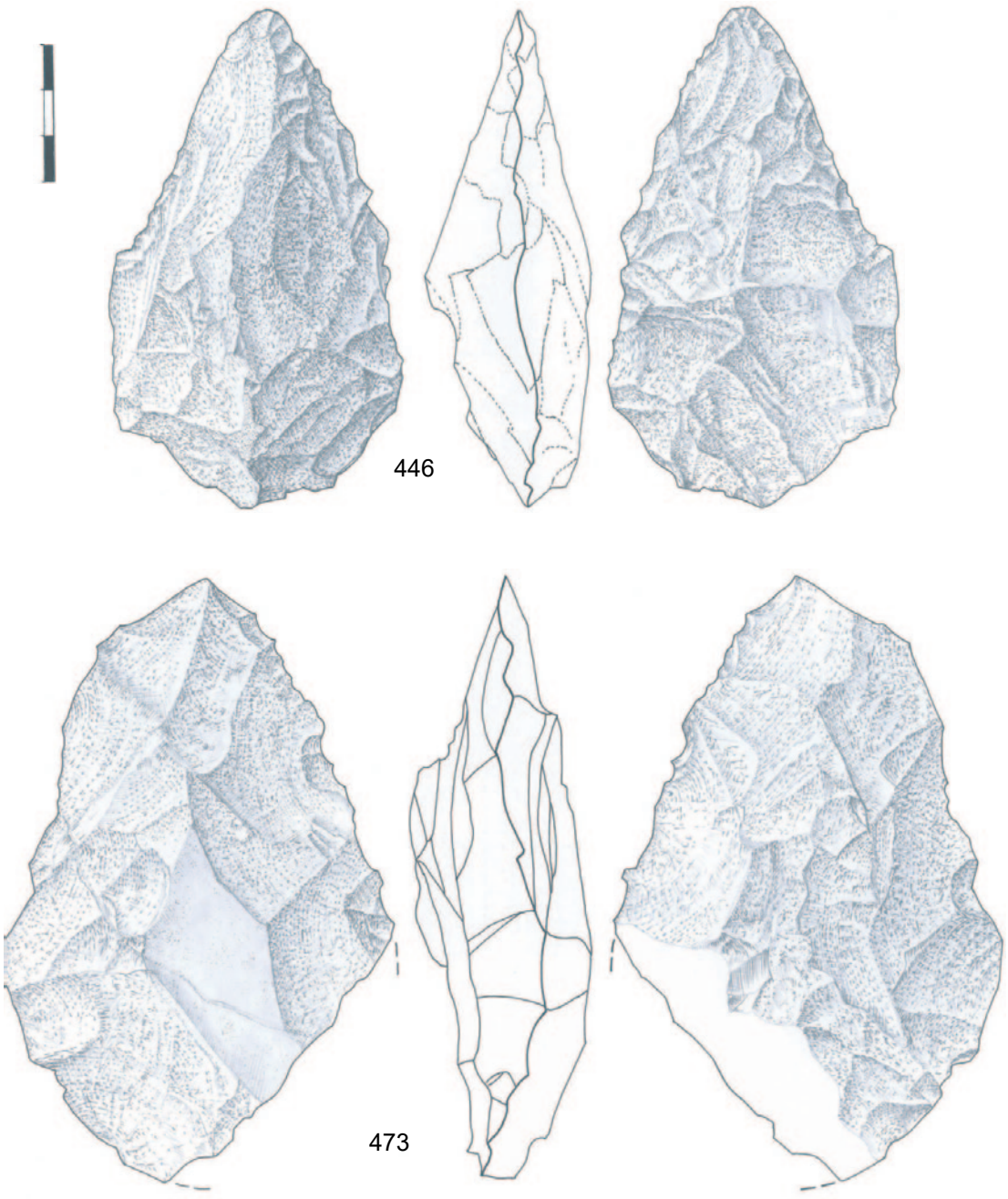
FIGURE 22

Biface partiel à base réservée - ébauche ? (n° 21) (A. Taylor, S. Bernard-Guelle). Échelle 2/3.

Reserved base partial "biface" - preform ? (n° 21). Scale 2/3.

antérieur à la transition MIS8-9 (300 ka, limite conventionnelle Paléolithique inférieur/moyen) dans le sud du Bassin aquitain, l'Acheuléen s'étend de part et d'autre de cette limite, l'Acheuléen pyrénéo-garonnais étant une spécificité locale recouvrant plusieurs millénaires depuis le MIS11 jusqu'à la fin du MIS6, depuis l'Acheuléen moyen archaïque à l'Acheuléen supérieur (Jarry 2010 ; Colonge *et al.* 2014b). Ainsi une datation par thermoluminescence sur pièce chauffée de Duclos a donné un âge de 169 ± 19 ka (début MIS6) mais une partie de l'industrie attribuée à l'Acheuléen pyrénéo-garonnais, conservée plus ou moins *in situ* dans les sédiments de l'horizon BT2 qui se sont mis en place au cours du MIS7, indiquerait quant à elle plutôt la transition MIS6-7. À Romentères, la série de datations OSL situe la séquence entre 2,0 ± 0,1 et 317 ± 23 ka, et les 3 dates TL (172 ± 9, 246 ± 22 et 296 ± 22 ka) placent les deux industries collectées au MIS6 pour la série A (Paléolithique moyen ancien, horizon BT2) et entre les MIS7 et 9 pour la série B (Acheuléen pyrénéo-garonnais résidualisé, horizon BT2). À Septsos, la séquence sédimentaire, contractée et peu lisible, n'a pu être datée. La série s'insère comme à Duclos et Romentères dans un horizon BT développé sur des lœss colluvionnés mais il s'agit cette fois du BT1 (MIS2 à 5.4). Elle serait en position secondaire, ayant été fortement remobilisée sur le versant en bordure duquel est implanté le gisement : usures liées au ruissellement sur les objets lithiques, associés à de nombreux graviers, distribués en nappe lâche sans concentrations, composition granulométrique de la série éloignée des débitages expérimentaux. Les objets pourraient alors provenir de la remobilisation d'une industrie datée du Pléistocène moyen, issue de l'horizon BT2 sous-jacent représentant le bilan de plusieurs interglaciaires de cette période du Pléistocène (MIS6 à 9). À Bénazit, le mobilier acheuléen a été retrouvé en position secondaire à l'interface des horizons BT1 et BT2, malheureusement peu distinguable au décapage mécanique. Les deux seules dates OSL situent l'enfouissement des objets entre 40 et 53 ka (première moitié du MIS3) pour un âge supposé de l'industrie situé au cours des MIS6 à 7 si l'on considère les données archéologiques régionales.

Si les deux complexes chronoculturels, bien que distingués, sont mêlés à Romentères, le site de Duclos semble suggérer que l'Acheuléen pyrénéo-garonnais puisse être subcontemporain du Paléolithique moyen ancien et coexister autour de la transition MIS6-7 dans sa phase récente. Des industries aux caractères acheuléens situées dans l'horizon BT1 (MIS5 à 3) seraient alors forcément en position secondaire. Pourtant, d'autres industries présentant des traits acheuléens, liés à un recours aux roches dures pyrénéennes (quartzites, ophites...) et à la confection d'un outillage lourd (hachereaux, pièces bifaciales, galets aménagés) ont bien été décrites et datés du Pléistocène supérieur. C'est notamment le cas de plusieurs sites diagnostiqués et fouillés dans la région de Bayonne (Le Basté, Le Prissé et Le Chemin de Jupiter, silex essentiellement - Colonge *et al.* 2014a), et dans les Landes (Latrote, quartzite et silex à



— FIGURE 23 —

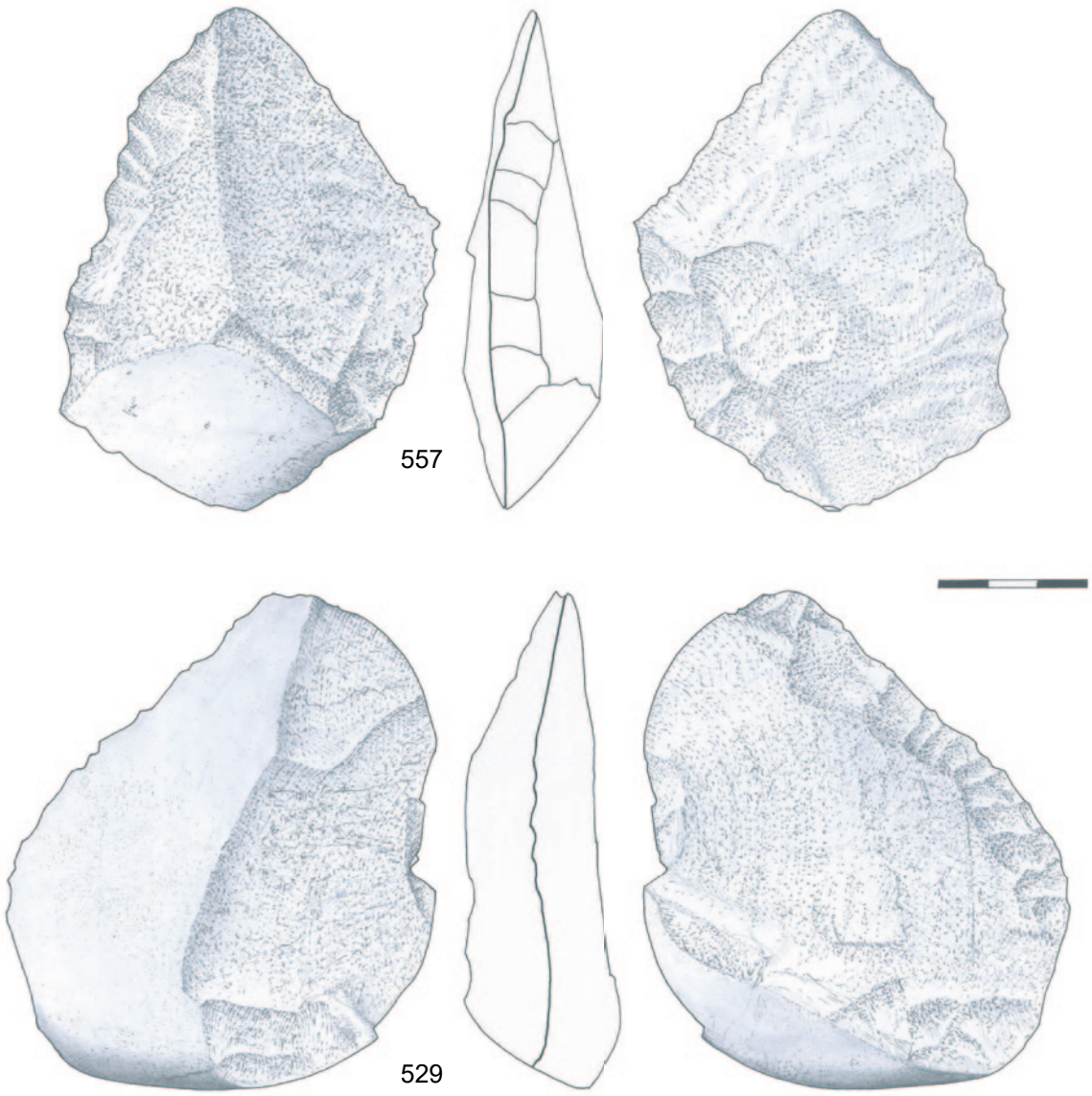
Petit biface lancéolé (n°446) et biface partiel (n° 473) (R. Picavet). Échelle 2/3.

Small lanceolated "biface" (n° 446) and partial "biface" (n° 473). Scale 2/3.

parts égales), attribué à un faciès du Moustérien récent à hachereaux vasco-cantabrique, le Vasconien (Bernard-Guelle *et al.* 2010 et 2014, Deschamps 2014 et 2016). Les âges déterminés par OSL et TL de ces gisements se situeraient entre 45 et 50 ka (MIS3), avec une bonne convergence des résultats.

Ce Moustérien récent se distinguerait des industries acheuléennes par :

- un outillage lourd façonné sur quartzite plus discret (quelques galets aménagés de type chopper), avec notamment la présence de hachereaux toujours sur quartzite, de type 0 mais également de type 1 et 2, dont le débitage du support induit un degré de prédétermination en général plus élevé que ceux de l'Acheuléen, et ne présentant pas de standardisation morphométrique mais des dimensions moyennes plus réduites et notamment un plus faible allongement que les exemplaires plus anciens ;



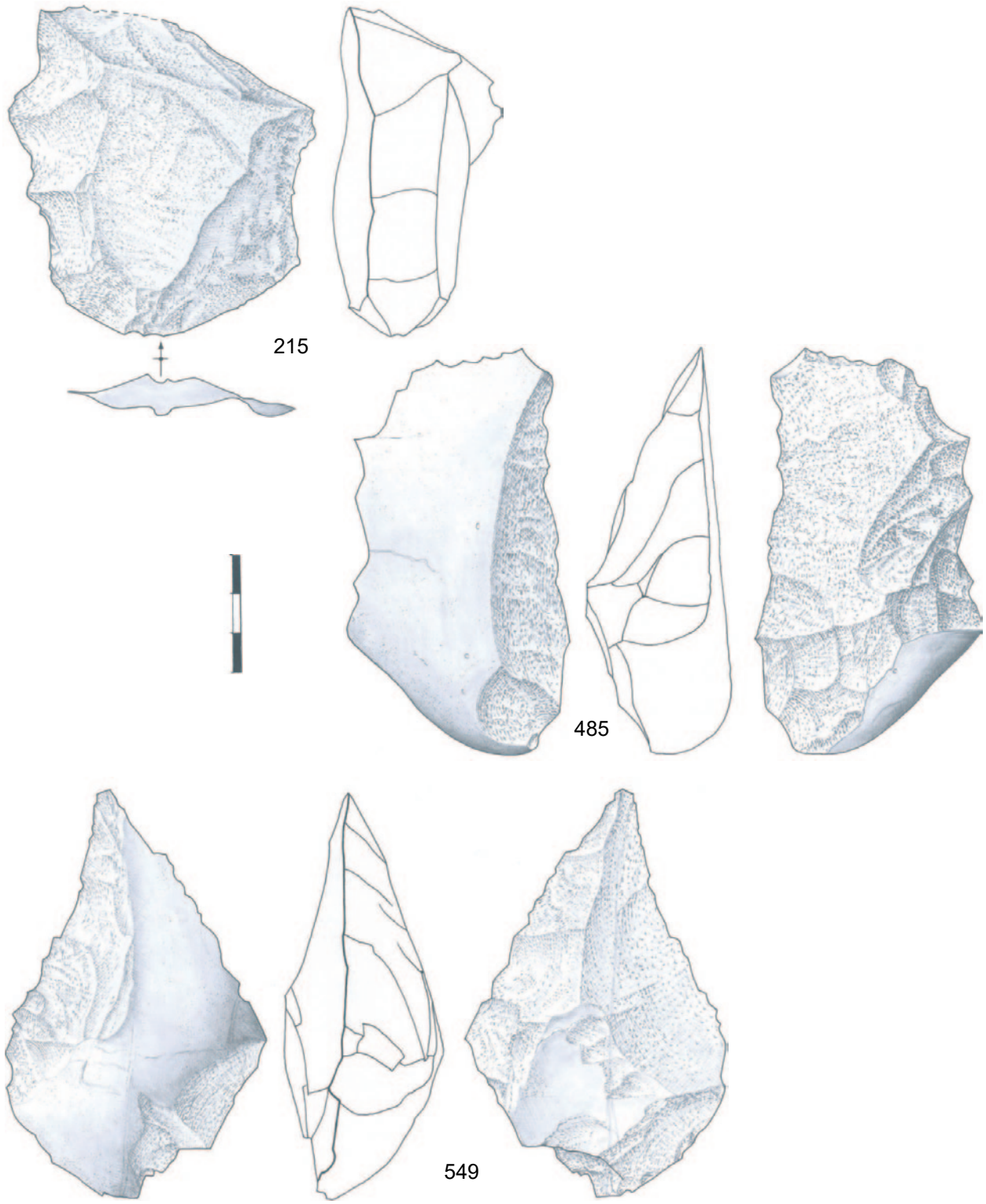
— FIGURE 24 —

Racloirs transversaux sur éclat dont un à retouche inverse (n° 529) (R. Picavet, A. Taylor, S. Bernard-Guelle). Échelle 2/3.

Transverse scrapers, one with inverse retouch (n° 529). Scale 2/3.

- des bifaces à base réservée avec retouche secondaire de finition des arêtes latérales partielle mais systématique témoignant d'un façonnage bifacial strict dominant, de dimensions modestes ;
- un outillage sur quartzite toujours inférieur en nombre à celui sur silex, ce dernier étant mieux défini et plus diversifié ;
- le débitage sur enclume y semble plus discret, tout comme les méthodes Levallois, un débitage Discoïde hiérarchisé dominant en général dans les ensembles lithiques ;
- les chaines opératoires de débitage l'emportent largement sur les chaines de façonnage ;
- une diversification et une véritable économie des matières premières.

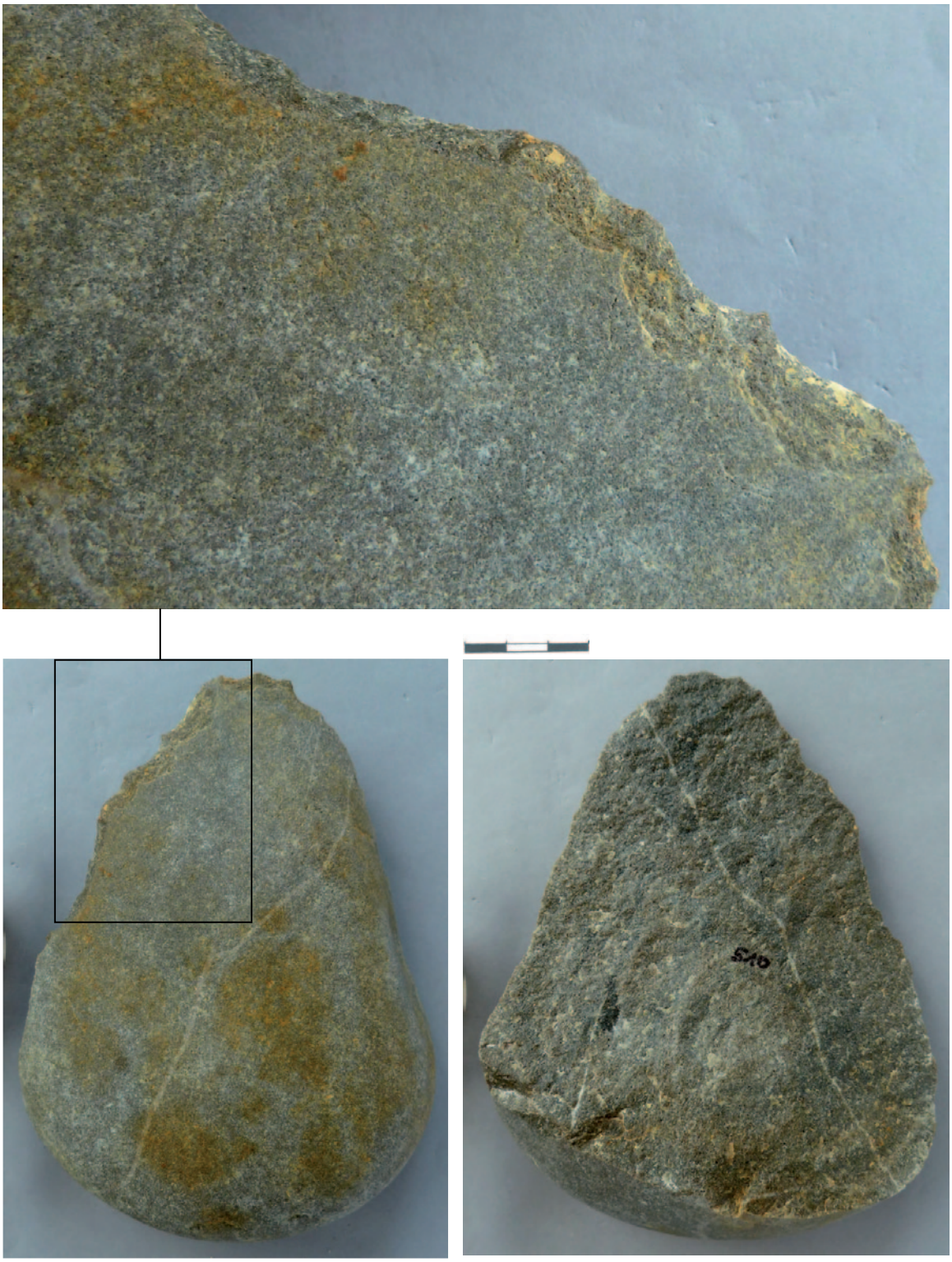
À première vue, l'industrie collectée à Garlin peut être rapprochée du techno-complexe Acheuléen pyrénéo-garonnais puisqu'elle en présente les principaux marqueurs typo-technologiques : faible économie et diversification des matières premières, débitage Discoïde unifacial et sur enclume dominants, forte présence de l'outillage lourd, façonnage bifacial réduit proche du façonnage mixte-combiné souligné par D. Colonge à Duclos, production de grands éclats-supports, hachereaux, présence (certes discrète) de galets de type à chant épannelé... Or, l'approche géoarchéologique combinée aux datations OSL situe cet ensemble archéologique au sein



— FIGURE 25 —

Denticulé sur éclat (n° 215), denticulé ou hachereau type 0 ? (n° 485), bec alterne sur éclat (n° 549) (R. Picavet). Échelle 2/3.

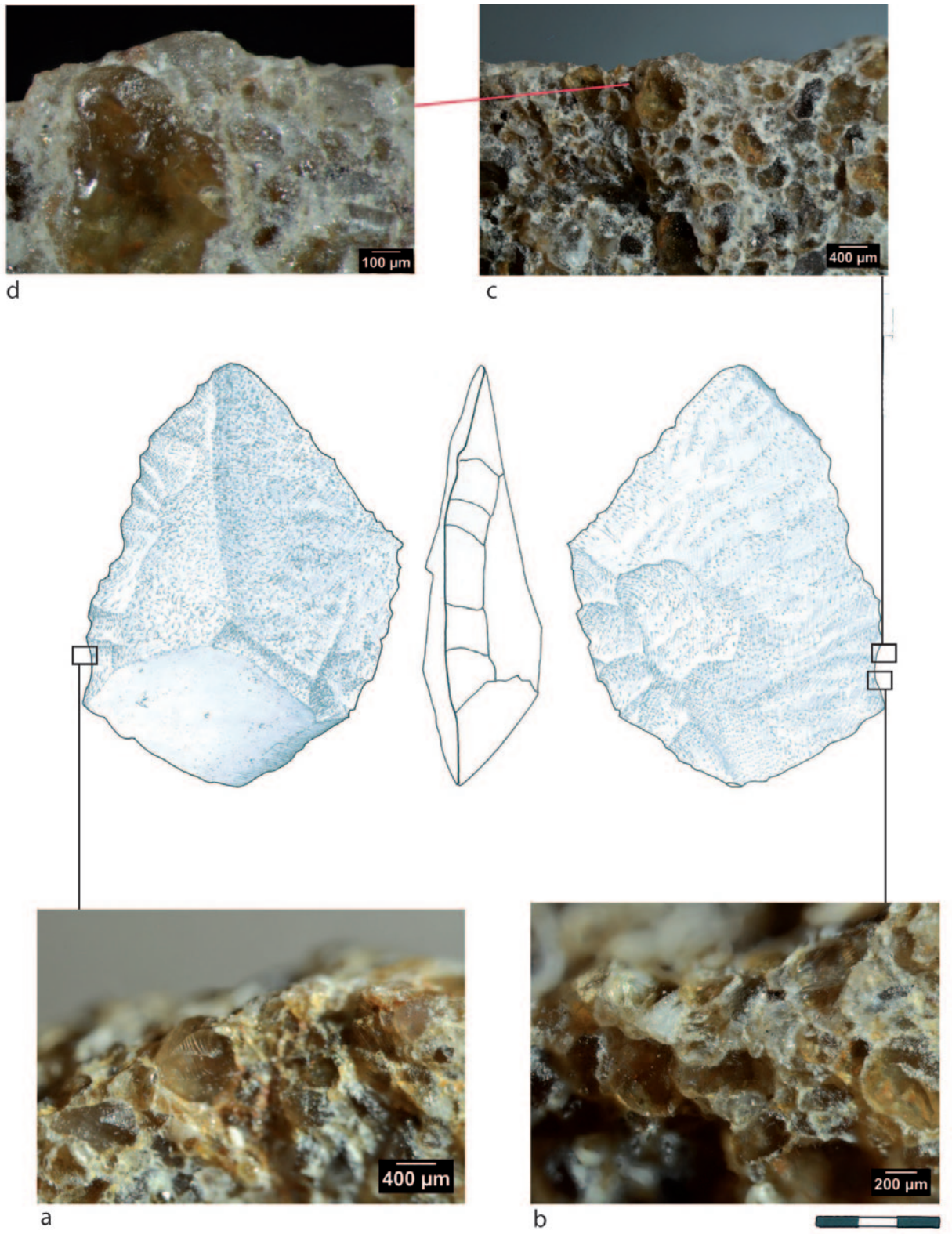
Denticulate on flake (n° 215), denticulate or possible type 0 « hachereau » (n° 485), Alternate "bec" on flake (n° 549). Scale 2/3.



— FIGURE 26 —

Tranchant utilisé sur entame (n° 510) et détail de la modification de la partie active (x2) (A. Taylor, S. Bernard-Guelle). Échelle 2/3.

Used cutting edge on primary flake (n° 510) and detail of the edge's alteration (x2). Scale 2/3.



— FIGURE 27 —

Vues macroscopiques du bord émoussé de la pièce n° 557 (L. Chesnaux, P. Fernandes, R. Picavet). a. et b. Images permettant d'observer la corrosion importante de la matrice. c. Emoussé des grains de quartz lié à l'utilisation. d. Vue rapprochée de l'émoussé d'un grain de quartz.

Macroscopic magnifications of the blunt edge on object n° 557. a. and b. - Important corrosion of the matrix. c. Quartz grains' use-wear related rounding. d. Close-up view of a rounded quartz grain.



FIGURE 28

Remontage 19, états 1 et 2 : 3 éléments composent ce raccord de débitage (n° 584, 587 et 597). Il témoigne d'une phase de fracturation volontaire d'un galet allongé sur enclume, avec la reprise de deux de ces fragments comme supports de nucléus, l'un frontal unipolaire (n° 587), l'autre Discoïde unifacial (n° 597) (A. Taylor, S. Bernard-Guelle). Échelle 1/2.

Refitting 19, state 1 and 2: this refitting comprises 3 objects (n° 584, 587 and 597). It testifies to the purpose driven fracturation of an elongated pebble on an anvil, and the selection of two pieces as core blanks, one showing a frontal unipolar progression (n° 587), the other of the discoid unifacial type (n° 597). Scale 1/2.

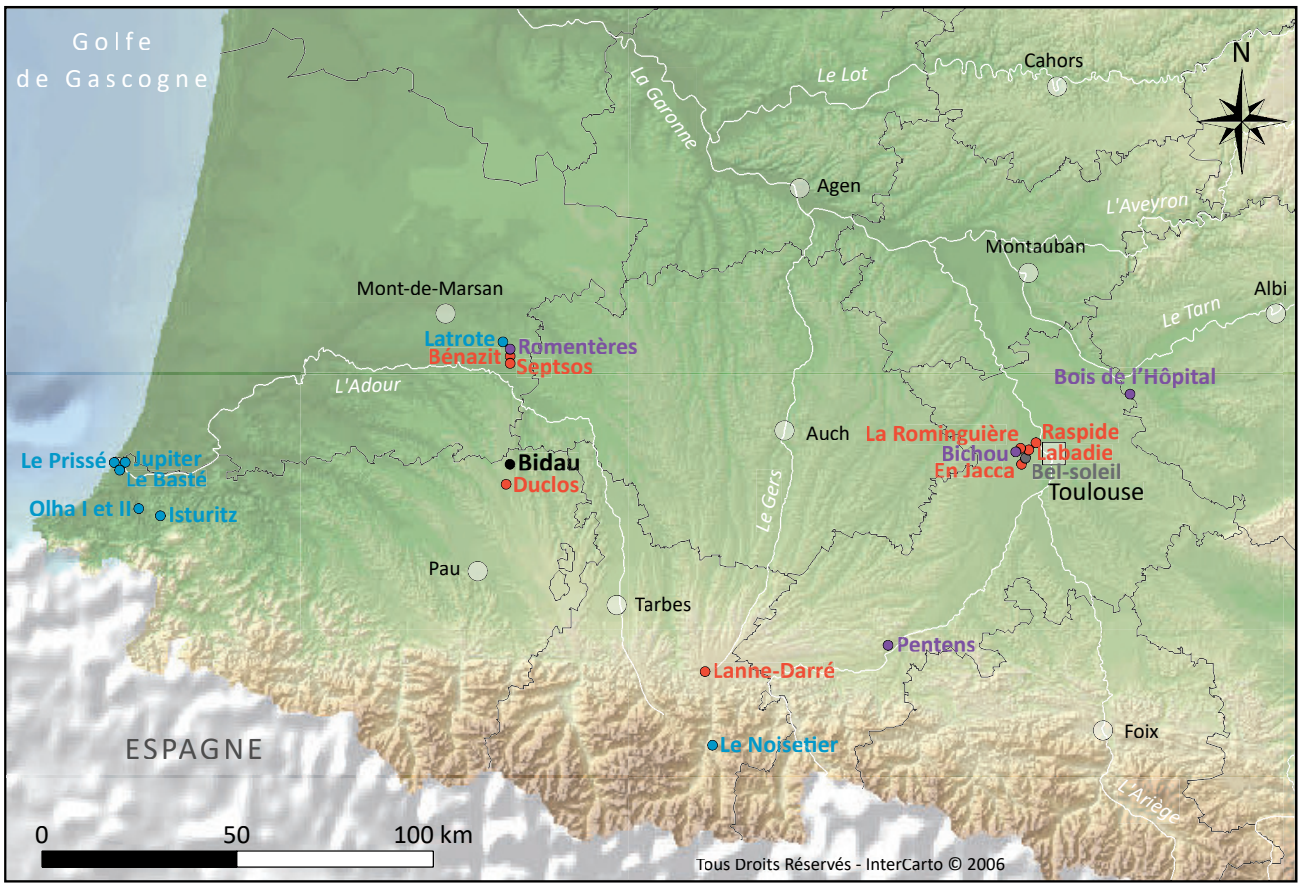


— FIGURE 29 —

Remontage 19, état 3 : les 2 fragments utilisés comme nucléus à débitage frontal unipolaire (n° 587) et Discoïde unifacial (n° 597) (A. Taylor, S. Bernard-Guelle). Échelle 1/2.

Refitting 19, state 3: the two pieces used as unipolar frontal (n° 587) and unifacial discoid cores (n° 597). Scale 1/2.

d'un horizon BT1 qui s'est développé sur des limons déposés au cours du dernier cycle glaciaire, soit clairement post-éemiens, ce qui est en contradiction avec la lecture techno-typologique qui tend donc plutôt vers une attribution à la sphère acheuléenne. L'industrie de Garlin est ainsi plus récente d'au moins un interglaciaire et, sauf à reconsidérer l'extension des faciès acheuléen bien au-delà de la fin du MIS6, nous avons ici affaire à un acheuléen en apparence seulement. S'il s'agit d'un faciès moustérien, il faut alors envisager que les caractéristiques de la série soient la résultante d'un possible déterminisme pétrographique et/ou fonctionnel. La proximité techno-typologique de la série de Garlin avec certaines industries moustériennes dont on ne retiendrait que la part réalisée sur quarzite, au sens large (quartzite ou quartz), pose en effet question car les convergences sont troublantes (**fig. 31**). Afin de faciliter les comparaisons, nous évoquerons ici des sites que nous avons fouillés récemment et pour lesquels seules sont prises en compte les composantes en matériaux durs, souvent fortement représentées (quartzite à Saint-Gein « Latrote », Bernard-Guelle *et al.* 2014) voire ultra dominantes (quartz à Saint-Sulpice « Bois de l'Hôpital », Bernard-Guelle *et al.* 2019). Prises isolément, ces composantes sont très proches de la série de Garlin, que ce soit dans les concepts et procédés de débitage, l'investissement souvent limité du façonnage, ou encore les types et proportion d'outillages (**fig. 31**). Elles sont pourtant issues de sites rattachés à divers technocomplexes moustériens récents bien calés chronostratigraphiquement et dont la part en silex ne prête à aucune ambiguïté. Sur cette seule composante, l'attribution chronologique repose souvent sur quelques critères quantitatifs (part de tel ou tel objet), qualitatifs/techniques (finition de la retouche ou du façonnage bifacial), voire morphologiques ou dimensionnels (bifaces notamment) pourtant là encore potentiellement soumis à l'influence des contraintes des matériaux (présence/absence, abondance, dimensions, qualité) et/ou à des exigences fonctionnelles (types d'activités, fonction du site…). Sur la base d'un seul type de matériau aux contraintes techniques fortes (quartz et quartzite), la frontière entre une attribution au Moustérien ou à l'Acheuléen peut être finalement très ténue, le basculement d'un faciès à l'autre pouvant dépendre finalement d'un détail. Il suffirait ainsi de quelques pièces en silex «typées» moustériennes pour rattacher définitivement la série de Garlin au monde Moustérien.



— FIGURE 30 —

Contexte archéologique régional (sélection de données récentes). En rouge : techno-complexe acheuléen pyrénéo-garonnais. En bleu : techno-complexe moustérien à hachereaux. En violet : techno-complexes acheuléens et moustériens. En gris : techno-complexe moustérien indéterminé (A. Taylor, S. Bernard-Guelle).

Regional archaeological context (recent data selection). Red: pyreneo-garonnais Acheulean complex. Blue: Mousterian complex with hachereau shaping. Purple : Acheulean and Mousterian complex. Gray: indiscriminate Mousterian complex.

Signalons à ce sujet la présence, hors emprise fouillée mais dans un sondage du diagnostic situé 150 m plus au nord, d'un biface lancéolé en silex d'aspect très soigné (Chopin *et al.* 2015 - p. 43) découvert en position stratigraphique similaire (BT1).

CONCLUSION

Pourtant typologiquement proche de la composition classique de l'Acheuléen Pyrénéo-Garonnais qui suggère une attribution au Pléistocène moyen (et au complexe du Paléolithique Inférieur), la série lithique de Garlin est datée d'une phase centrale du Pléistocène supérieur. En y regardant de plus près, les caractéristiques techno-typologiques de l'assemblage ne sont pas si différentes de certains techno-complexes moustériens. Le site de Bidau contribue ainsi à alimenter le débat sur les difficultés d'attribution chronoculturelle de ces séries lithiques sur quartzite du Sud-Ouest de la France et sur la place de ce type de mobilier dans le contexte foisonnant des industries de la fin du Paléolithique moyen. Gageons que de nouvelles prescriptions et fouilles archéologiques dans ces limons loessiques apporteront de nouveaux éléments stratigraphiques et taphonomiques qui aideront à mieux appréhender et comprendre ces industries.

REMERCIEMENTS

Il nous est agréable de remercier Céline Vacher de la Société d'Équipement des Pays de l'Adour pour son suivi de l'opération et la coordination entre les différents acteurs du projet et la fouille archéologique. Nos remerciements vont également au Service Régional de l'Archéologie, particulièrement à Olivier Ferullo pour le suivi scientifique du chantier et les nombreux échanges sur les stratégies et méthodes de fouille, ainsi que sur le mobilier lithique collecté. Sa disponibilité et sa réactivité ont été des atouts majeurs pour le bon déroulement de cette opération. Nous remercions tout particulièrement les membres de l'équipe de fouille qui ne figurent pas parmi les auteurs de cet article : Jean-Baptiste Caverne, Gilles Gazagnol, Audrey Lafarge et Chloé Pfister. Cette publication a profité des conseils avisés d'Elisa Nicoud (rapporteur CTRA) et de la relecture constructive d'Alain Turq et de Marc Jarry. Qu'ils soient ici tous remerciés.

	Garlin "Bidau"	Saint Gein "Latrote"	Saint-Sulpice "Bois de l'Hôpital" unité 1	Saint-Sulpice "Bois de l'Hôpital" unité 2	Saint-Sulpice "Bois de l'Hôpital" unité 3
Matériau	**quartzite***	**quartzite***	**quartz***	**quartz***	**quartz***
N pièces	608	1165	321	2001	13665
% total série	98,2%	48,7%	92,4%	91,5%	88%
Diversité matières premières	-	+++	+	++	+++
Façonnage versus débitage	débitage dominant	débitage dominant	débitage dominant	débitage dominant	débitage dominant
Nucléus	27%	7,5%	5,6%	4,9%	5,4%
Ratio éclats (> 20 mm)/Nucléus	1,55	7,2	8,6	9,3	9,4
Débitage Discoïde	gestion unifaciale dominante	gestion unifaciale dominante	gestion unifaciale dominante	gestion unifaciale dominante	gestion unifaciale dominante
Débitage sur enclume	frontal	frontal	frontal	frontal	frontal
Ramification et contemporanéité stricte des chaines opératoires de débitage	récupération de matrices produites par débitage sur enclume comme supports au débitage Discoïde	récupération de matrices produites par débitage sur enclume comme supports au débitage Discoïde	non attesté	récupération de matrices produites par débitage sur enclume comme supports au débitage Discoïde	récupération de matrices produites par débitage sur enclume comme supports au débitage Discoïde
Débitage Levallois	non reconnu	rare, sur variété la plus fine	non reconnu	rare, sur variété la plus fine	rare, sur variété la plus fine
Giant core technology	non reconnue	non reconnue	non reconnue	non reconnue	non reconnue
Production de grands éclats (entames 10-20 cm)	supports de bifaces, hachereaux, outils bruts	supports au débitage, bifaces, hachereaux, outils bruts		supports au débitage	supports au débitage, outils retouchés, outils bruts
Chaines opératoires de façonnage	galets aménagés et bifaces	galets aménagés et bifaces	bifaces et galets aménagés	bifaces et galets aménagés	galets aménagés et bifaces
Outillage lourd dominant	galets aménagés unifaciaux (55%)	galets aménagés unifaciaux (50%)	galets aménagés variés dont pics	galets aménagés unifaciaux (40%)	galets aménagés unifaciaux (90%)
Biface type	base réservée opposée à pointe	base réservée opposée à pointe	base réservée opposée à pointe, souvent à pans latéraux abrupts	base réservée opposée à pointe (dont 1 lancéolé)	base réservée opposée à pointe
Dimensions	autour de 10 à 15 cm	< 15 cm et souvent < 10 cm	autour de 10 à 15 cm	autour 10 cm	souvent < 10 cm
Finition	biface partiel (façonnage "mixte-combiné"), façonnage limité à la phase de mise en forme, sans adjonction d'une phase de confection sauf 1 exemplaire attestant d'une possible percussion tendre	biface partiel, façonnage limité à la phase de mise en forme, avec adjonction d'une phase de confection pour plusieurs exemplaires attestant d'une percussion tendre	biface partiel, façonnage limité à la phase de mise en forme, sans adjonction d'une phase de confection	biface partiel, façonnage limité à la phase de mise en forme, sans adjonction d'une phase de confection sauf 1 exemplaire attestant d'une percussion tendre	biface partiel, façonnage limité à la phase de mise en forme, sans adjonction d'une phase de confection
Hachereau	2 (type 0)	2 (type 0)	1 (atypique)	0	1 (type 2, mais en schiste)
Dimensions	13 et 10 cm	12 cm	13 cm		13 cm
Galets à chant épannelé	+	+	+	+	++
Part outils façonnés/retouchés	63/37%	55/45%	88,9/11,1%	56,5/43,5%	42,4/57,6%
Outil dominant	chopper/biface	chopper	biface	chopper/biface	chopper
Outil retouché	rare et peu diversifié (denticulés/encoches et racloirs)	rare et peu diversifié (denticulés et racloirs)	très rare et peu diversifié (encoche et racloir)	très rare et peu diversifié (denticulés/encoches et racloirs)	très rare et peu diversifié (denticulés/racloirs dont grands racloirs)
Technocomplexe	Moustérien ?	Moustérien - Vasconien	Acheuléen ?	Moustérien	Moustérien
Chronostratigraphie du dépôt limoneux encaissant	MIS5-MIS3	MIS3	MIS6-MIS5 ?	fin MIS5	MIS4-MIS3

* hors silex et autres matériaux

— FIGURE 31 —

Tableau comparatif de plusieurs sites sur la base exclusive de la matière première dominante dans chacune des séries (A. Taylor, S. Bernard-Guelle).

Site comparison on the basis of main raw materials presence.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALIMEN H. 1953 - Pétrographie des nappes alluviales de la Bigorre. Essai de corrélation et de chronologie. *Bulletin S.G.F.*, 6, III, p. 377-391, 4 fig.

ALIMEN H. 1964 - Le Quaternaire des Pyrénées de la Bigorre. *Mém. Serv. Carte géol. Fr.*, 394 p.

BEAGUE-TAHON N., FOURLOUBEY C., BERTRAN P., COLONGE D. 2014 - *Artère de l'Adour - Bassussarry, Ustaritz, Villefranque, Mouguerre, Briscous, Urt, Bardos (64), Misson, Estibeaux, Mouscardes, Tilh, Pomarez, Castel-Sarrazin, Bastennes, Gaujacq, Brassempouy, Saint-Cricq Chalosse, Serreslous et Arribans, Hagetmau, Horsarriue : rapport de diagnostic.* Bègles : INRAP GSO, 2 vol., 343 et 42 p.

BERNARD-GUELLE S., RUÉ M., FERNANDES P., COUDENNEAU A., COURTY M.-A., FEDOROFF N., DAWSON M.-C., TACUSSEL P., SERONIE-VIVIEN M. et M.-R. 2010 - *Le site paléolithique moyen de « Latrote » Saint-Gein, Aquitaine, Landes (40).* Rapport Final d'Opération de fouille archéologique. Villard-de-lans : Paléotime, 3 vol., 358 p.

BERNARD-GUELLE S., RUÉ M., FERNANDES P., COUDENNEAU A., COURTY M.A., FEDOROFF N., SÉRONIE-VIVIEN M. et M.-R., PICAVET R., AIRVAUX J. et M.-C. DAWSON 2014 - Comportements techniques et stratégies de subsistance sur le site moustérien de plein air de Latrote (Saint-Gein, Landes), *in* : Actes du *XXVIIe Congrès préhistorique de France - « Transition, rupture et continuité en Préhistoire », Session E - Exploitation des ressources organiques à la fin du Paléolithique moyen et au début du Paléolithique supérieur : interactions entre environnement et comportements techniques*, Bordeaux - Les Eyzies, 31 mai - 05 juin 2010, p. 229-255.

BERNARD-GUELLE B., TAYLOR A., RUÉ M., FERNANDES P., AJAS A., COUDENNEAU A., HERNANDEZ M., MERCIER M. 2018 - Le site stratifié du Bois Clair à Montguyon (Charente-Maritime, France) : récurrences paléolithiques, brièveté des occupations et aires de débitage spécialisées. *Paléo*, 28, p. 31-69.

BERNARD-GUELLE S., TALLET P., AJAS A., BOUFFARD L., CHASSAN N., CHESNAUX L., FERNANDES P., GRIGGO C., KREUTZER S., MERCIER N., MINET T., MONIN G., RUÉ M., VIALLET C. 2019 - Saint-Sulpice-la-Pointe, Le Bois de l'Hôpital (Tarn). Rapport final d'opération, fouille préventive, Service Régional de l'Archéologie Midi-Pyrénées, Toulouse, Paléotime, 3 vol., 1155 p.

BERTRAN P., LENOBLE A., LACRAMPE F., BRENET M., CRETIN C., MILOR F. 2005 - Le site aurignacien de plein-air de Combemenue à Brignac-la-Plaine (Corrèze) : apport de la géoarchéologie et de l'étude de l'industrie lithique à la compréhension des processus taphonomiques. *Paleo*, 17, p. 7-29.

BERTRAN P., BATEMAN M. D., HERNANDEZ M., MERCIER N., MILLET D., SITZIA L., TASTET J.-P. 2011 - Inland aeolian deposits of south-west France: facies, stratigraphy and chronology. *Journal of Quaternary Science*, 26, 4, p. 374-388.

BERTRAN P., LENOBLE A., TODISCO D., DESROSIERS P., SØRENSEN M. 2012 - Particle size distribution of lithic assemblages and taphonomy of Paleolithic sites. *Journal of Archaeological Science*, 39, p. 3148-3166.

BERTRAN P., ANDRIEUX E., ANTOINE P., COUTARD S., DESCHODT L., GARDERE P., HERNANDEZ M., LEGENTIL C., LENOBLE A., LIARD M., MERCIER N., MOINE O., SITZIA L., VAN VLIET-LANOË B. 2013 - Distribution and chronology of Pleistocene permafrost features in France: Database and first results: Pleistocene permafrost features *in* France, *Boreas*, p. 699-711.

BOËDA E. 1993 - Le débitage Discoïde et le débitage Levallois récurrent centripète. *Bulletin de la SPF*, 90, p. 392-404.

BORNAND M. 1978 - *Altération des matériaux fluvio-glaciaires, genèse et évolution des sols des terrasses quaternaires dans la moyenne vallée du Rhône*. Thèse Doctorat d'Etat, Publication du SES, INRA-Montpellier, n° 444, 329 p.

CAPDEVILLE J.-P., DARBOUX F., MILLET D. MILLET F. 1998 - Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille d'Aire-sur-l'Adour (n° 979), BRGM, Orléans, notice de 51 p.

CHOPIN J.-F., BERTRAN P., COLONGE D. 2010 - *Autoroute A65, Section 4 : rapport de section.* Pessac : INRAP GSO, 1 vol., 328 p.

CHOPIN J.-F., BERTRAN P., BRENET M. 2015 - *Garlin, Diffuseur autoroutier A65, ZAEI de Garlin Pyrénées*, rapport de diagnostic. Bègles : INRAP GSO, 1 vol., 144 p.

CLAUD E., DESCHAMPS M., COLONGE D., MOURRE V., THIEBAUT C. 2015 - Experimental and functional analysis of late Middle Paleolithic flake cleavers from southwestern Europe (France and Spain), *Journal of Archaeological Science, 62*, p.105-127.

CLEMENTE CONTE I., GIBAJA BAO J.-F. 2009 - Formation of use-wear traces in non-flint rocks : the case of quartzite and rhyolite, differences and similarities. *In*: Sternke, F., Eigeland, L., Costa, L.-J. (eds.) - *Non-Flint Raw Material Use in Prehistory. Old Prejudices and New Directions*. Oxford : *BAR International Series*, vol. 1939, p. 93-98.

COLONGE D. 2013 - *Bayonne (64), Avenue du Prissé, Chemin d'Ilbos : rapport de diagnostic.* Pessac : INRAP GSO, 1 vol., 63 p.

COLONGE D. 2014 - *Bayonne, (64), 9 chemin d'Ilbos : rapport de diagnostic*. Bègles : INRAP GSO, 1 vol., 51 p.

COLONGE D., MOURRE V. 2009 - Quartzite et quartzites, aspects pétrographiques, économiques et technologiques des matériaux majoritaires du Paléolithique ancien et moyen du Sud-Ouest de la France. *In* : Grimaldi (S.), Cura (S.) (*dir.) - Technological analysis on quartzite exploitation - Analyse technologique de l'exploitation du quartzite.* Session *WS15*, XVIème Congrès de l'UISPP - Lisbonne, septembre 2006. Oxford : Archaeopress, BAR International Series 1998, p. 3-12, 2 fig.

COLONGE D., DELFOUR G., FONDEVILLE C., JARRY M., avec la collaboration de ARNOUX T., BERTHET A.-L. 2002 - *Raspide 2 (Blagnac, Haute-Garonne)*. Rapport Final d'Opération de diagnostic archéologique. Toulouse : INRAP GSO, 83 p.

COLONGE D., JARRY M., DELFOUR G., FONDEVILLE C., ARNOUX T., BERTHET A.-L. 2010 - De la transition paléolithique inférieur-moyen dans la vallée de la Garonne : l'Acheuléen supérieur de Raspide 2 (Blagnac, Haute-Garonne). Paris : *Bulletin de la SPF*, 107, 2, p. 205-225.

COLONGE D., CHALARD P., BILOTTE M., DUCASSE S., PLATEL J.-P. 2011 – Nouvelle découverte d'un gite à silex a Lépidorbitoïdes dans le Sud-Ouest de la France (Saint-Aubin, Gers) et implications archéologiques, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 108, 3, p. 561-563.

COLONGE D., BERTRAN P., BRENET M., BUSSEUIL N. 2012 - *A65 - Auriac (64), Duclos - Pléistocène moyen et Antiquité en Béarn : rapport de fouilles*. Pessac : INRAP GSO, 1 vol., 475 p.

COLONGE D., CLAUD E., DESCHAMPS M., FOURLOUBEY C., HERNANDEZ M., SELLAMI F., ANDERSON L., BUSSEUIL N., DEBENHAM N., GARON H., O'FARELL M. 2014a - Preliminary results from new Palaeolithic open-air sites near Bayonne (south-western France). *Quaternary International*, p. 1-17.

COLONGE D., HERNANDEZ M., LELOUVIER L.-A., MERCIER N., MOURRE V., BUSSEUIL N. 2014b - Paléolithique ancien et Paléolithique moyen ancien dans le piémont pyrénéen occidental : relations entre les chaînes opératoires, continuités et ruptures, *in : Transitions, ruptures et continuité en Préhistoire*, Jaubert, J., Fourment, N. et Depaepe, P., (Éds.), Société Préhistorique Française, XXVIIe Congrès Préhistorique de France, Bordeaux - Les Eyzies (31 mai - 5 juin 2010), vol. 2, pp. 119-137.

COUTARD J.-P., OZOUF J.-C. 2008 - Nouvelle approche de l'altération des galets de silex dans les dépôts marins Pléistocènes : contribution à l'étude des plates-formes marines du val de Saire (Normandie, France). *Quaternaria*, 19, 4, p. 335-344.

DEFAYE S., BERTRAN P., COLONGE D., BALLARIN C., LAGORSSE K., RÉCHIN F. 2009a - *A65 - Le Vignau, Cazères-sur-l'Adour, Aire-sur-l'Adour : rapport de diagnostic. Rapport de section - section 3B*. Pessac : INRAP GSO, 1 vol., 217 p.

DEFAYE S., BERTRAN P., COLONGE A., MOURRE V. 2009b - *A65, Section 3B (Landes, Aquitaine)*. Rapport Final d'Opération de diagnostic archéologique. Bègles : INRAP GSO, 1 vol., 213 p.

DESCHAMPS M. 2014 - *La diversité culturelle au Paléolithique moyen récent : le Vasconien et sa signification au sein des faciès moustériens*. Thèse de doctorat, Université Toulouse 2, 1 volume, 589 p.

DESCHAMPS M. 2016 - Late Middle Palaeolithic assemblages with flake cleavers in the western Pyrenees: The Vasconian reconsidered. *Quaternary International*, p. 1-17.

FERNANDES P. 2012 - *Itinéraires et transformations du silex : une pétroarchéologie refondée, application au Paléolithique moyen*. Thèse de doctorat, Université Bordeaux 1, 623 p.

FOURLOUBEY C. 2012 - *Bayonne (64), chemin de Jupiter 4 : rapport de diagnostic.* Pessac : INRAP GSO, 1 vol., 55p.

FOURLOUBEY C., SELLAMI F. 2008 - *Bayonne : Prissé Haut, Chemin de Jupiter : rapport de diagnostic.* Pessac : INRAP GSO, 1 vol., 97 p.

FOURLOUBEY C., SELLAMI F. 2009 - *Bayonne, avenue du Prissé : rapport de diagnostic.* Pessac : INRAP GSO, 1 vol., 53 p

FOURLOUBEY C., CHALARD P., BERTRAN P., CLAUD E. 2013 - *A65 - Cazère-sur-l'Adour (40), Septsos, Acheuléen de plein air dans la vallée de l'Adour : Rapport de fouille.* Pessac : INRAP GSO, 1 vol., 289 p.

GALBRAITH R.F., ROBERTS R.G., LASLETT G.M., YOSHIDA H., OLLEY J.M., 1999 - Optical dating of single and multiple grains of quartz from Jinmium rock shelter, northern Australia: Part I, Experimental design and statistical models. *Archaeometry*, 41 (2), p. 339-364.

HERNANDEZ M., MERCIER N., BERTRAN P., COLONGE D., LELOUVIER L.-A. 2012 - Premiers éléments de datation des industries du Pléistocène moyen (Acheuléen - Paléolithique moyen ancien) de la région pyrénéo-garonnaise : une approche géochronologique pluri-méthodes (TL, OSL et TT-OSL) des sites de Duclos et Romentères. *Paleo*, 23, p. 155-170.

HUE E. 1929 - Recherches sur la patine des silex. Paris : *Bulletin de la Société préhistorique française*, 26 (9), p. 461-468.

ICOLE M. 1970 - Une nouvelle méthode pour la paléopodologie du Pliocène et du Villafranchien des Pyrénées centrales : l'étude des galets de quartzite à cortex d'altération. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire,* 7, 2, p. 135-143.

JARRY M., COLONGE D., LELOUVIER L.-A., MOURRE V. (dir.) 2007 – *Les Bosses (Lamagdelaine, Lot, France) : un gisement paléolithique moyen antérieur à l'avant-dernier Interglaciaire sur la moyenne terrasse du Lot*. SPF, Travaux, n° 7, 158 p.

JARRY M. 2010 - *Les groupes humains du Pléistocène moyen et supérieur en Midi toulousain : contextes, ressources et comportements entre Massif Central et Pyrénées*. Thèse de doctorat, Université Toulouse II - le Mirail, 470 p.

JARRY M., LELOUVIER L.-A. 2014 - Façonnage et débitage en Midi toulousain du Paléolithique inférieur au Paléolithique moyen : changements et continuités, *in : Transitions, ruptures et continuité en Préhistoire*, Jaubert, J., Fourment, N. et Depaepe, P., (Éds.), Société Préhistorique Française, XXVIIe Congrès Préhistorique de France, Bordeaux - Les Eyzies (31 mai - 5 juin 2010), vol. 2, p. 103-118.

KARNAY G., DUBREUILH J., MAUROUX B., CHATEAUNEUF J.-J. 1998 - Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille de Lembeye (n°1005), BRGM, Orléans, notice de 50 p.

LELOUVIER L.-A., CHALARD P., BERTRAN P., DEFAYE S., DAYRENS O., BUSSEUIL N. 2013 - *A65 - Le Vignau (40), Romentères, un site du Pléistocène moyen sur les hautes terrasses de l'Adour : Rapport de fouille*. Pessac : INRAP GSO, 1 vol., 363 p.

MILLET D., MILLET F. 2010 - Paléolithique inférieur et moyen dans les vallées du Luy de France, du Gabas, du Lèes et sur la bordure méridionale de la nappe de Limendous (64). Notice du *Bilan Scientifique Régional d'Aquitaine 2008*. Bordeaux : Service Régional de l'Archéologie, p. 157-158.

MINET T. 2013 - *L'exploitation des silex au paléolithique ancien et moyen dans l'avant-pays nord-pyrénéen : approche gîtologique, pétroarchéologique et techno-économique*. Mémoire de Master 2 mention Histoire, histoire de l'art et archéologie, vol 1, 80 p

MOURRE V. 1996 - *Le débitage sur enclume au Paléolithique inférieur et moyen - Techniques, méthodes et schémas conceptuels*. Article de DEA, Université de Paris X-Nanterre, 55 p.

MOURRE V. 2003a - Discoïde ou pas Discoïde ? Réflexions sur la pertinence des critères techniques définissant le débitage Discoïde. *In* : PERESANI (M.) (dir.) - *Discoid Lithic Technology - Advances and implications*. Oxford : Archaeopress, BAR International Series, 1120, p. 1-18.

MOURRE V. 2003b - *Implications culturelles de la technologie des hachereaux*, thèse de doctorat, Université de Paris X-Nanterre, 3 vol., 880 p.

MOURRE V. 2004 - Le débitage sur enclume au Paléolithique moyen dans le Sud-Ouest de la France. *In* : VAN PEER (P.), BONJEAN (D.), SEMAL (P.) (Eds) - *Session 5 : Paléolithique moyen, Actes du XIVème Congrès de l'UISPP, Liège, 2-8 sept. 2001*. Oxford : Archaeopress, BAR International Series, 1239, p. 29-38.

MOURRE V. 2006 - Emergence et évolution de la prédétermination au Paléolithique. *In* : ASTRUC L., BON F., LÉA V., MILCENT P.-Y., PHILIBERT S. (dir.) - *Normes techniques et pratiques sociales. De la simplicité des outillages pré- et protohistoriques*, XXVIe rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes. Antibes : Éditions APDCA, p. 61-74.

MOURRE V., COLONGE D. 2007 - Et si l'Acheuléen méridional n'était pas là où on l'attendait... *In* : EVIN (J.) (dir.) - *Congrès du Centenaire : un siècle de construction du discours scientifique en Préhistoire. Volume 3 : « ... Aux conceptions d'aujourd'hui »*, actes du XXVIe congrès préhistorique de France - Avignon, 21-25 septembre 2004. Paris : Société Préhistorique Française, p. 63-78.

MURRAY A.S., WINTLE A.G. 2000 - Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. *Radiation Measurements*, 32 (1), p. 57-73.

PEDERGNANA A., OLLE A. 2017 - Monitoring and interpreting the use-wear formation processes on quartzite flakes through sequential experiments. *Quaternary International, 427, p. 35-65*.

SERONIE-VIVIEN M.-R. 2009 - Répartition géographique des différents types de silex a lépidorbitoïdes utilisés au Paléolithique supérieur en Aquitaine. Première contribution : Dordogne (Caminade), Lot (Le Piage – Pegourie – Cloup de l'Aze), Gironde (Beauregard), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 106, p. 293-296.

SERONIE-VIVIEN M.-R. 2010 - Le silex a Lépidorbitoïdes en Aquitaine. État de la question, *in* BRESSY C., GREGOIRE S., BAZILE F. (dir.) *Silex et territoires préhistoriques. Avancées des recherches dans le Midi de la France. Actes de la table ronde de Lattes (13-14 juin 2008)*, Les C@hiers de Geopre, 1, p. 31-37.

SITZIA L., BERTRAN P., BAHAIN J.-J., BATEMAN M.D., HERNANDEZ M., GARON H., DE LAFONTAINE G., MERCIER N., LEROYER C., QUEFFELEC A., VOINCHET P. 2015 - The Quaternary Coversands of Southwest France. *Quaternary Science Reviews*, 124, p. 84-105.

SPINAPOLICE E., RUÉ M., BERNARD-GUELLE S., FEDOROFF N., MARTINEAU A.-S., SCHWENNINGER J.-L., 2010 - *Le site acheuléen de Bénazit 1, Cazères-sur-l'Adour (Landes). RFO fouille préventive*, Villard-de-Lans, Paléotime, SRA Aquitaine, 3 vol., 302 p.

TAYLOR A., BERNARD-GUELLE S., CHESNAUX L., FÉNÉON L., FERNANDES P., RUÉ M. 2017 - *« L'industrie sur quartzite de Garlin, «ZAEI Garlin - Pyrénées», Rapport final d'opération*, Paléotime, Service Régional de l'Archéologie d'Aquitaine, 320 p.

TEXIER J.-P., BERTRAN P. 1990 - L'enregistrement des phénomènes pédo-sédimentaires et climatiques. L'exemple de la coupe des Tares (Dordogne). *Quaternaire*, 1, 1, p. 77-90.

TIXIER J. 1956 - Le hachereau dans l'Acheuléen nord-africain. Notes typologiques, *Congrès préhistorique de France, Compte rendu de la XVe session, Poitiers-Angoulême, 15-22 juillet 1956,* Paris : Société Préhistorique Française, p. 914-923.

THIEBAUT C., CLAUD E., COSTAMAGNO S., COUDENNEAU A., COUMONT M.-P., DESCHAMPS M., GERBE M., MALLYE J.-B., MOURRE V., ASSELIN G., BRENET M., CHACON M.G., COLONGE D., LEMORINI C., PARAVEL B., PROVENZANO N., SERVELLE C., SOULIER M.-C. 2009 - *Des Traces et des Hommes : Projet de recherche interdisciplinaire sur l'identification des modalités d'acquisition et de traitement des matières végétales et animales au Paléolithique moyen en Europe occidentale*, rapport annuel du PCR (Programme 3). Service Régional de L'Archéologie de Toulouse : 2009, 218 p.

THIÉBAUT C., CLAUD E., COSTAMAGNO S., COUDENNEAU A., DESCHAMPS M., MOURRE V., VAL A., BRENET M., CHACON G., CHONG S., COUMONT M.-P., COLONGE D., GERBE M., ASSELIN G., MUSSINI C., SOULIER M.-C. 2011 - *Des traces et des Hommes. Projet de recherche interdisciplinaire sur l'identification des modalités d'acquisition et de traitement des matières végétales et animales au Paléolithique moyen en Europe occidentale*, Rapport annuel, Service Régional de l'Archéologie, 280 p.

VIGNARD E., VACHER G. 1964 - Altérations des silex préhistoriques de Neumours sous l'influence des climats qui se sont succédés du Périgordien Gravettien au tardenoisien locaux. Paris : *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, Études et travaux, 61, 1,, p. 45-55.

WHALLON R. 1973 - Spatial analysis of occupation floors I: application of dimensional analysis of variance. *American Antiquity*, 38, 1, p. 266-278.

Perspectives

Afin de poursuivre les réflexions sur la formation des sites découverts dans un contexte similaire, j'ai initié un projet de recherche intitulé « Contribution de l'étude multiscalaire des états d'altération du mobilier en quartzite à la datation des industries du Paléolithique moyen et inférieur dans le piémont pyrénéo-garonnais » avec la collaboration de Paul Fernandes, Alain Queffelec, François Xavier Le Bourdonnec, Lorène Chesnaux, Alexis Taylor et Sébastien Bernard-Guelle. Ce projet a reçu un financement dans le cadre de la campagne d'accueil d'agents de l'archéologie préventive dans les UMR, en l'occurrence ici l'UMR 5199 PACEA, et dont voici un résumé. Il fera l'objet d'une communication lors du prochain colloque Archéométrie (Chambéry 2022). Dans cette communication sera présenté un bilan des résultats obtenus sur les sites échantillonnés, en particulier Bidau à Garlin (horizon BT1) et Duclos à Auriac (horizons BT1 et BT2).

Dans le bassin de l'Adour, les opérations d'archéologie préventive ont occasionné la découverte de sites paléolithiques constitués d'une ou de plusieurs nappes peu denses de mobilier, principalement en quartzite, et dont l'attribution culturelle pose question. Ces nappes de mobilier lithique s'intercalent au sein de dépôts limono-sableux d'origine éolienne datés par luminescence entre les MIS2 et 9. Les dépôts sont scindés en deux principaux horizons argiliques permettant de séparer les sites formés au cours du Pléistocène supérieur (BT1) de ceux de la fin du Pléistocène moyen (BT2). Dans la plupart des cas, la datation des industries s'est avérée impossible en raison de l'absence de support archéologique directement datable. L'état de conservation des sites ne permet pas d'utiliser avec certitude les âges obtenus sur le sédiment pour dater les occupations. De plus, les caractères technologiques et typologiques ne permettent pas de rattacher aisément les productions sur quartzite aux techno-complexes moustériens ou acheuléens (Taylor *et al.* 2020a).

Afin d'alimenter les réflexions sur l'âge de ces industries et la formation des sites, une étude des états de surface d'une sélection de pièces en quartzite provenant des horizons BT1 et BT2 a été réalisée (macroscope, MEB et confocal). La méthode employée part du principe que la surface des matériaux enregistre les principales phases géomorphologiques des milieux qu'elle traverse et qu'elle peut ainsi être utilisée comme un marqueur de chronologie relative (Fernandes 2012). Malgré les faibles modifications de la rugosité survenues au cours de l'intervalle de temps qui sépare les industries des horizons BT1 et BT2, les observations ont permis d'identifier certains marqueurs de chronologie relative utiles à la distinction de ces productions lithiques.

4.2. La grotte des Barasses II à Balazuc (Ardèche) : remplissage sédimentaire et approche taphonomique

L'étude de cette cavité qui surplombe la rive droite de l'Ardèche a été initiée par Jean Combier et Jean-Louis Porte en 1967 et 1968. Elle a été reprise entre 2011 et 2013 sous la responsabilité de Camille Daujeard, dans le cadre du PCR *Espaces et subsistance au Paléolithique moyen dans le sud du Massif central* porté par Jean-Paul Raynal et Marie-Hélène Moncel. Les principaux objectifs visaient à compléter les données chronostratigraphiques et paléoenvironnementales du remplissage et mieux cerner les modes d'occupation de ce site par les animaux (carnivores et bouquetin) et les Néandertaliens.

A l'issue des trois campagnes de sondages, les résultats ont été publiés sous forme d'une monographie :

Daujeard C., Moncel M.-H., Raynal J.-P., Rué M., Allué E., Argant A., Argant J., Bailon S., Béarez P., Blasco R., Crégut-Bonnoure E., Delvigne V., Desclaux E., Fernandes P., Foury Y., Gallotti R., Guillaud E., Hardy B., Lafarge A., Lateur N., Le Pape J.-M., Manzano A., Piboule M., Richard M., Rufà A., Roger T. et collab., 2018, *La grotte des Barasses II (Balazuc, Ardèche) : Entre néandertaliens, bouquetins et carnivores… : Des occupations du Pléistocène supérieur en moyenne vallée de l'Ardèche*, Documents d'Archéologie en Rhône-Alpes et Auvergne, ALPARA-MOM, Lyon, n° 46, 210 p. https://books.openedition.org/alpara/4155

Dans le cadre de cette publication, j'ai contribué à la rédaction de plusieurs chapitres. Les pages suivantes correspondent au chapitre 2 présentant le site, dont j'ai rédigé la première partie (2.1) et le début du chapitre 3 traitant du contexte géoarchéologique, chronologique et environnemental, où figurent mon étude du remplissage sédimentaire (3.1) et ma contribution à l'étude taphonomique générale (3.2).

Le résultat des datations ESR/U-Th suggère un rattachement des unités inférieures (US6 à US8) au MIS5 alors que l'US3 couvrirait une période comprise entre la seconde moitié du MIS4 et la première partie du MIS3, le tout en bonne adéquation avec les données biostratigraphiques (Richard et Rué *in* Daujeard *et al.* 2018, p. 105).

CHAPITRE 2

PRÉSENTATION DU SITE

Camille Daujeard, Mathieu Rué

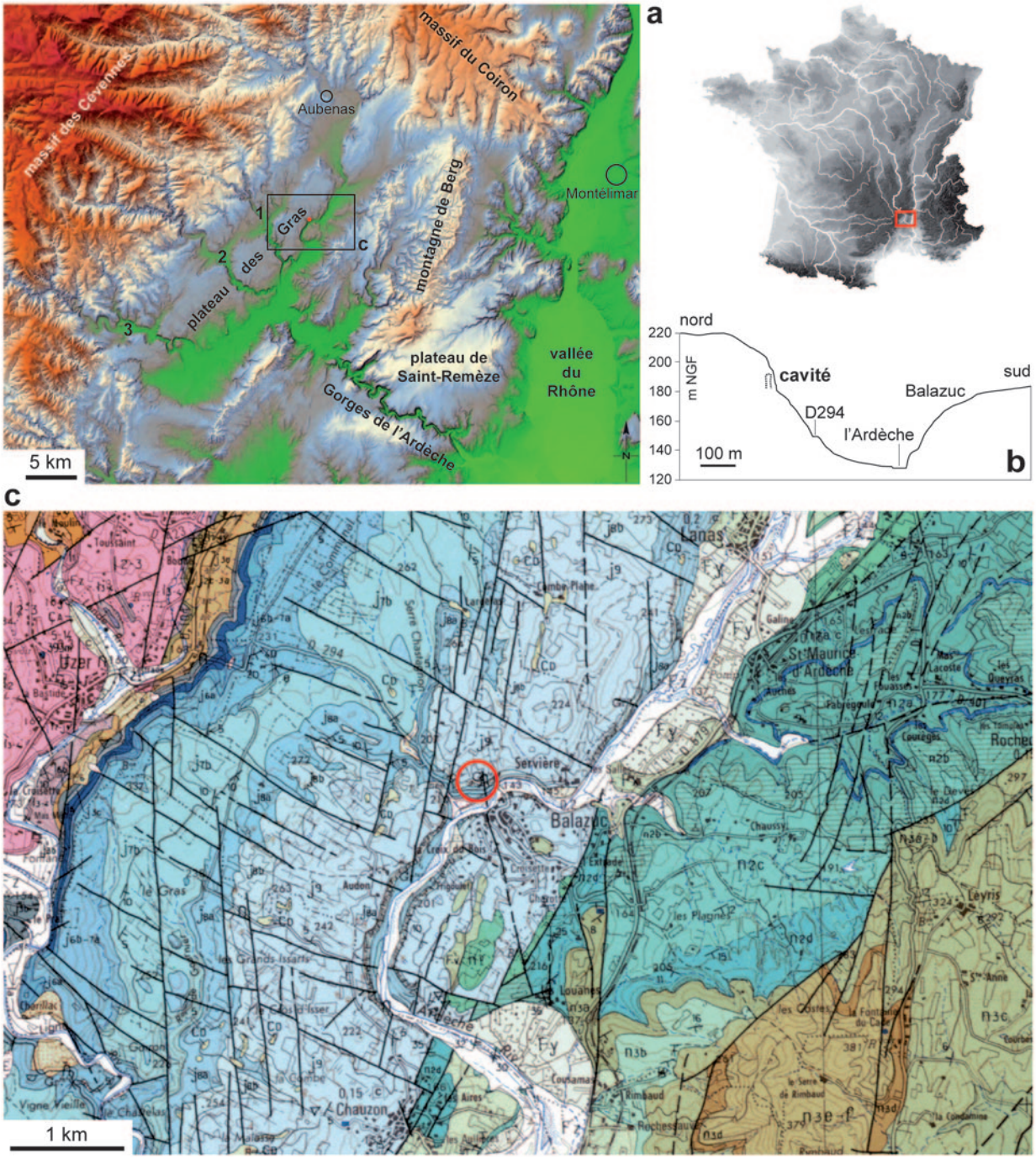


Fig. 4 - Contexte géomorphologique général.

a / Principales entités géomorphologiques encadrant le site (carte du relief IGN). Les altitudes évoluent entre 40 m (confluence Rhône Ardèche) et 1 500 m (Cévennes). Affluents de la rive gauche de l'Ardèche :
1 - La Ligne.
2 - La Baume.
3 - Le Chassezac.

b / Profil topographique nord-sud de la vallée de l'Ardèche passant par la Grotte des Barrasses II (modifié d'après Géoportail).

c / Extrait de la carte géologique à 1/50000 d'Aubenas (BRGM, Kerrien et al. 1996). Trois grandes séries mésozoïques apparaissent : au nord-ouest, en rose, le Jurassique inférieur ; au centre, en bleu, le Jurassique supérieur et au sud-est, en vert et marron, le Crétacé inférieur. Les principaux étages affleurant dans un rayon d'environ 1 km autour du site sont : j7b : Kimméridgien inférieur, Calcaires de la Louyre (alternances de calcaires et de niveaux grumeleux) ; j8a : Kimméridgien moyen, Calcaires de la Beaume (calcaires à passées grumeleuses) ; j8b : Kimméridgien terminal, Calcaires ruiniformes de Païolive (calcaires gris tachetés) ; j9 : Tithonien, calcaires micritiques blancs ; n1 : Berriasien, calcaires argileux gris, marnes et brèches. Formations alluviales : Fv : très hautes terrasses (Villafranchien) ; Fx : moyennes et hautes terrasses (Riss) ; Fy : basses terrasses (Würm).

2.1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET CADRE GÉOMORPHOLOGIQUE

La Grotte des Barasses II est localisée sur la limite orientale du plateau calcaire des Gras qui borde le massif des Cévennes, dans la moyenne vallée de l'Ardèche (**fig. 4a**). Cette cavité karstique fait face et domine le village de Balazuc au lieu-dit cadastral « Les Barasses » (parcelle A446) et surplombe d'une cinquantaine de mètres la rive droite actuelle de l'Ardèche. La largeur du fond de vallée avoisine 130 m au niveau du site. L'Ardèche, comme la plupart des cours d'eau situés sur un front météorologique actif - comme ici la bordure occidentale de la vallée du Rhône - est caractérisée par un régime de crues exceptionnelles. Celle de septembre 1890 a par exemple atteint la côte de + 5 m, submergeant le pont de Balazuc et rendant inaccessible le site depuis le fond de vallée. En aval, l'Ardèche court encore sur une trentaine de kilomètres avant son entrée dans les gorges à Vallon-Pont-d'Arc.

La cavité actuelle s'ouvre en direction du sud dans une situation particulièrement escarpée. Elle se situe en effet dans la partie supérieure d'une falaise à relief ruiniforme, dite « falaise des Barasses », qui présente des parois verticales atteignant localement près de 40 m de hauteur. Cette falaise délimite un cirque peu prononcé, large d'environ 300 m et également ouvert en direction du sud. Sa partie occidentale est entaillée par un vallon où coule par intermittence le ruisseau de *Pierre Froide*. Plusieurs cavités s'ouvrent dans cette falaise, dont la Grotte du Pont, ou Grotte des Barasses I, localisée à environ 50 m à l'est du site étudié (**fig. 5**). Ces grottes ne représentent que la partie résiduelle de cavités initialement plus développées, progressivement recoupées par le recul de la falaise.

L'accès à la Grotte des Barasses II est facilité par la présence d'un talus d'éboulis qui masque le pied de falaise à l'intérieur du cirque (**fig. 5, 6a**). Le profil transversal de la vallée passant par la cavité est de fait dissymétrique, avec un versant nord adouci et un versant sud plus abrupt au pied duquel coule l'Ardèche (**fig. 4b**). La partie supérieure de cet éboulis, observable dans l'ancienne carrière située le long de la route D294 au sud-ouest de la grotte, est constituée par un cailloutis calcaire à structure clastique et matrice limoneuse brune. Aucun témoin archéologique ou élément datant n'y a été découvert au cours de nos prospections.

D'après la carte géologique à 1/50 000 d'Aubenas (Kerrien *et al.* 1996), la grotte se développe au sein des dépôts carbonatés de la fin du Jurassique supérieur (Kimméridgien et Tithonien) formés en marge du bassin subalpin. Ces dépôts affleurent le long d'un axe sud-ouest nord-est qui s'étend depuis la basse vallée du Chassezac jusqu'au massif des Coirons (**fig. 4a, 4c**). À l'est de Balazuc, l'accident majeur que constitue la faille de l'Ardèche a provoqué au cours de l'Oligocène l'affaissement de la série crétacée sur plusieurs centaines de mètres et donc sa préservation des phases érosives ultérieures (Bonijoly *et al.* 1996).

La séquence lithostratigraphique visible sur la falaise et à l'intérieur de la cavité varie peu verticalement. Elle est composée

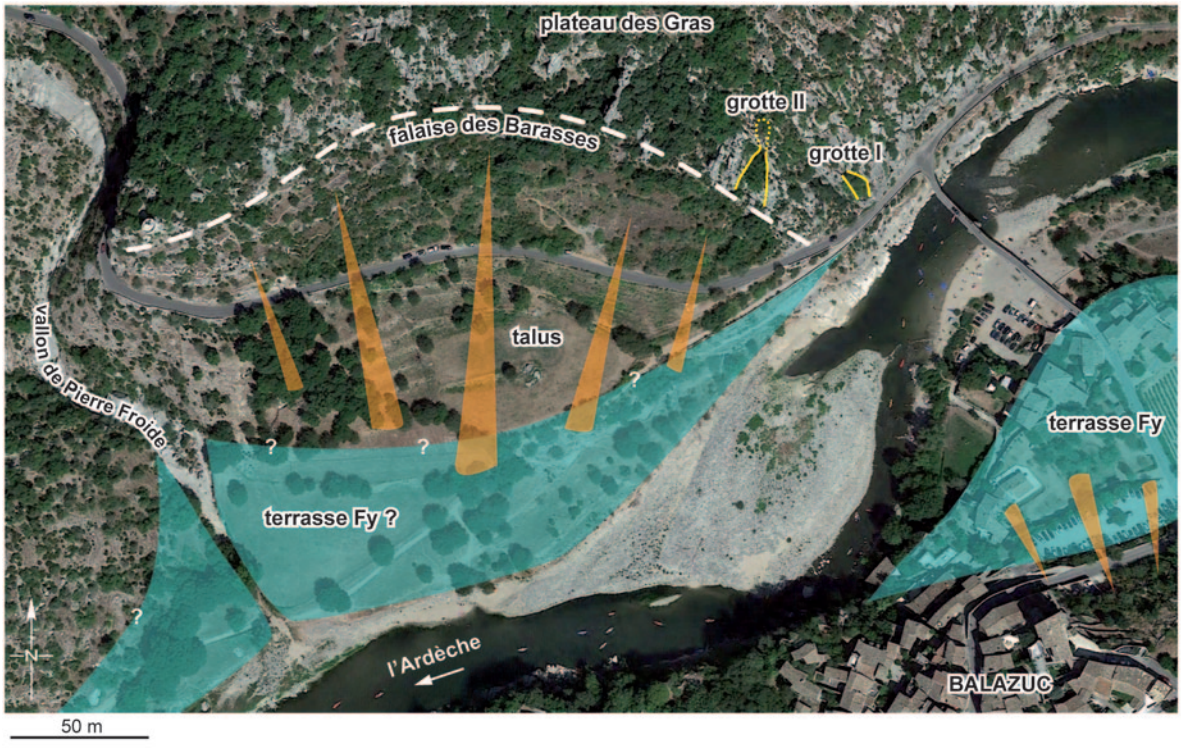


Fig. 5 - Contexte géomorphologique local. Orthophotographie (Google Earth 2015).

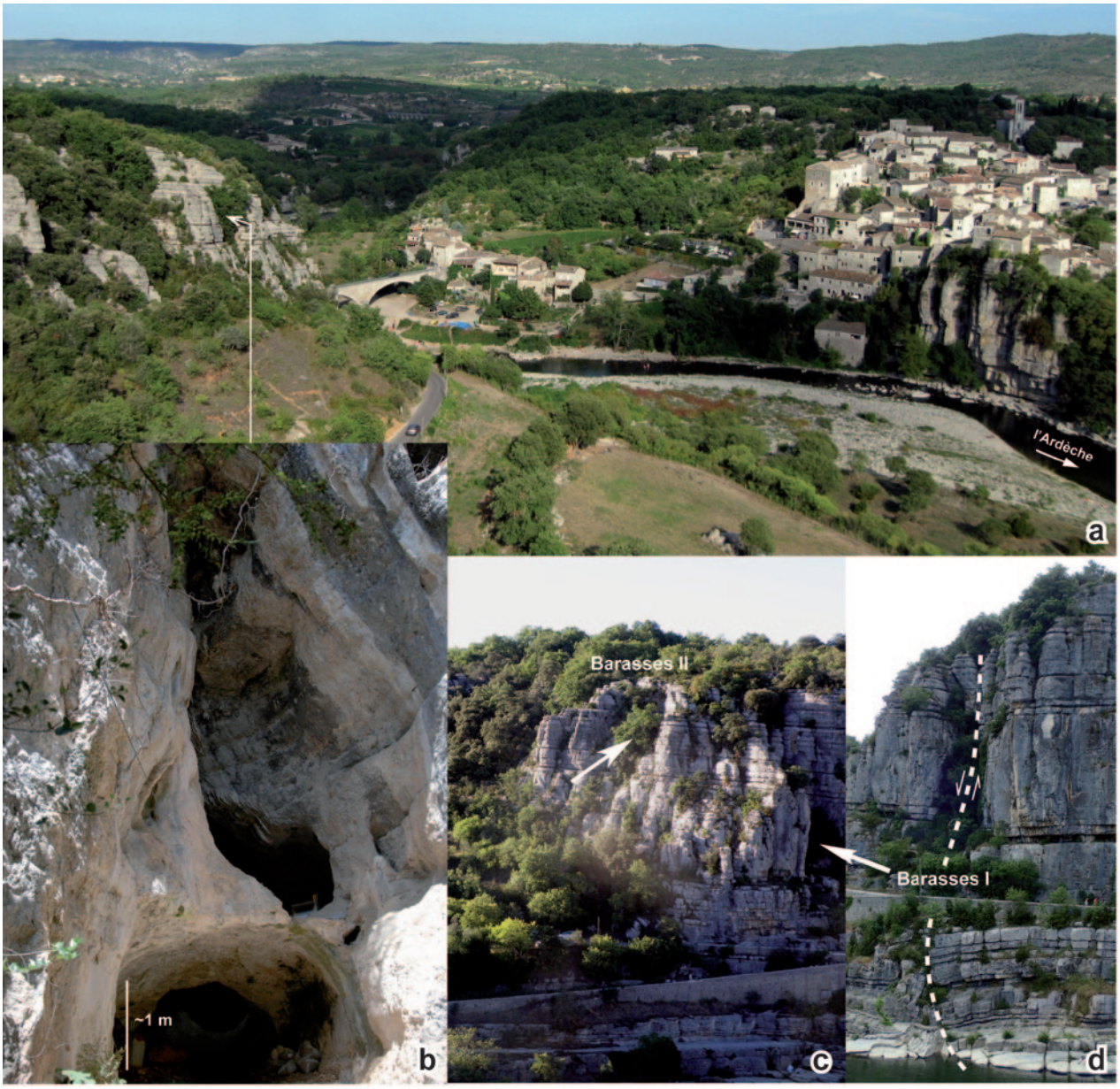


Fig. 6 - La grotte des Barasses II à Balazuc.
a / Vue de la falaise des Barasses et du village médiéval de Balazuc depuis la tour de la Reine Jeanne.
b / Entrée de la cavité.
c / Localisation de la grotte en sommet de falaise, vue depuis Balazuc.
d / Grotte des Barasses I vue depuis le pont. Cette cavité se développe le long d'un accident majeur qui affecte l'ensemble de la falaise.

par une alternance de bancs calcaires à faciès mudstone et de joints marneux d'où se détachent des grumeaux centimétriques. La stratification en bancs réguliers et subhorizontaux, d'épaisseur généralement métrique, et les faibles variations lithologiques verticales confèrent à la falaise un aspect massif (**fig. 6b-d**). La karstification de cette séquence est favorisée par une importante fissuration. Le secteur étudié se situe en effet à l'extrémité d'une faille kilométrique orientée N 173°E le long de laquelle les cavités du plateau des Barasses se sont développées (**fig. 4c, 6d**).

Toujours d'après la carte géologique, les terrasses alluviales attribuées aux cycles rissiens (Fx) et würmiens (Fy) sont situées en dessous de la cavité, respectivement à environ + 20 m et + 10 m du cours de l'Ardèche (**fig. 4c**). Deux replats topographiques localisés en contrebas de la cavité, de part et d'autre de la rivière, pourraient correspondre à des lambeaux de la terrasse Fy et donc aux alluvions contemporaines du remplissage de la cavité (**fig. 5**). La très haute terrasse villafranchienne (Fv) (ou terrasse T3 d'après Labrousse 1977) est en revanche conservée localement à une dizaine de mètres au-dessus de l'ouverture de la grotte. Elle est composée par un cailloutis à blocs décimétriques de grès triasiques, granite et basalte, qui a pu alimenter le remplissage initial de la cavité.

Sur le plateau des Gras, au-dessus de la grotte, une couverture pédologique peu épaisse recouvre directement le calcaire. Elle correspond à un sol brun peu évolué sur lequel se développe une végétation clairsemée dominée par le buis et le chêne. En

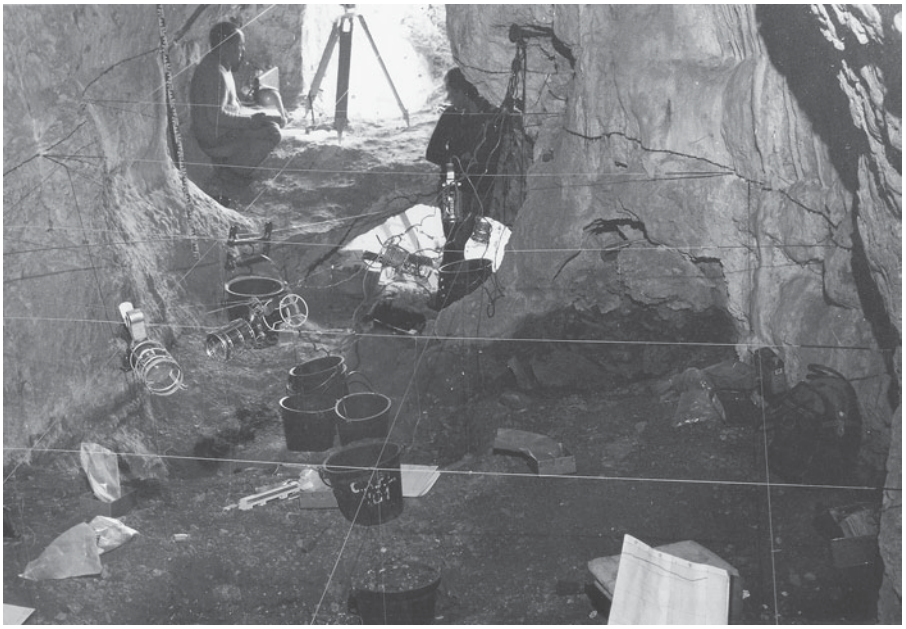


Fig. 7 - Vue de la salle (depuis le fond de la grotte) en cours de fouilles pendant la campagne de 1968 (Rapport Combier 1968).

bordure de falaise, là où le sol est absent, un profond lapiaz orienté globalement N140°E affecte le sommet de la séquence jurassique.

La cavité actuelle, haute et étroite, comprend une salle unique d'environ 35 m² allongée dans le sens nord-sud sur une quinzaine de mètres. Comme pour la Grotte des Barasses I, elle correspond vraisemblablement à une ancienne galerie ogivale développée le long d'une fissure. Aucun rejet de faille n'est visible dans l'encaissant. La hauteur de la salle atteint 7 m pour une largeur de 3,7 m au niveau du secteur sondé. L'entrée est séparée en deux par un plancher stalagmitique dont la formation est antérieure au remplissage étudié (**fig. 6b**). La morphologie du plafond, ainsi que l'étroitesse et la morphologie des fissures au fond de la cavité nous conduisent à écarter l'hypothèse d'accumulations gravitationnelles récentes de la faune comme du matériel lithique dans cette partie conservée de la grotte.

2.2. HISTORIQUE DES RECHERCHES ET MÉTHODES

2.2.1. DÉCOUVERTE DU SITE

Le site archéologique de la Grotte des Barasses II fut découvert par P. Mouyon, archéologue amateur. En 1966, alors qu'il prospectait les falaises des Barasses avec H. Saumade (correspondant de la circonscription archéologique pour le secteur d'Aubenas), P. Mouyon recueille sous le porche de la grotte des outils en silex associés à des ossements fossiles, entre autres bouquetins, rennes et rhinocéros laineux.

Devant l'importance de la découverte, H. Saumade en réfère à J. Combier, Directeur des Antiquités préhistoriques de la région Rhône-Alpes. Une visite du site fut effectuée au mois d'août 1966. Elle permit de constater l'existence d'une série de cavernes, dites des Barasses, échelonnées entre le pont de Balazuc et la « tour de la reine Jeanne ».

J. Combier, qui dirige alors dans la région les fouilles du site d'Orgnac 3, décide en 1967 d'entreprendre des sondages dans la grotte. Ce sont au final deux années d'investigation en 1967 et 1968 qui permettront à l'équipe de reconnaître plusieurs niveaux d'occupation humaine datant du Paléolithique moyen (période de l'homme de Néandertal) (Rapport Combier 1968).

2.2.2. PREMIÈRES INVESTIGATIONS : LES FOUILLES DE 1967 ET 1968

Cette petite caverne a donc fait l'objet de trois sondages effectués au cours des étés 1967 et 1968 par J. Combier et J.-L. Porte et décrits par J. Combier dans son rapport de 1968 (**fig. 7, 8**) :

- Sondage I : ce sondage d'un mètre carré (carré F19) a été ouvert à l'entrée de la grotte, à l'aplomb du plancher stalagmitique. Poussé jusqu'à 1,20 m de profondeur, il a rencontré, comme dans le reste du gisement, le sommet d'une couche contenant du Moustérien sous une couche à ours des cavernes. Mais les colluvions récentes, à vestiges du premier âge du Fer (céramique) et les restes paléolithiques remaniés forment ici un dépôt de recouvrement très épais constitué par de l'argile mêlée à de fins cailloutis stratifiés ;

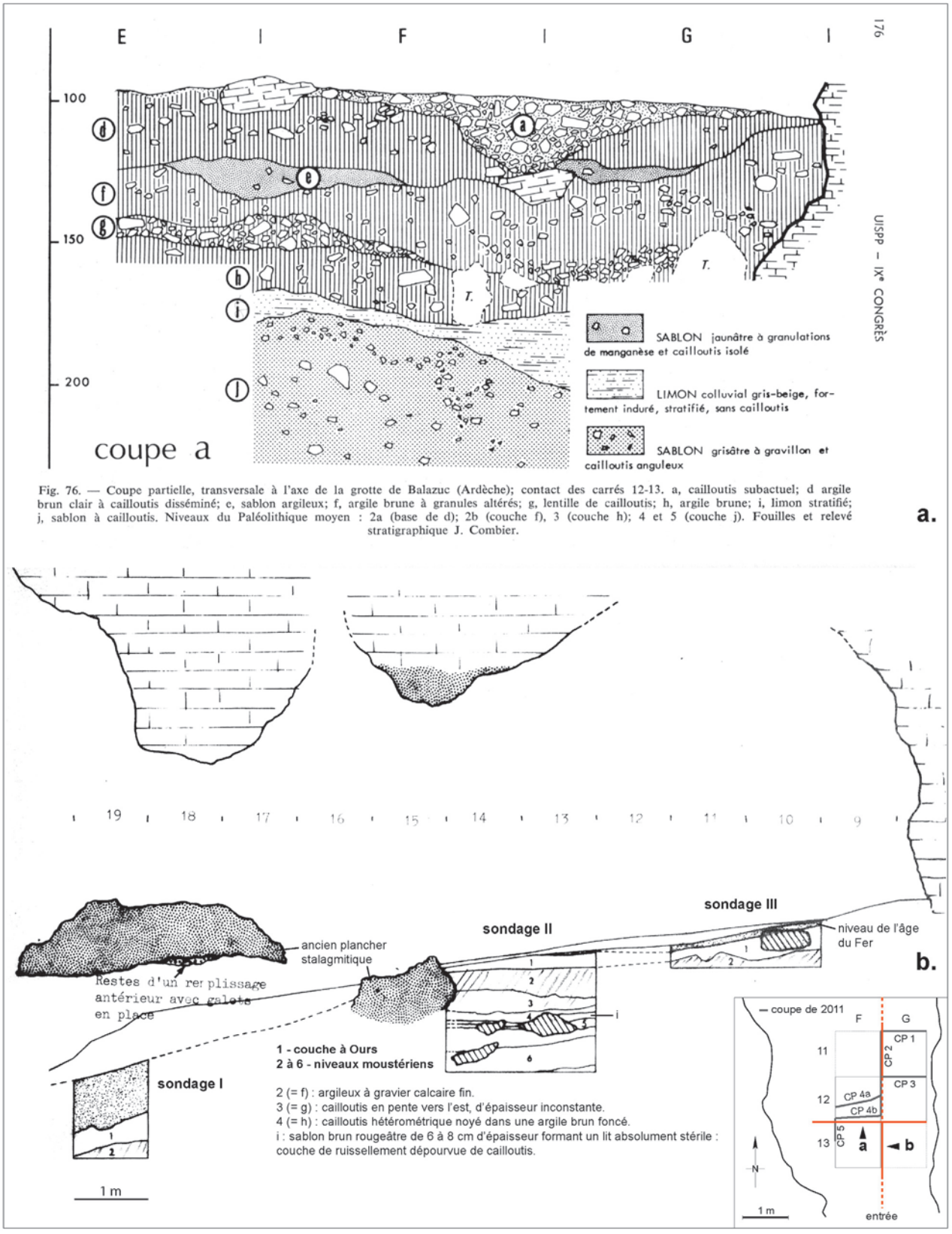


Fig. 76. — Coupe partielle, transversale à l'axe de la grotte de Balazuc (Ardèche); contact des carrés 12-13. a, cailloutis subactuel; d argile brun clair à cailloutis disséminé; e, sablon argileux; f, argile brune à granules altérés; g, lentille de cailloutis; h, argile brune; i, limon stratifié; j, sablon à cailloutis. Niveaux du Paléolithique moyen : 2a (base de d); 2b (couche f), 3 (couche h); 4 et 5 (couche j). Fouilles et relevé stratigraphique J. Combier.

Fig. 8 - Coupes stratigraphiques de la cavité d'après J. Combier.
a. Coupe transversale (Combier 1976).
b. Coupe longitudinale (Modifiée d'après rapport Combier 1968).

- Sondage II : il a constitué la fouille principale, sur six mètres carrés (carrés E, F, G14 et E, F, G13) dans la partie antérieure de la grande salle. Cette fouille recoupe transversalement le remplissage d'une paroi à l'autre, jusqu'à une profondeur de 1,60 m, sans atteindre le substratum. Cinq couches contenant du Moustérien ont été rencontrées sous un dépôt contenant des restes d'ours des cavernes ;

- Sondage III : d'une profondeur de 0,5 m et de 2 m² de superficie, il a été pratiqué au centre de la salle et arrêté sous le niveau à ours, à la partie supérieure des niveaux moustériens (carrés F11 et F10). Les niveaux sont ici moins riches que dans les précédents sondages et, en raison de la pente du sol de la grotte, moins régulièrement stratifiés.

Ces premières investigations ont donc permis de mettre au jour cinq niveaux archéologiques du Paléolithique moyen attribués par J. Combier au Würm II, ainsi qu'une occupation plus récente par les ours des cavernes (Rapport Combier 1968) (**fig. 8**) :

- Niveau 1 : il forme une couche très nette d'occupation par l'ours des cavernes représenté par de nombreuses dents et os longs bien conservés et souvent entiers, radius d'adultes, péronés non épiphysés d'oursons, etc. Quelques dents isolées de bouquetins et des esquilles d'os proviennent peut-être du remaniement par les grands Carnivores du niveau moustérien sous-jacent ;

- Niveau 2-3 : c'est une puissante couche moustérienne de 0,5 à 0,6 m d'épaisseur. L'industrie n'est pas très abondante. Le débitage Levallois est essentiellement laminaire et les éclats Levallois de faibles dimensions, ce qui est habituel dans le Moustérien évolué de la région (cf. Abri du Maras, niveau 1). L'outillage proprement dit se compose de racloirs de type Quina, assez plats, avec une limace atypique et de denticulés assez quelconques. On note aussi un chopper en basalte, associé à une série d'éclats partiellement retouchés. Des galets de granite sélectionnés par l'homme et de taille très semblable complètent l'industrie de cette couche moustérienne, pauvre par rapport à la masse importante d'ossements.
La faune comprend essentiellement le bouquetin. En très faibles proportions viennent ensuite le renne, le cerf élaphe, le rhinocéros laineux, des grands bovidés, le cheval, le chamois, le castor, la marmotte, l'ours des cavernes, le renard et le loup. L'accumulation d'ossements sur une épaisseur de cinquante à soixante centimètres dans le sondage II constitue une sorte de poche ossifère où les restes se sont rassemblés dans une niche formée tant par la paroi que par une forte coulée de calcite. Cette disposition a conduit J. Combier à pratiquer une division artificielle en deux couches au cours de la fouille. La coupe stratigraphique dressée montre assez nettement cette bipartition qui toutefois peut n'être que secondaire. Elle pourrait correspondre à l'entraînement en ce point de deux nappes successives principales de restes disséminés dans toute la salle ;

- Niveau 4 : stratigraphiquement très net, il est pauvre, du moins dans la partie fouillée. Il n'a donné en effet que quelques éclats éclatés par le feu. La faune est limitée à une molaire de cheval et à un fragment de dent de bouquetin ;
- Niveau 5 : comme le niveau 4, sur la faible surface atteinte il ne semble pas riche : un racloir et quelques éclats de silex, de quartz et deux galets. La faune est presque inexistante, à l'exception d'une esquille d'os indéterminable ;

- Niveau 6 : lui aussi n'a livré que très peu d'industrie mais il se singularise par rapport aux autres couches archéologiques par la présence de plusieurs outils sur galets de basalte : un chopper, un chopping-tool, un coupoir sur fragment de galet. Des éclats de silex, deux racloirs et quelques éclats Levallois sont associés à ces éléments de « pebble-culture » qui faisaient défaut dans les niveaux sus-jacents. La faune n'est représentée que par un calcanéum de bouquetin portant des stries de boucheries.
Les travaux effectués n'ont pas permis une vision globale du remplissage de la cavité. Selon J. Combier (Rapport 1968), des témoins divers concrétionnés dans des niches de parois, ainsi qu'un contact avec des dépôts stalagmitiques, indiquent que le dépôt moustérien étudié dans la salle elle-même aurait été érodé dans sa partie supérieure. À ce titre, le contact Moustérien — premier âge du Fer témoigne d'une importante lacune. Les sondages les plus profonds se sont arrêtés dans une zone de grosse blocaille qui paraît marquer une importante coupure dans le remplissage. Pour J. Combier, il semblerait que le remplissage total de cette cavité en étroite diaclase atteigne une très forte épaisseur.
L'industrie mise au jour s'est avérée relativement pauvre par rapport à la très grande quantité de matériel faunique (bouquetin dominant). Selon J. Combier (Rapport 1968), elle se rapporte à un Moustérien final bien connu dans la région et où apparaît presque partout (excepté dans la Grotte de–Saint-Marcel) un Moustérien laminaire très particulier à outils évolués : racloirs de tous types de faibles dimensions ; pointes allongées à fines retouches denticulées, présence de quelques burins et de lames Levallois.
L'approvisionnement en matières premières lithiques est essentiellement local. Cette étude du matériel lithique n'a pas été publiée. L'étude taphonomique de la faune a par la suite permis à C. Daujeard de distinguer des accumulations naturelles majoritaires de bouquetins et des accumulations anthropiques plus rares d'autres herbivores. Sur la base de ces éléments, le site a été considéré comme un bivouac (Daujeard 2008, Daujeard, Moncel, 2010).

2.2.3. LES SONDAGES DE 2011 À 2013

2.2.3.1. Méthode de fouilles

En 2011 et 2012, nous avons fouillé selon les méthodes de topographie classiques utilisées en archéologie préhistorique (carroyage, niveau de chantier, enregistrements manuels sur carnets de terrain).

L'obscurité de la cavité a nécessité l'utilisation de projecteurs alimentés par un groupe électrogène. L'escarpement de la falaise sous l'entrée de la grotte a rendu difficile l'apport du gros matériel. La pose d'une tyrolienne a considérablement facilité ces opérations en début et en fin de campagnes.
La mise en place du carroyage a été effectuée en 2011 et facilitée par la reprise des repères des carrés des anciennes fouilles, ce qui a permis de réutiliser la même numérotation et de retrouver l'emplacement des anciens sondages. Tous les objets ont donc

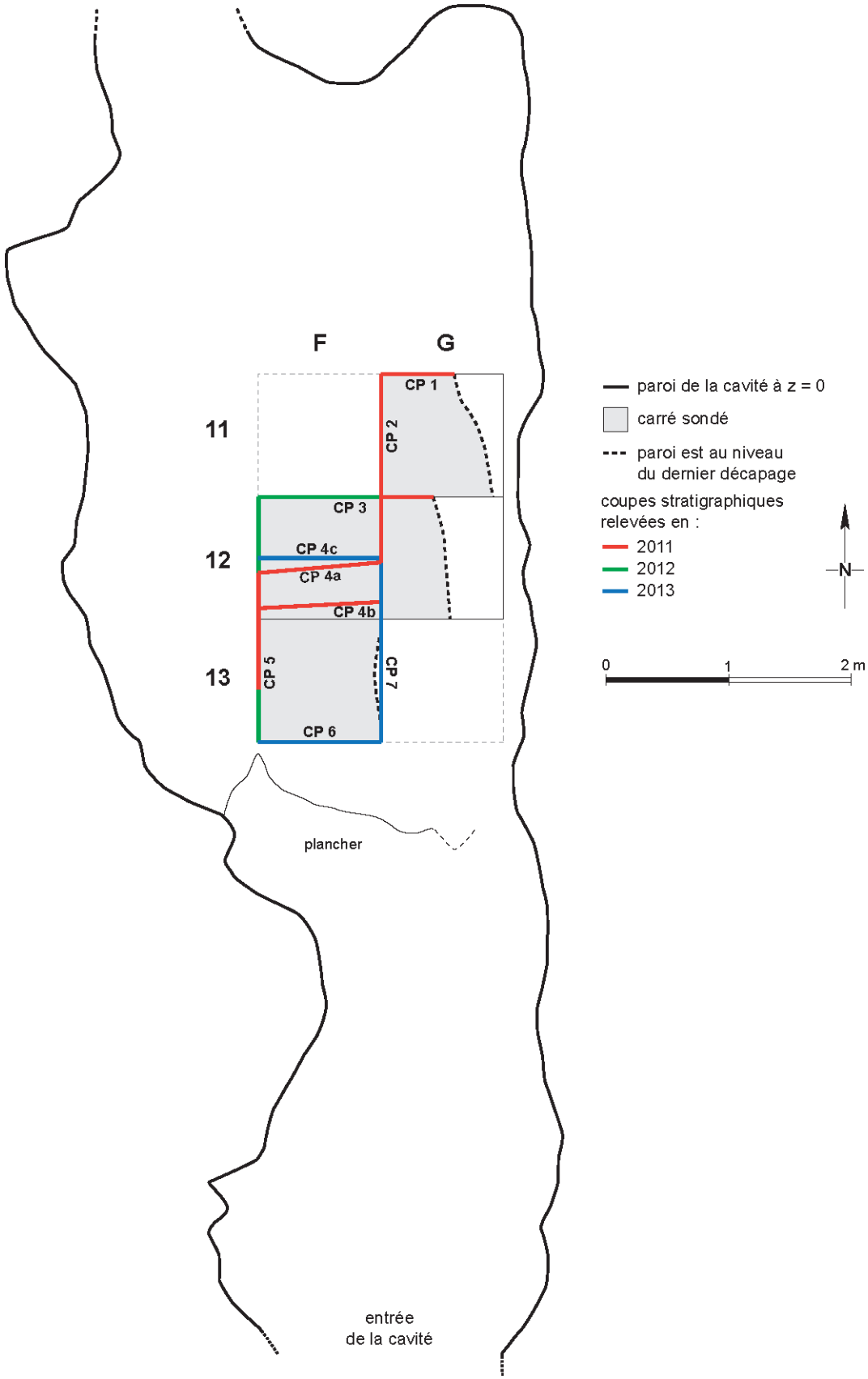


Fig. 9 - Plan de situation des carrés sondés et des coupes relevées (Échelle 1/50).

été référencés selon le carroyage mis en place par J. Combier et son équipe en 1967. Le niveau 0 ayant été alors distinctement matérialisé par un trait rouge apparent présent sur toute la longueur de la cavité, l'altitude des objets a toujours été prise à partir de cette ligne de référence. En 2013, l'utilisation d'une station totale (V. Delvigne et A. Lafarge) a facilité la prise de coordonnées des objets et a permis d'effectuer des relevés topographiques plus précis dans la grotte. Nous avons alors commencé une nouvelle numérotation à partir de 20 000, tout en notant les informations liées au carroyage utilisé en 2011 et 2012. Tous les éléments lithiques taillés, les galets, les restes fauniques déterminables, les esquilles de plus de 2 cm, les charbons et les pierres de plus de 10 cm de longueur ont été coordonnés. Chaque unité stratigraphique a été fouillée par quart de carré (avec du haut vers le bas et de gauche à droite : A, B, C et D) et par décapages de 10 cm en suivant les pendages. Dans un premier temps, tous les sédiments ont été tamisés à sec sur le site avec une colonne de tamis (mailles de 2 et 1 mm). Les refus du tamis fin ont ensuite été tamisés à l'eau dans la rivière (mailles de 1 mm).

En 2012 et 2013, nous avons mis en place un protocole d'étude de l'évolution granulométrique verticale des éléments naturels et anthropiques de largeur supérieure à 2 mm. Un demi-seau de sédiment pour chaque décapage et pour chaque unité a pour cela été prélevé le long des colonnes F12 A et F12 C. De façon à étudier statistiquement les orientations et les inclinaisons des éléments allongés nous avons par ailleurs enregistré ces données à l'aide d'une boussole munie d'un clinomètre (analyse des fabriques). Pour les analyses taphonomiques, tous les silex et les fragments de plancher stalagmitiques ont été polarisés par un point rouge marqué sur leur face sommitale.

2.2.3.2. Secteurs fouillés

Au terme des trois années de campagne de sondages à la Grotte des Barasses II, quatre carrés ont été ouverts : G11, G12, F12 et F13 (ancien sondage de J. Combier) (**fig. 9, 10**). Le remplissage apparent de la cavité est composé par la superposition de huit principales unités stratigraphiques (US 1 à US 8 de haut en bas) organisée en trois ensembles sédimentaires : supérieur (US 1 à 4), médian (US 5) et inférieur (US 6 à 8) (*cf.* **chapitre 3.1**). Seules les US 1 à 4 ont été atteintes dans le carré G11. En G12, carré fortement réduit par l'avancée de la paroi, les fouilles se sont arrêtées au sommet de l'US 6. Les quarts de carré A et B en F12 ont été également fouillés jusqu'au sommet de l'US 6 puis arrêtés. En revanche les quarts de carré C et D ont été descendus jusque dans la brèche formée par l'unité 8 et sur toute la hauteur des US 6 et 7. Cette bande de 50 cm est la seule zone ayant permis de connaître l'ensemble inférieur dans sa globalité. En F13, qui correspond à l'ancien sondage de l'équipe de J. Combier, les fouilles ont débuté à la base de l'US 6, traversé l'US 7, puis atteint la brèche. Les quarts de carré C et D en F13 étaient fortement perturbés par une zone de déblais des anciens

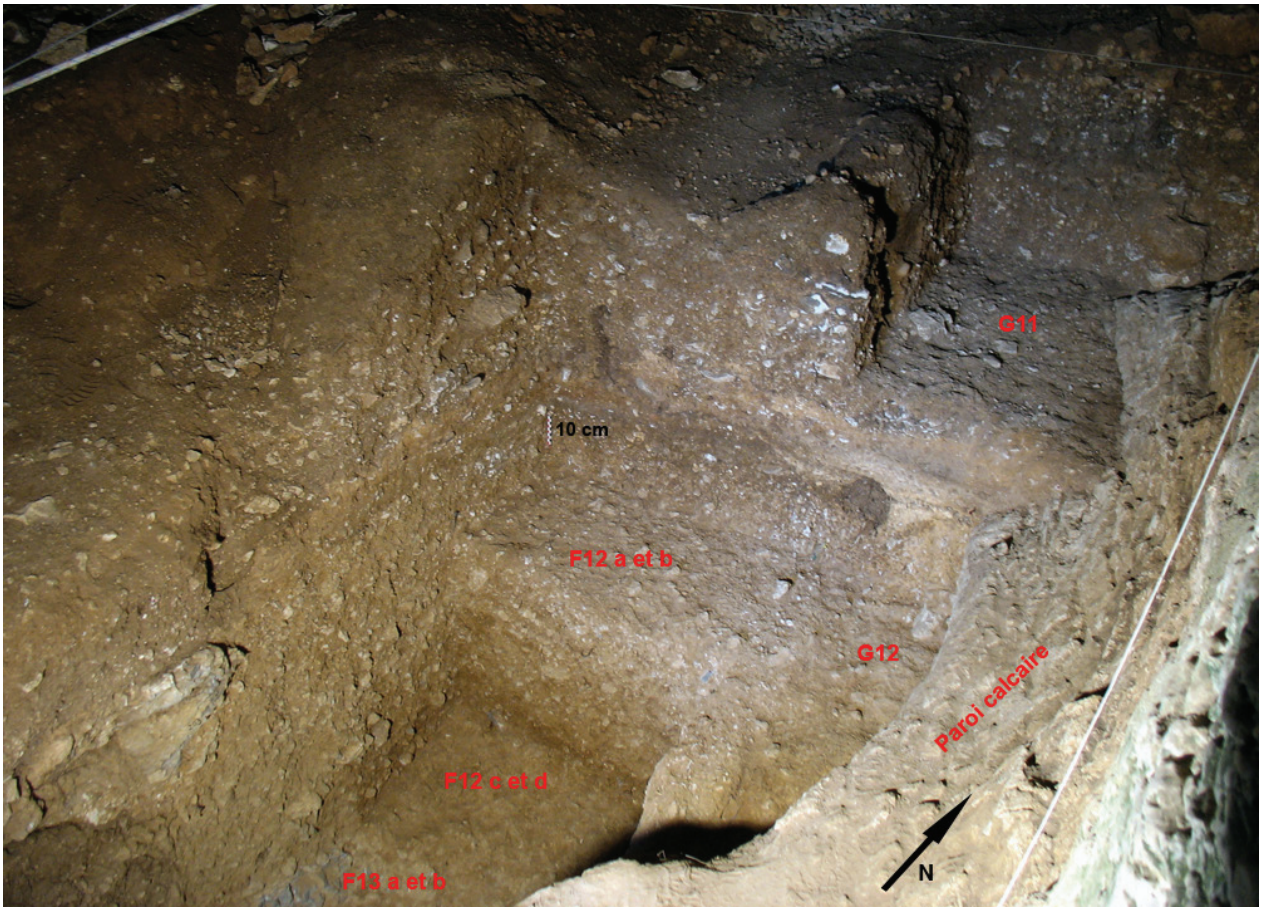


Fig. 10 - Vue d'ensemble de la fouille en fin de campagne 2013.

sondages se développant dans les carrés F14 et E13. En 2013, un carottage a été réalisé en F13 B entre les altitudes -3,15 m et -3,86 m, soit sur une profondeur de 71 cm. Le substrat n'a pas été atteint. L'épaisseur totale connue des dépôts atteint 2,65 m si l'on mesure la distance verticale séparant le fond du carottage jusqu'au sommet projeté de la coupe 3. À cet endroit, la largeur de la cavité est de 3,72 m et le plafond de la grotte est à +7,25 m du sommet du remplissage.

En 2011, trois carrés ont été ouverts, le carré F13 en partie centrale, anciennement sondé sur plus de 1,60 m par J. Combier en 1967-68 et deux nouveaux carrés G11 et G12 situés le long de la paroi est. En F13, les niveaux en place ont été fouillés sur 1 m d'épaisseur sans que le substrat n'ait été atteint. La fouille a permis de mettre au jour un petit corpus de matériel lithique et du matériel faunique en assez grande quantité.

En 2012, la fouille des deux carrés F12 et F13 dans la partie centrale de la grotte a permis de prolonger les coupes stratigraphiques transversales et longitudinales, atteignant l'ensemble inférieur sur une plus grande surface, et de confirmer l'organisation stratigraphique du remplissage. À la fin de la campagne 2012, la partie médiane de l'ensemble inférieur restait inconnue et le substrat n'avait toujours pas été atteint. Il était donc apparu nécessaire de poursuivre les travaux dans la grotte de façon à préciser les informations concernant l'ensemble inférieur (en F12) et à déterminer l'épaisseur totale du remplissage.

De façon à sonder l'ensemble inférieur sur toute sa hauteur et par ailleurs de poursuivre le protocole de récupération systématique des sédiments le long de la colonne F12 (granulométrie) entamé les deux années précédentes, la fouille 2013 s'est concentrée sur les quarts de carré F12 C et D. Cette zone a été descendue entièrement jusqu'à la brèche mise en évidence en 2012 dans le carré F13. Le quart de carré F12 B a été brièvement fouillé de façon à le mettre à niveau avec le quart de carré F12 A, les deux ayant été stoppés au sommet de l'ensemble inférieur (**fig. 10**). La fouille des quarts de carré F12 C et D a permis de mettre en évidence un abondant matériel archéologique associé à de petits cailloux dans la partie haute de l'ensemble inférieur, sur près de 40 à 50 cm d'épaisseur (sommet de l'US 6). Dans la partie médiane, les cailloux deviennent plus gros et plus nombreux et des fragments de spéléothèmes démantelés ainsi que quelques grandes plaquettes verticales ont été répertoriés. À partir de cette zone et jusqu'à la brèche, il a été noté une raréfaction croissante du matériel (US 7 et 8). Toutefois, du matériel lithique a été découvert jusque dans la brèche, au sommet de l'US 8.

CHAPITRE 3

CONTEXTE GÉOARCHÉOLOGIQUE, CHRONOLOGIQUE ET ENVIRONNEMENTAL

Ethel Allué, Alain Argant, Jacqueline Argant, Salvador Bailon, Philippe Béarez, Ruth Blasco, Samantha Bochard, Évelyne Crégut-Bonnoure, Camille Daujeard, Emmanuel Desclaux, Paul Fernandes, Yann Foury, Rosalia Gallotti, Émilie Guillaud, Nicolas Lateur, Jeanne-Marie Le Pape, Alaric Manzano, Jean-Paul Raynal, Maïlys Richard, Thierry Roger, Mathieu Rué, Anna Rufà.

3.1. REMPLISSAGE SÉDIMENTAIRE (MR)

3.1.1. OBJECTIFS ET DÉMARCHE

L'étude du remplissage sédimentaire de la Grotte des Barasses II s'est inscrite dans une démarche géoarchéologique visant principalement à comprendre les modalités de formation des assemblages archéologiques et faunistiques recueillis. La majeure partie des termes de géologie utilisés ici sont explicités dans l'ouvrage de Foucault *et al.* 2014.

Dans la plupart des sites, l'étude des unités sédimentaires, quelle que soit sa précision, n'est pas suffisante pour retracer les étapes de formation de ces assemblages depuis l'abandon ou le dépôt des vestiges jusqu'à leur découverte. L'histoire du sédiment n'est en effet généralement pas celle des artefacts ou des restes biologiques. Pour appréhender de manière plus objective les perturbations post-dépositionnelles subies par les vestiges, plusieurs approches ont été formalisées à partir des années 1990. L'une d'elle consiste à tester en deux étapes l'hypothèse d'une modification des vestiges par les processus naturels (Yellen 1996, Lenoble 2005, Bertran 2010) :

1) en identifiant les mécanismes susceptibles d'avoir joué un rôle dans la formation du site par une évaluation classique du contexte sédimentaire (étude géomorphologique, recherche de figures sédimentaires diagnostiques, etc.) ;

2) en validant ces mécanismes au moyen d'observations ou de tests adaptés sur les témoins découverts (analyse des fabriques, recherche de raccords à but taphonomique, étude des états de surface, etc.) afin de vérifier si, effectivement, ils ont bien contribué à la formation de l'assemblage étudié.

C'est ce type d'approche géoarchéologique que nous avons cherché à appliquer sur le site de la Grotte des Barasses II. Cette partie présente ainsi les premières hypothèses de formation du site uniquement basées sur la nature et l'organisation des accumulations sédimentaires. La partie suivante (cf. **chapitre 3.2.**) vise à tester ces hypothèses.

Les traits majeurs de l'évolution du milieu physique au cours du temps ont également été recherchés, en gardant toutefois à l'esprit que les remplissages karstiques sont peu propices à l'étude des évolutions paléoenvironnementales en raison du caractère discontinu et local de l'enregistrement sédimentaire (Campy, Chaline 1993 ; Texier 2009). La synthèse réalisée par É. Debard il y a 30 ans, basée sur plus d'une dizaine de sites ardéchois, illustre bien la variabilité de ces enregistrements et les difficultés à en dégager un cadre chronoclimatique généralisable (Debard 1988, 1997). Depuis cette synthèse, d'autres études stratigraphiques ont été menées sur les remplissages ardéchois, intégrant de nouveaux outils (micromorphologie, étude de la susceptibilité magnétique, etc.), mais avant tout dans un but de reconstitution paléogéographique locale (Moncel *et al.* 2010 ; Moncel *et al.* 2012 ; Saos *et al.* 2014 ; Moncel *et al.* 2014 ; Puaud *et al.* 2015 ; Debard, Ferrier, Kervazo 2016). Aucun de ces travaux récents ne confronte les données sédimentaires et archéologiques selon l'approche précédemment évoquée.

3.1.2. MÉTHODOLOGIE

Dans le cadre de cette étude, seule la séquence pléistocène supérieur a été considérée. Les spéléothèmes antérieurs n'ont pas été étudiés, de même que l'altération des parois, les états de surface des cailloux ou le fonctionnement hydrosédimentaire actuel de la cavité. Le faible développement de la cavité des Barasses II, et en particulier l'absence de connexion à des conduits horizontaux, limite par ailleurs la reconstitution des phases initiales de formation de la grotte à la lumière des nouvelles interprétations proposées dans la basse vallée de l'Ardèche (Mocochain *et al.* 2009).

Le séquençage en unités stratigraphiques (US) a été réalisé sur le terrain à partir des caractéristiques macroscopiques des dépôts : texture, structure et couleur de la matrice (i.e. fraction du sédiment < 2 mm), nature et états de surface des éléments grossiers (> 2 mm), morphologie et aspect de la limite inférieure (M. Rué, avec la collaboration d'É. Debard et C. Ferrier en 2011, de B. Moulin en 2012). La limite entre les sables, graviers, cailloux et blocs est respectivement fixée à 2, 10 et 100 mm. Au moment des observations, les dépôts présentaient un état sec (US 1 à 5) à frais (US 6 à 8). La référence Munsell de la teinte du sédiment a été obtenue sur un échantillon sec en lumière naturelle. Les restitutions stratigraphiques présentées ont été effectuées à partir des dessins des coupes au 1/10 et des photomontages (M. Rué). L'utilisation d'un théodolite en 2013 a permis de corriger les décalages induits par les relevés manuels de 2011 et 2012. Un carottage a été réalisé au fond du sondage en F13 B au moyen d'un carottier rotatif de diamètre 8 cm (J.-P. Raynal).

La susceptibilité magnétique volumique a été mesurée directement sur la matrice des unités apparaissant sur la coupe transversale en 2013 au moyen d'un appareil Bartington muni d'un capteur MS2K. Le taux de réponse est de 50 % à 3 mm de profondeur et de 10 % à 8 mm. Le signal obtenu dépend de la porosité de la matrice, qui varie globalement peu le long du remplissage, et de la présence éventuelle de fragments rocheux ou osseux derrière la coupe. Cinq mesures ont été effectuées aléatoirement autour d'un point situé au centre de chaque unité ou sous-unité (t° d'environ 16° C, M. Rué et V. Delvigne).

Au cours de la fouille, l'orientation et le pendage de la plupart des éléments allongés (faune et lithique taillé) ont été mesurés par les fouilleurs au moyen d'une boussole-clinomètre de précision 2°. Les résultats de l'analyse de ces fabriques sont présentés dans la partie 3.2.2.

Un volume d'environ cinq litres de sédiment a été conservé dans chacun des décapages des sous-carrés F12 A, F12 C et F13 A, afin de mieux quantifier la distribution verticale des éléments lithologiques, archéologiques et faunistiques de largeur supérieure à 2 mm. Ces volumes, référencés CT (pour « colonne tamis »), ont été tamisés à sec sur le terrain puis à l'eau, sans prétraitement préalable, au moyen de deux tamis normés à 2 et 20 mm. Les refus ont été séchés à l'air libre, triés et pesés (M. Rué, A. Ajas et A. Castets). Seules les variations les plus significatives doivent être prises en compte dans les résultats en raison des volumes de départ qui ont pu légèrement varier d'un

décapage à l'autre. Un seul décapage a été traité pour l'unité 5, le prélèvement issu du décapage 8 ayant en partie servi à la recherche de marqueurs de pyrolyse et de matériaux carbonés (M.-A. Courty). Les éléments lithiques taillés issus de cette colonne ont été comptabilisés mais les effectifs par unité se sont avérés insuffisants pour mener une étude granulométrique selon la méthode proposée par Pascal Bertran (Bertran *et al.* 2012).
Neufs blocs de sédiment ont été prélevés dans chacune des unités en 2011 et 2012 (M. Rué, C. Ferrier, J.-C. Leblanc) et ont servi de support à la fabrication de lames minces de format 6 x 13 cm et d'épaisseur 30 µm (A. Queffelec). Les observations ont été menées à l'aide d'un microscope polarisant à des grossissements de 25, 40 et 100x. La terminologie utilisée est empruntée à Stoops 2003 et Sordoillet 2009. Un test de caractérisation des particules noires ponctuant la matrice de l'unité 4 a été tenté au microscope Raman sur la lame P31 (A. Queffelec), sans succès en raison de la forte fluorescence provoquée par la résine.
Dix prélèvements couvrant les principales unités stratigraphiques reconnues ont fait l'objet d'analyses microgranulométriques par diffraction laser (A. Queffelec). L'appareil utilisé est un modèle Horiba LA 950V2. Les échantillons ont été tamisés à 2 mm à sec avant d'être traités à l'eau oxygénée (35 %) et dilués dans une solution d'héxamétaphosphate de sodium (5 g/L) pendant 12 h, permettant la dispersion des agrégats argileux, puis passés aux ultrasons pendant 60 s dans le granulomètre avant mesure. Le calcul de la distribution granulométrique a été réalisé grâce à la solution de Lorenz-Mie à l'équation de Maxwell (indice de réfraction de l'eau 1,33, indice de réfraction du sédiment 1,55). La limite entre les argiles et silts (limons) a été fixée à 7 µm d'après Weber, Gonthier, Faugères 1991 et Konert, Vandenberghe 1997 pour permettre la comparaison avec d'autres méthodes.

Des analyses géochimiques (teneurs en carbonates, matière organique, phosphates, matière humique et mesure du pH) ont été réalisées sur la fraction inférieure à 0,5 mm de dix échantillons (B. Ritter). La teneur en carbonates a été mesurée à l'aide d'un calcimètre de Müller. La teneur en matière organique a été obtenue par combustion au four à 1 000°C (perte au feu), avec correction du carbone lié aux carbonates. Les teneurs en phosphates et en matière organique fine (matière humique) ont été estimées par méthode colorimétrique, respectivement par réaction au molybdate d'ammonium et au fluorure de sodium. Les résultats sont donnés en unité de couleur (u.c.). Le pH a été mesuré au pH-mètre sur une solution de chlorure de potassium.

3.1.3. SÉQUENCE STRATIGRAPHIQUE

3.1.3.1. Généralités

La séquence étudiée correspond à un remplissage épikarstique composé par la superposition de huit principales unités stratigraphiques plus ou moins bien contrastées, référencées US 1 à US 8 du haut vers le bas. La **figure 11** donne un aperçu photographique des dépôts, les **figures 12 et 13** présentent respectivement les coupes transversales (ouest-est) et longitudinales (sud-nord) reconstituées.

Avec le carottage réalisé depuis le fond du sondage sur une profondeur de 71 cm, l'épaisseur totale connue de la séquence stratigraphique est de 2,65 m. Comme le forage n'a pas atteint le fond de la cavité, cette séquence se poursuit plus en profondeur, dans des proportions difficiles à estimer. Seule une partie de la paroi orientale de la grotte a été dégagée lors du sondage. Son profil semble indiquer un rétrécissement de la largeur de la cavité vers le bas (**fig. 12**). Nous supposons cependant que les deux grandes parois est et ouest de la grotte évoluent plus en profondeur selon deux plans subparallèles, à l'image de ce qui est visible à l'entrée de la cavité. Comme ces deux plans se sont développés le long d'une diaclase initiale, qui a pu potentiellement affecter l'ensemble de la falaise, le remplissage pourrait encore se poursuivre sur plusieurs mètres d'épaisseur. Cette configuration rappelle celle de l'Abri des Pêcheurs dont le comblement a été exploré sur au moins 4,5 m d'épaisseur (Moncel *et al.* 2008).

Les unités stratigraphiques présentent certaines caractéristiques communes :
- Elles sont constituées de matériaux limono-caillouteux à matrice carbonatée, à structure fermée et sans stratification interne visible à l'œil nu, sauf l'unité 5 qui regroupe plusieurs dépôts lités ;
- La fraction grossière est en très grande majorité représentée par des éléments calcaires issus de la dégradation de l'encaissant jurassique ;
- Les unités se développent de manière continue dans le sondage, exceptées pour les US 4 et 7 qui disparaissent progressivement en direction du sud, vers l'entrée de la cavité (**fig. 13**) ;
- Elles sont faiblement inclinées en direction de l'entrée, en moyenne autour de 2 à 3°, selon un pendage similaire à celui des joints de stratification de l'encaissant calcaire.

La configuration morpho-stratigraphique de la séquence est relativement simple, les unités se superposant de manière concordante. Aucune figure de soutirage ou accident néotectonique n'a été détecté. Les seules discontinuités post-dépositionnelles majeures correspondent aux passages d'anciens terriers. Ils ont un diamètre généralement inférieur à 20 cm et sont comblés par des matériaux bruns sombres à faible cohésion. Dans l'extrémité sud du sondage, en F13, la coupe longitudinale est perturbée par les déblais des fouilles précédentes (**fig. 13**). Toute la surface du remplissage a également été remaniée par les différentes interventions ou visites, empêchant une lecture géomorphologique de ce premier niveau.
Aucun suintement d'eau n'était perceptible le long des parois au moment de nos interventions durant le printemps ou l'été. La ligne rouge matérialisant le niveau zéro, tracée lors des interventions en 1967 et 1968, n'est recouverte que de rares et minces calcitisations le long de la paroi ouest (**fig. 11d**). En période hivernale, des écoulements en provenance du fond de la cavité provoquent des ravinements peu profonds au sommet du remplissage. D'après la topographie du sommet du plateau, ces infiltrations épikarstiques proviennent d'un bassin d'alimentation relativement réduit, de l'ordre de quelques centaines de mètres carrés, situé à au moins 5 m au-dessus du plafond de la cavité.

3.1.3.2. Caractéristiques macro- et microscopiques des unités

Unité 1

Cette unité constitue le sommet du remplissage sur une vingtaine de centimètres d'épaisseur. La matrice est composée

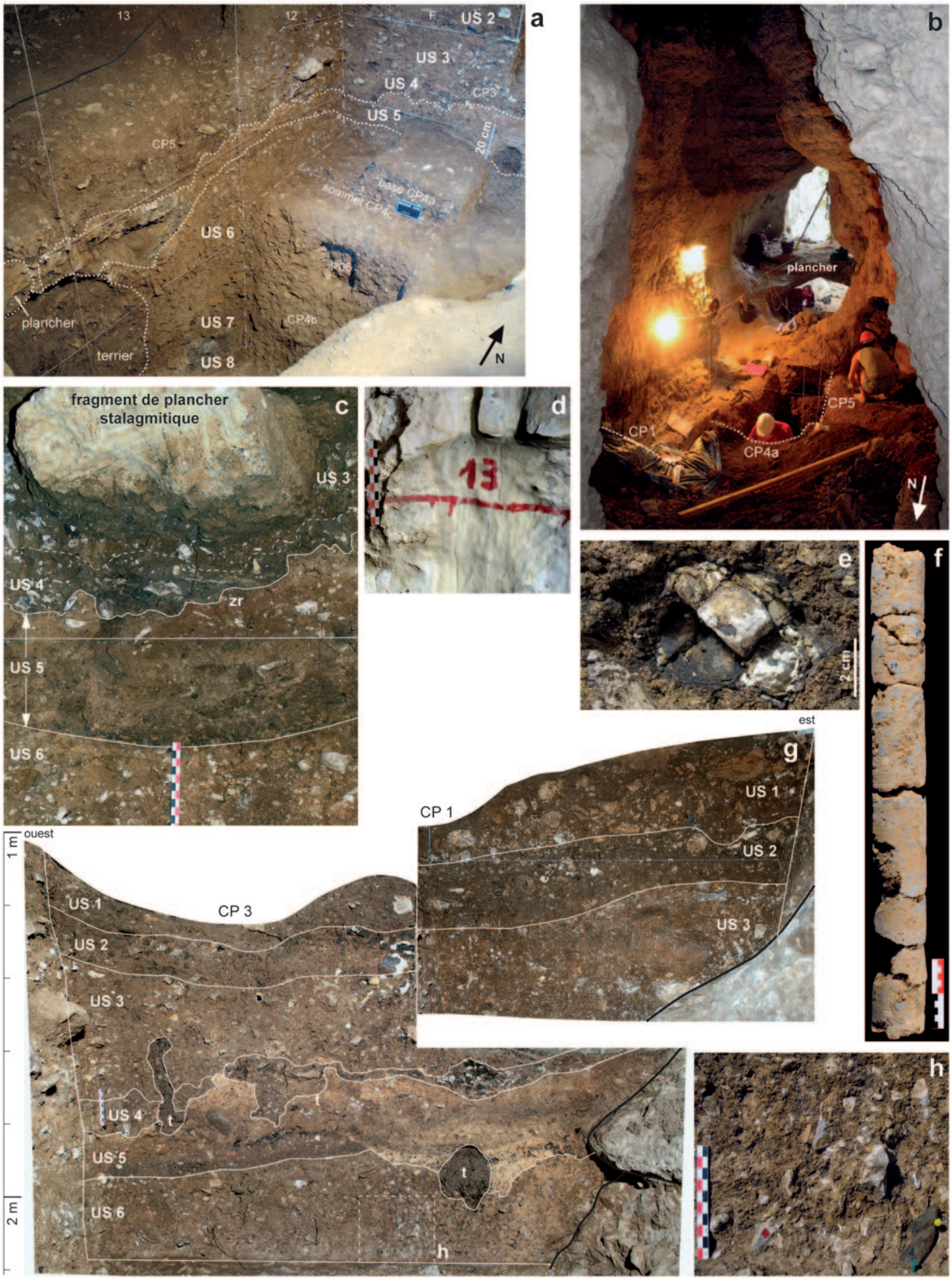


Fig. 11 - Aperçu photographique du remplissage.
a. Coupes longitudinales et transversales en 2012. b. Vue d'ensemble depuis le fond de la cavité en 2011. c. Détail du remplissage en 2011 (coupe 4a). zr : zone rubéfiée. d. Revêtements calcitiques sur la paroi ouest. La ligne rouge du niveau 0 a été tracée lors des sondages de 1967 et 1968. e. Claste calcaire fissuré et phosphatisé au sein de l'unité 3. f. Carotte extraite de la base du remplissage (unité 8). g. Sommet du remplissage à la fin de la campagne 2013. t : terrier. h. Détail du sommet de l'unité 6 à clastes et silex redressés.

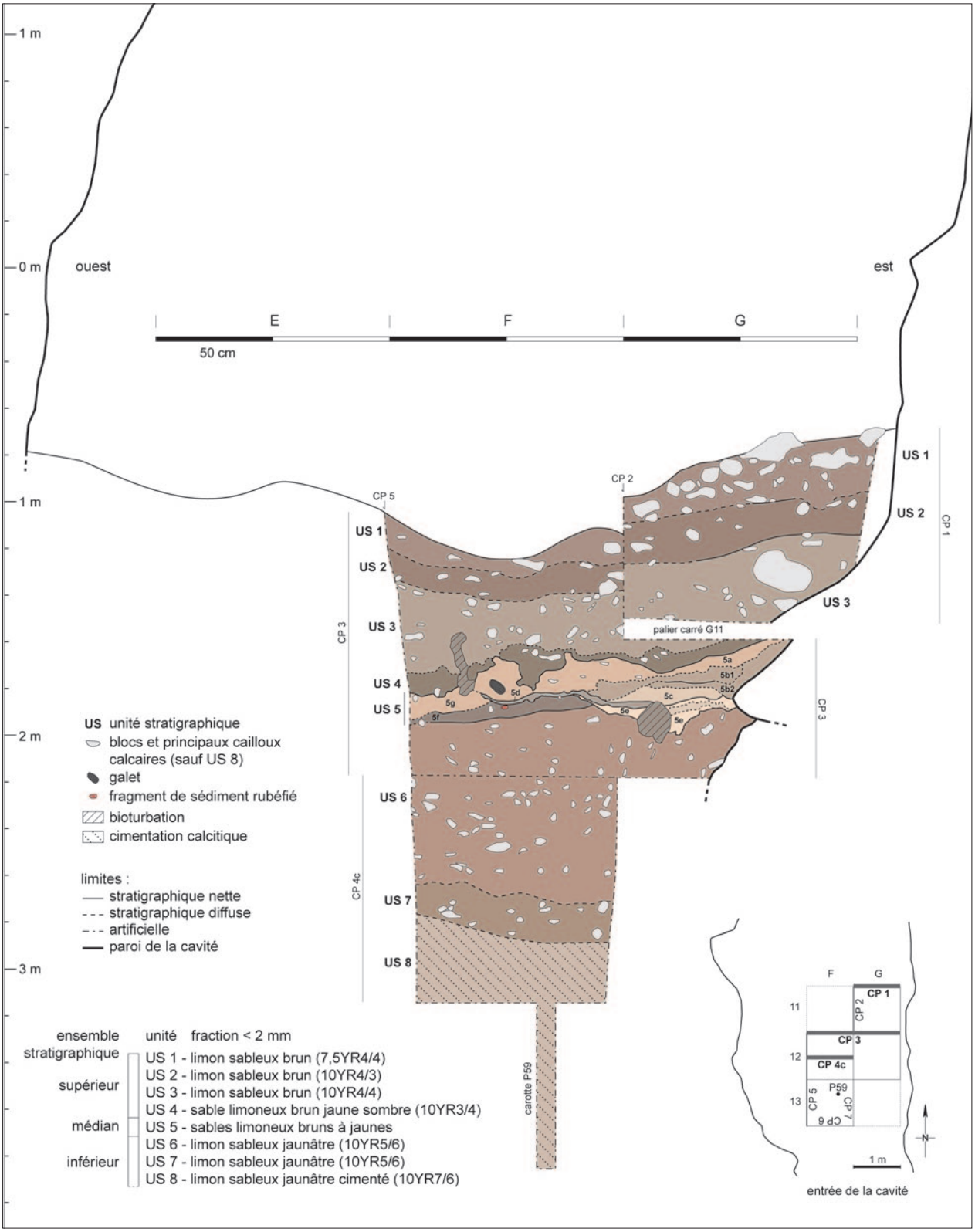


Fig. 12 - Coupe transversale (relevé de 2013).

par un matériau limoneux brun (7,5YR 4/4) qui se distingue de l'unité 2 par sa teinte légèrement plus rougeâtre. Sa structure est polyédrique, formée d'agrégats subanguleux millimétriques à centimétriques, peu indurés. La fraction grossière est dominée par des cailloux calcaires légèrement émoussés, avec une classe de taille 2-3 cm bien représentée. Les blocs sont plus nombreux contre la paroi, leur taille atteint au maximum 35 cm de long. La limite inférieure est régulière et diffuse. Sur une partie de la coupe 1, cette limite est soulignée par un alignement de quelques cailloux à plat, conformément au pendage.

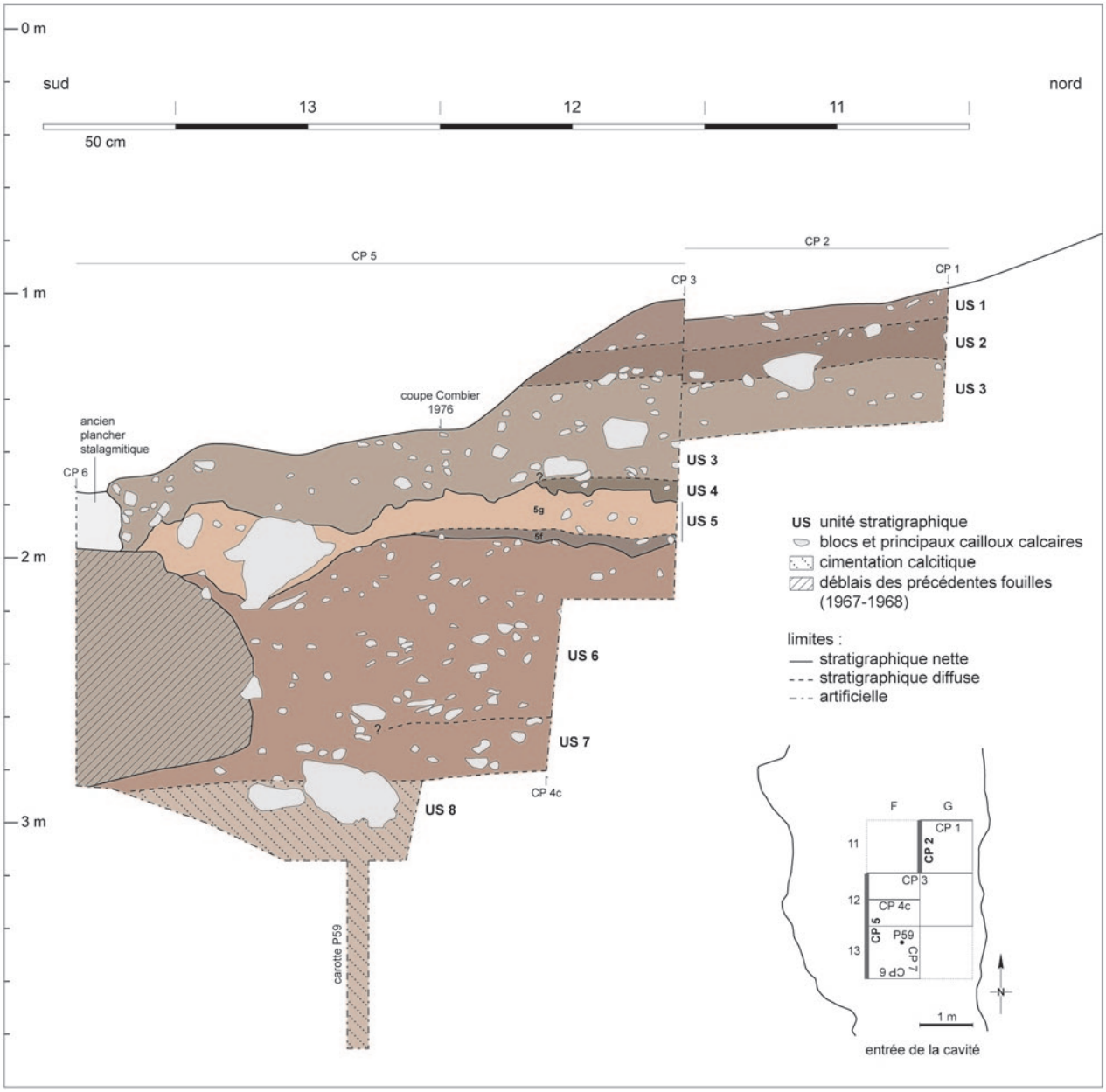


Fig. 13 - Coupe longitudinale (relevé de 2013).

Seule la partie supérieure de la lame mince P01 recoupe cette unité (**fig. 14**). La matrice est caractérisée par un assemblage dense de particules mal triées selon une fabrique porphyrique dense. La microstructure est polyédrique, à porosité fissurale dominante. Aucune figure syn-sédimentaire n'est perceptible. Les microfragments osseux sont rares. Le principal trait d'altération post-dépositionnelle correspond à des imprégnations argilo-phosphatées brunes et diffuses de la surface des agrégats, souvent associées à des ségrégations noires, sans doute également phosphatées. Les carbonatations secondaires sont quasiment inexistantes.

Unité 2

L'unité 2 correspond à un horizon légèrement plus sombre, épais d'une vingtaine de centimètres, bien visible sur la coupe 1, peu perceptible ailleurs. La matrice est constituée par un matériau limono-sableux brun (10YR 4/3), de structure polyédrique, à agrégats anguleux centimétriques. Les cailloux sont moins nombreux que dans l'unité 1, de taille hétérométrique, émoussés et altérés. Les blocs sont plus rares. La limite inférieure est régulière et diffuse.

Aux échelles microscopiques, les lames P01 et P02 montrent une organisation et une composition semblables à celle de l'unité 1. Les agrégats sont légèrement plus volumineux et les clastes calcaires présentent un état d'altération plus poussé (fissuration et début d'épigénisation par des phosphates (**fig. 15a, b**).

Unité 3

Cette unité se développe sur environ 30 cm d'épaisseur. L'aspect général est plus massif que dans les US 1 et 2 en raison d'une agrégation moins bien exprimée. La matrice est composée par

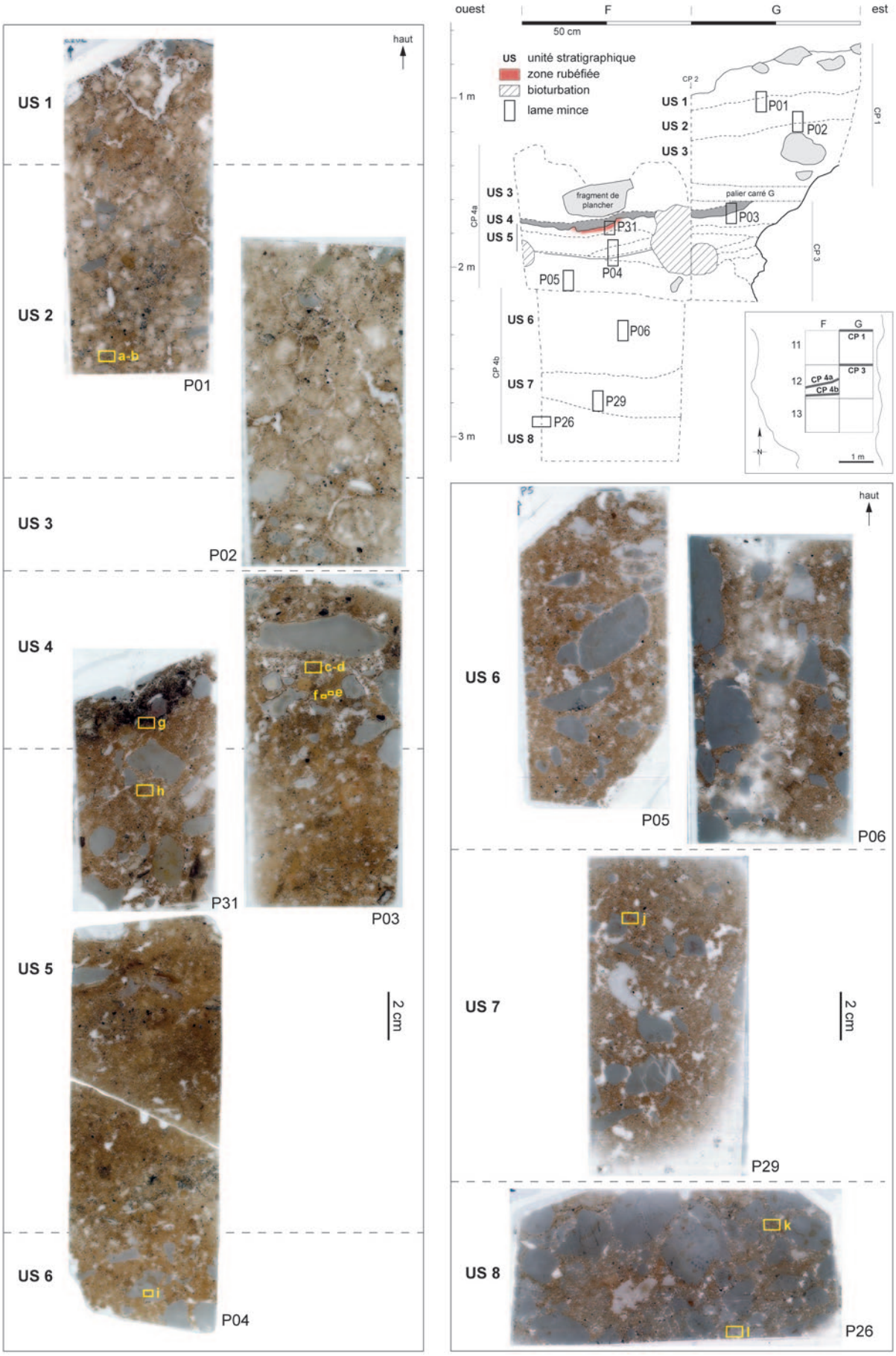


Fig. 14 - Organisation sédimentaire des unités 1 à 8 d'après les lames minces. Localisation des prélèvements sur la coupe transversale de 2011.

un matériau limono-sableux brun jaunâtre (10YR 4/4), à nodules millimétriques phosphatés jaunâtres plus ou moins bien visibles, à structure polyédrique et à agrégats subanguleux centimétriques. Cette matrice est par endroit plus indurée. Sur la coupe 1, trois sous-unités d'épaisseur équivalente se distinguent légèrement (non représentées sur le dessin de la coupe). On trouve de haut en bas : un limon sableux brun jaune, un limon brun jaune puis un limon brun gris légèrement argileux. Les cailloux de taille 1-2 cm sont les mieux représentés. Ils sont émoussés et pour la plupart fortement altérés sur place (**fig. 11e**). Certains sont recouverts par un dépôt noir, surtout dans l'extrémité sud de la coupe 2. Les rares cailloux aplatis sont généralement posés à plat dans le sens du pendage. On distingue quelques gros blocs dispersés, dont un volumineux fragment de plancher stalagmitique posé à plat dans le sens du pendage (**fig. 11c**). La limite inférieure est irrégulière et diffuse.

La base de cette unité 3 a livré en F12 B (décapage 6) une nappe peu dense de petits cailloux calcaires encroutés, symptomatique d'un épisode de ruissellement aboutissant à la formation d'un pavage (par évacuation progressive de la fraction fine). Au sud, cette unité butte contre l'ancien plancher stalagmitique qui a pu jouer le rôle de barrage et retenir le transit des matériaux vers l'entrée de la cavité (**fig. 13**).

Le sommet de cette unité est visible dans la moitié inférieure de la lame P02. Les microfaciès sont semblables à ceux des US 1 et 2. L'altération des clastes calcaires est encore plus intense, allant parfois jusqu'à une épigénisation phosphatée intégrale. On distingue de manière très localisée des masses jaunâtres arrondies qui évoquent des restes de guano.

Unité 4

L'unité 4 constitue un niveau repère légèrement plus sombre qui ressort relativement bien en coupe en raison de son contact avec l'unité jaune sous-jacente. Elle disparaît progressivement vers l'entrée de la grotte, à la limite entre les bandes 12 et 13. Son épaisseur est irrégulière, généralement inférieure à 10 cm. La matrice est constituée par un matériau sablo-limoneux brun (10YR 4/3), plus sombre dans la bande F, à structure polyédrique et agrégats millimétriques. Les cailloux sont semblables à ceux de l'unité 3, fortement altérés. Les blocs calcaires sont rares. La limite inférieure est irrégulière et nette, elle coïncide localement au passage d'anciens terriers.

Les microfaciès observés dans les lames P03 et P31 sont marqués par une prédominance d'agrégats polygéniques millimétriques arrondis et recouverts par une pellicule limono-argileuse isopaque (microstructure ovoïde). Lorsque la matrice limono-argileuse est absente, le dépôt s'apparente à des pseudo-sables, sans organisation litée (**fig. 15c, 15d**). Le caractère sombre de l'unité est provoqué par la diffusion de produits phosphatés en provenance des débris osseux et par la présence de microparticules noires d'origine phosphatée ou charbonneuse (**fig. 15e, 15f**). Comme pour l'unité 3, l'épigénisation des cailloux par les phosphates est importante.

Sur la coupe 4a de 2011, la limite inférieure de l'unité 4 dessinait un profil de cuvette à fond irrégulier, de profondeur inférieure à 5 cm et de largeur apparente de 25 cm. La présence d'une zone légèrement rubéfiée associée à cette cuvette, juste en dessous, au sommet de l'unité 5, suggérait que l'on soit face à une possible structure de combustion (**fig. 11c, 14**). Aucune variation sédimentaire significative de l'unité 4 n'était toutefois perceptible entre l'intérieur ou l'extérieur de la dépression. La fouille de cette zone, en arrière de la coupe, n'a pas permis de suivre sa limite, ni mettre en évidence de regroupement singulier d'objets. La lame mince P31 extraite de cette dépression montre que la rubéfaction visible en coupe est à la fois produite par une accumulation d'agrégats phosphatés brun rouge et d'éléments chauffés isolés, et non par l'action directe du feu. Cette teinte rougeâtre se retrouve par ailleurs à d'autres endroits du sondage (sous-unité 5a). Aucune concentration évidente de charbon n'est visible en lame, ni surface chauffée. À cet endroit, le contact entre les US 4 et 5 est en revanche plus net qu'ailleurs (**fig. 14, 15g**), sans doute en raison d'un taux de recouvrement sédimentaire plus important dans ce secteur où, en 2011, l'unité 4 occupait un léger point bas. Ces observations attestent bien de l'utilisation du feu sur le site au moment de la formation de l'unité 4 mais ne plaident pas en faveur d'une structure de combustion conservée in situ en F12.

Unité 5

Cette unité est constituée par un ensemble de dépôts lenticulaires sablo-limoneux à tendance jaunâtre (10YR 7/6) à brun rougeâtre (7.5YR 6/8), à structure particulaire dominante et aux limites plus ou moins bien exprimées. Les éléments grossiers sont rares et ne dépassent généralement pas 5 cm de long, sauf sur la coupe longitudinale où un bloc de longueur apparente 40 cm affleure. Les sous-unités lenticulaires ont été identifiées par des lettres. Seule la sous-unité 5a au sommet se développe de manière continue dans le sondage. Les descriptions données sont valables pour les coupes de 2013 :

- sous-unité 5a : sablo-limoneuse brun jaune à brun rougeâtre, à quelques cailloux altérés ;
- sous-unité 5b : sablo-limoneuse grise au sommet (5b1), jaune à la base (5b2), sans cailloux ;
- sous-unité 5c : sablo-limoneuse brun jaune, sans cailloux ;
- sous-unité 5d : accumulation de graviers calcaires millimétriques à revêtement noir dans une matrice semblable à celle de la sous-unité 5c, à rares cailloux altérés ;
- sous-unité 5e : sablo-limoneuse jaune clair, sans cailloux, incluant un lit riche en graviers calcaires millimétriques à revêtement noir ;
- sous-unité 5f : sablo-limoneuse brun sombre, à rares cailloux altérés
- sous-unité 5g : faciès proche de la sous-unité 5a se développant dans la partie ouest du sondage.

Sur la coupe 3, contre la paroi est, la disposition incurvée des lentilles matérialise une structure chenalisante de largeur apparente 65 cm et profondeur 15 cm, soulignée à sa base par l'unité 5e jaune clair. Elle incise le sommet de l'unité 6 sur environ 15 cm et un terrier a emprunté son comblement, légèrement plus meuble (**fig. 11g**). Cette figure sédimentaire est diagnostique d'épisodes de ruissellement concentrés.

La sous-unité 5f, caractérisée par une teinte sombre, marque nettement la base de l'unité 5. Elle est recoupée par la structure chenalisante. Un agrégat rubéfié centimétrique, au contour relativement net, apparait sur la coupe 3 dans la partie supérieure de cette sous-unité (**fig. 12**). Les mesures de la susceptibilité magnétique réalisées sur cet élément ont donné des valeurs

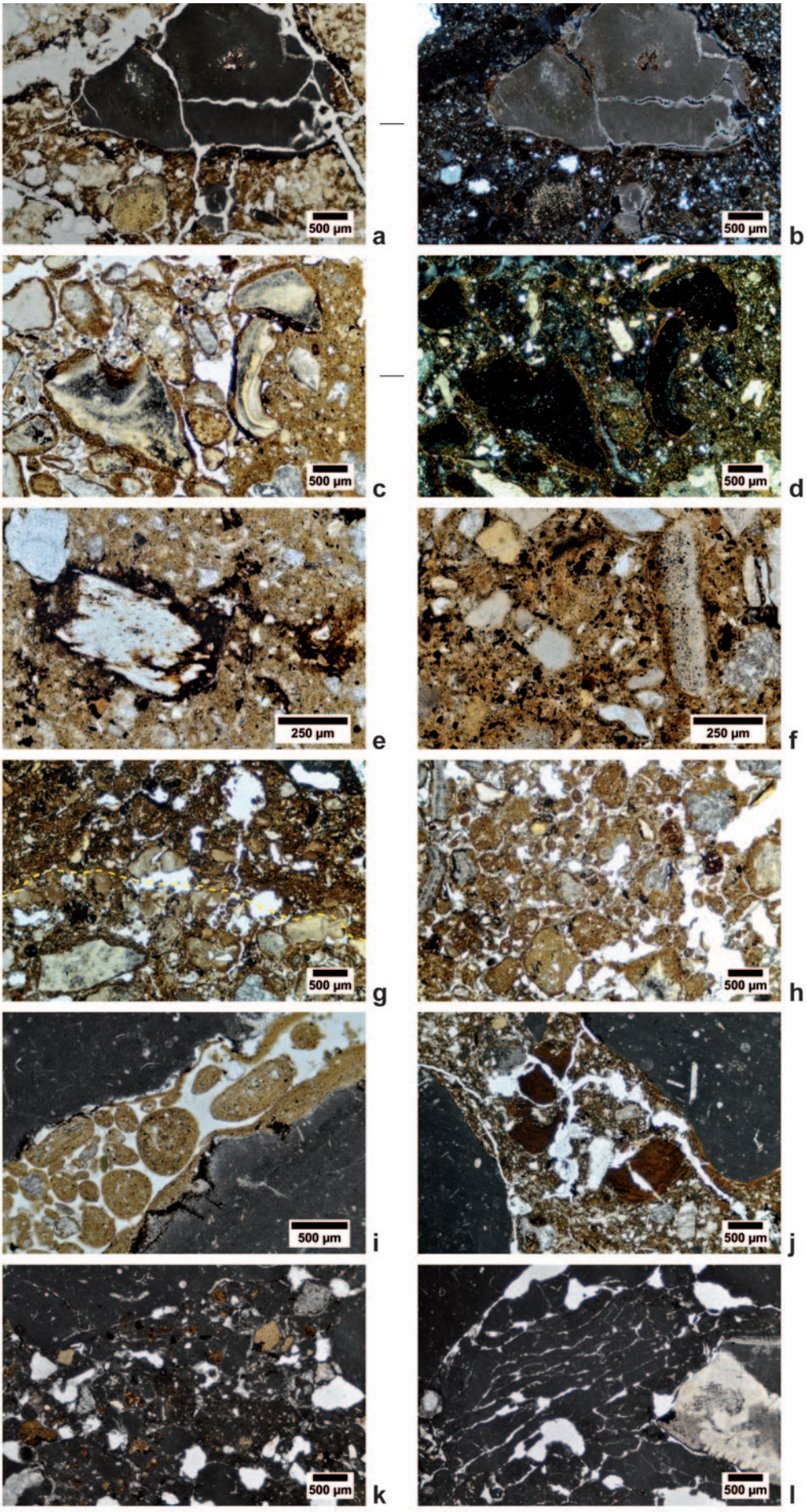

500 µm
a
500 µm
b
500 µm
c
500 µm
d
250 µm
e
250 µm
f
500 µm
g
500 µm
h
500 µm
i
500 µm
j
500 µm
k
500 µm
l

Fig. 15 - Aperçu photographique des microfaciès. Localisation des clichés sur la figure précédente. Lumière polarisée non analysée (LPNA) ou analysée (LPA).
a (LPNA) et b (LPA). Unité 2. Microstructure polyédrique anguleuse. Le claste calcaire issu des parois de la cavité, fragmenté sur place, présente un début d'épigénisation par des produits phosphatés. c et d (LPA). Unité 4. Microstructure ovoïde constituée par des débris de faune ou lithoclastes enrobés. Matrice absente dans la moitié gauche du cliché (pseudo-sables). e. Unité 4. Diffusion de produits noirs phosphatés dans la matrice depuis un reste osseux. f. Unité 4. Particules noires assombrissant la matrice. g. Contact net entre les unités 4 et 5. h. Unité 5. Microstructure ovoïde à agrégats limono-argileux dominants (pseudo-sables). i. Unité 6, sommet. Agrégats limono-argileux arrondis entre deux clastes calcaires. j. Unité 7. Agrégats limono-sableux anguleux et fragments de revêtements argileux microlités en position secondaire. k. Unité 8. Clastes et agrégats scellés par un ciment sparitique. l. Unité 8. Claste calcaire et reste osseux affectés par des fissurations parallèles puis cimentées.

proches de celles obtenues ailleurs sur les dépôts, il ne s'agit donc vraisemblablement pas d'un matériau chauffé.
Les lames minces P03, P04 et P31 montrent que la microstructure ovoïde domine dans la partie supérieure de l'unité 5. La pellicule silteuse qui enrobe les agrégats est plus discrète que dans l'unité 4. Les pseudo-sables formés par les agrégats limoneux sont généralement dispersés de manière homogène (**fig. 15h**), sauf au sommet de la lame P04 où l'on distingue quelques litages mal délimités, composés par une concentration de grains détritiques phosphatés brun rouge. Dans la partie inférieure de l'unité, la microstructure ovoïde disparait au profit d'une micro-organisation polyédrique fine. Dans toute l'unité 5, l'altération des clastes calcaires par les produits phosphatés est moins poussée que dans les US 1 à 4.

Unité 6

L'US 6 correspond au dépôt le plus épais reconnu en coupe, il atteint 85 cm au maximum. La matrice est composée par un matériau limono-sableux brun jaune (10YR 5/6), à structure polyédrique, à agrégats millimétriques à centimétriques et à porosité canaliculaire. Les cailloux sont de taille relativement homogène (2-3 cm), subanguleux, moins nombreux et moins volumineux vers le sommet de l'unité, ce qui nous a incité à distinguer deux sous unités (6a en haut, 6b en bas), avec un passage très progressif entre les deux. Ils sont faiblement altérés. Les cailloux allongés, toujours rares, sont généralement posés à plat dans le sens de la stratification, sauf au sommet de l'unité sur la coupe 3, à la limite entre les carrés F et G, sous la structure chenalisante, où ils sont majoritairement redressés (**fig. 11g, 11h**). Ce redressement pourrait être provoqué par des involutions d'origine cryogénique affectant la moitié supérieure de l'unité, mal exprimées. Quelques blocs de longueur maximale 10 cm ponctuent l'unité. La limite inférieure est régulière et diffuse.
Les lames minces P04, P05 et P06 montrent des microfaciès globalement similaires. La matrice est caractérisée par un assemblage dense de particules mal triées selon une fabrique porphyrique dense. La partie supérieure de l'unité présente une microstructure ovoïde, avec des agrégats arrondis qui se concentrent préférentiellement entre les clastes calcaires (**fig. 15i**). Ces agrégats sont moins nombreux et plus volumineux que dans l'unité 5. Plus bas, la microstructure polyédrique domine. Le cortège minéral de la matrice apparait plus varié que dans les unités supérieures. Les microfragments osseux sont toujours présents. Aucune organisation syn-sédimentaire n'est perceptible. Les imprégnations ou particules phosphatées sont nettement plus rares que dans les US 1 à 5. Quelques fragments de revêtements argilo-phosphatés bruns sont toutefois disséminés dans la matrice.

Unité 7

Cette unité est similaire à l'unité 6 et s'en distingue par une teinte générale légèrement plus brune. Elle n'est plus visible dans la partie sud du sondage. Son épaisseur est d'environ 20 cm. La matrice est constituée par un matériau limono-sableux brun jaune (10YR 5/6), à structure polyédrique, à agrégats millimétriques à centimétriques, plus friables que dans l'unité 6. Les cailloux sont plus volumineux que dans l'unité 6, subanguleux, peu altérés. Quelques blocs sont également présents. La limite inférieure est régulière et diffuse.
La lame mince P29 montre une micro-organisation semblable à celle de l'unité 6. La microstructure ovoïde est rare mais encore présente entre certains clastes. Quelques fragments de revêtements argilo-phosphatés bruns en position secondaire ponctuent toujours la matrice (**fig. 15j**), de même que des microrestes de faune.

Unité 8

L'unité 8, dénommée « brèche », se caractérise par son induration importante par rapport aux dépôts sus-jacents. Avec le carottage réalisé depuis le fond du sondage, son épaisseur est au minimum de 1 m. La matrice est constituée par un matériau limono-sableux jaune (10YR 7/6) cimenté par de la calcite. Les cailloux occupent un peu moins de la moitié du volume de l'unité, ils présentent des surfaces peu altérées, majoritairement anguleuses. Un bloc de longueur apparente de 40 cm apparait sur la coupe longitudinale.

La carotte présente une partie sommitale légèrement plus vacuolaire et une base plus massive et plus intensément calcitisée (**fig. 11f**). Les cavités centimétriques recoupées dans sa partie inférieure sont tapissées par un revêtement calcitique de quelques millimètres d'épaisseur et sont comblées par un sédiment limono-graveleux brun jaune (10YR 5/4), légèrement induré, sans équivalent dans le reste de la séquence. La limite inférieure n'a pas été atteinte.
La lame mince P26 montre une organisation générale assez peu différente des US 6 et 7 (**fig. 14**). Les graviers calcaires sont toutefois nettement plus nombreux et la matrice limono-sableuse disparait localement. La porosité est partiellement comblée par un ciment sparitique drusique qui s'est développé au cours d'une seule et même phase (**fig. 15k**). Certains cailloux présentent une microfissuration lamellaire d'origine cryogénique, survenue antérieurement à cette cimentation (**fig. 15l**).

3.1.3.3. Corrélations, séquençage et ensembles stratigraphiques

Les deux coupes dressées par J. Combier durant les sondages de 1967 et 1968 se sont avérées difficilement exploitables. Le

manque de description des dépôts et le caractère schématique des relevés n'ont pas permis d'établir une corrélation stratigraphique précise avec notre séquençage. D'après la coupe transversale passant par la limite entre les carrés 12 et 13, publiée en 1976 (Combier 1976, **fig. 8a**), les correspondances suivantes peuvent toutefois être proposées :
- la couche a (« cailloutis subactuel » ou « couche à ours ») correspond à l'US 1 ;
- les couches d à g (« argile brun clair à cailloutis disséminés et lentilles ») correspondraient aux US 2 et 3 ;
- la couche h (« argile brune ») est sans doute équivalente à la base de l'US 3 et à l'US 4 ;
- la couche i (« limon stratifié ») correspond aux limons jaunes ruisselés de l'US 5 ;
- la couche j (« sablon à cailloutis ») est équivalente à l'US 6, où l'on remarque que de possibles involutions ont été schématisées à son sommet.

Le croisement des résultats des analyses physico-chimiques avec le séquençage lithostratigraphique permet les remarques suivantes :

1) Le signal de la susceptibilité magnétique volumique montre une évolution légèrement positive de la quantité de particules magnétiques vers le sommet du remplissage (**fig. 16**). Aucun horizon à plus fortes valeurs n'apparaît. À partir du sommet de l'unité 6, les valeurs sont très proches de celles obtenues sur les horizons superficiels du sol actuel dans les environs de la grotte. Les mesures complémentaires effectuées sur les coupes à la recherche d'éventuelles concentrations de minéraux volcaniques, déjà reconnues sur plusieurs remplissages ardéchois (Debard, Pastre 2008 ; Puaud *et al.* 2015), n'ont pas permis de détecter de telles accumulations.
2) La fraction minérale supérieure à 2 mm a tendance à diminuer légèrement vers le sommet du remplissage (**fig. 16**). Les teneurs plus basses obtenues dans les US 2 à 4 reflètent en partie la disparition par altération des éléments grossiers. Les plus fortes densités se situent dans les décapages à l'interface entre les US 7 et 8, les plus faibles densités se trouvent dans l'US 5, conformément à ce que l'on observe en coupe.
3) L'évolution verticale de la fraction inférieure à 2 mm montre deux tendances opposées : de la base du remplissage à l'US 5, cette fraction évolue progressivement vers un pôle sableux puis, de l'US 5 au sommet, vers un pôle limono-argileux (**fig. 17**). Le meilleur tri est obtenu pour les pseudo-sables de la sous-unité 5a, avec un mode situé vers 250 µm (sans tenir compte de l'impact de la préparation des échantillons sur ces matériaux). Un pic limoneux situé entre 10 et 20 µm, d'origine éolienne

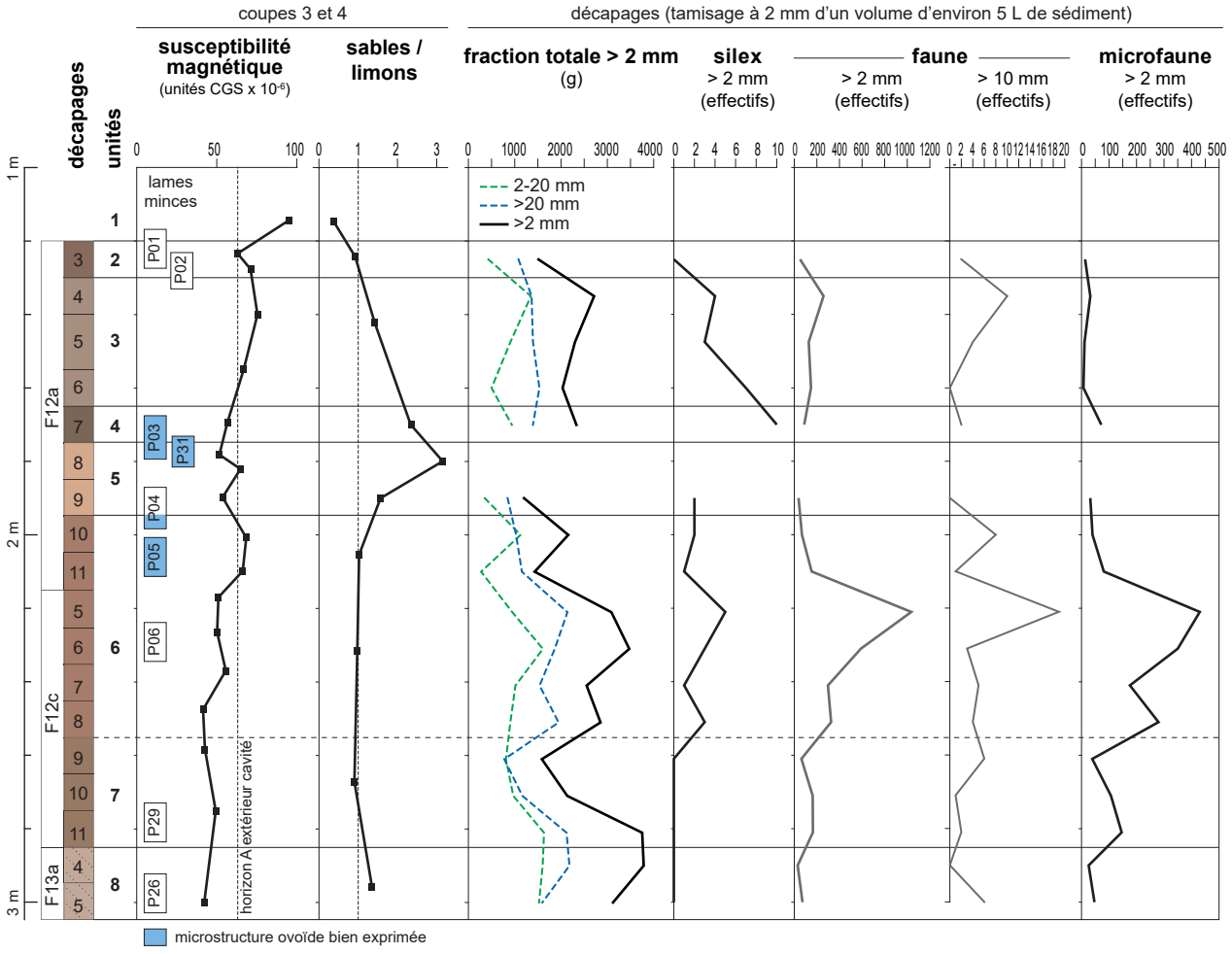


Fig. 16 - Évolution verticale de la susceptibilité magnétique volumique, du rapport sables / limons et des fractions > 2 mm. La susceptibilité magnétique correspond à la moyenne de 5 (valeurs autour du point de mesure).

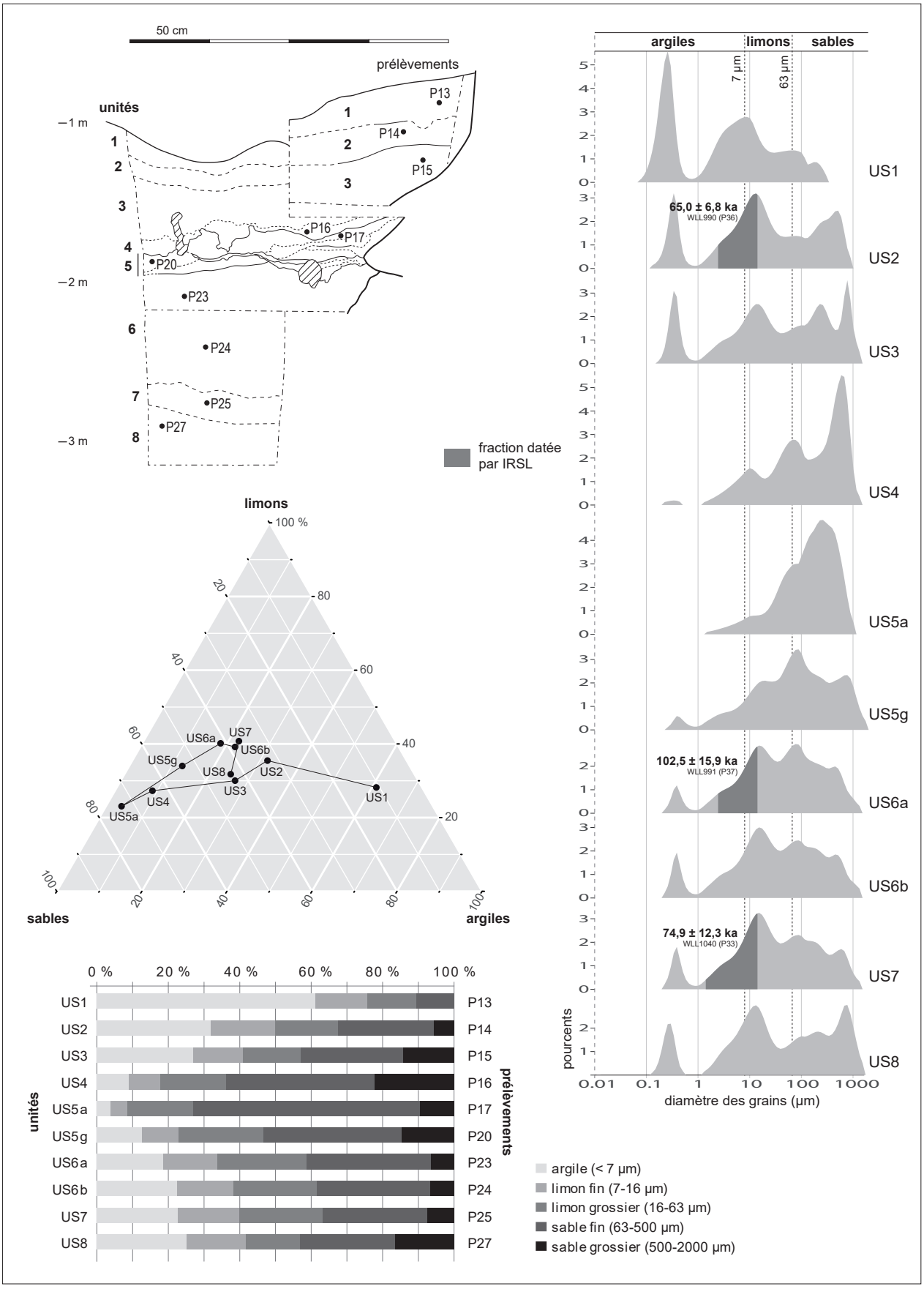


Fig. 17 - Distribution des fractions < 2 mm par unité stratigraphique. Granulométrie par diffraction laser (A. Queffelec, PACEA). Localisation des prélèvements (P) sur la coupe transversale de 2013.

probable, plus ou moins bien prononcé, est présent partout, sauf dans l'US 5. Le rapport sable/limon fait ressortir les US 4 et 5 à pseudo-sables. Excepté ces unités, ce rapport reste globalement constant, autour de 1 (**fig. 16**).
4) Les différents dosages réalisés sur la fraction inférieure à 0,5 mm fournissent des résultats plus disparates (**fig. 18**). La teneur en phosphates varie peu verticalement, ce qui est contraire à la variation constatée en coupe et en lames minces entre la base de la séquence, pauvre en particules phosphatées (US 6 à 8) et le sommet, nettement plus riche (US 1 à 5). Les taux minimum de carbonates sont obtenus dans les US 2 et 3, conformément aux observations en lame mince. Les taux les plus élevés se situent dans les US 4 et 5 à pseudo-sables où ils avoisinent 20 %. Les teneurs en matières organiques humiques sont légèrement plus importantes dans la partie supérieure de la séquence. Enfin, le pH varie peu verticalement et reste légèrement au-dessus de 8.

Ces résultats analytiques confirment globalement les faibles variations verticales de texture et de composition perçues en coupe. D'après les faciès, l'évolution verticale de la distribution granulométrique des fractions inférieures à 2 mm et le degré d'altération des clastes, les unités identifiées peuvent être regroupées en trois ensembles lithostratigraphiques :
- un ensemble supérieur où dominent les faciès d'altération par les produits phosphatés (US 1 à 4) ;
- un ensemble médian représenté par l'US 5 à pseudo-sables ;
- un ensemble inférieur caractérisé par une plus faible altération (US 6 à 8).
En raison des pollutions récentes de l'US 1 de par sa proximité avec la surface actuelle du remplissage, nous avons choisi de l'isoler de l'ensemble supérieur dans les différentes analyses.

3.1.4. INTERPRÉTATION DYNAMIQUE DES DÉPÔTS ET IMPLICATIONS ARCHÉOLOGIQUES

3.1.4.1. Processus sédimentaires et origine des matériaux

L'éboulisation, le ruissellement et les alternances de gel/dégel sont les principaux processus sédimentaires déduits des données litho-stratigraphiques. Ils ont contribué dans des proportions variables à la mise en place des dépôts.

L'**éboulisation** provoquée par la désagrégation des parois calcaires et, dans une moindre mesure, des concrétionnements les recouvrant, apparaît comme un processus continu au cours du remplissage. La production de clastes de la taille des graviers et des cailloux est dominante alors que la chute de blocs apparaît plus limitée. Les éléments les plus volumineux atteignent 35 à 40 cm de longueur au sommet du remplissage et dans l'US 8. Leur chute a pu localement modifier la disposition des vestiges et le transit sédimentaire vers l'extérieur de la grotte. La plus faible densité de cailloux dans l'US 5 ne signifie pas nécessairement que l'éboulisation a diminué pendant la période de formation de cette couche. Les taux de sédimentation de la fraction fine sont en effet plus élevés dans l'US 5 d'après les organisations sédimentaires (cf. infra), ce qui provoque, pour un même taux de désagrégation des parois, une répartition plus lâche des cailloux au sein du dépôt. Sur la coupe transversale, on ne distingue pas d'accumulation préférentielle des clastes au pied de la paroi orientale, là où ils tombent préférentiellement, ce qui suggère, comme pour le mobilier et les restes de faune, une phase de redistribution post-dépositionnelle de ces éléments.
L'estimation du recul des parois pendant le laps de temps représenté par le remplissage étudié est difficile à estimer. La grotte est restée ouverte sur l'extérieur pendant toute cette durée, favorisant ainsi la corrosion. En utilisant le taux de dénudation mécanique de 6 mm.ka-1 évalué par Hinderer (2001) sur les Alpes depuis le Dernier maximum glaciaire, l'ablation moyenne des surfaces pourrait être de l'ordre d'une cinquantaine de cm au cours du Pléistocène supérieur. Il s'agit sans doute d'une estimation basse, les taux de corrosion karstique publiés précédemment pour les Préalpes ou l'Ardèche sont globalement deux fois plus importants (e.g. Bravard *et al.* 1987, Debard 1988). Dans tous les cas, cette érosion n'a pas profondément modifié les volumes occupés au cours du temps.

Le **ruissellement** est clairement mis en évidence dans l'US 5 (association de litages et de particules triées). Il explique la complexité stratigraphique de cette unité qui s'est édifiée par accumulation de dépôts lenticulaires plans (ruissellement diffus) partiellement incisés par une rigole longeant l'aplomb de la paroi orientale (ruissellement concentré). Cette phase de

unité	localisation	prélèvement	carbonates (%)	matière organique (%)	matière humique (u.c.)	phosphates (u.c.)	pH
1	CP 1	P13	13	6,5	0,05	5,4	8,3
2	CP 1	P14	6	7	0,025	6,9	8,3
3	CP 1	P15	7	7	0,01	7,1	8,4
4	CP 3	P16	22	4	0,025	7,1	8,2
4 base	F12A	z169-167	17	4	0,025	8,7	8,2
5a	CP 3	P17	20	5,5	0,01	7,4	8,2
5g	CP 4a	P20	13	4	0,01	8,0	8,1
6a	CP 4a	P23	8	5,5	0,01	8,7	8,2
6b	CP 4b	P24	14	4,5	0,01	7,7	8,2
7	CP 4b	P25	8	5	0,01	7,7	8,4

Fig. 18 - Évolution verticale des taux de carbonates, matières organiques et humiques, phosphates et du pH (B. Ritter, IPNA, Bâle). Fraction inférieure à 0,5 mm. Localisation des prélèvements sur la figure précédente. u.c.: unité colorimétrique.

ruissellement pourrait expliquer, au moins en partie, la plus faible densité de vestiges reconnue dans cette unité par leur évacuation progressive en dehors de la grotte. L'interprétation du contenu archéologique et paléoenvironnemental de l'US 5 doit par ailleurs inciter à la plus grande prudence en raison des mélanges probables qui se sont opérés au cours de sa mise en place (re-dépôt d'éléments provenant de l'US 6). L'importante fissuration du massif calcaire et la proximité de la surface du plateau impliquent que le ruissellement s'est poursuivi durant toute la durée du remplissage, jusqu'à nos jours où il provoque des ravinements du sommet du remplissage en période hivernale. Ailleurs dans la séquence, l'absence de figure sédimentaire litée montre que l'aggradation s'est sans doute faite très progressivement sous l'effet conjugué du ruissellement diffus, des cycles de gel/dégel et de la bioturbation. Le pavage identifié à la base de l'US 3 prouve que le ruissellement a pu localement résidualiser les dépôts par ségrégation granulométrique. Ce type de processus tend à condenser sur une même surface des objets d'âge différent.

Les **alternances de gel/dégel** ont participé à la fragmentation progressive des parois et des clastes ainsi qu'au déplacement lent des dépôts vers l'extérieur de la grotte. Ce déplacement se traduit par la formation d'agrégats ovoïdes, principalement au sein des US 4 et 5 et au sommet de l'US 6. Ces micro-organisations ont déjà été identifiées dans les remplissages ardéchois, comme par exemple dans la couche 4 de la Grotte du Figuier (MIS4, Moncel *et al.* 2012). La microstructure ovoïde qui en résulte est caractéristique d'un déplacement du sol par gélifluxion (Texier, Bertran 1990, Bertran 1999, Van Vliet-Lanoë 2010), c'est-à-dire un mouvement en masse de la partie superficielle du dépôt le long de la pente lors du dégel. Cette composante de la solifluxion provoque des déplacements en masse de l'ordre de quelques millimètres à centimètres par an et peut profondément désorganiser la répartition des vestiges. Le mélange d'éléments par érosion de dépôts antérieurs est par ailleurs très probable. À la Grotte des Barasses II, la solifluxion ne s'exprime qu'aux échelles microscopiques : on ne distingue pas de stratification imputable à ce mécanisme sur les coupes. Le moindre développement de la microstructure ovoïde au profit d'un faciès polyédrique dans la première moitié de l'US 5 suggère l'existence de deux épisodes de solifluxion (sommet de l'US 6 et interface entre les US 4 et 5). Cette supposition ne repose toutefois que sur l'examen d'une seule lame mince (P04). Les US 1 à 3 du sommet de la séquence ne présentent pas d'indices de déplacement par les cycles de gel/dégel. On peut toutefois se demander si le gros fragment de plancher stalagmitique dégagé dans l'US 3 en 2011, qui provient du fond de la cavité où ce plancher subsiste encore, ne s'est pas progressivement déplacé par solifluxion. Rappelons que la pente des dépôts atteint en moyenne 2-3° dans la zone sondée et qu'elle est légèrement plus élevée dans le fond de la grotte.
Contrairement à la fraction minérale grossière issue de la dégradation des parois, l'origine de la fraction limono-sableuse est plus difficile à préciser. Son fort degré d'homogénéisation et la brunification plaident plutôt en faveur de matériaux allochtones pédogénéisés issus du bassin d'alimentation de la cavité. La gélifraction des clastes et l'activité microbienne ont également contribué à la genèse de cette fraction fine de même que, beaucoup plus modérément, le transport éolien qui a pu alimenter directement la cavité en raison de son ouverture sur l'extérieur. Ces processus expliquent la distribution plurimodale des courbes obtenues.

3.1.4.2 Processus diagénétiques

Les principaux processus diagénétiques reconnus correspondent à la cimentation calcitique (ou bréchification), à la cryoturbation, aux épigénisations phosphatées et à la bioturbation. Le caractère globalement rectiligne et conforme des limites entre unités montre que ces processus post-dépositionnels n'ont pas complètement remanié l'organisation stratigraphique initiale. Aucune déformation par soutirage ou accident néotectonique n'a par exemple été identifiée.

La **cimentation sparitique** précoce identifiée dans les espaces intergrains de l'US 8 témoigne d'une phase de circulation d'eau en zone vadose qui a pu s'opérer à n'importe quel moment après le dépôt des matériaux, et pas nécessairement avant la mise en place des US 6 et 7 sus-jacentes, non cimentées. Les circulations ont pu en effet se dérouler plus tardivement au sein du remplissage, dans des matériaux à structure clastique ouverte. La cimentation a été suffisante pour consolider l'US 8 et donc la protéger des perturbations post-dépositionnelles comme la bioturbation. Contrairement aux spéléothèmes, l'interprétation paléoenvironnementale de cette cimentation peu prononcée est délicate. Elle est incompatible avec un milieu aride.

La **cryoturbation**, même si elle ne s'exprime pas de manière évidente en coupe, a provoqué localement le redressement des clastes et du mobilier au sommet de l'US 6. Les involutions suggérées par l'agencement de la fraction grossière sont mal exprimées mais ces déformations, qui se produisent après le dépôt de l'US 6 et avant les dépôts ruisselés de l'US 5, sont cependant associées à une microstructure ovoïde bien exprimée. Cette association d'indices plaide en faveur de l'établissement de conditions environnementales périglaciaires, avec une première phase très froide, à pergélisol probable (involutions), puis un épisode à gel saisonnier propice à la solifluxion (microstructure ovoïde). La cryoturbation a sans doute modifié l'organisation spatiale des vestiges sur toute l'épaisseur de l'US 6. La microstructure lamellaire repérée dans l'US 8 pourrait témoigner d'une phase périglaciaire plus ancienne. Les faibles surfaces dégagées dans cette unité n'ont toutefois pas permis de le confirmer à l'échelle de la coupe.

L'**épigénisation phosphatée** qui affecte fortement les éléments calcaires des US 2 à 4 témoigne de circulations d'eau acidifiée et enrichie en phosphates par percolation dans des accumulations de matériaux organiques comme les ossements ou les excréments (Courty, Goldberg, Macphail 1989, Karkanas *et al.* 2000). Ce processus indique qu'une part des restes organiques a disparu par lessivage, part qu'il est difficile d'estimer.

Comme dans la plupart des contextes archéologiques, la **bioturbation** a joué un rôle important dans la formation de cette séquence en homogénéisant progressivement les dépôts, au même titre que les alternances de gel/dégel ou de dessication/

humectation. Elle a pu fortement désorganiser la disposition des vestiges (e.g. Camarós *et al.* 2017) mais également contribuer à leur préservation en favorisant leur enfouissement. Les terriers constituent les formes les plus évidentes de la bioturbation à l'échelle des coupes observées.

3.1.4.3 Repères chronostratigraphiques

Trois des principaux enregistrements diagénétiques permettent de proposer un premier calage chronostratigraphique de la séquence : la cimentation de l'US 8, les stigmates de gel/dégel situés entre la partie supérieure de l'US 6 et l'US 4 ainsi que la phosphatisation des US 1 à 4. Même si ces enregistrements sont peu prononcés, leur superposition nous incite à proposer les rattachements suivants, indépendamment des autres calages chronologiques obtenus :

- La cimentation ou brêchification de l'US 8 enregistre une amélioration climatique de rang interglaciaire ou interstadiaire. En raison de la position stratigraphique de cette unité, de son épaisseur importante (> 1 m) et des revêtements calcitiques épais qui tapissent certaines cavités de la carotte extraite au fond du sondage, nous privilégions un rattachement à l'optimum éémien (MIS5e) ou au tout début du dernier cycle glaciaire, période de développement privilégié des spéléothèmes. Cela impliquerait que le matériel contenu dans cette unité soit antérieur à cette période. Les stigmates de gélifraction affectant les clastes de l'US 8, antérieurs à la cimentation, évoquent de plus un contexte périglaciaire pouvant se rattacher au MIS 6. Toutefois, comme évoqué précédemment, cette cimentation peut également survenir plus tardivement par circulation d'eau en profondeur dans le remplissage, son calage reste donc hypothétique.
- La cryoturbation et la solifluxion affectant les US 6 à 4 évoquent ensuite une phase froide à très froide, vraisemblablement au cours des stades 4 ou 2. Les dépôts ruissellés de l'unité 5 résultent d'un réchauffement rapide survenu pendant cette longue période.
- La phosphatisation de l'ensemble supérieur, bien exprimée dans les US 2 et 3, témoigne d'une phase de lessivage qui implique un retour à une période tempérée. Cette période est nécessairement située avant ou après le dernier maximum glaciaire qui a fortement contraint les écoulements et l'évolution géochimique des dépôts.

En raison du caractère local de l'enregistrement sédimentaire, les comparaisons et corrélations lithostratigraphiques régionales nous semblent hasardeuses. Seules les phases à pergélisol permettent de telles corrélations mais ces périodes sont encore mal calées chronologiquement sur la bordure orientale du Massif central. L'une d'elle, enregistrée à Chauvet-Pont d'Arc, marque vraisemblablement la fin du stade isotopique 3 (Debard, Ferrier, Kervazo 2016). La calcitisation de l'US 8 évoque celle reconnue dans la couche c1 de la Grotte du Ranc Pointu n° 2 (Moncel *et al.* 2014), niveau qui pourrait avoir supporté l'interglaciaire éémien. Une lacune sédimentaire affecte le sommet de la séquence, mettant en contact des éléments historiques et protohistoriques avec les dépôts pléistocènes. Son origine est sans doute multiple (faible taux de sédimentation, bioturbation et fréquentation humaine).

3.1.5. CONCLUSION

Dans la plupart des sites, les dépôts étudiés n'enregistrent qu'une faible part du temps écoulé, limitant ainsi l'interprétation de l'évolution verticale des proxys environnementaux. Leur étude montre de plus qu'ils résultent bien souvent d'une histoire taphonomique complexe. Le remplissage épikarstique de la Grotte des Barasses II n'échappe pas à cette tendance. Il est toutefois relativement dilaté, avec un taux moyen de sédimentation de l'ordre de quelques centimètres par millénaire. Les faciès rencontrés sont de plus cohérents avec une mise en place au cours du dernier cycle climatique et les perturbations post-dépositionnelles n'ont pas profondément désorganisé la stratigraphie initiale, mis à part sans doute pour l'US 6 cryoturbée. Les huit unités lithostratigraphiques identifiées peuvent ainsi servir de base au séquençage archéologique et écologique du site.

Les contrastes texturaux et structuraux entre unités sont faibles. Cette monotonie constitue un point commun à plusieurs remplissages formés au cours du dernier cycle climatique dans l'est de la France comparativement aux sites du Sud-Ouest. Aucun téphra ni surface piétinée n'a été mis en évidence. Signalons toutefois que l'espace sondé depuis 1967 couvre à peine plus de 10 % de la surface actuelle du remplissage.

Les organisations sédimentaires identifiées en coupe et en lame mince permettent de suspecter différentes perturbations des assemblages archéologiques et faunistiques initiaux. D'après ces organisations, les hypothèses à tester dans l'étude taphonomique sont celles 1) d'un déplacement des vestiges par le ruissellement et la solifuxion en direction du sud, vers l'entrée de la cavité, et 2) d'un mélange d'objets provenant de dépôts antérieurs par ces mêmes processus.

3.2. ANALYSE SPATIALE ET TAPHONOMIE DU MOBILIER (CD, PF, RG, JMLP, MR)

3.2.1. DISTRIBUTION SPATIALE DU MOBILIER ET REMONTAGES (CD, MR, RG, JMLP)

Le peu de surface fouillée limite considérablement l'analyse approfondie de la répartition des vestiges dans la grotte. Une analyse spatiale a toutefois débuté en 2012 et s'est poursuivie en 2013 avec comme objectif de comparer la distribution du matériel avec les différentes unités stratigraphiques identifiées. Les résultats des trois campagnes mettent en évidence deux zones de plus forte densité du matériel archéologique (**fig. 19, 20**) : dans l'ensemble supérieur (US 3 à 4) et dans l'ensemble inférieur (sommet de l'US 6). Ces deux zones plus denses sont séparées par une bande moins riche mais non stérile : l'US 5. De même, on observe une raréfaction des vestiges de la base de l'US 6 jusqu'à l'US 8.

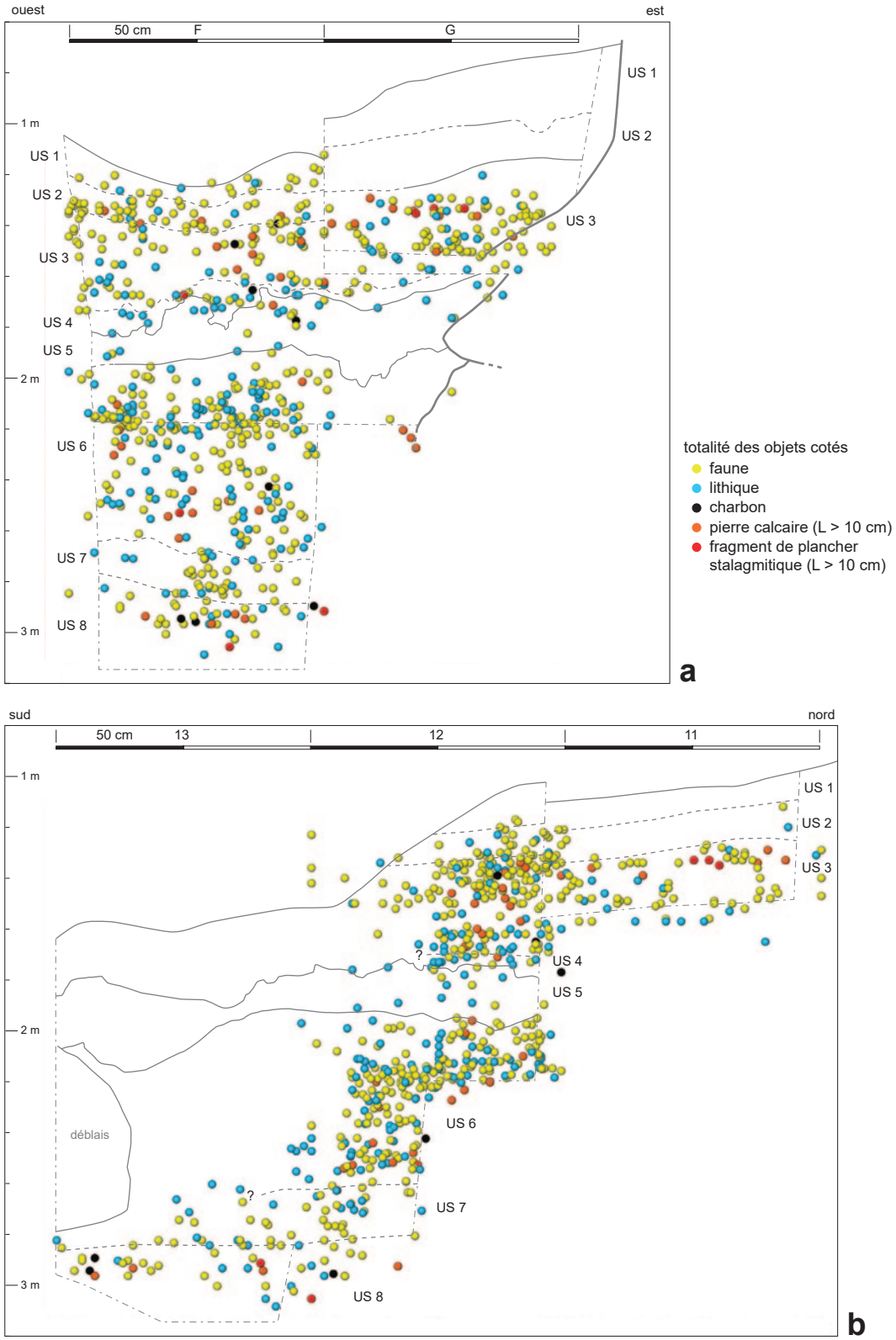


Fig. 19 - Projection des objets cotés par type de matériau sur les coupes transversale (a) et longitudinale (b) de 2013.

La prise en compte des fractions fines (> 2 mm) dans les refus de tamis de la colonne granulométrique réalisée en F12 A, F12 C et F13 A illustre la distribution verticale diffuse des éléments lithiques et fauniques. L'horizon à plus forte densité reconnu dans la partie supérieure de l'US 6 (décapage 5 en F12 C) se confirme. La densité en mobilier lithique > 2 mm est maximale au sein de l'US 4 et minimale au sein des US 7 et 8 (**fig. 16**) Aucun tri dimensionnel n'a été observé parmi le matériel lithique topographié (**fig. 21**). Le mobilier issu des refus de tamis n'a toutefois pas été exploité intégralement.

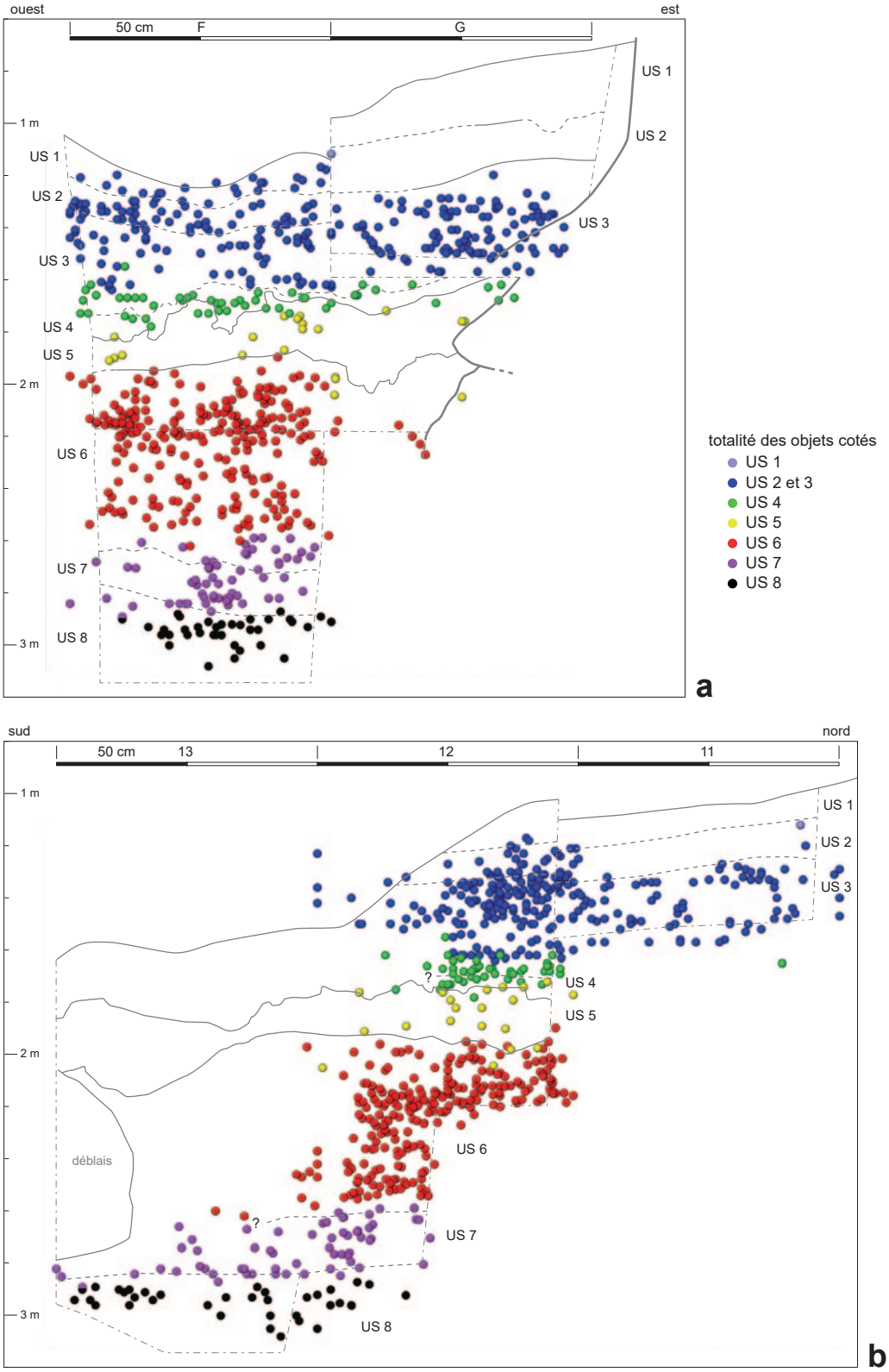


Fig. 20 - Projection des objets cotés par unité stratigraphique sur les coupes transversale (a) et longitudinale (b) de 2013.

Sur la base des données actuelles, les éléments impactés par les Carnivores et les témoins anthropiques (artefacts lithiques et ossements striés) se retrouvent dans les mêmes zones et aucune concentration particulière n'est observée. Les quelques charbons relevés au cours des trois campagnes sont tous localisés en bande F (**fig. 19**).

Il faut enfin noter la présence de quelques remontages et appariements effectués pour la faune au sein de chacun des deux grands ensembles (**fig. 22**). Six remontages et quatre appariements ont pu être reconnus à la fouille ou lors de séances de remontage systématique effectuées par deux d'entre nous (CD et JMLP).

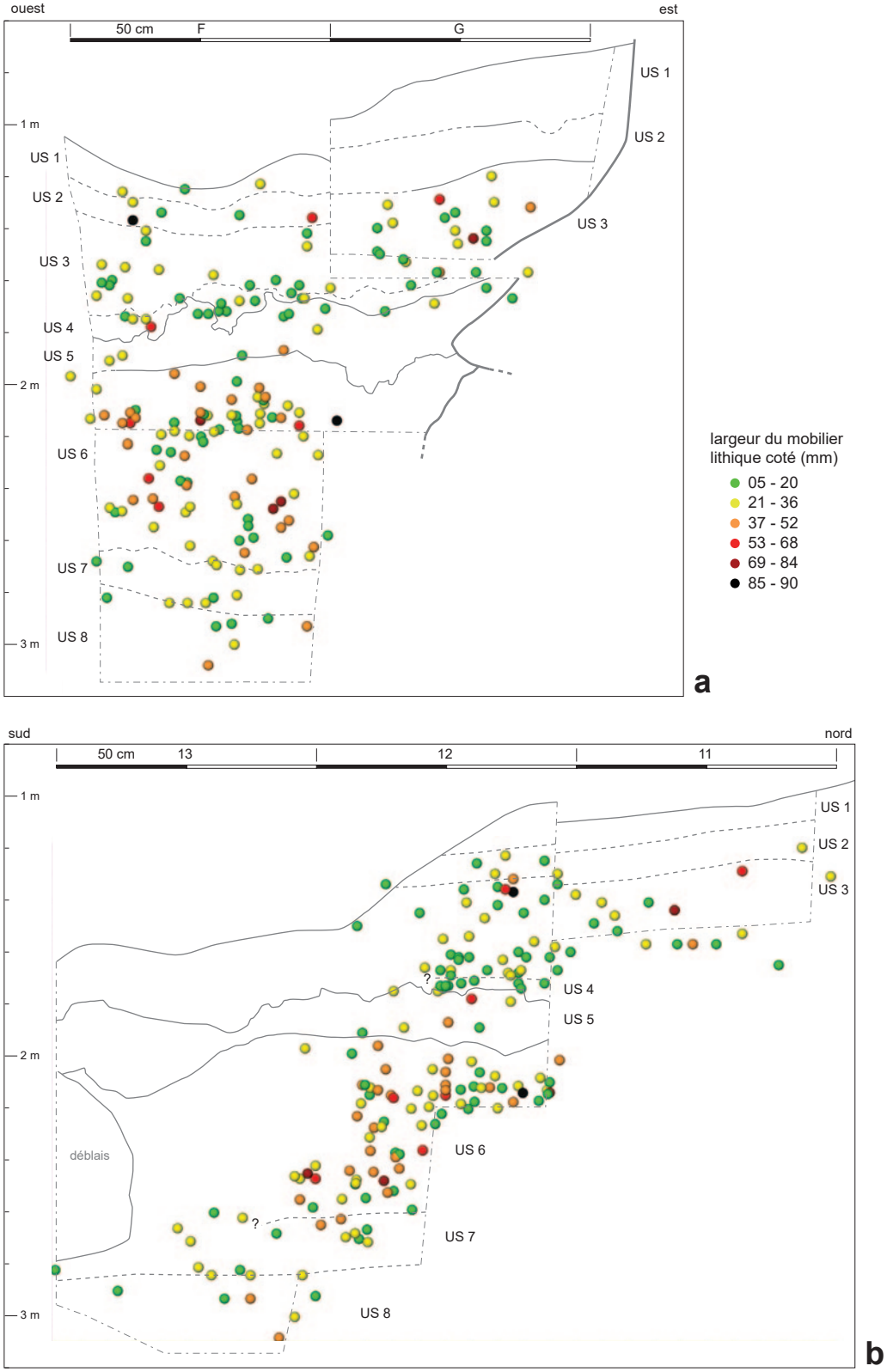


Fig. 21 - Projection du mobilier lithique coté sur les coupes transversale (a) et longitudinale (b) de 2013.

Remontages :

- R1 : deux fragments de mandibule de bouquetin remontant sur fractures sur os frais au sein de l'US 3 (carré G11, tamis : n° 10014 et 10015) ;
- R2 : deux fragments de côte de bouquetin remontant sur fractures sur os frais au sein de l'US 3 (carré F12, n° 70 et 137) ;
- R3 : deux fragments de mandibule de bouquetin remontant sur cassures sur os sec au sein de l'US 6 - sommet (carré F12, tamis : n° 10453 et 10319) ;
- R4 : deux fragments de mandibule de bouquetin remontant sur cassures sur os sec au sein de l'US 6 - sommet (carré F12, n° 20105 et 20151) ;

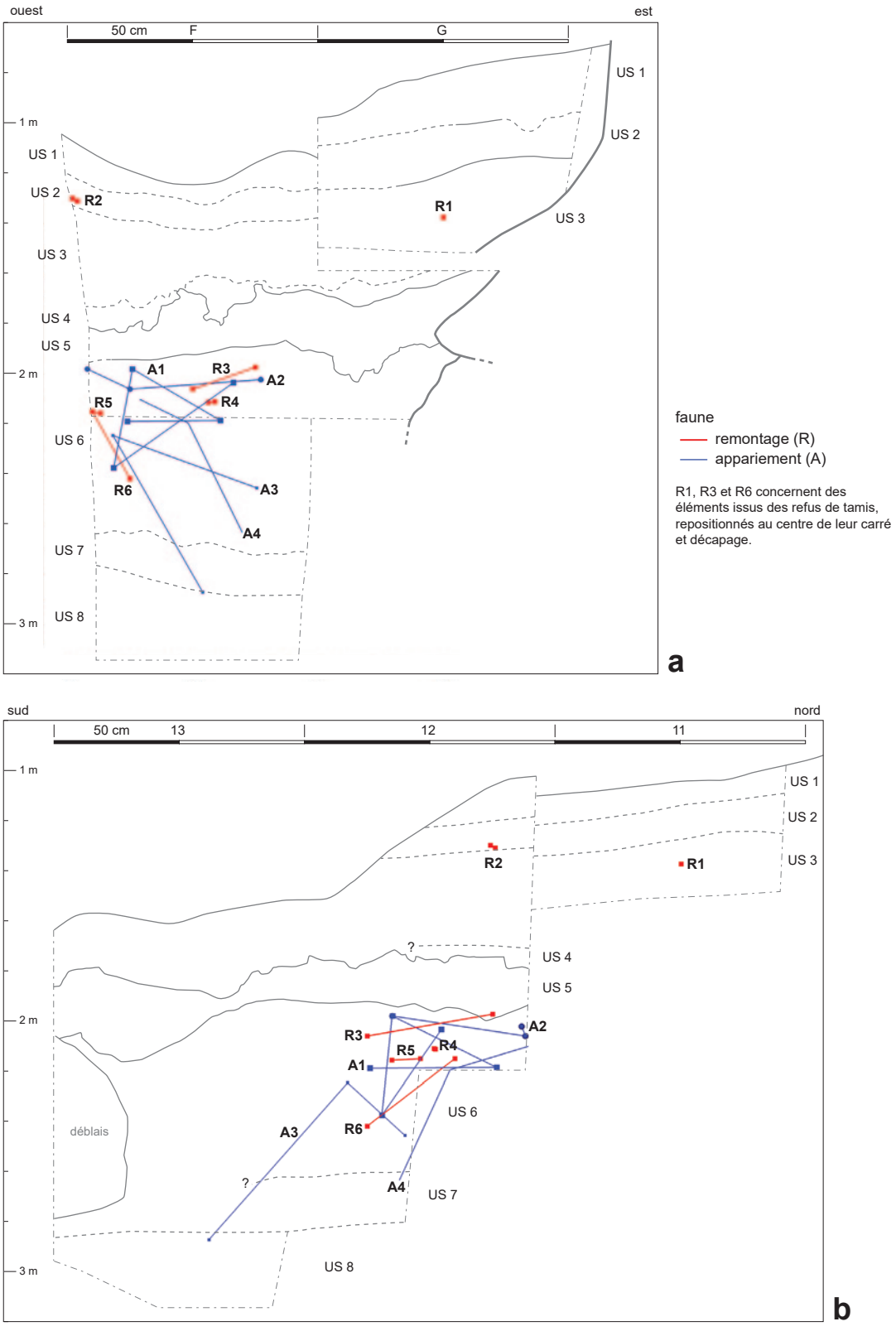


Fig. 22 - Projection des liaisons entre restes de faune sur les coupes transversale (a) et longitudinale (b) de 2013.

- R5 : deux fragments de côte de bouquetin remontant sur cassures os sec au sein de l'US 6 - sommet (carré F12, n° 228 et 20103) ;
- R6 : deux fragments de première phalange de bouquetin remontant sur fractures sur os frais au sein de l'US 6 (carré F12, n° 237 et tamis : n° 10476).

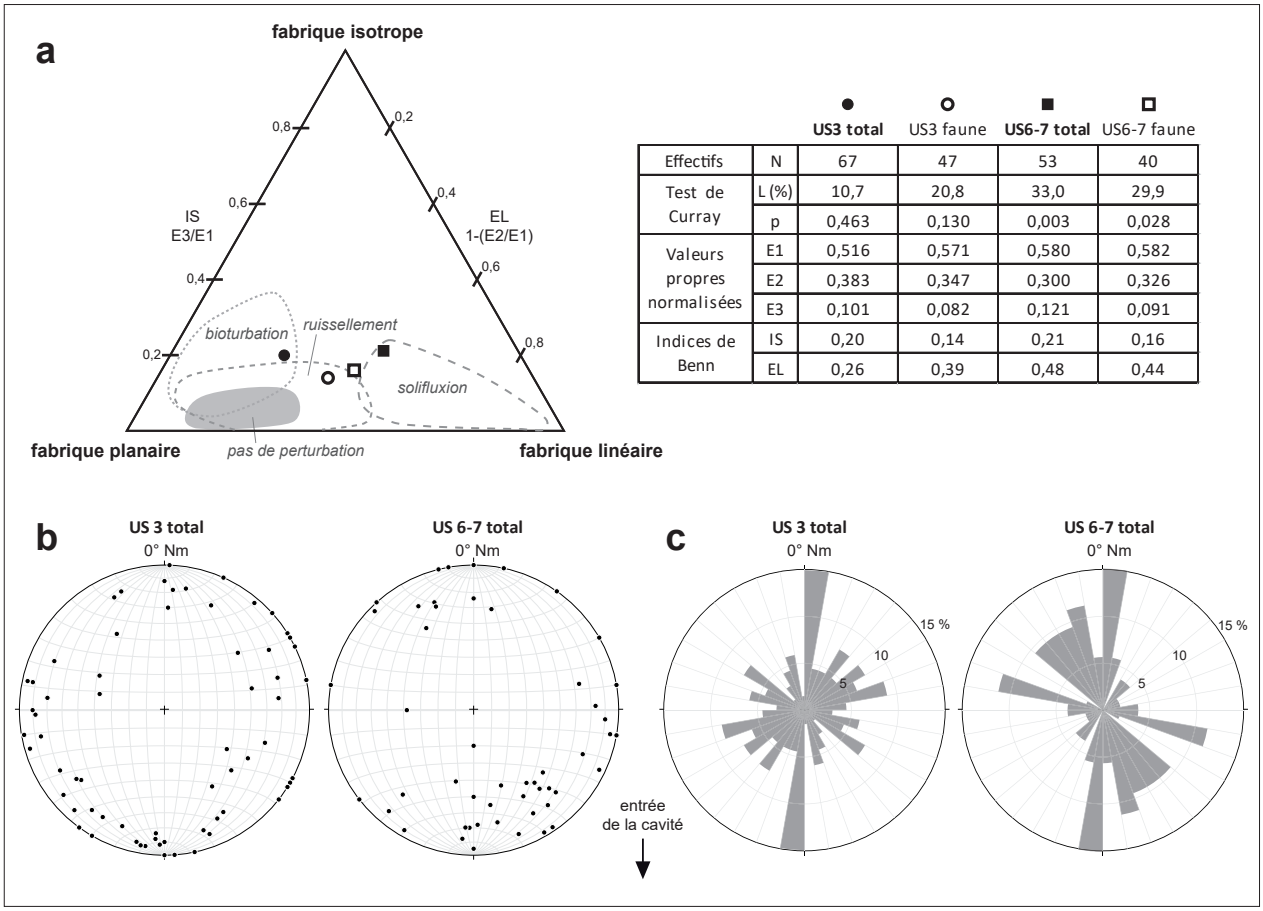
Appariements :
- A1 : cinq fragments diaphysaires de fémur de bison fracturés sur os frais et appariés au même élément au sein de l'US 6 (carré F12, n° 21, 20074, 20101, 20194 et 20026) ;
- A2 : trois fragments diaphysaires de fémur de cerf fracturés sur

os frais et appariés au même élément au sein de l'US 6 (carré F12, n° 220, 231 et 20078) ;
- A3 : trois fragments diaphysaires d'humérus de cerf fracturés sur os frais et appariés au même élément au sein des US 6 et 7 (carrés F12 et F13, n° 27, 20133 et 20065) ;
- A4 : trois fragments diaphysaires de métatarsien de cerf fracturés sur os frais et appariés au même élément au sein des US 6 et 7 (carré F12, n° 20208, 20191 et 20161).

Les axes obtenus sont trop peu nombreux pour être exploités spatialement, d'autant qu'ils concernent certains objets issus des refus de tamis, donc moins précisément localisés. On notera cependant que les axes impliquant des éléments de l'ensemble inférieur sont parfois éloignés verticalement, jusqu'à 62 cm pour A3, ce qui est cohérent avec le développement d'un cryosol dans cet ensemble (**fig. 22**).

3.2.2. ANALYSE DES FABRIQUES (MR)

L'analyse statistique de l'orientation et de l'inclinaison des objets allongés fait partie des outils couramment utilisés dans l'étude de la formation des sites préhistoriques. Son application aux remplissages karstiques a bénéficié de progrès significatifs depuis les années 1990 (Bertran, Texier 1995 ; Bertran, Lenoble 2002). Le référentiel actuel utilisé est toutefois principalement basé sur des données issues de milieux de plein-air et sur des fragments rocheux, ce qui limite quelque peu son utilisation dans la Grotte des Barasses II où l'on a pris en compte à la fois des pièces lithiques et des restes de faune.
Les mesures ont été réalisées à l'aide d'une boussole-clinomètre de précision 2°. Elles se répartissent de manière homogène sur l'ensemble du volume fouillé. Seules les mesures effectuées sur les éléments allongés de l'US 3 sont suffisamment nombreuses pour permettre un traitement statistique valable (67 mesures dont 47 sur des restes de faune). Les données provenant des US 6 et 7, génétiquement proches, ont été compilées afin d'être également exploitées (53 mesures dont 40 sur de la faune). Malgré leur présence importante, les clastes calcaires du remplissage, insuffisamment allongés, n'ont pas été pris en compte.
Deux traitements statistiques ont été réalisés à partir de ces mesures afin de définir le taux d'orientation préférentielle (indice L obtenu par la formule de Curray 1960) et la forme de la fabrique (méthode des valeurs propres normalisées, Woodcock 1977). Ce dernier traitement a été effectué à l'aide du logiciel Stereonet (R. W. Allmendinger, v. 9.3.0). Les résultats sont présentés sur la **figure 23**. Les éléments allongés pris en compte dans les US 6 et 7 présentent un taux d'orientation préférentielle de 33 %. Cette valeur est significative puisque la probabilité que la distribution



		● US3 total	○ US3 faune	■ US6-7 total	□ US6-7 faune
Effectifs	N	67	47	53	40
Test de Curray	L (%)	10,7	20,8	33,0	29,9
	p	0,463	0,130	0,003	0,028
Valeurs propres normalisées	E1	0,516	0,571	0,580	0,582
	E2	0,383	0,347	0,300	0,326
	E3	0,101	0,082	0,121	0,091
Indices de Benn	IS	0,20	0,14	0,21	0,16
	EL	0,26	0,39	0,48	0,44

Fig. 23 - Résultats de l'analyse des fabriques.
a. Diagramme de Benn (1994) modifié d'après Bertran, Lenoble 2002 et tableau des résultats. L : intensité de l'orientation préférentielle, p : probabilité pour que la distribution des orientations soit le seul fait du hasard (test de Rayleigh), IS : indice d'isotropie, EL : indice d'élongation.
b. Canevas de Schmidt (aires équivalentes) : projection de l'ensemble des points dans l'hémisphère inférieur.
c. Rosace des orientations, résolution de 10°.

des orientations soit liée à un effet d'échantillonnage est inférieure au seuil statistique de 0,05. Dans l'US 3, ce taux est plus faible (11 %) et non significatif. Les rosaces d'orientation montrent que les valeurs les plus nombreuses coïncident avec l'axe longitudinal de la cavité, c'est-à-dire dans le sens du pendage général des dépôts et donc des écoulements (**fig. 23c**). Cette configuration confirme donc le rôle de ces derniers dans la formation de l'assemblage archéologique.
Sur le diagramme de Benn, les points représentatifs des échantillons se regroupent dans la zone des fabriques à composante à la fois planaire (objets regroupés autour d'un plan) et linéaire (objets regroupés le long d'un axe). Les processus post-dépositionnels ont donc affecté les US 3 et 6-7 de manière similaire, surtout si on ne considère que les restes de faune. D'après les référentiels expérimentaux et archéologiques (Bertran, Lenoble 2002), ces points représentatifs se situent en dehors de l'aire des sites paléolithiques non perturbés (**fig. 23a**). Les modifications post-dépositionnelles apparaissent plus marquées au sein des US 6 et 7 que dans l'US 3.

Les fabriques obtenues sont rarement diagnostiques d'un processus unique. Elles correspondent de plus aux derniers mécanismes ayant affecté le dépôt. Sur le site de la Grotte des Barasses II, les points représentatifs tombent en marge des enveloppes caractérisant la bioturbation et le ruissellement pour l'US 3 et la solifluxion pour les US 6-7, ce qui est cohérent avec les hypothèses déduites de l'étude du remplissage sédimentaire. En raison de l'étroitesse de la cavité, l'impact du passage des hommes et des animaux n'est pas non plus à négliger dans la genèse de ces fabriques. Les expérimentations ou observations réalisées à ce sujet, encore rares, montrent toutefois que les orientations et pendages ne sont pas intensément modifiés par le piétinement (Benito-Calvo *et al.* 2011, Marwick *et al.* 2017).

3.2.3. ÉTUDE DES ÉTATS DE SURFACE DES SILEX ET ÉLÉMENTS DE TAPHONOMIE OSSEUSE (CD, PF, JMLP)

L'observation des états de surface des silex a permis de mettre en évidence dans les deux principaux ensembles des polis de glace liés à un déplacement des objets dans un sol gelé (**tab. 1**). Ce processus est le plus fréquemment enregistré. L'autre type de stigmate évident correspond à l'altération mécanique des bordures, qui corrobore lui aussi un déplacement à minima. En effet, l'aspect modéré des altérations — très peu de traces de chocs sur les nervures, absence de stries, d'émoussés ou de corrosion — ne va pas dans le sens d'un déplacement conséquent, ni d'un long stationnement des pièces en surface. Un lustré d'origine chimique homogène indique sans doute un milieu en équilibre. On n'observe aucune polarité évidente des objets, une patine faible, voire absente et aucune corrosion. On peut donc conclure à un milieu en équilibre, peu touché par les percolations ou seulement par des fluides peu agressifs pour le silex.

Concernant les altérations taphonomiques naturelles climato-édaphiques (solifluxion, gélifraction, ruissellements, piétinement par les animaux et les hommes, etc.) observées sur les restes osseux, nous ne donnerons ici qu'un bref résumé des données présentées plus loin dans le **chapitre 4.2.1**. Corroborant les données obtenues sur le silex, les altérations post-dépositionnelles liées au *weathering** indiquent des durées modérées d'exposition en surface. La présence importante d'oxydes (manganèse et fer), les encroûtements et la faible dissolution observés en surface mettent en évidence l'action des ruissellements sur l'assemblage faunique. L'action du gel a été reconnue par la présence d'une fragmentation « en piles d'assiette », et ce de façon plus marquée dans l'ensemble inférieur.
Enfin, les nombreuses stries aléatoires, largement identifiées dans l'ensemble supérieur, ainsi que le nombre important d'ossements fragmentés, mettent en lumière l'action importante du piétinement (humain et animal) dans cette petite cavité.

3.2.4. CONCLUSIONS ET IMPLICATIONS ARCHÉOLOGIQUES (CD, MR)

Les observations de terrain, qui attestent de la quasi-absence de structures en place, et les différentes analyses taphonomiques menées sur l'ensemble du mobilier, à la fois lithique et faunique, concluent à un assemblage archéologique perturbé, excluant toute interprétation palethnologique des plans de répartition des vestiges. Globalement, les principales altérations sont dues à la bioturbation (piétinements, phosphatisation) dans l'ensemble supérieur et à la cryoturbation dans l'ensemble inférieur. Le ruissellement a quant à lui impacté l'assemblage tout au long de la séquence sédimentaire. Toutefois, malgré ces différents processus, les bouleversements apparaissent limités. En effet, d'une part les données vont dans le sens d'un enfouissement assez rapide du mobilier et, d'autre part, les quelques remontages et appariements de faune effectués, pour la plupart situés au sein des mêmes unités et des mêmes carrés, sont garants de l'intégrité des assemblages étudiés et autorisent de mener leur étude par grands ensembles : US 1 ; ensemble supérieur (US 2 à 4) ; ensemble médian (US 5) et ensemble inférieur (US 6 à 8). L'US 5 a été étudiée distinctement du fait de ses particularités sédimentaires, mais sa rareté en restes fauniques rend les comparaisons avec les autres unités difficilement interprétables. Comme noté plus haut (cf. **chapitre 3.1.3.3.**), l'US 1 a été isolé de l'ensemble supérieur en raison des possibles pollutions dues à sa position en surface. Les deux principaux ensembles sont les ensembles supérieur et inférieur.

Références bibliographiques

Benn 1994 : BENN (D. I.). – « Fabric shape and the interpretation of sedimentary fabric data ». *Journal of Sedimentary Research*, 64, 4, 1994, p. 910-915.

Bertran 1999 : BERTRAN (P.). – « Dynamique des dépôts de la grotte Bourgeois-Delaunay (La Chaise-de-Vouthon, Charente) : apport de la micromorphologie », *Paléo*, 11, 1999, p. 9-18.

Bertran 2010 : BERTRAN (P.). – « Taphonomie et diagnostic des sites paléolithiques ». In : DEPAEPE (P.), SEARA (F.) dir. – *Le diagnostic des sites paléolithiques et mésolithiques*, actes du séminaire du 5 et 6 décembre 2006, Paris : Inrap, Cahiers, 3, 2010, p. 70-77.

Bertran, Lenoble 2002 : BERTRAN (P.), LENOBLE (A.). – « Fabriques des niveaux archéologiques : méthode et premier bilan des apports à l'étude taphonomique des sites paléolithiques », *Paléo,* 14, 2002, p. 13-28.

Bertran, Texier 1995 : BERTRAN (P.), TEXIER (J.-P.). – « Fabric analysis: application to paleolithic sites », *Journal of Archaeological Science*, 22, 4, 1995, p. 521-535.

Bertran et al. 2012 : BERTRAN (P.), LENOBLE (A.), TODISCO (D.), DESROSIERS (P. M.), SØRENSEN (M.). – « Particle size distribution of lithic assemblages and taphonomy of Palaeolithic sites », *Journal of Archaeological Science*, 39, 10, 2012, p. 3148 3166.

Benito-Calvo et al. 2011 : BENITO-CALVO (A.), MARTINEZ-MORENO (J.), MORA (R.), ROY (M.), RODA (X.) – « Trampling experiments at Cova Gran de Santa Linya, Pre-Pyrenees, Spain: their relevance for archaeological fabrics of the Upper–Middle Paleolithic assemblages », *Journal of Archaeological Science*, 38, 12, 2011, p. 3652 3661.

Bonijoly et al. 1996 : BONIJOLY (D.), PERRIN (J.), ROURE (F.), BERGERAT (F.), COUREL (L.), ELMI (S.), MIGNOT (A.). – « The Ardèche palaeomargin of the South-East Basin of France: Mesozoic evolution of a part of the Tethyan continental margin (Géologie Profonde de la France programme) », *Marine and Petroleum Geology*, 13, 6, 1996, p. 607-623.

Bravard et al. 1987 : BRAVARD (Y.), CHARDON (M.), DRESCH (J.), JULIAN (M.), SOUTADE (G.). – « Dynamique de l'évolution des reliefs au cours du Quaternaire », *Méditerranée*, 61, 2-3, 1987, p. 37-60.

Campy, Chaline 1993 : CAMPY (M.), CHALINE (J.). – « Missing records and depositional breaks in French Late Pleistocene cave sediments », *Quaternary Research*, 40, 1993, p. 318-331.

Combier 1976 : COMBIER (J.). – « Lyon - Vallon-Pont-d'Arc, cinquième journée », in : COMBIER (J.), THEVENOT (J.-P.) dir. – *Livret-guide de l'excursion A8, Bassin du Rhône, Paléolithique et Néolithique*, IXe congrès UISPP, Nice, 13-18 septembre 1976, 1976, p. 157-161.

Courty, Goldberg, Macphail 1989 : COURTY (M.-A.), GOLDBERG (P.), MACPHAIL (R.). – *Soils and Micromorphology in Archaeology*. Cambridge : Cambridge University Press, 1989, 344 p.

Daujeard 2008 : DAUJEARD (C.). – Exploitation du milieu animal par les Néandertaliens dans le Sud-Est de la France. B*ritish Archaeological Reports International Series*, S1867, 2008, 634 p.

Daujeard, Moncel 2010 : DAUJEARD (C.), MONCEL (M.-H.). – « On Neanderthal subsistence strategies and land use : a regional focus on the Rhone Valley area in southeastern France », *Journal of Anthropological Archaeology,* 29, 2010, p. 368-391.

Debard 1987 : DEBARD (E). – « L'apport allochtone éolien dans les remplissages karstiques quaternaires du Bas-Vivarais (S.E. France) », *Bull. Assoc. Fr. Etude Quaternaire*, 24, 1987, p. 183-193.

Debard 1988 : DEBARD (E). – *Le Quaternaire du Bas-Vivarais d'après l'étude des remplissages d'avens, de porches de grottes et d'abris sous roche. Dynamique sédimentaire, paléoclimatologie et chronologie*. Villeurbanne : Documents Lab. Géol. Lyon, 103, 1988, 317 p.

Debard 1997 : DEBARD (E). – « Les remplissages karstiques du Bas-Vivarais : karstogénèse, sédimentogénèse et archéologie », *Quaternaire*, 8, 2-3, 1997, p. 305-317.

Debard, Ferrier, Kervazo 2016 : DEBARD (E.), FERRIER (C.), KERVAZO (B.). – « Grotte Chauvet-Pont d'Arc (Ardèche) : évolution morphosédimentaire de l'entrée. Implication sur les occupations et sur la conservation des vestiges », *Quaternaire*, 27, 1, 2016, p. 3-14.

Debard, Pastre 2008 : DEBARD (E), PASTRE (J.-F). – « Nouvelles données sur les téphras pléistocènes piégés dans les remplissages karstiques ardéchois (SE France) », *Quaternaire*, 19, 2, 2008, p. 107-116.

Foucault et al. 2014 : FOUCAULT (A.), RAOULT (J.F), CECCA (F.), PLATEVOET (B.). – *Dictionnaire de Géologie*, Paris : Broché (Ed.), 2014, 324 p.

Hinderer 2001 : HINDERER (M.). – « Late Quaternary denudation of the Alps, valley and lake fillings and modern river loads ». *Geodinamica Acta*, 14, 2001, p. 231-263.

Karkanas et al. 2000 : KARKANAS (P.), BAR-YOSEF (O.), GOLDBERG (P.), WEINER (S.). – « Diagenesis in Prehistoric Caves: the Use of Minerals that Form In Situ to Assess the Completeness of the Archaeological Record », J*ournal of Archaeological Science*, 27, 10, 2000, p. 915 929.

Kerrien et al. 1996 : KERRIEN (Y.), ELMI (S.), BUSNARDO (R., CAMUS (G.), KIEFFER (G.), MOINEREAU (J.), WEISBROD (A.). – *Carte géologique de la France (1/50000), feuille d'Aubenas (865)*. Orléans : BRGM. Notice explicative par S. Elmi, R. Busnardo, B. Clavel, G. Camus, G. Kieffer, P. Bérard, B. Michaëly, 1996, 170 p.

Konert, Vandenberghe 1997 : KONERT (M.), VANDENBERGHE (J. E. F.). – « Comparison of laser grain size analysis with pipette and sieve analysis: a solution for the underestimation of the clay fraction », *Sedimentology,* 44, 3, 1997, p. 523-535.

Lenoble 2005 : LENOBLE A. (2005) – *Ruissellement et formation des sites préhistoriques : référentiel actualiste et exemples d'application au fossile*. Oxford : Oxbow Books, BAR International Series, 1363, 2005, 216 p.

Marwick et al. 2017 : MARWICK (B.), HAYES (E.), CLARKSON (C.), FULLAGAR (R). – « Movement of lithics by trampling: An experiment in the Madjedbebe sediments, northern Australia », *Journal of Archaeological Science*, 79, 2017, p. 73-85.

Mocochain et al. 2009 : MOCOCHAIN (L.), AUDRA (P.), CLAUZON (G.), BELLIER (O.), BIGOT (J.-Y.), PARIZE (O.), MONTEIL (P.). « The effect of river dynamics induced by the Messinian Salinity Crisis on karst landscape and caves: Example of the Lower Ardèche river (mid Rhône valley) », *Geomorphology*, 106, 1 2, 2009, p. 46 61.

Moncel et al. 2008 : MONCEL (M.-H.), BRUGAL (J.-P.), PRUCCA (A.), LHOMME (G.). – « Mixed occupation during the Middle Palaeolithic: Case study of a small pit-cave-site of Les Pêcheurs (Ardèche, south-eastern France) », *Journal of Anthropological Archaeology*, 27, 3, 2008, p. 382 398.

Moncel et al. 2010 : MONCEL (M.-H.), DAUJEARD (C.), CREGUT-BONNOURE (É.), BOULBES (N.), PUAUD (S.), DEBARD (É.), BAILON (S.), DESCLAUX (E.), ESCUDE (É.), ROGER (T.), DUBAR (M.). – « Nouvelles données sur les occupations humaines du début du Pléistocène supérieur de la moyenne vallée du Rhône (France). Les sites de l'Abri des Pêcheurs, de la Baume Flandin, de l'Abri du Maras et de la Grotte du Figuier (Ardèche) », *Quaternaire*, 21, 4, 2010, p. 385-411.

Moncel et al. 2012 : MONCEL (M.-H.), PUAUD (S.), DAUJEARD (C.), LARTIGOT-CAMPIN (A.-S.), MILLET (J.), THEODOROPOULOU (A.), CREGUT-BONNOURE (E.), GELY (B.), VERCOUTERE (C.), DESCLAUX (E.), ROGER (T.), BOURGES (F.). – « La grotte du Figuier (Saint-Martin-d'Ardèche) : bilan des travaux récents sur un site du Paléolithique moyen et supérieur de la moyenne vallée du Rhône (Sud-Est de la France) », B*ull. Soc. préhistorique française*, 109, 1, 2012, p. 35 67.

Moncel et al. 2014 : MONCEL (M.-H.), PUAUD (S.), DAUJEARD (C.), LATEUR (N.), LARTIGOT-CAMPIN (A.-S.), DEBARD (É.), CREGUT-BONNOURE (É.), RAYNAL (J.-P.). – « Le site du Ranc-Pointu n°2 à Saint-Martin-d'Ardèche : une occupation du Paléolithique moyen ancien dans le Sud-Est de la France », *Comptes Rendus Palevol,* 13, 2, 2014, p. 121 136.

Puaud et al. 2015 : PUAUD (S.), NOWAK (M.), PONT (S.), MONCEL (M.-H.). – « Minéraux volcaniques et alpins à l'abri du Maras (Ardèche, France) : témoins de vents catabatiques dans la vallée du Rhône au Pléistocène supérieur », *Comptes Rendus Palevol*, 14, 4, 2015, p. 331 341.

Saos et al. 2014 : SAOS (T.), DJERRAB (A.), DEFLEUR (A.). – « Etude stratigraphique, sédimentologique et magnétique des dépôts pléistocène moyen et supérieur de la Baume Moula-Quercy (Soyons, Ardèche) », *Quaternaire,* 25, 3, 2014, p. 237-251.

Sordoillet 2009 : SORDOILLET (D.). – *Géoarchéologie de sites préhistoriques. Le Gardon (Ain), Montou (Pyrénées-Orientales) et Saint-Alban (Isère*). Paris : MSH, Documents d'archéologie française, 103, 2009, 188 p.

Stoops 2003 : STOOPS (G.). – *Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections*. Madison : Soil Science Society of America, 2003,184 p.

Texier 2009 : TEXIER (J.-P). – *Histoire géologique de sites préhistoriques classiques du Périgord : une vision actualisée. La Micoque, la grotte Vauffrey, Le Pech de l'Azé I et II, La Ferrassie, l'abri Castenet, Le Flageolet, Laugerie Haute*. Paris : CTHS, coll. Documents préhistoriques, 25, 2009, 193 p.

Texier, Bertran 1990 : TEXIER (J.-P.), BERTRAN (P.). – « L'enregistrement des phénomènes pédo-sédimentaires et climatiques. L'exemple de la coupe des Tares (Dordogne) », *Quaternaire*, 1, 1, 1990, p. 77-90.

Van Vliet-Lanoë 2010 : VAN VLIET-LANOË (B.). – « Frost Action ». In STOOPS (G.), MARCELINO (V.), MEES (F.) éd. – *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*. Oxford : Elsevier, 2010, p. 81-108.

Weber, Gonthier, Faugères 1991 : WEBER (O.), GONTHIER (E.), FAUGERES (J.-C.). – « Analyse granulométrique de sédiments fins marins : comparaison des résultats obtenus au Sedigraph et au Malvern », *Bull. Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine*, 50, 1991, p. 107-114.

Woodcock 1977 : WOODCOCK (N. H.) – « Specification of fabric shapes using an eigenvalue method », *Geological Society of America Bulletin*, 88, 9, 1977, p. 1231-1236.

Yellen 1996 : YELLEN (J. E.). – « Behavioural and taphonomic patterning at Katanda 9: a Middle Stone Age site, Kivu province, Zaire », *Journal of Archaeological Science*, 23, 6, 1996, p. 915-932.

4.3. La station aurignacienne de Brignol à Villeneuve-sur-Lot (Lot-et-Garonne), entre taphonomie et palethnologie

L'étude du site aurignacien de Brignol, implanté sur la rive droite du Lot, a débuté lors d'un diagnostic (Ballarin *et al.* 2011) et été poursuivie à l'occasion d'une fouille menée fin 2011 (Picavet *et al.* 2013a). L'industrie a été réétudiée par Lars Anderson dans le cadre de sa thèse (Anderson 2019), ce qui a occasionné la publication de deux articles auxquels j'ai contribué :

Anderson L., Chesnaux L., Rué M., Picavet R., Fernandes P., Morala A., Caux S., Tallet P., Caverne J.-B., Kawalek E., 2016, « Regards croisés sur la station aurignacienne de Brignol (Villeneuve-sur-Lot, Lot-et-Garonne, France) : approches taphonomique, pétroarchéologique, technoéconomique et technofonctionnelle de l'industrie lithique », *Paléo*, 27, p. 11-42. https://journals.openedition.org/paleo/3039

Anderson L., Rué M., Chesnaux L., Fernandes P., Picavet R., 2019, « La station aurignacienne de Brignol (Villeneuve-sur-Lot, France), entre taphonomie et palethnologie », in Montoya C., Fagnart J.-P., Locht J.-L (dir.), *Préhistoire de l'Europe du Nord-Ouest : mobilités, climats et identités culturelles*, actes du XXVIIIe Congrès préhistorique de France, Amiens 2016, vol. 2, Société Préhistorique de France, p. 65-84.

C'est cette seconde publication qui est présentée, car elle aborde plus en détail le niveau 3 de l'évaluation taphonomique (§ 2.3) et l'interprétation spatiale du site. J'ai rédigé intégralement la partie nommée *Approche géoarchéologique* et contribué pour environ un tiers au reste de l'article.

La station aurignacienne de Villeneuve-sur-Lot « Brignol » (Lot-et-Garonne, France), entre taphonomie et palethnologie

Lars ANDERSON, Mathieu RUÉ, Lorène CHESNAUX,
Paul FERNANDES et Régis PICAVET

Résumé : *La station de plein air de Villeneuve-sur-Lot « Brignol », attribuée à l'Aurignacien récent à grattoirs Caminade, présente certaines difficultés si on tente de l'aborder selon une perspective palethnologique. Se présentant comme une nappe lâche de vestiges, sans structuration évidente lors de la fouille, le site n'a en effet rien d'une « Pompéi » préhistorique. Pourtant nous pensons qu'en prenant en compte l'ensemble des données taphonomiques et archéologiques, il est possible de donner un sens palethnologique à cet épandage. De plus, il nous apparaît que la division entre sites de plein air « bien » ou « mal » conservés freine nos interprétations archéologiques en introduisant une fausse dichotomie. Afin de dépasser cette dualité, il est nécessaire de confronter étroitement et systématiquement les données taphonomiques et archéologiques afin de mieux définir le degré de conservation des sites et, dans un second temps, d'interpréter l'organisation spatiale des vestiges. Dans un premier temps, cet article présente une analyse* bottom up, *en se concentrant sur les différents processus naturels qui ont pu influencer l'organisation de la nappe de vestiges. L'étude* top down *applique ensuite des méthodes d'analyse spatiale quantitatives et qualitatives en faisant référence à certains modèles expérimentaux et ethnoarchéologiques. Enfin, une confrontation des résultats de ces deux approches complémentaires permet une vision plus holistique du site. La structuration latente de l'organisation des vestiges à « Brignol » ainsi reconstituée et les informations palethnologiques qui en découlent montrent une nouvelle fois la nécessité d'appréhender les sites de plein air du Paléolithique supérieur ancien selon une telle approche croisée.*

Mots-clés : *Aurignacien, Taphonomie, Palethnologie, Analyse spatiale, Microlithes.*

Abstract: *The open-air site of Villeneuve-sur-Lot "Brignol", attributed to the Caminade endscraper facies of the Late Aurignacian, poses some initial difficulties when we attempt to study it from a palethnological perspective. This small site, a single occupation level on the northern banks of the Lot River, presented no evident structuration of archaeological materials during excavation and is organised as a weakly concentrated nappe of various categories of material. Clearly, "Brignol" is not a "Pompeii", making it a poor candidate for palethnological study. We propose, however, that an overly binary distinction between "well" and "poorly" preserved Early Upper Palaeolithic sites creates a barrier to research by imposing a false dichotomy. If the overwhelming majority of existing sites cannot provide any palethnological information, then palethnological research projects for these early periods would seem to be destined for failure before they even begin.*

By moving past such a duality, we are forced to consult our taphonomic and archaeological data to determine the degree of conservation of a site. Such a nested approach is applied here with "Brignol" serving as a case study. Firstly, the bottom up analysis will be presented, concentrating on the different natural aspects (geomorphological, diagenetic processes, etc.) that could have influenced the organisation of the occupation level. The top down study will then use quantitative and qualitative methods of spatial analysis while making reference to certain known experimental and ethnoarchaeological models. The article finishes with a comparison of these two analyses and the presentation of a holistic vision of the site.

The site is located 200 m north of the current right bank of the Lot River, in the lower portion of a sandy-silt deposit that covers the Fw2 terrace, tentatively attributed to the Middle Pleistocene (fig. 1). The Fy-z alluvial aquifer, assumed to date from the Late Pleistocene to the Holocene, is located 12 m below the occupation level. This suggests the site was likely relatively well protected from flooding at the time of occupation, but not from the rare extreme cases of flooding known historically to have reached 15 m.

The single-occupation level (fig. 2), consisting of lithic materials (mostly flint and quartz) and some charcoal (faunal remains are not preserved), was excavated continuously over 71 m² and water-screened with 2 mm mesh sieves. The nappe has an oblong shape that seems to be stretched in the direction of the slope (2°; fig. 3).

Granulometric data of the lithic fine fraction on a sample of sub-squares indicates the possible first phases of residualisation, with a general lack of 2-4 mm elements, yet this effect is absent when considering the fraction > 5 mm (fig. 4). A preferential orientation in the axis of the slope exists in the flint refits, which could be the result of water run-off, while the preferential axis is perpendicular to the slope for quartz refits (fig. 5). Finally, while flint pieces show a white patina and gloss of chemical origin, none of these items are polarised, and there is no clear evidence of post-site abandonment freeze/thaw on the pieces.
Activities on site can be separated by general raw material category (fig. 7) or by type of production (fig. 10), but regardless of how one looks at the data it is clustered, rather than uniform or random (fig. 6), and the clusters are dominated by different raw materials and/or production objectives (figs. 7, 8, 10, and 11). This spatial organisation of production provides a competing/complementary explanation, both qualitatively and quantitatively, of varying lithic granulometries across the site and in the axis of the slope (fig. 8).
*Density contour analysis of differing categories of material allowed us to propose, using densities of burned flints, the approximate placement of a hypothetical indeterminate structure associated with a combustion event (*in situ *hearth? dump? etc.) (fig. 7e) and a relationship with the centrally dispersed heated quartz stone cobbles (fig. 7f; fig. 11), possibly used partially or in their entirety for stone-boiling. The superposition of lithic refit data, and their quantitative and qualitative analysis, allowed us to define areas of production relative to their objectives (Caminade endscrapers, simplified blade, and raw material testing/sorting; fig. 10; fig. 11), briefly discuss movement between these and other areas of the site (fig. 11), and propose a minimum number of individuals (n = 3) having frequented the Caminade endscraper production area via the seemingly synchronous and repetitive use of space (fig. 10a).*
A tentative palethnological reading of the site (fig. 11) provides estimations for differing and sometimes superimposed functional areas over the small surface, which fits with expectations for a short-term occupation with few people. Crossing the spatial data with data on differing degrees of know-how (two on site) allows us to provide a hypothetical minimum estimate of four individuals having used the surface area studied. A comparison of the bottom up *and* top down *analysis allows us to confidently state that while some run-off clearly occurred its effect was minimal, and other high-energy formation processes can likely be excluded. These results in turn allow us to propose a spatial organization of the site, with varying degrees of confidence, and an initial palethnological interpretation of the use of space.*
While the site was still not Pompei, the nested approach that was adopted made it possible to evaluate the degree to which both natural and anthropic processes contributed to the organisation of the site, and the story told is ultimately one of relatively high resolution. The latent structuration of space at "Brignol", and the palethnological reconstruction, serves as yet another example of the necessity to treat open-air Early Upper Palaeolithic sites with such a nested approach.

Keywords: *Aurignacian, Taphonomy, Paleoethnology, Spatial analysis, Microliths.*

INTRODUCTION

L'Aurignacien en plein air – état de l'art

Bien que les biais taphonomiques pour les sites de plein air aurignaciens soient souvent importants, il existe quelques cas qui semblent avoir échappé, au moins en partie, aux aléas climatiques des OIS 2 et 3. Parmi les exemples français, nous pouvons citer Poilhes « Régismont-le-Haut » dans l'Hérault (Bon *et al.*, 2007 ; et ce volume), les occupations dans les environs de Bergerac en Dordogne (Tixier et Reduron, 1991 ; Teyssandier, 2000 ; Bourguignon *et al.*, 2004 ; Chadelle, 2005 ; Ortega Cordellat *et al.*, 2006 ; Rios-Garaizar et Ortega Cordellat, 2014 ; Ortega *et al.*, 2015, Michel *et al.*, ce volume) et finalement le site de Jonzac « Chez-Pinaud 2 » en Charente-Maritime (Airvaux *et al.*, 2003). Nous pouvons également ajouter des sites récemment fouillés en contexte préventif ayant un fort potentiel palethnologique, tels que Horsarrieu 1 dans les Landes (Brenet *et al.*, 2016) et « la Croix de Bagneux » à Mareuil-sur-Cher dans le Loir-et-Cher (Kildea *et al.*, 2013 et Kildea, ce volume).

À l'opposé, il existe également des exemples de sites ayant subi d'importantes dégradations (Chauchat et Thibaut, 1978 ; Normand, 1987 ; Bertran *et al.*, 2005). Dans les faits, la grande majorité des sites de plein air aurignaciens sont des collections de surface associées à très peu d'informations contextuelles permettant de s'interroger sur l'organisation spatiale ou même de confirmer la simple présence d'un site.

Une dernière catégorie de sites de plein air aurignaciens existe, au sein de laquelle on peut citer celui de « Hui » à Beauville dans le Lot-et-Garonne (Le Brun-Ricalens, 2005) et potentiellement ceux du « Basté »(1) à Saint-Pierre-d'Irube dans les Basses Pyrénées (Chauchat et Thibault, 1968 ; Bachellerie, 2011) et de « Brignol » à Villeneuve-sur-Lot dans le Lot-et-Garonne (Anderson *et al.*, 2016). À l'inverse des sites de type « Pompéi » (Binford, 1981) cités ci-dessus, peu ou pas de structuration apparente des vestiges n'est visible (Leroi-Gourhan et Brézillon, 1972 ; Gallay, 2003) et tous ont subi à des degrés divers des perturbations post-dépositionnelles (Le Brun-Ricalens, 1996 ; Bachellerie, 2011 ; Anderson *et al.*, 2016). Même si l'importance de ces perturbations reste difficile à évaluer, celles-ci n'empêchent pas de formuler des hypothèses d'ordre palethnologique (Le Brun-Ricalens, 1996). Ce constat soulève néanmoins une question importante : existe-t-il une vraie différence entre cette dernière catégorie et les sites que l'on considère comme bien conservés ?

En réalité, différents processus tronquent en partie notre vision de ces « Pompéis » aurignaciennes. À Poilhes « Régismont-le-Haut » par exemple, les travaux

agricoles font que nous ne pouvons pas estimer de manière précise la taille d'origine de l'occupation (Bon *et al.*, ce volume). À la station de Jonzac « Chez-Pinaud 2 », J. Airvaux et collaborateurs (Airvaux *et al.*, 2003) ont mis en évidence un réseau secondaire de fentes de gel, ayant *a priori* peu influencé le niveau, et ont évoqué la possibilité de ruissellements. Finalement, J.-G. Bordes et J. Tixier (Bordes et Tixier, 2002) soulignent de légères perturbations verticales liées à la cryoturbation du site de « Corbiac Vignoble II ».

Si l'on se tourne vers les données ethnoarchéologiques, nous voyons également que nos attentes sont parfois trop grandes vis-à-vis des sites bien conservés. Les travaux de J. E. Yellen (Yellen, 1977) sur les campements San nous ont montré que la structuration d'un site est très dépendante de la taille du groupe et de la durée d'occupation. Il a également montré que des activités non nécessairement liées fonctionnellement peuvent se chevaucher spatialement, ce qui peut rendre la recherche « d'aires d'activité » particulièrement hasardeuse. Les travaux de L. R. Binford sur les Nunamiut (Binford, 1978a et 1978b) ont nuancé les observations de J. E. Yellen, soulignant l'effet de la fonction du site sur son organisation, en appelant toutefois à la prudence concernant un lien direct entre fonction et fonctionnement (Binford, 1978a) et en présentant la possibilité d'une organisation interne au sein des aires d'activités multifonctionnelles. Enfin, J. O'Connell (O'Connell, 1987), travaillant sur la structuration des campements Alyawara, a montré que la position de certains gros vestiges lors de l'abandon d'un site est un indicateur peu pertinent de l'utilisation de l'espace et qu'il est préférable de se référer à la position des vestiges de petite taille.

La notion de site « Pompéi » peut être finalement un frein à la recherche (Yellen, 1996). En effet, elle crée une fausse dichotomie entre les sites « bien » et « moins bien » conservés. Les sites bien (voire très bien) conservés ont pu subir eux aussi des modifications et l'acceptation de cette possibilité nous contraint à pousser et à croiser les analyses géoarchéologiques, technologiques, pétroarchéologiques et spatiales pour interroger leur degré de conservation. Pour éviter justement une « pâle-ethnologie » (Bodu, Baillet *et al.*, ce volume), ne plus s'appuyer sur la notion binaire « en place/pas en place » et accepter un vaste éventail de situations intermédiaires (à l'instar de Klaric *et al.*, 2011) nous semble la position adéquate.

L'approche croisée que nous proposons s'inspire des travaux de J. E. Yellen (Yellen, 1996). Elle consiste, dans un premier temps, en une analyse *bottom up*, qui prend comme point de départ le contexte géomorphologique et se concentre sur la recherche d'indicateurs taphonomiques. Dans un deuxième temps, une analyse *top down* est appliquée. Elle se focalise sur l'organisation des vestiges en appliquant des méthodes d'analyse spatiale quantitatives et qualitatives et en faisant référence à certains modèles expérimentaux et ethnoarchéologiques. L'approche se termine par une confrontation des résultats de ces deux volets pour présenter une vision complète de la structuration latente de l'ensemble des vestiges.

PRÉSENTATION DU SITE

Contexte géomorphologique

Le site est localisé à environ 200 m au nord de la rive droite actuelle du Lot qu'il surplombe d'une quinzaine de mètres. Un talus abrupt le sépare du cours d'eau et un affluent marque une limite naturelle à environ 300 m à l'ouest du site. Ailleurs, le paysage est constitué par un relief peu prononcé, développé au détriment de formations calcaires ou sablo-argileuses.

Le mobilier s'insère dans la partie inférieure d'un dépôt limono-sableux massif, d'épaisseur métrique, qui recouvre la terrasse Fw2 rattachée au Pléistocène moyen (fig. 1). L'emplacement du chenal actif contemporain du site est inconnu. Le talus, situé à environ 150 m au sud du site, marque potentiellement la limite d'action de ce chenal. La nappe alluviale Fy-z d'âge supposé Pléistocène supérieur à Holocène est située à environ 12 m en contrebas du site. Cette configuration suggère que le site était déjà relativement protégé des inondations au moment de l'occupation, mais sans

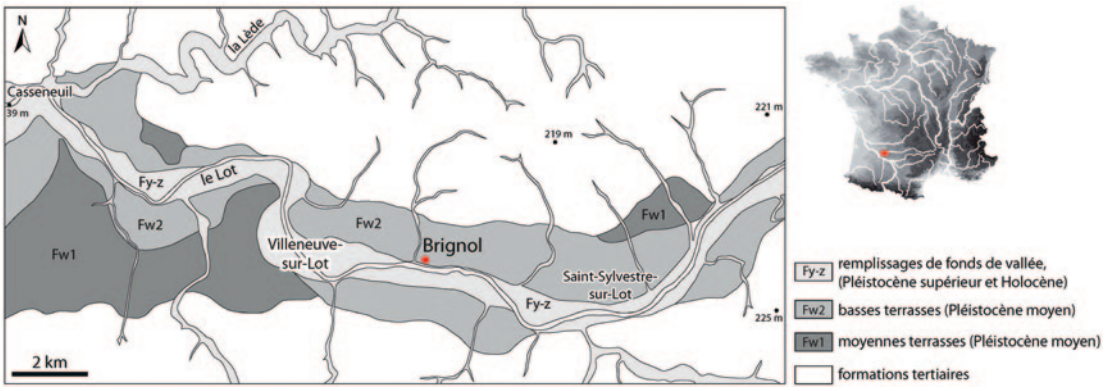


Fig. 1 – Localisation du site (DAO M. Rué). D'après les cartes géologiques à 1/50 000 de Villeneuve-sur-Lot (Capdeville, 1999) et de Penne-d'Agenais (Capdeville, 2000).
Fig. 1 – *Location of the site (CAD M. Rué). Adapted from the 1/50 000 geological maps of Villeneuve-sur-Lot (Capdeville, 1999) and of Penne-d'Agenais (Capdeville, 2000).*

doute pas des crues exceptionnelles (celle de 1783 a atteint près de 15 m à Villeneuve-sur-Lot).

Découverte et intervention

La découverte du site a été réalisée lors d'un diagnostic d'une surface de 9 ha (Ballarin *et al*., 2011). Les sondages ont révélé une seule concentration sous la forme d'un épandage de mobilier lithique, sans reste faunique conservé, situé à environ 1,60 m sous la surface actuelle. La prescription de fouille portait sur une surface de 400 m^2. De fait, le contexte immédiat du site n'est pas complètement connu puisque d'autres concentrations de taille inférieure à la résolution des tranchées du diagnostic peuvent subsister sur le terrain.

La surface prescrite a été décapée mécaniquement jusqu'au niveau d'apparition des premiers vestiges puis une phase de reconnaissance de la concentration a été menée par la réalisation de sondages d'un quart de mètre carré sur la totalité de cette surface (Picavet *et al*., 2013). La fouille manuelle s'est concentrée dans la zone la plus dense en mobilier, sur une surface continue de 71 m^2. L'intégralité du sédiment a été tamisée à l'eau (maille de 2 mm).

Position culturelle et chronologique

Le mobilier se rattache typologiquement à un faciès particulier de l'Aurignacien, dit « à grattoirs Caminade », qui est connu de manière significative sur huit sites dans le nord du Bassin aquitain (Anderson *et al*., 2016).

Deux prélèvements de sédiment et deux galets de quartz chauffés ont été datés par thermoluminescence à l'Institut de Physique de Gliwice (Pologne). Les doses équivalentes ont été déterminées selon le protocole *single-aliquot regenerative-dose* (Murray et Wintle, 2000). En raison de l'absence de mesure in situ de la radioactivité, et même si le contexte sédimentaire est relativement homogène, les résultats présentés sont à prendre avec précaution (fig. 2a). Les dates obtenues sur les quartz chauffés sont cohérentes avec une attribution de l'industrie à l'Aurignacien récent. Celles obtenues sur les sables fins montrent que, conformément au contexte sédimentaire, le taux moyen de recouvrement du site est très faible (de l'ordre de quelques mm par siècle). Une datation par le radiocarbone de charbons d'angiospermes issus de la concentration lithique et identifiés récemment par I. Théry-Parisot devrait permettre de préciser prochainement ces âges.

Mobilier archéologique

Le mobilier archéologique recueilli (objets côtés et issus des tamis) consiste en 2 066 objets, dont 1 242 silex et 781 quartz. Le matériel révèle plusieurs activités[(2)] au travers de :

– Une production de grattoirs Caminade (26 typiques et 22 atypiques) (Sonneville-Bordes et Mortureux, 1955) et des produits bruts assimilés (au minimum six ; microlithes de taille réduite, entre 6,6 et 22 mm de long) : ceux-ci présentent des esquillements isolés le long des bords, parfois associés à des émoussés ponctuels et des micropolis orientés longitudinalement, ce qui témoigne d'un geste de découpe sur matériau mi-dur et légèrement abrasif et une utilisation probable en tant que composants modulaires d'un outil de type couteau (Anderson *et al*., 2016 ; Caux, 2017). Les silex de bonne qualité des sources les plus lointaines (25-50 km) et des plus proches (0-25 km) sont privilégiés (environ 61 % de l'ensemble lamellaire) alors que la matière quantitativement la plus utilisée à « Brignol » (les silcrètes) représente seulement environ 31 % de l'ensemble lamellaire. Bien que la production de grattoirs Caminade en silex du Santonien alluvial et en silcrète (disponibles localement) constitue une part relativement peu importante de la production lamellaire totale, l'intégralité de la chaîne opératoire semble être représentée sur les lieux au vu du taux élevé de déchets lamellaires et d'éclats indéterminés dans cette même matière. De même, les silex lacustres venant d'un rayon de 0-25 km du site sont introduits soit sous forme de blocs bruts, soit sous forme de support-nucléus préformés ou en partie entamés. Les matières plus lointaines par contre sont introduites exclusivement sous forme de nucléus déjà exploités ou de support-nucléus préformés. Une séquence lamellaire d'entretien et un seul grattoir Caminade, les deux en silex turonien dit du « Fumélois », témoignent de l'introduction et de l'emport d'un nucléus en dehors de la zone fouillée, ou bien en dehors du site. Deux autres courtes séquences d'entretien, en silex du Bergeracois et dans un silex indéterminé, témoignent d'un « passage » similaire de nucléus à travers le site. La présence de cinq grattoirs Caminade isolés en silex d'aspect jaspéroïde, sans nucléus ni déchets techniques, indique leur débitage et emmanchement probable en amont de l'occupation. Quoi qu'il en soit, la gestion des matières premières vis-à-vis de la production des grattoirs Caminade semble démontrer l'entretien d'un outillage dit « personnel » (Binford, 1977 et 1979), avec des supports lamellaires débités au fur et à mesure du besoin (Bon, 2005). Au vu des proportions relativement élevées de nucléus épuisés en matière d'origines lointaines et d'un possible réapprovisionnement en matières locales, les Aurignaciens de « Brignol » semblent également se fournir en supports et en supports-nucléus (Kuhn, 1992 ; Féblot-Augustins, 2009) au fur et à mesure des besoins, peut-être au gré des déplacements à vocation alimentaire (Binford, 1979).

– Une production d'un petit effectif d'outillage laminaire : en partie débité en dehors/amont de l'occupation étant donné la faible proportion de nucléus proprement laminaires (n = 1) et de déchets techniques identifiables. Les données tracéologiques sur l'outillage domestique évoquent le grattage de peaux fraîches et/ou remouillées sur trois grattoirs et trois nucléus à grattoirs Caminade recyclés. Les silcrètes sont privilégiées pour la sphère laminaire, seulement 7 % de celle-ci est produite dans les mêmes silex de bonne qualité que les grattoirs Caminade.

– Une production lamino-lamellaire simplifiée : menée exclusivement en silcrètes et silex du Santonien (disponibles localement) et révélant un degré de savoir-faire (Pelegrin, 1991) moindre par rapport aux autres productions menées sur les lieux. Les volumes sont appréhendés correctement (une face étroite est choisie pour la future surface de débitage dans les exemples pseudo-laminaires par exemple) et les phases de mise en forme et d'entame sont bien agencées. Cependant, la poursuite de la production, intégralement à la pierre dure, voit une accumulation d'erreurs qui induit des produits réfléchis et/ou irréguliers et une table accidentée. La lecture de ces stigmates nous a menés à la reconnaissance de seulement deux degrés de savoir-faire (compétent et apprenti) au sein de l'intégralité de l'ensemble lithique de « Brignol » (Anderson *et al*., 2016).

– La présence de blocs et fragments de blocs testés ou à production/utilisation expédiente : également en silex du Santonien et silcrètes, cette catégorie représente surtout un tri de ces derniers, les fragments étant souvent de qualité moyenne à mauvaise. Quatre des cinq séquences regroupées dans cette catégorie présentent une séquence de deux à quatre éclats, extraits de manière alternante avec un percuteur dur le long d'un bord de la matrice en question.

– La présence de quartz chauffés : pour ceux-ci, les données expérimentales (Custer, 2017) et ethnologiques (Thoms, 2008) indiquent une utilisation possible dans le cadre d'une activité nécessitant du *stone-boiling* (à savoir une chauffe de galets dans un foyer et leur submersion dans l'eau pour la faire bouillir), peut-être lié à la sphère culinaire ou une autre sphère technique difficilement identifiable. Une expérimentation menée par un des auteurs, R. Picavet (cf. Picavet *et al*., 2013 et Anderson *et al*., 2016), souligne des stigmates similaires entre le corpus expérimental et archéologique. Cela implique que l'hypothèse la plus vraisemblable est celle du *stone-boiling* pour au moins une partie des quartz chauffés, malgré l'absence d'analyses physico-chimiques pour confirmer cette idée avec plus de certitude. Cette hypothèse de travail n'exclut pas pourtant la possibilité qu'une autre partie des quartz vraisemblablement chauffés soit le résultat d'une autre technique liée à l'utilisation du feu (aménagement d'un foyer, chauffe directe des quartz sans submersion, etc.).

– Des quartz taillés : une production aussi menée intégralement sur les lieux, le point de collecte étant le même que les galets de quartz chauffés (les affleurements de la terrasse Fw2 du Lot). Cette production démontre l'intention d'obtenir un tranchant expédient. Les galets sont débités à la pierre dure dans l'axe des microdiaclases, souvent perpendiculaire à la longueur de la matrice. La poursuite du débitage est alternante jusqu'à ce que la préhension du nucléus soit difficile, le résultat étant une réduction « en tranches ».

– La présence de quelques éléments (nucléus à éclats expédients, macro-outils, blocs non taillés) en d'autres matières premières lithiques qui peut témoigner d'autres activités non définies.

APPROCHE GÉOARCHÉOLOGIQUE

Dans de nombreux cas, l'étude du contexte sédimentaire n'est pas suffisante pour statuer sur l'état de conservation d'un site et ce, quelle que soit la résolution de cette étude. L'histoire du sédiment n'est en effet pas celle des artefacts. Pour appréhender de manière objective le degré de préservation d'un espace, une des démarches consiste à tester en deux étapes l'hypothèse d'une modification des vestiges par les processus naturels (Yellen, 1996 ; Lenoble, 2005 ; Bertran, 2010) : tout d'abord en identifiant ceux susceptibles d'avoir joué un rôle dans la formation du site (par une évaluation classique du contexte pédosédimentaire) puis en appliquant des tests adaptés ou des examens ciblés sur les vestiges afin de vérifier si, effectivement, ces processus ont réellement impacté les organisations initiales (relation entre la distribution des objets et la paléotopographie, granulométrie, fabriques, remontages à but taphonomique, états de surface, etc.).

Contexte pédosédimentaire : hypothèses de formation du site

La séquence stratigraphique observée sur l'emprise correspond à la superposition de trois horizons pédologiques qui surmontent la terrasse Fw2. On trouve de haut en bas (fig. 2a) :

- l'horizon cultivé actuel, développé sur un limon sableux brun pâle, d'une épaisseur moyenne de 35 cm ;
- un horizon éluvié, postérieurement brunifié par la pédogénèse actuelle et développé sur un limon sableux brun jaune clair à brun, sans élément grossier, d'une épaisseur de 20 à 40 cm ;
- un horizon argilique dégradé, à la base duquel s'insère le mobilier, qui s'est développé sur un limon sablo-argileux brun sombre au sommet, brun vif à la base, à graviers et petits galets siliceux dans sa partie inférieure, d'une épaisseur de 120 cm environ.

Aucune discontinuité stratigraphique ou figure synsédimentaire n'est perceptible au sein du volume contenant le mobilier lithique. Un réseau polygonal inframétrique de fentes blanchies, mal exprimé, s'est développé postérieurement à l'enfouissement des vestiges par dessiccation du sol. Aux échelles macro- et microscopiques, aucun trait cryogénique n'est associé à ce réseau. Horizontalement, la distribution de la fraction naturelle > 2 mm, estimée à partir de l'étude des refus de tamis de 114 sous-carrés répartis sur toute l'emprise, ne montre pas de concentration évidente. Verticalement, la fraction 2-10 mm décroit progressivement depuis le sommet de la terrasse, sans modification notable dans la nappe de vestiges (fig. 2b). Ces éléments grossiers peuvent avoir été transportés par les crues ou provenir de la redistribution des dépôts antérieurs par le colluvionnement ou la bioturbation. La distribution de la fraction < 2 mm montre que le sédiment contenant le mobilier est principalement composé

par un matériel limoneux centré autour de 20 μm, sans doute éolien, mélangé à une fraction sableuse locale (fig. 2c). Sur les trois lames minces provenant de la nappe de mobilier, cette fraction est composée par un assemblage homogène de particules quartzeuses postérieurement affecté par des traits illuviaux peu développés et en conformité avec la porosité (fig. 2d). Aucune figure de ruissellement, de déplacement en masse du sol ou de cryoturbation n'a été identifiée. Enfin, le signal vertical de la susceptibilité magnétique ne présente pas de variation importante dans l'horizon archéologique (fig. 2b).

Ces résultats confirment donc l'homogénéité de l'unité stratigraphique contenant la concentration lithique. Sans indicateur sédimentaire évident, il est difficile de circonscrire les processus responsables de

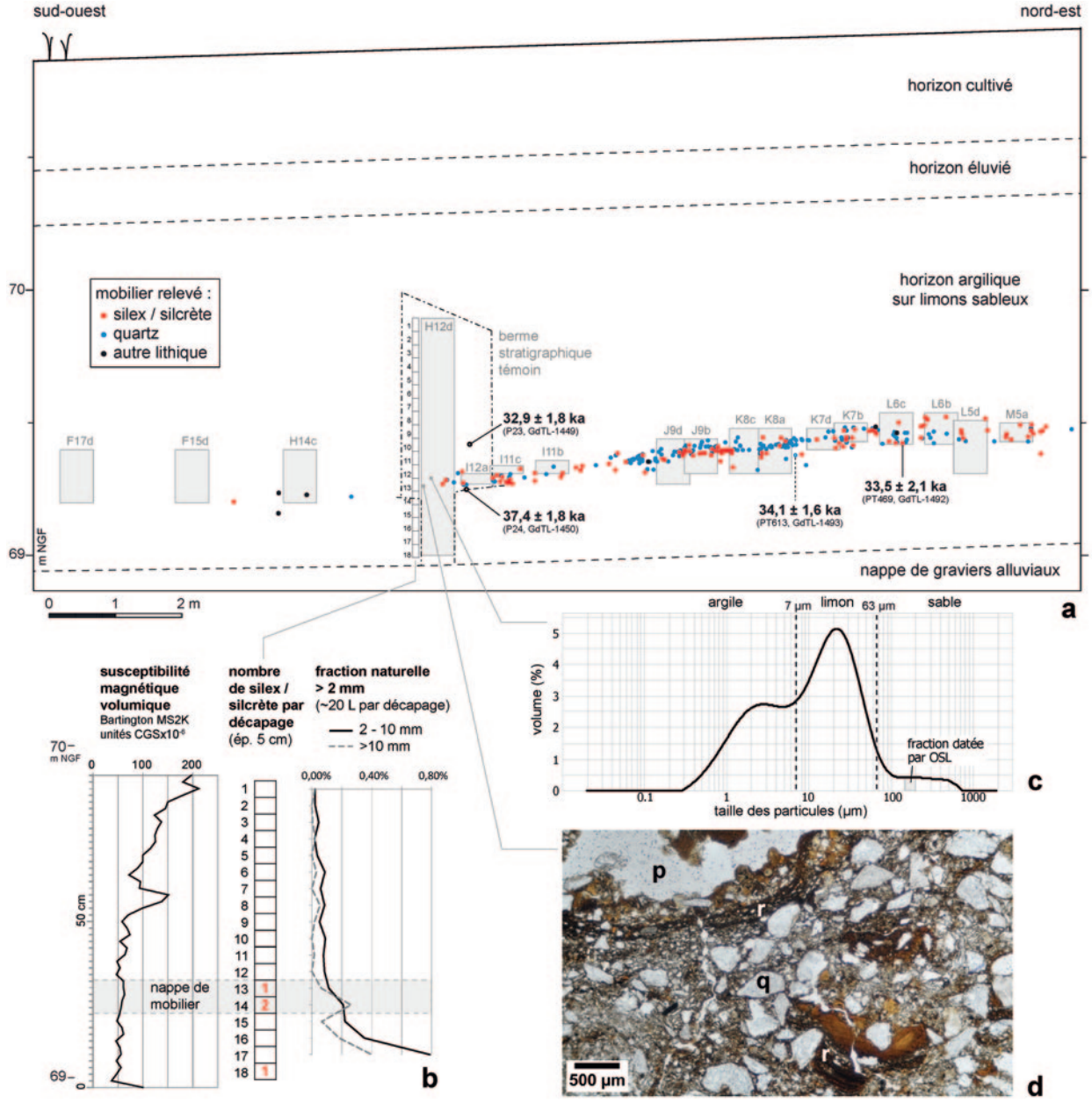


Fig. 2 – Contexte stratigraphique (DAO M. Rué). a : Insertion de la nappe d'objets dans la séquence stratigraphique. Hauteur multipliée par 4. Coupe orientée dans l'axe de la plus grande pente de la nappe. Projection du mobilier topographié présent sur une largeur de 2 m et d'une sélection de sous-carrés fouillés. Résultats des datations par OSL sur sables quartzeux et par TL sur quartz chauffé (Gliwice Absolute Dating Methods Centre). Détails dans Picavet *et al*., 2013 et Anderson *et al*., 2016. b : Évolution verticale de la susceptibilité magnétique et de la fraction naturelle > 2 mm. c : Distribution de la fraction < 2 mm par diffraction laser au sein de la nappe de mobilier. d : Organisation pédosédimentaire vue en lame mince (q : grain de quartz ;, p : pore ; r : revêtement illuvial).

Fig. 2 – *Stratigraphic context (CAD M. Rué). a: position of the concentration within the stratigraphic sequence. Depth multiplied by four. Profile oriented along the axis of the most significant slope of the concentration. Plotting of the recorded material present within a strip 2 m wide and from selected sub-units of square metres. Results from OSL dating carried out on quartz sands and TL dating on heated quartz (Gliwice Absolute Dating Methods Centre). Detailed information in Picavet* et al., *2013 and Anderson* et al., *2016. b: Vertical evolution of the magnetic susceptibility and of the > 2 mm natural fraction. c: Distribution of the < 2 mm fraction by laser diffraction within the occupation layer. d: Thin section of pedo-sedimentary organization (q: quartz grain; p: pore; r: alluvial coating).*

la fossilisation du site. L'hypothèse la plus probable est que l'ensevelissement se soit fait progressivement sous l'influence des processus de surface (bioturbation, gel/dégel, etc.), homogénéisant ainsi les différents apports. Plusieurs agents ont pu contribuer à cette aggradation (crues, ruissellement, vent, bioturbation). En raison de la position du site dans la plaine inondable du Lot et de la période concernée, les principales hypothèses à tester sont respectivement celles d'une redistribution des vestiges par les écoulements dans les premiers stades d'ensevelissement du site et d'une déformation de l'assemblage par les processus périglaciaires.

Taphonomie lithique

– *Distribution spatiale du mobilier et topographie*

Le mobilier se distribue autour d'un plan incliné d'environ 2° en direction du SO, conformément à la pente de la surface actuelle. Même si la concentration n'a pas été complètement dégagée par la fouille manuelle et qu'une partie a été entamée par la tranchée de diagnostic, la répartition des objets montre que l'on est en présence d'une nappe unique couvrant une surface subcirculaire d'environ 80 m^2 (fig. 3). Aucune structuration archéologique évidente de l'espace n'a été perçue pendant la fouille, ni organisation singulière des vestiges pouvant attester d'une redistribution par le ruissellement ou la cryoturbation. La distribution horizontale des vestiges par grande catégorie de taille et de matériaux permet de constater les premiers points suivants :

- dans la partie centrale de la concentration, les plus fortes densités de la fraction topographiée coïncident avec celles de la fraction tamisée. Dans la zone basse, les densités légèrement plus fortes peuvent témoigner de probables migrations d'objets en dehors de la concentration par le ruissellement ;
- la répartition de la totalité des éléments taillés par quart de mètre carré met en évidence différentes zones de plus forte densité (fig. 3). Cette organisation indique que les processus naturels n'ont pas complètement homogénéisé l'assemblage initial.

La dilatation verticale du mobilier est régulière et ne dépasse pas une douzaine de centimètres (fig. 2a). Les tamisages réalisés en H12d montrent que des éléments ont toutefois pu migrer le long des fentes ou des conduits biologiques (fig. 2b). L'analyse des fabriques n'était pas exploitable en raison d'un effectif de mesures trop faible.

– *Granulométrie lithique*

L'analyse granulométrique du mobilier a été réalisée selon le protocole proposé par P. Bertran et collaborateurs (Bertran *et al.*, 2012) sur la fraction > 2 mm provenant de 51 sous-carrés répartis sur la concentration (fig. 4). La distribution des silex et silcrètes obtenue indique un déficit de la fraction comprise entre 2 et 4 mm et renvoie l'échantillon dans la zone des premiers stades de résidualisation, en dehors de l'aire des débitages expérimentaux (fig. 4). Ce déficit en silex et silcrètes, basé sur une sélection représentant 21 % de la totalité des effectifs, peut s'expliquer en partie par la chaîne opératoire et la spécificité des activités menées sur le site. Il n'est plus apparent si l'on considère la fraction > 5 mm (fig. 4). Le ruissellement n'a donc vraisemblablement impacté que les plus petits éléments, n'oblitérant pas l'information archéologique.

– *Distribution de l'orientation des remontages*

L'analyse des remontages à but taphonomique nécessite un traitement de toutes les relations interobjets et pas seulement les relations chronologiques typiquement employées pour la lecture palethnologique et technologique (Cziesla, 1987). L'inclusion de toutes les relations inter-objets présente l'avantage de multiplier les liens, facilitant un traitement statistique, et permet de rester neutre quant à l'interprétation de celles-ci. En effet, les processus taphonomiques, qui vont contribuer à la réorganisation spatiale des objets, vont opérer indifféremment de l'homme ou encore de l'agencement chronologique des relations. Ici nous interrogeons donc la présence ou non d'axes préférentiels au sein du corpus de relations (Collcutt *et al.*, 1990).

Nous avons produit des diagrammes en rosaces en prenant en compte l'orientation des liaisons et non pas leur direction (retirant ainsi toutes notions de chronologie) sans les pondérer par leur longueur (fig. 5). Ces diagrammes sont en effet comparables à plusieurs échelles (intra- et intersite) et peuvent être évalués qualitativement ou par le biais de tests statistiques d'orientation préférentielle selon la méthode proposée par J. Curray (Curray, 1956).

La distribution des axes de remontages met en évidence une orientation préférentielle significative lorsque l'on prend en compte la totalité des silex et des silcrètes ($p < 0{,}05$; fig. 5). Cette orientation coïncide avec celle de la pente, ce qui conforte l'hypothèse d'une redistribution post-dépositionnelle des objets. Le fait que les éléments en quartz ne soient pas ou peu impactés par la pente peut s'expliquer en partie par leur morphologie non aplatie, les rendant moins sensibles au transport (Byers *et al.*, 2015). Différents processus taphonomiques peuvent introduire une orientation préférentielle dans les axes de remontage, mais un tel effet peut également être le résultat de la configuration générale d'un campement ou l'organisation des activités au sein de celui-ci.

– *États de surface*

L'analyse des états de surfaces des pièces a été conduite sur un échantillon représentatif de la série lithique lors de son étude (n > 200). La recherche de stigmates d'altération mécanique sur les bords et les nervures des pièces a donné des résultats disparates.

35 % des pièces montrent des bords altérés (ébréchures et esquillements) alors que les stigmates sont très faibles sur les nervures. Cela s'explique bien par le fait que l'utilisation de certaines d'entre elles a généré une altération mécanique des bords. Par ailleurs, une patine blanche est visible sur un quart du mobilier et un lustré d'origine chimique se présente sur la totalité des pièces, mais sans polarisation de celles-ci. Les stigmates liés à l'alternance gel/dégel sont absents (Stapert, 1976), observation qu'il faut pondérer en raison de la taille réduite des pièces. Notons que la matière première privilégiée (les silcrètes) à « Brignol » est pourtant sensible à la gélifraction. Les altérations mécaniques et physico-chimiques, décelables sur les bords et les nervures/surfaces des objets, empêchent une lecture microscopique précise des traces, mais une lecture fine des macro-traces est toutefois possible. L'ensemble de ces données suggère ainsi que la phase d'enfouissement ait pu s'opérer dans un délai relativement court après l'abandon du site.

Conclusion

Les indicateurs taphonomiques pris en compte montrent que les processus géomorphologiques n'ont pas complètement modifié l'organisation initiale. D'après l'analyse granulométrique et l'orientation des

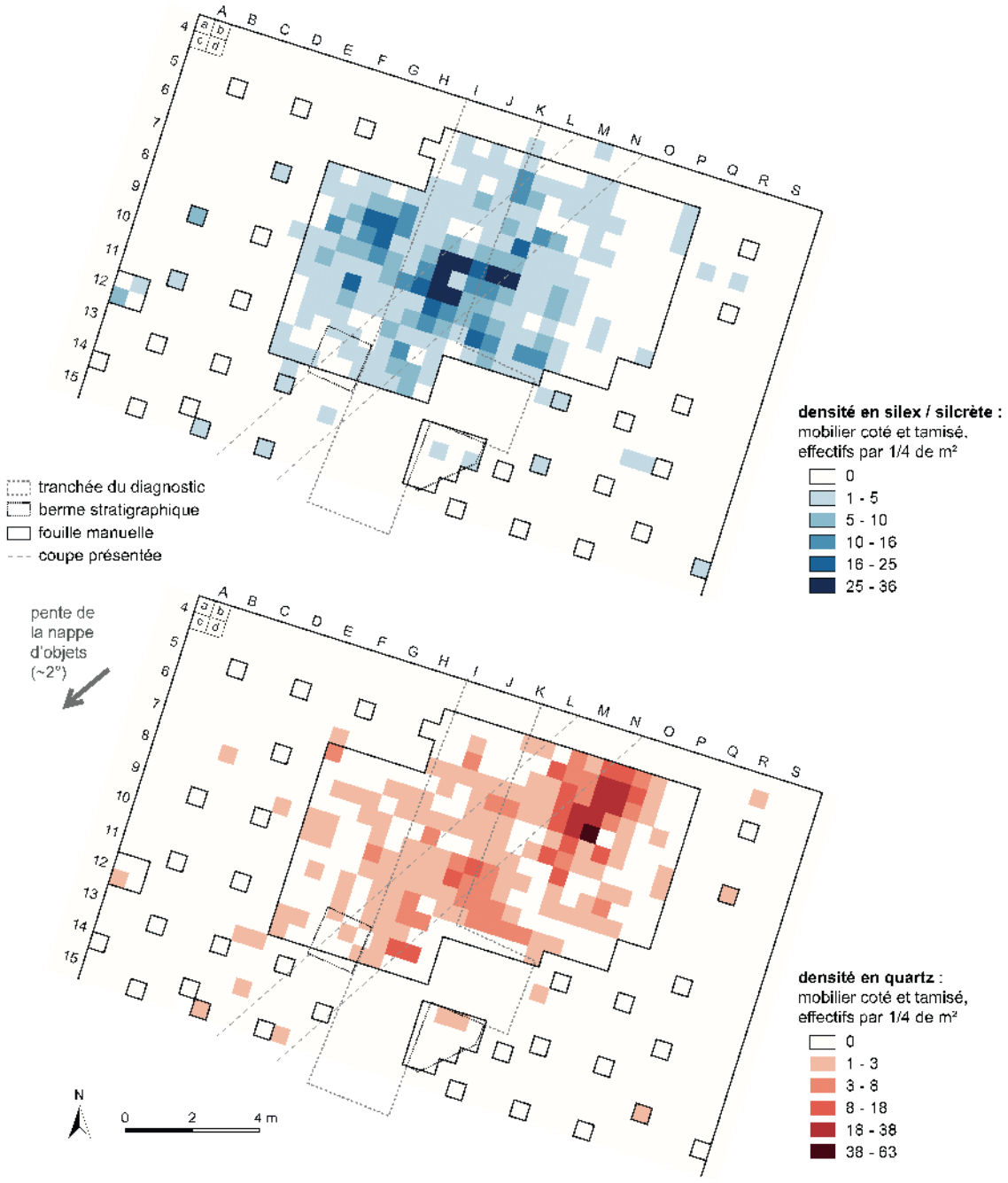


Fig. 3 – Plans des densités en silex et quartz par quart de mètre carré (DAO L. Anderson, M. Rué).
Fig. 3 – *Maps of the flint and quartz densities by quarter of a square metre (CAD L. Anderson, M. Rué).*

remontages, le ruissellement semble avoir modérément impacté les vestiges, redistribuant une part limitée des objets en dehors de la concentration. L'impact des crues du paléo-Lot semble peu probable. Aucun indice évident de cryoturbation n'a été décelé. Ces premiers constats autorisent donc une lecture palethnologique de l'espace considéré.

ANALYSE PALETHNOLOGIQUE

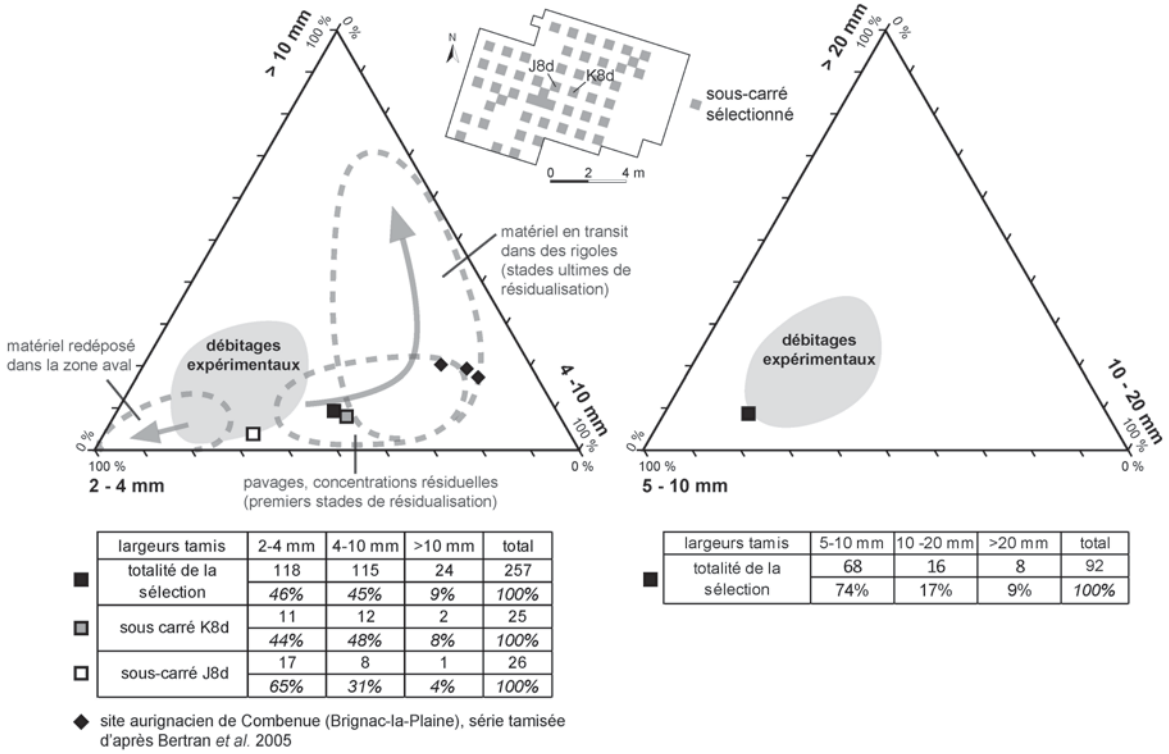
En tenant compte du potentiel des perturbations, du spectre réduit de gestes mis en exergue et des attentes organisationnelles qui découlent des données ethno-archéologiques, nous avons décidé d'appréhender l'analyse spatiale en trois temps. À l'instar d'A. Clark (Clark, 2015, 2016 et 2017), nous considèrerons d'abord la nature de l'organisation générale du matériel lithique par quart de mètre carré, suivi par des densités différentielles par catégorie d'objet suivant N. Alperson-Alfi et collaborateurs (Alperson-Afil *et al*., 2007 et 2009). Comme dernière étape, nous introduirons la notion de temporalité dans notre lecture en intégrant les données spatiales issues de l'étude des remontages.

Nature générale de la distribution

Alors que l'analyse dimensionnelle de la variance et les méthodes apparentées (Whallon, 1973 ; Newell et Dekin, 1978 ; Blankholm, 1991 ; Djindjian, 1991 ; Lenoble *et al*., 2003 et 2008 ; Bertran *et al*., 2005) ont souvent été considérées comme pertinentes pour distinguer les distributions aléatoires ou insulaires, nous préférons ne pas les employer ici puisqu'elles s'avèrent contraignantes et risquées dans leur application (Whallon, 1984 ; Blankholm, 1991). Nous privilégions en revanche des méthodes de visualisation et des protocoles statistiques simples (Whallon, 1987) afin de définir et comprendre la nature de l'organisation spatiale.

Comme vu précédemment, les plans de densités de mobilier par quart de mètre carré montrent une distribution insulaire des vestiges (fig. 3). L'histogramme des densités par quart de mètre carré souligne également cet aspect (fig. 6a). En effet, il montre une surreprésentation de sous-carrés ayant peu de vestiges (0 à 5) et un étalement des sous-carrés ayant plus de vestiges (> 5). Une comparaison visuelle avec une distribution de Poisson (fig. 6a) suggère que la distribution des vestiges n'est pas aléatoire.

Alors que l'évaluation visuelle de l'histogramme des densités par quart de mètre carré et sa comparaison avec une distribution de Poisson (fig. 6a) permet de supposer que les vestiges ne sont pas organisés de manière aléatoire, l'utilisation du coefficient de Gini (Lorenz, 1905 ; Gini, 1921) nous permet de quantifier le degré d'uniformité de leur répartition. Le calcul de ce coefficient est typiquement utilisé pour évaluer l'inégalité des revenus. Nous l'avons adaptée en



largeurs tamis	2-4 mm	4-10 mm	>10 mm	total
totalité de la sélection	118	115	24	257
	46%	*45%*	*9%*	*100%*
sous carré K8d	11	12	2	25
	44%	*48%*	*8%*	*100%*
sous-carré J8d	17	8	1	26
	65%	*31%*	*4%*	*100%*

◆ site aurignacien de Combenue (Brignac-la-Plaine), série tamisée d'après Bertran *et al.* 2005

largeurs tamis	5-10 mm	10 -20 mm	>20 mm	total
totalité de la sélection	68	16	8	92
	74%	17%	9%	*100%*

Fig. 4 – Distribution granulométrique du mobilier en silex (DAO M. Rué, P. Tallet). Diagramme ternaire des classes dimensionnelles d'après Lenoble, 2005 et Bertran *et al*., 2012. Les deux sous-carrés J8d et K8d situés au centre de la concentration sont les plus riches de la sélection opérée mais leurs effectifs restent trop faibles pour pouvoir être considérés.
Fig. 4 – *Grain size distribution of the flint material (CAD M. Rué, P. Tallet). Ternary diagramme of dimensional classes after Lenoble, 2005 and Bertran* et al.*, 2012. The two sub-squares J8d and K8d, located in the center of the concentration, are the richest of the sample, but their numbers are not significant enough to be taken into consideration.*

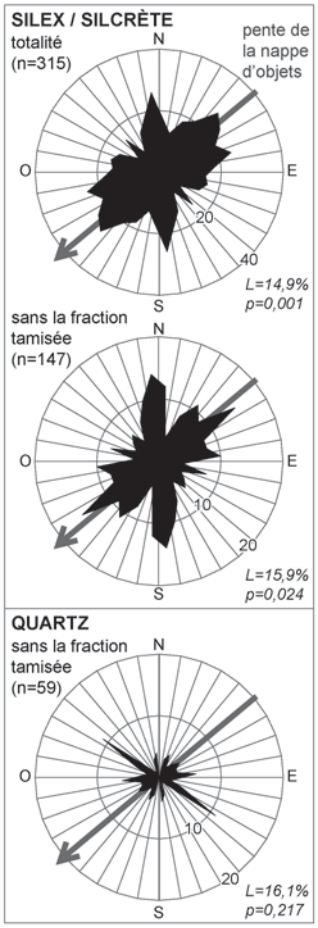


Fig. 5 – Distribution de l'orientation des axes de remontages (DAO L. Anderson, M. Rué). L : intensité de l'orientation préférentielle (vector magnitude) d'après Curray, 1956. p : probabilité pour que la distribution des orientations soit le seul fait du hasard.
Fig. 5 – *Distribution of refit axis orientations (CAD L. Anderson, M. Rué). L: intensity of preferential orientation (vector magnitude) after Curray, 1956. p: probability that the distribution of the orientations is totally haphazard.*

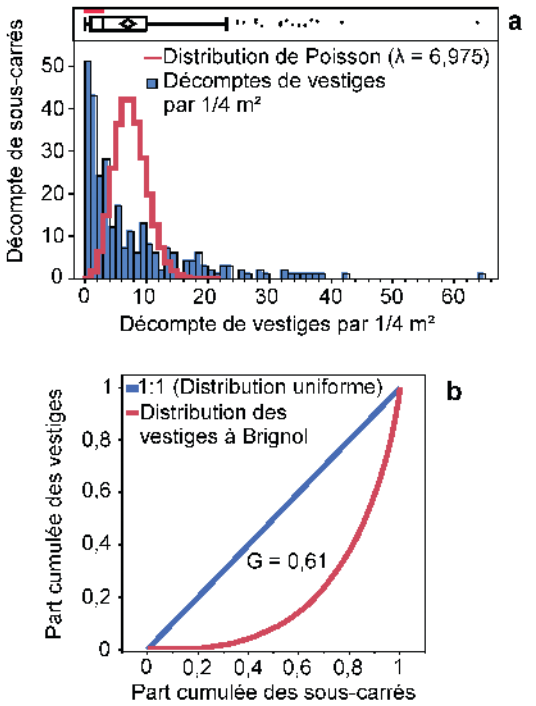


Fig. 6 – Nature de la distribution spatiale des vestiges à « Brignol » (DAO L. Anderson).
Fig. 6 – *Nature of the spatial distribution of the remains at "Brignol" (CAD L. Anderson).*

suivant A. Clark (Clark, 2015 et 2017), afin de quantifier la dispersion des artefacts par quart de mètre carré dans la nappe de vestiges. Le coefficient calculé varie entre 0 et 1. Un coefficient de 0 signale une distribution parfaitement homogène tandis qu'un coefficient de 1 signale une distribution parfaitement déséquilibrée. Bien que peu usitée en archéologie à ce jour, cette mesure a l'avantage d'être simple et permet des comparaisons aisées entre sites. Le résultat pour « Brignol » (G = 0,61) nous indique que la répartition spatiale n'est pas uniforme et tend vers l'inégalité, voire l'insularité (fig. 6b).

Densité générale et différentielle des vestiges

Pour étudier l'organisation interne de ces concentrations, nous avons décidé d'explorer la densité générale de matériel en utilisant la méthode de l'estimation par noyau. Puisqu'une des activités importantes à « Brignol » est la production de grattoirs Caminade, nous avons utilisé les données connues expérimentalement sur les amas de taille (Newcomer et Sieveking, 1980 ; Vemming Hansen et Madsen, 1983 ; Boëda et Pelegrin, 1985 ; Collcutt *et al.*, 1990 ; Lenoble *et al.*, 2003) pour définir le rayon optimal pour la construction de nos contours de densité. Ainsi, nous avons choisi un rayon de 50 cm, ce qui se traduit par des amas de taille ayant un diamètre théorique d'un mètre. Seuls les vestiges cotés ont été pris en compte pour établir la carte des contours de densité générale (fig. 7a), la correspondance entre celle-ci et la carte de densité par quart de mètre carré de l'ensemble du mobilier tamisé et coté (fig. 3) étant satisfaisante.

L'examen des densités de vestiges par quart de mètre carré (fig. 3) permet de proposer une première lecture de ces différentes concentrations. La grande concentration au NE de la nappe de vestiges correspond à la zone de plus forte densité de quartz (fig. 7d), alors que la grande concentration centrale et les deux plus petites au NO de celle-ci correspondent aux zones de plus fort abandon de vestiges en silex et en silcrète (fig. 7b). Cette distinction semble être statistiquement valide (fig. 8a).

Un tri granulométrique et une différenciation spatiale entre les concentrations de matériel taillé pourraient être le résultat du ruissellement déjà identifié

(partie 3). Pour confirmer cette hypothèse, nous avons exploré la relation entre la taille des silex/silcrètes et les concentrations de vestiges, en prenant en compte cette fois-ci l'ensemble du mobilier taillé et en suivant l'idée que si le ruissellement était en cause, les plus petits éléments auraient migré en dehors de ces concentrations. Or cela n'est pas entièrement le cas (fig. 8b-d) :

- les zones de haute densité présentent une légère surreprésentation statistique d'objets inférieurs à 1 cm et une sous-représentation statistique d'objets supérieurs à 3 cm (fig. 8b) ;
- les zones de basse densité présentent une légère surreprésentation statistique des objets inférieurs à 3 cm et une forte surreprésentation statistique des objets supérieurs à 3 cm (fig. 8b).

Ces résultats confirment donc que le ruissellement n'a pas introduit de biais importants dans l'organisation générale des différentes concentrations de vestiges

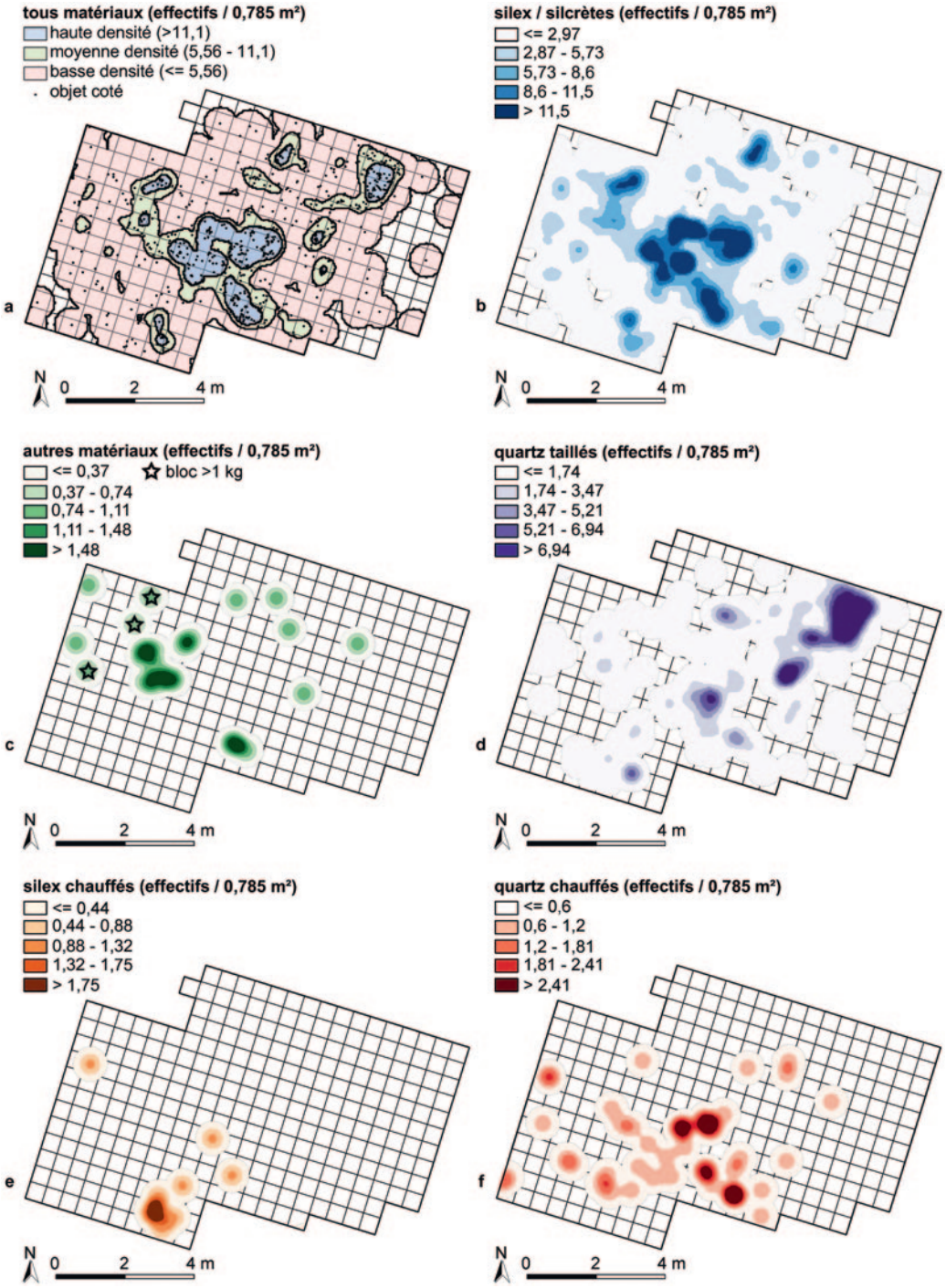


Fig. 7 – Contours de densité de différentes catégories de vestiges (DAO L. Anderson).
Fig. 7 – *Density contours of different categories of material (CAD L. Anderson).*

supérieurs à 5 mm. Ils soulignent également un tri par taille entre les zones de plus forte concentration en silex et silcrète (fig. 8c-d) :
- les vestiges inférieurs à 1 cm se retrouvent surtout dans la concentration centrale et dans une deuxième concentration au NO de celle-ci (fig. 8c) ;
- les vestiges supérieurs à 3 cm se retrouvent en dehors des zones de haute densité et plus spécifiquement dans la concentration au nord de la nappe de vestiges (fig. 8d).

Ces différences de taille correspondent à la spatialisation des différents objectifs de production (section 4.3).

Les vestiges en autres matériaux que silex/silcrètes ou quartz se concentrent majoritairement dans la moitié NO de la nappe des vestiges (fig. 7c). Parmi ces vestiges, trois blocs alignés de masse supérieure à 1 kg, apportés intentionnellement sur le site, sont probablement à associer à des aménagements techniques et/ou domestiques.

La présence des objets chauffés intentionnellement et accidentellement sur le site nous permet d'émettre l'hypothèse de l'existence d'au moins un foyer « en place » (*sensu* Wattez, 2004) pendant l'occupation du site. En l'absence de véritables soles à « Brignol », il est impossible de définir l'emplacement de ce(s) foyer(s) hypothétique(s) avec certitude. Les densités de matériel chauffé, suivant N. Alperson-Afil et collaborateurs (Alperson-Afil *et al.*, 2007 et 2009) nous permettent néanmoins d'explorer la spatialisation des différents témoins de combustion et de mener une réflexion sur les différentes hypothèses qui pourraient expliquer leur organisation.

Malgré l'effectif réduit des silex brûlés (n = 11), une majorité de ceux-ci (n = 7, dont trois raccordent entre eux) se retrouve dans une seule concentration restreinte au SO de la nappe de vestiges (fig. 7e). Nous proposons ainsi la présence d'une structure indifférenciée liée au feu (foyer « en place », lessivé ?, vidange ?, etc.) aux alentours de cette concentration.

La distribution des quartz chauffés est plus difficilement interprétable (fig. 7f). Les silex et silcrètes sont brûlés accidentellement tandis que les quartz semblent être, au moins en partie, chauffés intentionnellement. Les données ethnoarchéologiques sur le *stone-boiling* soulignent le fait que son utilisation nécessite la présence d'au moins deux structures liées à cette activité : un foyer qui sert à chauffer les galets et un ou plusieurs aménagements pour contenir le liquide à chauffer (Thoms, 2008). Pourtant, l'utilisation des pierres dans des structures de combustion n'est pas rare pendant le Paléolithique récent (Olive, 1997 ; Dumarçay et Caron, 2010 ; Julien et Karlin, 2014) et des foyers à galets importants sont connus dans les phases récentes de l'Aurignacien, notamment les foyers W, X et Y de la couche 7 de l'abri Pataud (Movius, 1966 et 1977, p. 105-112). Alors qu'une utilisation de la technique du *stone-boiling* nécessiterait un mouvement intentionnel des galets entre le lieu de chauffe et le lieu d'utilisation, les aménagements nécessaires pourraient se chevaucher complètement (par exemple, un récipient en peau suspendu par-dessus le foyer pour chauffer les galets) ou pas du tout, et le

a

Décompte, Attendu, χ2	Quartz	Silex / Silcrète	Total
Concentration centrale	76 139,9 29,2	399 335,1 12,1	475
Concentration nord-est	96 32,1 127,2	13 76,9 53,1	109
Total	172	412	584
χ2 (*ddl* = 1, *n* = 584) = 221,645 ; *p* < 0,0001			

b

Décompte, Attendu, χ2	< 1 cm	< 2 cm	< 3 cm	> 3 cm	Total
Zone de haute densité	102 86,7 2,7	154 147,1 0,3	28 35,9 1,8	25 39,3 5,2	309
Zone de moyenne densité	48 54,7 0,8	101 92,8 0,7	22 22,7 0,02	24 24,8 0,03	195
Zones de basse densité	55 63,7 1,2	93 108,1 2,1	35 26,4 2,84	44 28,9 7,9	227
Total	205	348	85	93	731
χ2 (*ddl* = 6, *n* = 731) = 25,584 ; *p* = 0,0003					

surreprésentation p < 0,01
surreprésentation p < 0,1
sous-représentation p < 0,05
sous-représentation p < 0,01

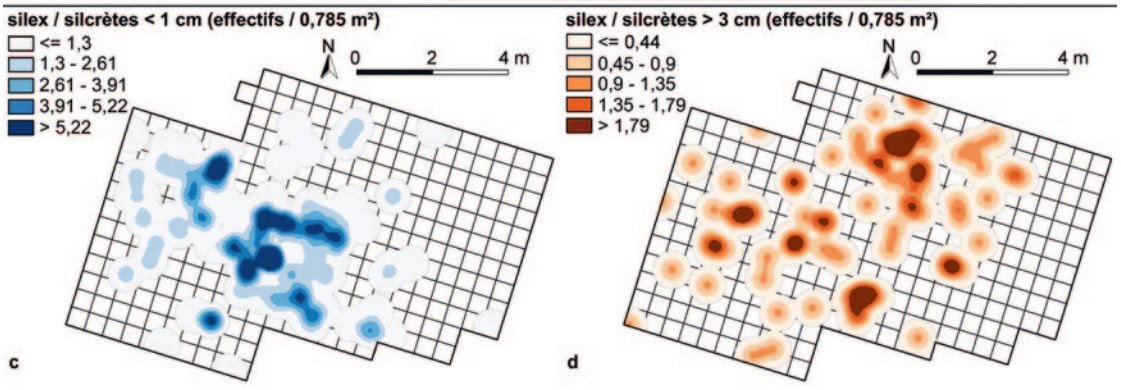


Fig. 8 – a et b : tableaux de contingence pour distributions des silex, quartz et de la granulométrie des silex ; c et d : contours de densité de différentes catégories granulométriques des silex (DAO L. Anderson).
Fig. 8 – *a and b: contingency tables for flint and quartz as well as flint grain sizes; c and d: density contours of different grain size categories of flint (CAD L. Anderson).*

récipient en question pourrait ne laisser aucun témoin matériel. Nous reprendrons cette réflexion dans la section 4.4 et nous nous contentons ici d'avancer quelques observations sur la répartition des quartz chauffés. Tout d'abord leur distribution est lâche, mais se concentre tout de même dans la zone centrale de la nappe où l'on trouve les plus fortes densités de petits silex/silcrètes (fig. 7b ; fig. 8c) et où se rassemble également l'intégralité de la production de grattoirs Caminade (cf. section 4.3, fig. 10a et fig. 11). Ensuite, la distribution lâche des quartz chauffés (fig. 7f) semble en quelque sorte lier la zone centrale avec la structure indifférenciée liée au feu (fig. 7e) au SO.

L'apport des remontages

Les remontages nous permettent de prendre en compte le facteur temps. En effet, les taux de remontage en matériaux siliceux (fig. 9a), croisés avec les autres données déjà décrites, semblent appuyer une occupation relativement bien circonscrite dans le temps et dans l'espace.

La majorité de la production concerne un schéma lamellaire, ce qui ne produit pas de véritables amas. L'estimation des lieux de production *in situ* nécessite donc une méthodologie particulière. Ici, nous avons modifié une démarche d'analyse décrite par A. Clark (Clark, 2015, 2016 et 2017) en intégrant certains aspects de la méthode *ring and sector* (Stapert, 1989). Au vu des données expérimentales (Newcomer et Sieveking, 1980 ; Vemming Hansen et Madsen, 1983 ; Boëda et Pelegrin, 1985 ; Collcutt *et al*., 1990 ; Lenoble *et al*., 2003) et de celles relevées par les études ethnoarchéologiques (Binford, 1978b ; O'Connell, 1987), nous avons exploré la structuration des concentrations par lot de remontage en privilégiant la localisation des petits vestiges présents au sein de celles-ci.

L'histogramme des distances entre chaque objet remonté (fig. 9b) a fourni les jalons avec lesquels nous restituons l'emplacement hypothétique des « amas ». Le pic entre 0 et 1 m correspondrait au cœur des amas (fig. 9b). Le milieu de la concentration la plus dense en vestiges est donc défini comme épicentre pour chaque lot de remontages concerné et un diagramme en forme de cible est ensuite superposé, avec des cercles concentriques correspondant à la zone 1 (le cœur de l'amas ayant 1 m de diamètre), la zone 2 (objets à moins d'un mètre de la zone 1), la zone 3 (objets à moins de 2 m de la zone 1) et la zone 4 (objets à plus de 2 m de la zone 1).

Les histogrammes produits avec ces diagrammes de cible (fig. 9c) se rapprochent de la distribution générale des distances entre objets remontés (fig. 9b). La grande majorité des éléments de chaque remontage (essentiellement des objets de petite taille, < 1 cm et < 2 cm) se retrouve dans la zone 1 et 2 (fig. 10a). Les objets de plus grande taille peuvent se retrouver également dans ces zones, qui correspondent souvent aux produits d'entame ou au nucléus lui-même. Ces résultats et l'aspect centripète des projections des remontages en plan (fig. 10a) nous permettent d'estimer l'emplacement initial le plus probable des postes de taille de grattoirs Caminade.

La superposition des cœurs d'amas estimés sur six blocs (de 9 jusqu'à 48 objets – 28,8 objets en moyenne par séquence) (fig. 10a) a permis d'identifier trois postes de taille de grattoirs Caminade. Il est à noter également que l'intégralité des treize opérations productives de production de grattoirs Caminade (trois sans nucléus ; dix avec nucléus, dont huit avec remontages et six avec remontages importants) se retrouve associée avec au moins un des trois postes de taille identifiés. Ce décompte exclut les cinq grattoirs Caminade en silex d'aspect jaspéroïde qui sont clairement débités avant leur importation dans l'espace fouillé. Deux de ces grattoirs Caminade remontent ensemble

a

Matière	Objets	% d'objets remontables	% d'objets de l'ensemble
Silex / Silcrète	239	32,7 % (de 731)	19,2 % (de 1242)
Quartz	71	22 % (de 320)	9,1 % (de 781)

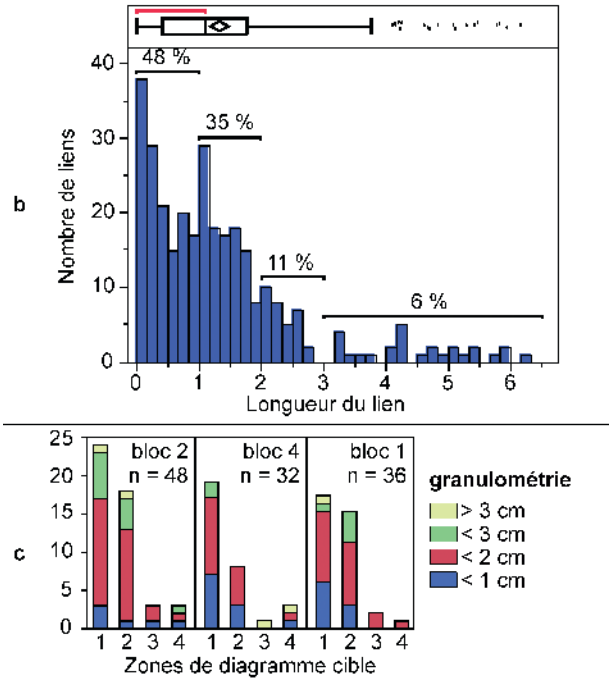


Fig. 9 – Données de remontages. a : tableau de remontages. La colonne « objets » indique le nombre total d'objets faisant partie d'un remontage ou d'un raccord (par catégorie de matière). La colonne « % d'objets remontables » présente le taux de remontage en excluant les débris et esquilles indéterminés < 1 cm, et plus souvent < 0,5 cm, car il est quasi impossible de remonter une telle catégorie d'objets. La colonne « % d'objets de l'ensemble » présente le taux de remontage en intégrant tous les vestiges, y compris les débris et esquilles indéterminés susmentionnés. b : Distribution des longueurs des remontages des silex et des silcrètes ; c : trois lots de remontage (production de grattoirs Caminade) traités avec diagramme en forme de cible (DAO L. Anderson).

Fig. 9 – *Data obtained from the refittings. a: table of the refittings. The "objets" column indicates the total number of objects integrated into a refit or conjoin (by category of material). The "% d'objets remontables" column presents the percentage of refits excluding indeterminate fragments and debris < 1 cm, and more often < 0,5 cm, as this category of object is nearly impossible to refit. The "% d'objets de l'ensemble" column presents the percentage of refittings taking into account all the remains, including the aforementioned indeterminate fragments and debris; b: distribution of flint and silcrete refit lengths, c: three groups of refittings (production of Caminade endscrapers) treated with target diagramme (CAD L. Anderson).*

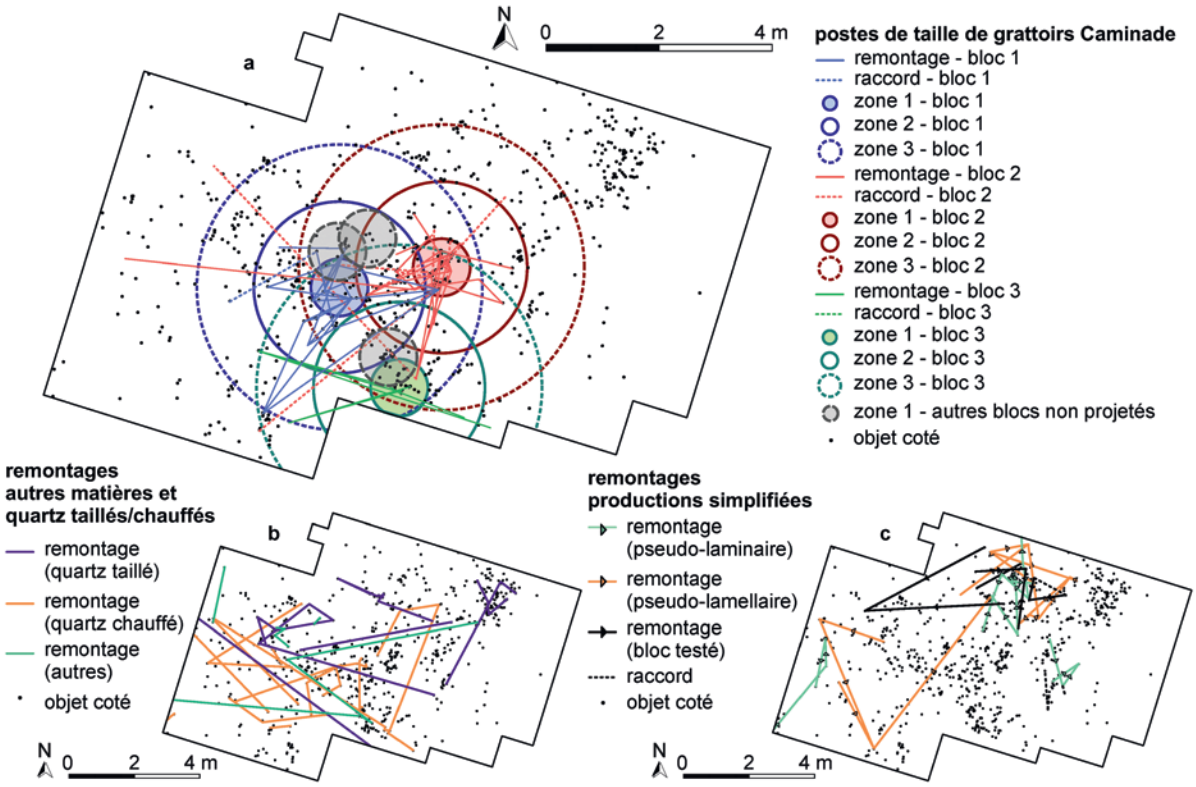


Fig. 10 – Trois postes de taille (synchrones ?) de grattoirs Caminade. a : avec diagrammes en forme de cible ; b : remontages en quartz (taillés et chauffés) et calcaire gréseux ; c : remontages des productions simplifiés et blocs testés (DAO L. Anderson).
Fig. 10 – *Three (simultaneous ?) production areas of Caminade endscrapers. a: represented by target diagrammes; b: refittings of quartz (knapped and heated) and sandy limestone; c: refittings of the simplified productions and tested blocks (CAD L. Anderson).*

et lient l'amas des blocs 3 et 4 au sud avec la structure de combustion indifférenciée au SO. L'organisation relative des postes fournit aussi un résultat probant – les cœurs estimés sont espacés l'un de l'autre par une distance d'environ 1 m (fig. 10a) :
- trois blocs quasi entièrement remontés, une courte séquence et deux nucléus isolés se superposent approximativement au NO ;
- deux blocs quasi entièrement remontés et deux courtes séquences se superposent approximativement au sud ;
- un bloc quasi entièrement remonté et deux courtes séquences se superposent approximativement au NE.

Il est tentant d'avancer l'interprétation que l'espacement régulier d'environ 1 m entre les cœurs de ces trois postes implique une utilisation synchrone de ceux-ci, au moins pour quelques séquences. Une utilisation synchrone des trois postes permettrait de proposer un nombre minimum de trois individus sur cette partie du site durant au moins une partie de l'occupation.

Deux postes de taille lamino-lamellaires simplifiés se retrouvent respectivement à environ 1 m à l'est et à environ 2 m à l'ouest des aires de production de grattoirs Caminade (fig. 10c ; fig. 11). À 2 m au nord des aires de production de grattoirs Caminade, se situe un troisième poste pseudo-laminaire qui serait aussi un lieu de test et de tri de blocs/fragments de blocs (fig. 10c ; fig. 11).

Il est à noter que l'hypothèse de la distinction entre les postes de taille de grattoirs Caminade et les aires dévolues à la production lamino-lamellaire simplifiée est également étayée par les données petroarchéologiques. Bien qu'un fond général de silcrète soit visible partout sur le site, puisque c'est la matière la plus exploitée, la gestion des autres matières premières appuie la sectorisation des opérations dans l'espace. Comme déjà évoqué, les productions simplifiées et les blocs testés concernent seulement les silcrètes et silex du Santonien de moyenne à mauvaise qualité. Les productions de grattoirs Caminade concernent à la fois des silcrètes, mais proportionnellement plus de silex de meilleure qualité issus de sources plus lointaines. Ainsi, le regroupement de certaines catégories de matériaux au sein de la concentration montre que la cryoturbation ou le ruissellement ne peuvent être seuls à l'origine de ce partitionnement, même si ces processus ont pu secondairement l'accentuer en générant des vides relatifs de mobilier.

Une aire principale de taille de quartz se retrouve dans la plus grande concentration au NE de la nappe. De plus, le mouvement des objets depuis cette aire principale vers les différentes zones du site est souligné par la présence des remontages (fig. 10b ; fig. 11). Cette concentration est vraisemblablement une

aire où les galets sont introduits sur les lieux, triés, et en partie exploités. Les remontages en quartz chauffés n'apportent guère plus à la lecture que l'analyse des densités de cette même catégorie d'objets (fig. 7f) : la grande majorité des liens se trouvent au sud de la nappe (fig. 10b).

La fragmentation d'un macro-outil en calcaire gréseux, associé avec quelques éclats retrouvés à proximité des blocs volumineux (fig. 10b ; fig. 11), nous permet de supposer une aire d'utilisation autour de ces derniers (fig. 11).

Synthèse palethnologique

Le site de « Brignol », malgré sa petite taille et une absence de structuration évidente lors de la fouille, présente donc une organisation spatiale et une structuration latente relativement cohérentes (fig. 11).

L'activité principale menée sur les lieux, à savoir la production des grattoirs Caminade, s'effectue au sein de trois postes de taille au milieu de la nappe et concerne les silcrètes et proportionnellement plus de silex de qualité élevée par rapport aux autres productions (fig. 11). Bien que les grattoirs Caminade se retrouvent éparpillés sans véritable concentration, 94 % de ces objets se retrouvent au SO de la frontière dessinée par la limite NE des aires dévolues à leur production. Cette frontière marque la limite de la dispersion de ces microlithes sur le site, même si l'organisation au sein de cette aire de dispersion est plus difficilement interprétable. Cela est sans doute lié à leur possible fonction en tant qu'élément d'un couteau composite (Anderson *et al.*, 2016), leur position pouvant donc relever d'activités d'utilisation, d'emmanchement et de ré-emmanchement, mais également à leur petite taille, les rendant plus sensibles au ruissellement. Une bonne proportion des mouvements depuis les postes de taille de grattoir Caminade est représentée par des objets déposés en aval de ceux-ci, autour de la possible structure indifférenciée liée au feu et plus rarement en amont, vers la concentration principale des quartz taillés.

Deux aires de tri et de production en matières exclusivement locales se trouvent au nord de la nappe, une dévolue au traitement initial (?) des silex du Santonien et silcrètes (à l'ouest) et une deuxième dévolue au traitement des galets de quartz (à l'est ; (fig. 11). Des productions lamino-laminaires simplifiées sont aussi menées dans la première aire et elles s'effectuent également à l'est et à l'ouest des postes de taille lamellaires (fig. 10b ; fig. 11). Cela souligne que les productions simplifiées à savoir-faire moyen sont excentrées spatialement au nord, à l'est et à l'ouest des postes de taille du cœur de la nappe, ces derniers étant caractérisés par un savoir-faire compétent.

Dans la partie NO de la nappe, nous retrouvons une association spatiale entre une bonne proportion de l'outillage laminaire et une large proportion des éléments en calcaire gréseux et autres matériaux (fig. 11). Au sein de la zone d'abandon de l'outillage laminaire se trouvent un grattoir sur éclat laminaire

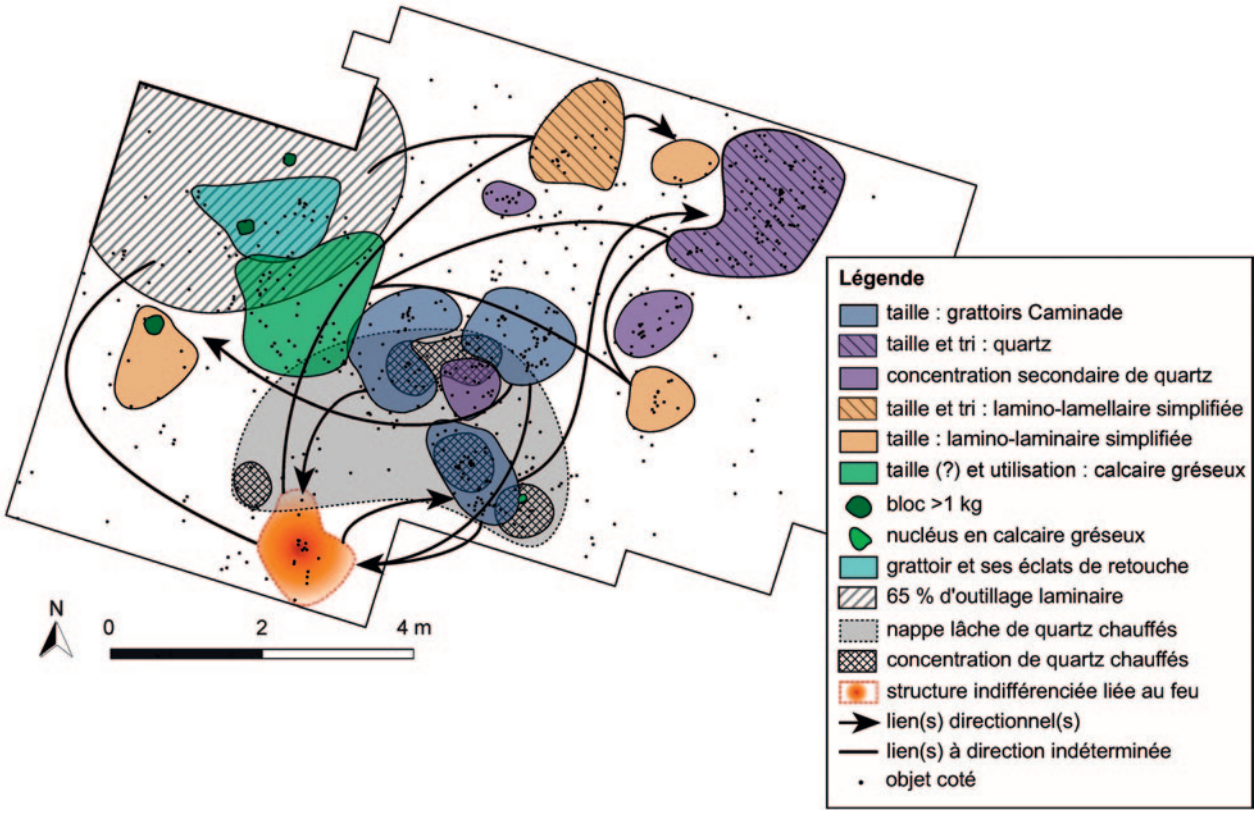


Fig. 11 – Synthèse palethnologique de l'organisation spatiale à « Brignol ».
Fig. 11 – *Palethnological overview of the spatial organisation at "Brignol".*

raccordé et ses éclats de retouche, ce qui indique que cet espace est également dévolu à l'utilisation et au ravivage de ces mêmes outils. Une véritable association fonctionnelle, au-delà de la simple association spatiale, avec les calcaires gréseux est cependant plus difficile à argumenter.

Les témoins de combustion à « Brignol », bien que présents majoritairement sous forme de roches siliceuses, nous permettent de réfléchir à la présence d'une ou de plusieurs structures de combustion au sein du site. Rappelons que les silex chauffés sont peu nombreux, mais se concentrent au SO de la nappe (fig. 7e ; fig. 11), alors que les quartz chauffés sont plus nombreux, mais sont distribués de manière plus lâche (fig. 7f ; fig. 11), avec une concentration néanmoins plus forte dans la zone centrale de la nappe associée aux postes de taille de grattoirs Caminade (fig. 11). Nous pouvons évoquer plusieurs hypothèses à partir de ces observations, ces dernières suggérant qu'un ou plusieurs foyers « en place » (*sensu* Wattez, 2004) ont sans doute existé pendant l'occupation du site, malgré l'absence d'une sole ou de vestiges organiques brûlés bien conservés.

Une première hypothèse consiste à penser que ces éléments chauffés résultent tous de vidange(s) d'un ou plusieurs foyers situés en dehors de la zone fouillée. Cette proposition rentre toutefois en contradiction avec la localisation préférentielle des vestiges chauffés au cœur de la nappe et leur relation spatiale avec d'autres activités (cf. *infra*), mais ces arguments sont insuffisants pour écarter complètement cette première hypothèse.

Une deuxième hypothèse consiste à proposer l'existence d'au moins deux structures liées à la combustion : une au centre de la nappe (quartz) et une deuxième au SO (silex), entretenant ou non une relation de complémentarité. Dans ce cas, plusieurs configurations sont possibles, dont les plus évidentes sont : deux véritables foyers à vocations distinctes ; une relation hiérarchique entre un foyer et une vidange.

Trois arguments soutiennent la deuxième configuration, au moins théoriquement.

D'abord, l'asymétrie des concentrations, qui apparaît de manière frappante. D'une part, l'effectif réduit de silex chauffés est excentré, mais concentré (fig. 7e ; fig. 11), d'autre part les quartz chauffés se localisent de manière plus centrale, mais sont également plus dispersés (fig. 7f ; fig. 11). Une telle asymétrie pourrait indiquer que l'on soit respectivement en présence d'une structure de type vidange (silex) et une deuxième de type foyer (quartz). Le foyer hypothétique serait ainsi au centre de l'occupation, autour duquel la taille des grattoirs Caminade est effectuée. Les autres activités seraient quant à elles plus excentrées.

Ensuite, comme les foyers à pierres ou à galets connus à l'Aurignacien ou à d'autres périodes peuvent être importants (Movius, 1966 et 1977 ; Olive 1997) et potentiellement utilisés tout au long d'une occupation (même durant une occupation courte), un entretien et un démantèlement progressif de ces foyers pourraient également expliquer l'aspect lâche de la répartition des quartz chauffés.

Finalement, la structure indifférenciée au SO semble être un point « gravitationnel » assez fort au sein de la nappe, étant liée par plusieurs remontages aux autres secteurs du site (fig. 11). Comme la zone autour de la structure indifférenciée semble être relativement dépourvue d'activités clairement effectuées *in situ* par rapport aux autres secteurs (les silex chauffés étant des éléments d'entretien issus de productions effectuées ailleurs, des déchets indéterminés ou encore un outil abandonné), il est possible que cette concentration au SO correspondent à un rejet d'éléments chauffés et non chauffés à travers une action non liée à leur utilisation, mais liée à un autre type de geste, potentiellement de vidange.

Bien que l'idée d'une relation foyer/vidange est tentante, elle reste donc hypothétique. Plusieurs observations s'orientent vers une telle interprétation, mais, encore une fois, l'absence d'autres stigmates de combustion plus classiques ne nous permet pas de confirmer ni d'infirmer cette hypothèse. Cette hypothèse n'exclut pas la possibilité du *stone-boiling*, qui nécessite deux structures certes, mais ces aménagements ne seraient pas obligatoirement spatialisés de manière distincte dans leur réalité fonctionnelle ou archéologique.

Au final, ces deux concentrations de matériel chauffé restent donc seulement de possibles structures de combustion indifférenciées, l'une rassemblant des silex et l'autre des quartz. La recherche de graviers chauffés dans les refus de tamis et l'étude de leur répartition pourraient permettre d'apporter de nouveaux arguments.

Le croisement des données spatiales sur l'exploitation possiblement synchrone des trois postes de taille de grattoirs Caminade avec la présence de deux degrés de savoir-faire distincts nous permet de proposer un nombre minimum théorique de quatre individus ayant fréquenté les lieux. Cette proposition est issue de nos interprétations présentées ci-dessus. Les facteurs taphonomiques peuvent difficilement expliquer cette configuration, mais d'autres possibilités anthropiques plus complexes sont envisageables.

« Brignol » se présente donc comme un site de courte durée révélant un nombre réduit d'activités et possiblement d'individus. Une activité importante de production et d'utilisation de grattoirs Caminade, probablement pour la découpe fine de matière carnée, semble être l'activité principale, alors que l'utilisation du feu au moins en partie pour du *stone-boiling*, relevant au minimum le réchauffement d'un liquide, semble être une autre activité importante. Autour de ces deux activités dominantes se retrouvent, spatialement et quantitativement si ce n'est pas fonctionnellement, des activités qui semblent plus marginales : le tri et le dégrossissage des matières premières collectées localement, le test des blocs de mauvaise qualité et la suite d'un apprentissage, déjà entamé en amont de l'occupation. Une utilisation d'éclats de quartz et de calcaire gréseux relève de potentielles activités « lourdes » (boucherie primaire ?, fracturation des os ?, autres activités nécessitant un outillage robuste ?) et un travail de peau fraîche/remouillée semble compléter ce spectre d'activités.

CONFRONTATION DES DONNÉES TAPHONOMIQUES ET PALETHNOLOGIQUES

L'étude géoarchéologique a mis en évidence un impact modéré du ruissellement lors des premiers stades de fossilisation du site, mais également une absence probable d'autres phénomènes déstructurant (i.e. écoulements de haute énergie, cryoturbation). L'étude spatiale vient en appui de ce premier niveau de lecture : les vestiges supérieurs à 5 mm semblent avoir été assez peu influencés par le ruissellement d'après l'organisation cohérente qui semble se dégager des densités de différentes catégories et tailles de matériel entre et au sein des lots de remontage. Le degré de perturbation du site apparaît donc relativement faible.

Comme souvent, la part des processus naturels ou anthropiques dans la distribution des vestiges est difficile à préciser, de surcroit lorsque la pente de la nappe d'objets est faible comme ici à « Brignol ». Le fait que la majorité des axes de remontage coïncide avec l'axe de cette pente suppose de prime abord un rôle important des écoulements, ce qui pourrait par exemple expliquer la répartition lâche des grattoirs Caminade dans la partie basse de la nappe. Mais l'étude lithique détaillée nuance cette interprétation et plaide pour un impact modéré des processus naturels au profit des facteurs anthropiques. Comment expliquer en effet que ces grattoirs soient proportionnellement plus impactés par le ruissellement que les autres objets de taille similaire ? Les remontages de plus longues distances reliant par exemple plusieurs zones du site avec la structure indifférenciée liée au feu située dans le point bas renforcent cette orientation préférentielle alors qu'ils résultent vraisemblablement d'une phase de fonctionnement du site. Il y a convergence taphonomique et archéologique : les processus naturels et anthropiques ont évolué vers une même organisation spatiale.

Au final, la confrontation des données taphonomiques et palethnologiques nous permet d'avancer une lecture assez fine des zones de matériel de haute densité et donc de proposer un plan archéologique du site. En dehors de ces concentrations, les interprétations restent plus délicates. Ces zones de vide relatif pourraient résulter d'une redistribution post-dépositionnelle de certains objets issus des zones plus denses. Comme nous l'avons vu, le morcellement de l'épandage par la cryoturbation ne peut expliquer entièrement cette configuration en raison du regroupement singulier de certaines catégories d'objets.

CONCLUSION

La lecture croisée menée à « Brignol » nous a permis d'extraire différentes informations taphonomiques et palethnologiques, d'estimer leurs contributions respectives et de proposer une interprétation assez fine de certains aspects du site.

Même si la production lithique est bien représentée sur les lieux, la nature lamellaire de celle-ci fait qu'elle ne produit pas de véritables amas. Si l'on considère aussi la taille réduite de l'ensemble de la concentration, ainsi que l'absence d'autres structures évidentes, telles que des foyers, le site n'apparaît pas propice à une lecture palethnologique. Néanmoins, comme on l'a vu, l'ensemble de sa structuration est latente. Même les aires de production, où se trouveraient les amas de débitage sur un site caractérisé par une vraie technique laminaire, n'étaient pas décelables sans l'analyse poussée de remontages et l'adoption des méthodes d'analyse spatiale quantitatives. Ces analyses n'auraient pas pu être possibles sans l'appui également de l'étude géoarchéologique qui a permis d'exclure les processus de mise en place de haute énergie tout en soulignant l'influence modérée du ruissellement.

Les approches *bottom up* et *top down* que nous avons utilisées fournissent deux axes de lecture indépendants du site et leur confrontation permet en retour de les enrichir. Cette étude nous montre par ailleurs une nouvelle fois qu'une telle approche est nécessaire pour ces sites de plein air du Paléolithique supérieur.

Une dernière question concerne l'apport des informations palethnologiques mises en exergue pour l'intégration de « Brignol » au sein de la variabilité des sites de plein air aurignaciens. Il est tentant de présenter « Brignol » comme un véritable site logistique, potentiellement lié à une activité de chasse, où seulement une partie du groupe est présente. Le spectre d'activités réduit, ainsi que la courte durée de l'occupation et le probable effectif restreint d'individus, confirmeraient cette lecture.

Néanmoins, dans l'état actuel des données nous ne sommes pas en mesure d'aller plus loin dans l'interprétation. L'exemple du *Mask site* de L. R. Binford (Binford, 1978a) nous incite à la prudence – fonction et fonctionnement peuvent être liés seulement indirectement – et le statut des grattoirs Caminade comme éléments d'un potentiel « couteau de chasse » nécessite encore d'être exploré (Anderson *et al*., 2016).

Bien au-delà de ces biais de lecture, à ce jour, il existe peu de sites aurignaciens comparables à « Brignol ». Palethnologiquement, le site est défini par une structuration latente et une absence de structuration apparente, ce qui est rare pour les sites de plein air aurignaciens réellement fouillés. La rareté de ce type de site est-elle une réalité archéologique, l'expression de biais taphonomiques ou plutôt un effet de recherche privilégiant les « Pompéi » ? Une question similaire pourrait être également posée à propos de ces derniers : sont-ils représentatifs de la variabilité des sites aurignaciens, ou plutôt des exceptions bien conservées ? ■

Remerciements : *Nous souhaitons remercier les organisateurs de la session n° 2 du 28e Congrès préhistorique de France « Palethnologie du Paléolithique supérieur ancien : où en sommes-nous ? » (Pierre Bodu, Clément Paris et Cyril Montoya) ainsi que Ludovic Mevel pour sa relecture attentive qui a permis d'améliorer le contenu de cette publication.*

NOTES

(1) Le niveau aurignacien n'a pas encore été étudié avec la même précision que celui attribué au Châtelperronien.

(2) Cf. Anderson *et al*., 2016, pour une description détaillée des activités discutées dans cette section.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AIRVAUX J., BERTHET A. L., CASTEL J. C. (2003) – Le gisement aurignacien de Chez-Pinaud 2 à Jonzac, Charente-Maritime, *Préhistoire du Sud-Ouest*, 10, 1, p. 25-76.

ALPERSON-AFIL N., RICHTER D., GOREN-INBAR N. (2007) – Phantom Hearths and the Use of Fire at Gesher Benot Ya'aqov, Israel, *PaleoAnthropology*, p. 1-15.

ALPERSON-AFIL N., SHARON G., KISLEV M., MELAMED Y., ZOHAR I., ASHKENAZI S., RABINOVICH R., BITON R., WERKER E., HARTMAN G., FEIBEL C., GOREN-INBAR N. (2009) – Spatial Organization of Hominin Activities, *Science*, 326, p. 1677-1680.

ANDERSON L., CHESNAUX L., RUÉ M., PICAVET R., FERNANDES P., MORALA A., CAUX S., TALLET P., CAVERNE J. B., KAWALEK E. (2016) – Regards croisés sur la station aurignacienne de Brignol (Villeneuve-sur-Lot, Lot-et-Garonne, France) : approches taphonomiques, pétroarchéologique, technoéconomique et technofonctionnelle de l'industrie lithique, *Paléo*, 27, p. 11-42.

BACHELLERIE F. (2011) – *Quelle unité pour le Châtelperronien ? Apport de l'analyse taphonomique et techno-économique des industries lithiques de trois gisements aquitains de plein air : le Basté (Pyrénées-Atlantiques), Bidart (Pyrénées-Atlantiques) et Canaule II (Dordogne)*, thèse de doctorat, université Bordeaux 1 – Sciences et Technologies, Talence, 441 p.

BALLARIN C., BENQUET L., de, BERTRAN P., CHOPIN J. P., DUMAS A., FOURLOUBEY C., SIREIX C. (2011) – *Aquitaine, Lot-et-Garonne, Villeneuve-sur-Lot, Brignols, Romas*, rapport de diagnostic, INRAP Grand Sud-Ouest, service régional de l'Archéologie Aquitaine, Bordeaux 122 p.

BERTRAN P. (2010) – Taphonomie et diagnostic des sites paléolithiques, *in* P. Depaepe et F. Séara (dir.), *Le diagnostic des sites paléolithiques et mésolithiques*, *Actes du séminaire du 5 et 6 décembre 2006*, Paris, Cahiers de l'Inrap nº 3, p. 70-77.

BERTRAN P., LENOBLE A., LACRAMPE F. (2005) – Le site aurignacien de plein air de Combemenue à Brignac-la-Plaine (Corrèze) : apport de la géoarchéologie et de l'étude de l'industrie lithique à la compréhension des processus taphonomiques, *Paléo*, 17, p. 2-14.

BERTRAN P., LENOBLE A., TODISCO D., DESROSIERS P. M., SØRENSEN M. (2012) – Particle Size Distribution of Lithic Assemblages and Taphonomy of Palaeolithic Sites, *Journal of Archaeological Science*, 39, 10, p. 3148-3166.

BINFORD L. R. (1977) – Forty-Seven Trips, a Case Study of the Character of Some Formation Processes of the Archaeological Record, *in* R. V. S. Wright (dir.), *Stone Tools as Cultural Markers: Change, Evolution and Complexity*, New Jersey, Humanities Press (Australian Institute of Aboriginal Studies, Prehistory and Material Culture Series, 12), p. 24-36.

BINFORD L. R. (1978a) – Dimensional Analysis of Behavior and Site Structure: Learning from an Eskimo Hunting Stand, *American Antiquity*, 43, 3, p. 330-361.

BINFORD L. R. (1978b) – *Nunamiut Ethnoarchaeology*, New York, Academic Press, 507 p.

BINFORD L. R. (1979) – Organization and Formation Processes: Looking at Curated Technologies, *Journal of Anthropological Research*, 35, 3, p. 255-273.

BINFORD L. R. (1981) – Behavioral Archaeology and the "Pompeii Premise", *Journal of Anthropological Research*, 37, 3, p. 195-208.

BLANKHOLM H. P. (1991) – *Intrasite Spatial Analysis in Theory and Practice*, Aarhus, Aarhus University Press, 406 p.

BODU P., BAILLET M., BALLINGER M., DUMARÇAY G., GOUTAS N., JULIEN M. A., LACARRIÈRE J., LEGRAND-PINEAU A., LEJAY M., LEROYER M., LUCAS C., MOINE O., NATON H. G., PESCHAUX C., SALOMON H., STOETZEL É., SUIRE J., THÉRY-PARISOT I., TOUZÉ O. (ce volume) – Le gisement paléolithique multistratifié « les Bossats » à Ormesson (Seine-et-Marne, France) : Palethnographie ou pâle ethnographie ? Une synthèse des huit premières années de fouille (2009-2016), *in* P. Bodu, C. Paris et C. Montoya (dir.), *Préhistoire de l'Europe du Nord-Ouest : mobilités, climats et entités culturelles. Session 2 : Palethnologie du Paléolithique supérieur ancien : où en sommes-nous ?*, *Actes du XXVIIIe Congrès préhistorique de France (Amiens, 30 mai-4 juin 2016)*, Paris, Société préhistorique française (Congrès, 28).

BOËDA É., PELEGRIN J. (1985) – Approche expérimentale des amas de Marsangy, *in* B. Schmider, E. de Croisset, É. Boëda et J. Pelegrin (dir.), *Les amas lithiques de la zone N19 du gisement magdalénien de Marsangy, approche méthodologique par expérimentation*, Quetigny, Association pour la Promotion de l'Archéologie de Bourgogne (Archéologie Expérimentale, 1), p. 19-36.

BON F. (2005) – Little Big Tool. Enquête autour du succès de la lamelle, *in* F. Le Brun-Ricalens (dir.), *Productions lamellaires attribuées à l'Aurignacien : chaînes opératoires et perspectives technoculturelles*, *Actes du 14e congrès de l'UISPP (Liège, 2-8 septembre 2001)*, Luxembourg, Musée national d'Histoire et d'Art (ArchéoLogiques, 1), p. 479-484.

BON F., MENSAN R., DE ARAÚJO IGREJA M., COSTAMAGNO S., GARDÈRE P., MÉNARD C., SELLAMI F., SZMIDT C., THÉRY-PARISOT I. (2007) – Le site de plein air de Régismont-le-Haut : une halte aurignacienne dans les plaines du Languedoc, *in Qui est l'Aurignacien ?*, *Actes du colloque international (Aurignac, 20-21 septembre 2003)*, Aurignac, Musée-forum (Cahier, 3), p. 53-71.

BON F., MENSAN R., ANDERSON L., LEJAY M., ALEXIS M., BARSHAY-SZMIDT C., BRUGAL J. P., COSTAMAGNO S., HECKEL C., IGREJA M., PRADEAU J. V., QUÉNÉA K., SALOMON H., SELLAMI F. (ce volume) – Poilhes « Régismont-le-Haut » (Hérault, France), fenêtre ouverte sur l'organisation d'un campement résidentiel aurignacien, *in* P. Bodu, C. Paris et C. Montoya (dir.), *Préhistoire de l'Europe du Nord-Ouest : mobilités, climats et entités culturelles. Session 2 : Palethnologie du Paléolithique supérieur ancien : où en sommes-nous ?*, *Actes du XXVIIIe Congrès préhistorique de France (Amiens, 30 mai-4 juin 2016)*, Paris, Société préhistorique française (Congrès, 28).

BOURGUIGNON L., ORTEGA I., SELLAMI F., BRENET M., GRIGOLETTO F., VIGIER I., DAUSSY A., DESCHAMPS J. F., CASAGRANDE F. (2004) – Les occupations paléolithiques découvertes sur la section nord de la déviation de Bergerac : résultats préliminaires obtenus à l'issue des diagnostics, *Préhistoire du Sud-Ouest*, 11, 2, p. 155-172.

BORDES J. G., TIXIER J. (2006) – Sur l'unité de l'Aurignacien ancien dans le sud-ouest de la France : la production des lames et lamelles, *in* F. Bon, J. M. Maillo Fernandez et D. Ortega Cobos (dir.), *Autour des concepts de Protoaurignacien Aurignacien initial et ancien ; Unité et variabilité des comportements techniques des premiers groupes d'hommes modernes dans le sud de la France et le nord de l'Espagne*, *Actes de la table-ronde (Toulouse, 27 février-1er mars 2003)*, Madrid, UNED (Espacio, Tiempo y Forma, Serie 1, Prehistoria y Arquelogia, 15), p. 175-194.

BRENET M., BERTRAN P., CLAUD E., KREUTZER S. (2016) – *Horsarrieu 1, une occupation de plein air aurignacienne sur le tracé du gazoduc dans les Landes*, rapport d'opération de fouille archéologique, INRAP Grand Sud-Ouest, service régional de l'Archéologie Aquitaine, Bordeaux, 145 p.

BYERS D. A., HARGISS E., FINLEY J. B. (2015) – Flake Morphology, Fluvial Dynamics, and Debitage Transport Potential, *Geoarchaeology*, 30, p. 379-392.

CAPDEVILLE J. P. (1999) – *Carte géologique de la France (1/50 000), feuille de Villeneuve-sur-Lot (878)*, Orléans, BRGM, notice explicative par J. P. Capdeville, A. Turq, 56 p.

CAPDEVILLE J. P. (2000) – *Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille Penne-d'Agenais (879)*, Orléans, BRGM, notice explicative par J. P. Capdeville et A. Turcq, 66 p.

CAUX S. (2017) – Étude typo-technologique et pétro-archéologique des grattoirs Caminade : première synthèse d'un outil caractéristique de l'Aurignacien récent du Sud-Ouest de la France, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 114, 2, p. 237-256.

CHADELLE J. P. (2005) – Productions « intriquées » de lames et de lamelles dans l'Aurignacien de Champ-Parel locus 3 (Bergerac, Dordogne), *in* F. Le Brun-Ricalens (dir.), *Productions lamellaires attribuées à l'Aurignacien : chaînes opératoires et perspectives technoculturelles*, *Actes du 14e congrès de l'UISPP (Liège, 2-8 septembre 2001)*, Luxembourg, Musée national d'Histoire et d'Art (*ArchéoLogiques*, 1), p. 193-208.

CHAUCHAT C., THIBAULT C. (1968) – La station de plein air du Basté à Saint-Pierre-d'Irube (Basses- Pyrénées) : géologie – étude archéologique préliminaire, *Bulletin de la Societé préhistorique française*, 65, 1, p. 295-318.

CHAUCHAT C., THIBAULT C. (1978) – La station de plein air de Chabiague à Biarritz (Pyrénées-Atlantiques), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 75, 10, p. 314-326.

CLARK A. E. (2015) – *Spatial Structure and the Temporality of Assemblage Formation: a Comparative Study of Seven Open Air Middle Paleolithic Sites in France*, thèse de doctorat, Univerity of Arizona, 258 p.

CLARK A. E. (2016) – Time and Space in the Middle Paleolithic: Spatial Structure and Occupation Dynamics of Seven Open-Air Sites, *Evolutionary Anthropology*, 25, 3, p. 153-163.

CLARK A. E. (2017) – From Activity Areas to Occupational Histories: New Methods to Document the Formation of Spatial Structure in Hunter-Gatherer Sites, *Journal of Archaeological Method and Theory*, p. 1-26.

COLLCUTT S. N., BARTON N. R., BERGMAN C. A. (1990) – Refitting in Context: a Taphonomic Case Study from a Late Upper Palaeolithic Site in Sands on Hengistbury Head, Dorset (Great Britain), *in* E. Cziesla, S. Eickhoff, N. Arts et D. Winter (dir.), *The Big Puzzle: International Symposium on Refitting Stone Artefacts, Monrepos, 1987*, Bonn, Holos, p. 219-235.

CURRAY J. R. (1956) – Analysis of Two-Dimensional Orientation Data, *Journal of Geology*, 64, 2, p. 117-134.

CUSTER J. F. (2017) – Experimental Analysis of Fire-Cracked Rocks from Varied Use Contexts, *North American Archaeologist*, 38, 3, p. 237-291.

CZIESLA E. (1987) – L'analyse des raccords ou le concept du dynamisme en préhistoire, *Bulletin de la Société préhistorique luxembourgeoise*, 9, p. 77-111.

DJINDJIAN F. (1991) – L'analyse spatiale de l'habitat, *in* F. Djindjian (dir.), *Méthodes pour l'archéologie*, Paris, Armand Colin, p. 109-142.

DUMARÇAY G., CARON M. (2010) – Pincevent and Verberie Rocks and Hearths, *in* E. Zubrow, F. Audouze et J. G. Enloe (dir.), *The Magdalenian Household: Unravelling Domesticity*, Albany, State University of New York Press, p. 91-102.

FÉBLOT-AUGUSTINS J. (2009) – Revisiting European Upper Paleolithic Raw Material Transfers: the Demise of the Cultural Ecological Paradigm?, *in* B. S. Blades (dir.), *Lithic Materials and Paleolithic Societies*, Oxford, Wiley-Blackwell, p. 25-46.

GALLAY A. (2003) – Reconstituer la vie, André Leroi-Gourhan et la lecture des archives archéologiques, *Revue archéologique de Picardie*, numéro spécial, 21, p. 51-68.

GINI C. (1921) – Measurement of Inequality of Incomes, *The Economic Journal*, 31, 121, p. 124-126.

JULIEN M., KARLIN C. (2014) – *Un automne à Pincevent. Le campement magdalénien du niveau IV20*, Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 57), 640 p.

KLARIC L., LIARD M., BERTRAN P., DUMARÇAY G., ARAUJO IGREJA M., AUBRY T., WALTER B., REGERT M. (2011) – La Picardie (Preuilly-sur-Claise, Indre-et-Loire) : neuf ans de fouilles sur un gisement rayssien finalement pas si mal conservé !, *in* N. Goutas, L. Klaric, D. Pesesse et P. Guillermin (dir.), *À la recherche des identités gravettiennes : actualités, questionnements et perspectives*, *Actes de la table-ronde (Aix-en-Provence, 6-8 octobre 2008)*, Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 52), p. 291-310.

KILDEA F., GRISELIN S., LANG L., SOUFFI B. (2013) – Le Paléolithique supérieur ancien aux marges méridionales du Bassin parisien : le site de la Croix-de-Bagneux à Mareuil-sur-Cher (Loir-et-Cher), *in* P. Bodu, L. Chemana, L. Klaric, L. Mevel, S. Soriano et N. Teyssandier (dir.), *Le Paléolithique supérieur ancien de l'Europe du nord-ouest. Réflexions et synthèses à partir d'un projet collectif de recherche sur le centre et le sud du Bassin parisien*, *Actes de la table-ronde (Sens, 15-18 avril 2009)*, Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 56), p. 317-329.

KILDEA F. (ce volume) – Contribution du site « la Croix de Bagneux » à Mareuil-sur-Cher (Loir-et-Cher, France) à l'approche palethnologique des groupes humains du Paléolithique supérieur ancien, *in* P. Bodu, C. Paris et C. Montoya (dir.), *Préhistoire de l'Europe du Nord-Ouest : mobilités, climats et entités culturelles. Session 2 : Palethnologie du Paléolithique supérieur ancien : où en sommes-nous ?*, *Actes du XXVIIIe Congrès préhistorique de France (Amiens, 30 mai-4 juin 2016)*, Paris, Société préhistorique française (Congrès, 28), p. xx-xx.

KUHN S. L. (1992) – On Planning and Curated Technologies in the Middle Paleolithic, *Journal of Anthropological Research*, 48, 3, p. 185-214.

LE BRUN-RICALENS F. (1996) – L'occupation d'Hui à Beauville, Lot-et-Garonne : activités domestiques en plein air à l'Aurignacien ancien, *in* Collectif (dir.), *La vie préhistorique*, Dijon, Faton, p. 80-85.

LE BRUN-RICALENS F. (2005) – Reconnaissance d'un « concept technoculturel » de l'Aurignacien ancien ? Modalités, unités et variabilités des productions lamellaires du site d'Hui (Beauville, Lot-et-Garonne, France) : significations et implications, *in* F. Le Brun-Ricalens (dir.), *Productions lamellaires attribuées à l'Aurignacien : chaînes opératoires et perspectives technoculturelles*, *Actes du 14e congrès de l'UISPP (Liège, 2-8 septembre 2001)*, Luxembourg, Musée national d'Histoire et d'Art (*ArchéoLogiques*, 1), p. 157-190.

LENOBLE A. (2005) – *Ruissellement et formation des sites préhistoriques : référentiel actualiste et exemples d'application au fossile*, Oxford, Archaeopress (BAR, International Series 1363), 216 p.

LENOBLE A., BERTRAN P., LACRAMPE F., BOURGUIGNON L., DETRAIN L. (2003) – Impact de la solifluxion sur les niveaux archéologiques : simulation à partir d'une expérience en milieu actif et application à des sites paléolithiques aquitains, *Paléo*, 15, p. 105-122.

LENOBLE A., BERTRAN P., LACRAMPE F. (2008) – Solifluction-Induced Modifications of Archaeological Levels: Simulation Based on Experimental Data from a Modern Periglacial Slope and Application to French Palaeolithic sites, *Journal of Archaeological Science*, 35, 1, p. 99-110.

LEROI-GOURHAN A., BREZILLON M. (1972) – *Fouilles de Pincevent : essai d'analyse ethnographique d'un habitat magdalénien (la section 36)*, Paris, CNRS (supplément à *Gallia Préhistoire*, 7), 331 p.

LORENZ M. O. (1905) – Methods of Measuring the Concentration of Wealth, *Publications of the American Statistical Association*, 9, 70, p. 209-219.

MICHEL A., IHUEL E., CHADELLE J. P., CLAUD É,BAILLET M., CAMUS H. (ce volume) – Découvertes récentes en Bergeracois : étude préliminaire des occupations châtelperronienne et aurignacienne de « Bout-des-Vergnes » à Bergerac (Dordogne, France), *in* P. Bodu, C. Paris et C. Montoya (dir.), *Préhistoire de l'Europe du Nord-Ouest : mobilités, climats et entités culturelles. Session 2 : Palethnologie du Paléolithique supérieur ancien : où en sommes-nous ?*, *Actes du XXVIIIe Congrès préhistorique de France (Amiens, 30 mai-4 juin 2016)*, Paris, Société préhistorique française (Congrès, 28).

MOVIUS H. L. (1966) – The Hearths of the Upper Perigordian and Aurignacian Horizons at the Abri Pataud, Les Eyzies (Dordogne) and their Possible Significance, *American Anthropologist*, 68, 2, p. 296-325.

MOVIUS H. L. (1977) – *Excavation of the Abri Pataud Les Eyzies (Dordogne), Stratigraphy*, Cambridge, Peabody Museum of Archaeology and Ethnology (American School of Prehistoric Research Bulletin, 31), 167 p.

MURRAY A. S., WINTLE A. G. (2000) – Luminescence Dating of Quartz Using an Improved Single-Aliquot Regenerative-Dose Protocol, *Radiation Measurements*, 32, 1, p. 57-73.

NEWCOMER M. H., SIEVEKING G. D. G. (1980) – Experimental Flake Scatter-Patterns: a New Interpretative Technique, *Journal of Field Archaeology*, 7, 3, p. 345-352.

NEWELL R. R., DEKIN A. A. (1978) – An Integrative Strategy for the Definition of Behaviorally Meaningful Archaeological Units, *Palaeohistoria*, 20, 1, p. 7-39.

NORMAND C. (1987) – Le gisement paléolithique de plein air du Vignès à Tercis (Landes), *Bulletin de la Société d'Anthropologie du Sud-Ouest*, 22, 2, p. 71-80.

O'CONNELL J. F. (1987) – Alyawara Site Structure and its Archaeological Implications, *American Antiquity*, 52, 1, p. 74-108.

OLIVE M. (1997) – Foyer domestique ou foyer annexe. Les modes d'occupation de l'espace des Magdaléniens d'Étiolles, *Gallia Préhistoire*, 39, p. 85-107.

ORTEGA I., RIOS GARAIZAR J., MAIDAGAN D. G., ARIZAGA J., BOURGUIGNON L. (2015) – A Naturalistic Bird Representation from the Aurignacian Layer at the Cantalouette II Open-Air Site in Southwestern France and its Relevance to the Origins of Figurative Art in Europe, *Journal of Archaeological Science*, 4, p. 201-209.

ORTEGA CORDELLAT I., RIOS GARAIZAR J., IBÁÑEZ ESTÉVEZ J. J., GONZÁLEZ URQUIJO J. E., BOËDA É., SELLAMI F. (2006) – L'occupation de l'Aurignacien ancien de Barbas III (Creysse, Dordogne) : résultats préliminaires sur la fonction du site, *Paléo*, 18, p. 115-142.

PELEGRIN J. (1991) – Les savoir-faire : une très longue histoire, *Terrain*, 16, p. 106-113.

PICAVET R., CHESNAUX L., FERNANDES P., KAWALEC E., MORALA M., RUÉ M., TALLET P. (2013) – *La station aurignacienne de Brignol à Villeneuve-sur-Lot (47)*, rapport final d'opération, Villard-de-Lans, Paléotime, service régional de l'Archéologie Aquitaine, Bordeaux, 358 p.

RIOS-GARAIZAR J., ORTEGA CORDELLAT I. (2014) – Flint Workshop or Habitat? Technological and Functional Approaches towards the Interpretation of Site Function in Bergerac Region Early Aurignacian, *in* J. Marriros, N. Bicho et J. F. Gibaja (dir.), *International Conference on Use-Wear Analysis, Use-Wear 2012*, Newcastle upon Tyne, Cambridge Scholars Publishing, p. 162-172.

SONNEVILLE-BORDES D., de, MORTUREUX B. (1955) – L'abri Caminade, commune de La Canéda (Dordogne), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 52, 9, p. 608-619.

STAPERT D. (1976) – Some Natural Surface Modifications on Flint in the Netherlands, *Palaeohistoria*, 18, p. 7-41.

STAPERT D. (1989) – The Ring and Sector Method: Intrasite Spatial Analysis of Stone Age Sites, with Special Reference to Pincevent, *Palaeohistoria*, 31, p. 1-57.

TEYSSANDIER N. (2000) – L'industrie lithique aurignacienne du secteur II de Barbas (Creysse, Dordogne), analyse technique et implications archéologiques, *Atelier*, 20, p. 29-59.

THOMS A. V. (2008) – The Fire Stones Carry: Ethnographic Records and Archaeological Expectations for Hot-Rock Cookery in Western North America, *Journal of Anthropological Archaeology*, 27, 4, p. 443-460.

TIXIER J., REDURON M. (1991) – Et passez au pays des silex : rapportez-nous des lames !, *in* Collectif (dir.), *25 ans d'études technologiques en préhistoire : bilan et perspectives*, *Actes des 11es rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes (Antibes, 18-20 octobre 1990)*, Juan-Les-Pins, APDCA, p. 235-243.

VEMMING HANSEN P., MADSEN B. (1983) – Flint Axe Manufacture in the Neolithic, an Experimental Investigation of a Flint Axe Manufacture Site at Hastrup Vængst, East Zealand, *Journal of Danish Archaeology*, 2, 1, p. 43-59.

WATTEZ J. (2004) – Enregistrement sédimentaire des structures de combustion et fonctionnement de l'espace dans les campements de la fin du Paléolithique, *in* P. Bodu et C. Constantin (dir.), *Approches fonctionnelles en préhistoire*, *Actes du 25e congrès préhistorique de France (Nanterre, 24-26 novembre 2000)*, Paris, Société préhistorique française, p. 225-237.

WHALLON R. (1973) – Spatial Analysis of Occupation Floors I: Application of Dimensional Analysis of Variance, *American Antiquity*, 38, 3, p. 266-278.

WHALLON R. (1984) – Unconstrained Clustering for the Analysis of Spatial Distributions in Archaeology, *in* H. J. Hietala (dir.), *Intrasite Spatial Analysis in Archaeology*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 242-277.

WHALLON R. (1987) – Simple Statistics, *in* M. S. Aldenderfer (dir.), *Quantitative Research in Archaeology: Progress and Prospects*, London, Sage, p. 135-150.

YELLEN J. E. (1977) –*Archaeological Approaches to the Present: Models for Reconstructing the Past*, New York, Academic Press, 275 p.

YELLEN J. E. (1996) – Behavioural and Taphonomic Patterning at Katanda 9: a Middle Stone Age Site, Kivu Province, Zaire, *Journal of Archaeological Science*, 23, 6, p. 915-932.

Lars ANDERSON
Université Toulouse 2 – Jean-Jaurès, UMR 5608 « TRACES »
5, allée Antonio Machado, F-31058 Toulouse
lars.anderson@univ-tlse2.fr

Mathieu RUÉ
Paléotime, 6173, rue Jean-Séraphin Achard-Picard
F-38250 Villard-de-Lans et
Université Montpellier 3 – Paul-Valéry, UMR 5140 « ASM »
mathieu.rue@paleotime.fr

Lorène CHESNAUX
Université Toulouse 2 – Jean-Jaurès, UMR 5608 « TRACES »
5, allée Antonio Machado, F-31058 Toulouse
chesnauxlorene@yahoo.fr

Paul FERNANDES
Paléotime, 6173, rue Jean-Séraphin Achard-Picard
F-38250 Villard-de-Lans
et Université Bordeaux 1 – Sciences et technologies
UMR 5199 « PACEA »
Allée Geoffroy Saint Hilaire, CS 50023
F-33615 Pessac cedex
paul.fernandes@paleotime.fr

Régis PICAVET
Paléotime, 6173, rue Jean-Séraphin Achard-Picard
F-38250 Villard-de-Lans
et Université Aix-Marseille, UMR 7269 « LAMPEA »
Maison Méditerranéenne des Sciences de l'Homme
5, rue du Château de l'Horloge, BP 647
F-13094, Aix-en-Provence cedex 2
regis.picavet@paleotime.fr

4.4. Approche taphonomique d'un amas de lames du Paléolithique supérieur au Chaumois à Appoigny (Yonne).

La découverte d'un amas lithique interprété comme un dépôt de lames du Paléolithique supérieur, lors d'un vaste diagnostic en bordure de la vallée de l'Yonne au nord d'Auxerre (Lenda *et al.* 2013), a occasionné sa fouille durant l'été 2016, sous la direction d'Alexis Taylor (Grasso *et al.* 2021). Les principaux résultats géoarchéologiques ont été publiés dans les actes du 28e congrès préhistorique de France :

Bodu P., Taylor A., Chesnaux L., Fernandes P., Rué M., 2019, « On a caché des lames de silex dans l'Icaunais ! Le gisement du Paléolithique supérieur de Chaumois, hameau des Bries, Appoigny (Yonne), Approche préliminaire de l'industrie lithique provenant d'un amas », in Montoya C., Fagnart J.-P., Locht J.-L (dir.), *Préhistoire de l'Europe du Nord-Ouest : mobilités, climats et identités culturelles*, actes du XXVIIIe Congrès préhistorique de France, Amiens 2016, vol. 2, Société Préhistorique de France, p. 207-229.

Dans cet article, j'ai rédigé les parties *Stratigraphie, Datations par luminescence* et *Taphonomie lithique (organisation spatiale, fabriques et interprétation)* et contribué à la rédaction de différents autres passages. Les décapages réalisés lors de la fouille, totalisant 19 ha, ont mis au jour une nappe de vestiges lithiques du Paléolithique moyen (secteur 3, lieudit Fossé du Bois), qui a également fait l'objet d'une approche taphonomique (Taylor *et al.* 2021).

On a caché des lames de silex dans l'Icaunais !

Le gisement du Paléolithique supérieur de Chaumois « hameau des Bries » à Appoigny (Yonne, France). Approche préliminaire de l'industrie lithique provenant d'un amas

Pierre BODU, Alexis TAYLOR, Lorène CHESNAUX,
Paul FERNANDES et Mathieu RUÉ

Résumé : *Les « caches » ou « dépôts » de lames de silex sont des ensembles archéologiques relativement mal connus pour l'ensemble du Paléolithique supérieur. Certes des exemples existent mais ils sont peu nombreux et en raison de leur mise au jour à l'occasion de fouilles anciennes, ils demeurent souvent peu informatifs. L'utilisation du terme cache est même parfois galvaudée alors que le contexte de la découverte est insuffisamment documenté et que les relations entre les lames sont ignorées. L'exhumation récente d'un dépôt de lames, sur une surface limitée d'un site de plein-air, sur la commune d'Appoigny (Yonne) au lieu-dit « Chaumois », vient utilement combler cette lacune documentaire. La précision des opérations menées dans un premier temps lors d'un diagnostic puis dans le cadre de fouilles préventives, a permis d'obtenir de riches informations spatiales, techniques mais aussi économiques et de proposer des interprétations sur la composition de cette concentration. L'amas composé de 340 fragments de silex taillés est avant tout caractérisé par une très forte proportion de lames alors que les éclats, lamelles et nucléus sont particulièrement rares. Il s'agit donc du résultat d'une sélection essentiellement composée de supports laminaires bruts et de quelques outils par ailleurs peu diagnostiques (burin, grattoir, lames utilisées). Un seul fragment de lamelle à dos accompagne cet outillage sur lames. Les caractéristiques techniques et morphologiques des supports et ce que l'on peut en déduire sur la chaîne opératoire, permettent de proposer une attribution de cet ensemble au Magdalénien moyen ou final qui trouve peu d'écho dans les environs proches. L'analyse de l'ensemble montre un choix porté vers des lames appartenant à différentes séquences de la chaîne opératoire, lames de plein débitage, comme lames d'entretien. Ce choix, assez hétéroclite en termes de régularité et de morphologie des lames, pose la question de ce que les préhistoriques considéraient comme potentiellement utilisables et de ce que nous appelons les intentions des tailleurs. La réalisation de nombreux remontages montre que ces lames ont été apportées soit en fagot, regroupant des supports issus du même bloc débité, soit sous forme de produits isolés, sélectionnés au sein de débitages distincts. Les différentes qualités de matière première montrent que le débitage d'une trentaine de blocs, est à l'origine de ce regroupement de quelques 170 lames. Postérieurement à son dépôt, sans doute dans un contenant, ce paquet de lames a subi des altérations post-dépositionnelles qui se traduisent notamment par une dispersion de certains objets sur près de 2,50 m de distance et par la présence de nombreux stigmates sur les lames liés à la cryoturbation et au tassement des sédiments (esquillements des bords, fracturation d'une grande partie des supports laminaires, etc.). Malgré cela, le dépôt a conservé son homogénéité et son étude permet d'obtenir des informations inédites sur une cache de lames du Paléolithique supérieur, qui plus est dans un contexte régional où les occupations préhistoriques sont rares.*

Mots-clés : *Magdalénien moyen ou supérieur, Yonne, Dépôt de lames, Remontages, Altérations post-dépositionnelles.*

Abstract: *Upper Palaeolithic blade deposits or caches are rather poorly documented archaeological assemblages. Examples do exist, but they are scarce and, being ancient discoveries, they often provide us with little information. Moreover, the term "cache" can be inappropriate, since the context of the discovery is insufficiently documented and the relations between the blades are overlooked or ignored. The recent discovery of a blade*

deposit, located on a small surface of the Chaumois open-air site (Appoigny, Yonne, France), is a much needed contribution to further our knowledge of such an archaeological phenomenon. The precise observations made first during the diagnostic phase, then during the archaeological excavation, made it possible to collect not only spatial, but also precious technical and economic data, and to propose an interpretation as to the composition of the deposit. The concentration is composed of 340 flint artefacts with a very high proportion of blades, whereas flakes, bladelets and cores are particularly scarce. It thus appears to be the result of a selective process, mainly focusing on laminar blanks and a few uncharacteristic retouched tools (burin, endscraper and retouched blades). A single fragment of a backed bladelet was also found. The morphological and technical features of these blades and what can be deduced of the "chaîne opératoire" process, tend to point towards a Middle or Upper Magdalenian chronocultural attribution, for which only rare comparative archaeological examples can be found in the immediate surroundings of the site. The analysis stresses a selection of blades taken from different stages of the "chaîne opératoire", such as first-grade "plein debitage" blades but also second-choice or maintenance and restructuring blades. This selection, heterogeneous at least in terms of blade regularity and morphology, questions what prehistoric men considered as potentially useable and what we call the knapper's intentions. Many refittings demonstrate that the blades were brought as bundles but also as isolated products. This concentration of 170 blades originated from the knapping of 30 flint blocks at least. After the deposit, possibly in a container of some sort, the blades suffered many post-depositional alterations, resulting in the dispersion of objects as far as 2.5 m away from the main concentration, and many stigmata related to cryoturbation and the compaction of the sediment (splintering of the edges, fracturing of the blades, etc.). Despite these alterations, the deposit's homogeneity is nonetheless preserved, and its study provides unprecedented information about an Upper Palaeolithic blade deposit, in a local context in which prehistoric occupations are rare.

Yonne is indeed a territory rich in Upper Palaeolithic sites, as testified by past discoveries in the northern part of the department around Sens and Joigny, for example Cézy, Chamvres, Étigny-le-Brassot, Gron "Chemin de l'Evangile 1 et 2", Marsangy "Le Pré des Forges", Saint-Denis-Les-Sens, Thèmes "Ferme de la Bouvière", Villeneuve-sur-Yonne "Bois de l'Hotel-Dieu", Villiers-Louis "Fond-de-la-Justice", etc. (Connet et al., 1992; Connet et al., 2009; Farizy et al., 1991; Hure, 1978; Lebrun-Ricalens and Brou, 2003; Mougin, 2007, Peretto and Thévenin, 1996; Schmider, 1975 and 1992; Soriano, 1995 and 2001) and the continuity of prehistoric occupations in the Arcy-sur-Cure rock-shelters and caves (Leroi-Gourhan and Leroi-Gourhan, 1964). The region of Auxerre, where the blade deposit was discovered, by contrast, has yielded only a few Upper Palaeolithic sites. The recent works of Nelly Connet and Vincent Lhomme in the Sens region have confirmed that Upper Palaeolithic occupations could be preserved on the valley floor (Lhomme et al., 2004). The excavations carried out by André Leroi-Gourhan (Leroi-Gourhan and Leroi-Gourhan, 1964) and his predecessors (Bishop Parat, Ficatier) in several of the Arcy-sur-Cure cavities have demonstrated that in favourable locations of the Yonne region, in this case under the protection of natural shelters, different Upper Palaeolithic groups had lived and abandoned considerable remains relating to their material culture, from the Châtelperronian to the Late Magdalenian periods. All the more so for the Magdalenian for which important open-air sites can be found in the northern part of the Yonne region, and more sporadic occupations in the Arcy-sur-Cure and Saint-Moré shelters (Bodu and Liger, 2008; Schmider et al., 1995). Between the two regions, there was a sort of "prehistoric" desert that seemed to have existed up until recently, at least until the archaeological diagnostics carried out by INRAP in the Auxerre-Monéteau region. At Monéteau these diagnostics revealed some evidence of Upper Palaeolithic occupations ("Petit-Coignot" and "rue de Bonn" sites; Bodu in Tristan, 2009), but the discovery conditions have not enabled more thorough documentation, especially from a chronostratigraphic point of view. Jean-Baptiste Lajoux, in the Auxerre district, a few kilometres away, found in 2014 several lithic artefacts that could be assigned to the early Upper Palaeolithic (Aurignacian?), but further excavation is needed to confirm the discovery. Despite these recent finds, knowledge of the Auxerre region's Upper Palaeolithic occupation remains incomplete. This part of the Yonne region was thus, not so long ago, lacking Upper Palaeolithic sites, especially from the Magdalenian period. This could be considered as surprising, since the area is a necessary route between the north and the south of the district where the Arcy-sur-Cure shelters are located. This is all the more surprising as some of the flints used and abandoned by the different groups that frequented those shelters, were brought from the north of the Yonne region. The Chaumois discovery, near the hamlet of Brie in the Appoigny district, logically fills a gap in our knowledge about the Yonne region's prehistoric occupation. The scientific study of this discovery exceeds the mere factual interest of the blade deposit, in allowing us to document an area of prehistoric research seldom broached since blade deposits discoveries are exceptional, for it is a deposit of some 170 blades that has been found, completely isolated from any other contemporary archaeological remains.

Keywords: *Middle or upper Magdalenian, Yonne, Blade deposit, Refittings, Post-depositional alterations.*

INTRODUCTION ET PROBLÉMATIQUE

Lorsque l'on évoque les termes de cache ou dépôt pour des éléments lithiques du Paléolithique supérieur, on fait référence à des découvertes plus ou moins anciennes de lames, le plus souvent normées et longues, abandonnées dans des endroits spécifiques en plus ou moins grand nombre, tantôt en plein-air (cachette de la Goulaine dans la Loire, par ex.), tantôt en grotte (Labastide dans les Hautes-Pyrénées, le Tuc d'Audoubert ou encore le Mas d'Azil en Ariège). On y rattache aussi les regroupements ou la découverte

isolée de grands nucléus carénés tels ceux du site de Montgaudier (Bouvier et Duport, 1968), de la Goulaine (Breuil, 1908 ; Surmely *et al*., 2002) ou encore du Moulin-de-Madone à Montastruc (Morala, 1999). Mais il est vrai que cette pratique, au demeurant peu répandue si l'on en juge par la faible littérature qui la concerne, semble plus développée pour des périodes plus récentes notamment au Néolithique. C'est ainsi le cas du fameux dépôt de grandes lames de la Creusette (Barrou en Indre-et-Loire) qui a livré à ses inventeurs et fouilleurs, 133 lames entières ou presque (Geslin *et al*., 1975).

Les exemples paléolithiques sont donc peu nombreux mais ils existent et un article relativement récent (Angevin et Langlais, 2009), propose une synthèse sur les caches et dépôts de lames du Magdalénien moyen connus au sud de la Loire. À cette période, le statut de la lame semble expliquer ce traitement économique si particulier que sont les dépôts ou caches de supports normés mais aussi de grands nucléus prêts au débitage. À une vingtaine de ces grands nucléus répartis dans une douzaine de gisements, répond une quinzaine de sites dans lesquels des lames ont été, apparemment, sciemment regroupées et déposées pour une utilisation ultérieure ou pour une raison moins fonctionnelle. Mais la couverture géographique de cette enquête ne concerne pas la partie nord du pays, en tout cas, les régions situées au nord de la Loire. Cela tient moins aux domaines géographiques dans lesquels travaillent les deux auteurs qu'à une documentation particulièrement lacunaire dans cette partie septentrionale de la France. Force est en effet de constater qu'en dehors de rassemblements de lames dans des sites producteurs, comme cela est le cas à Étiolles par exemple (Pigeot, 2004) et pour une période plus récente du Magdalénien, il n'existe pas de sites du Paléolithique supérieur où des lames ont été volontairement « cachées » hors de leur zone de production pour tout le nord de la Loire. La découverte du dépôt de lames d'Appoigny dans l'Yonne en est sans doute l'exemple le plus fameux. Il est d'autant plus fameux qu'il s'agit donc d'une découverte récente et que les fouilles et relevés qui y ont été menés furent rigoureux, ce qui n'est pas le cas de tous les exemples présentés dans la synthèse proposée par nos deux collègues, comme ils le reconnaissent.

L'Yonne est un territoire plutôt riche en gisements du Paléolithique supérieur si l'on en juge par les découvertes effectuées plus ou moins anciennement dans le nord de ce département autour de Sens et de Joigny lors de prospections ou de fouilles (Cézy, Chamvres, Étigny-le-Brassot, Gron « le Chemin de l'Évangile 1 et 2 », Marsangy « le Pré des Forges », Saint-Denis-Les-Sens, Thèmes « ferme de la Bouvière » Villeneuve-sur-Yonne « bois de l'Hôtel-Dieu », Villiers-Louis « Fond-de-la-Justice », etc ; Connet *et al*., 1992 ; Connet *et al*., 2009 ; Farizy *et al*., 1991 ; Hure, 1978 ; Le Brun-Ricalens et Brou, 2003 ; Mougin, 2007 ; Peretto et Thévenin, 1996 ; Schmider, 1975 et 1992 ; Soriano, 1995 et 2001) et par la pérennité de l'occupation préhistorique dans les cavités de la boucle d'Arcy-sur-Cure (Leroi-Gourhan et Leroi-Gourhan, 1964). Les travaux récents de Nelly Connet et Vincent Lhomme dans la région de Sens ont en effet confirmé qu'en fond de vallée, le plus souvent, des gisements du Paléolithique supérieur pouvaient être parfaitement préservés (Lhomme *et al*., 2004), à l'instar de ceux que l'on trouve plus au nord en Seine-et-Marne (Pincevent, Marolles-sur-Seine, etc. ; Bodu *et al*., 2006 ; Julien et Rieu, 1999), ou en Essonne (Étiolles, Les Tarterets) (Pigeot, 2004 ; Schmider, 1971 et 1975). Les fouilles d'André Leroi-Gourhan (Leroi-Gourhan et Leroi-Gourhan, 1964) et de ses prédécesseurs (Abbé Parat, Ficatier) dans certaines cavités d'Arcy-sur-Cure (les grottes des Fées, de l'Ours, du Cheval, du Trilobite, du Renne, du Bison, du Lagopède, de l'Hyène entre autres ; Parat, 1900 et 1902), ont montré qu'en des lieux favorables de l'Yonne, ici sous des abris naturels, les différents groupes du Paléolithique supérieur avaient pu vivre et abandonner d'abondants vestiges de leur culture matérielle depuis le Châtelperronien jusqu'au Magdalénien supérieur. Cela est plus particulièrement vrai pour le Magdalénien dont on trouve d'importants gisements de plein-air dans le nord de l'Yonne (cf. *infra*) et des occupations apparemment plus épisodiques dans les abris d'Arcy-sur-Cure et de Saint-Moré (Bodu et Liger, 2008 ; Schmider *et al*., 1995). Entre ces deux pôles, c'est une sorte de désert « préhistorique » qui semblait exister il n'y a pas si longtemps, tout du moins avant les diagnostics réalisés par l'Inrap dans la région d'Auxerre-Monéteau. Sur la commune de Monéteau, des diagnostics remontant aux années 2000 (Tristan, 2009), ont en effet permis de mettre au jour quelques rares indices rapportables au Paléolithique supérieur (site du Petit-Coignot, site de la rue de Bonn ; Bodu, 2009), mais les conditions de découverte n'ont pas permis, pour l'instant, de documenter plus sérieusement ces témoignages[(1)] notamment en termes chronostratigraphiques. Jean-Baptiste Lajoux, sur la commune d'Auxerre, à quelques kilomètres de là (Lajoux, 2014a et 2014b) a diagnostiqué en 2014 la présence de vestiges lithiques appartenant peut-être au Paléolithique supérieur ancien (Aurignacien ?) mais cela reste à confirmer par une fouille ultérieure.

Malgré ces découvertes récentes, la connaissance de l'occupation du Paléolithique supérieur de la région auxerroise reste donc toujours aussi lacunaire.

Cette partie de l'Yonne était donc, il n'y a pas si longtemps, dépourvue de gisements du Paléolithique supérieur, en particulier du Magdalénien, ce qui pouvait paraître étonnant alors qu'elle se trouve être un lieu de passage obligé et intermédiaire entre le nord du département et le sud où se trouvent les cavités d'Arcy-sur-Cure. D'autant plus étonnant que les silex utilisés et abandonnés par les différents groupes qui ont fréquenté ces cavités, viennent pour partie du nord de l'Yonne. La découverte effectuée sur la parcelle de Chaumois, au sud-est du « hameau des Bries » à Appoigny, vient donc assez logiquement combler un hiatus dans notre connaissance de l'occupation de l'Yonne par les groupes du Paléolithique supérieur, en l'occurrence ici le Magdalénien. Mais l'exploitation scientifique de ce gisement dépasse de loin l'intérêt

purement factuel de cet amas de lames de silex, en nous permettant de documenter un pan de la recherche sur le Paléolithique supérieur rarement abordé tant les découvertes liées aux dépôts de lames sont exceptionnelles. Car il s'agit bien en l'espèce d'un dépôt très regroupé de plus de 170 lames, presqu'exclusivement, isolé de tout autre vestige archéologique contemporain.

CONTEXTE DE DÉCOUVERTE DU DÉPÔT DE LAMES ET MÉTHODOLOGIE

Le diagnostic archéologique mené en 2013 par l'INRAP et qui couvrait une surface de près de 47 ha a permis de mettre en évidence une concentration lithique attribuable au sens large au Paléolithique supérieur, plus vraisemblablement au Magdalénien (Magdalénien moyen ou supérieur, cf. *infra* ; Lenda *et al.*, 2013). La présence singulière, en apparence isolée, dans cette partie de la vallée de l'Yonne, d'un amas technologiquement trié constitué de supports laminaires notamment de plein débitage, sans déchets ou presque ni sous-produits habituellement présents sur une aire de débitage (éclats, nucléus, etc.), posait alors question. C'est ainsi que la fouille menée en 2016 par la société Paléotime s'est attachée à documenter le plus finement possible le contexte d'enfouissement de ces lames.

Testé et prélevé sur une surface inférieure au m^2 lors du diagnostic, mais ayant livré tout de même 201 objets lithiques susceptibles de traduire un statut techno-économique particulier (stock de lames ?), le contexte archéologique et environnemental de cet amas demandait ainsi à être précisé (ensemble véritablement isolé ?), ce que l'importance des surfaces prescrites donnait l'occasion de faire, à des dizaines de mètres alentours. Il s'agissait alors de documenter le plus précisément possible les abords immédiats de l'amas par une première approche en décapage mécanisé permettant de repérer ses limites, de découvrir d'éventuelles nouvelles concentrations et d'explorer la surface par des fenêtres de fouille manuelle carroyée, accompagnée du tamisage des sédiments et en y associant les observations géoarchéologiques nécessaires.

Un décapage mécanique par passes fines, effectué sous le contrôle permanent de deux paléolithiciens, a été mené sur et autour de la tranchée de diagnostic, afin d'atteindre le niveau d'apparition du mobilier lithique. Une berme-témoin a été laissée en place au plus près afin d'y effectuer les examens et prélèvements nécessaires. Un carroyage a ensuite été implanté contre cette berme recouvrant la zone à fouiller manuellement et permettant de localiser précisément le mobilier et les sédiments prélevés pour tamisage par quart de mètre carré. La concentration lithique a été fouillée manuellement sur une surface totale de 16 m^2, par passes artificielles de 5 cm. Les objets ont été cotés en trois dimensions au moyen d'un tachéomètre laser. Cinq décapages manuels ont ainsi été réalisés et enregistrés, suivis d'un décapage mécanique de contrôle à la mini-pelle de la zone de fouille et de la berme-témoin attenante, afin de collecter les pièces lithiques qui auraient pu échapper à la vigilance de l'équipe.

	diag	fouille	total dépôt
lames	179	126	305
lamelles	1	4	5
éclats	1	6	7
cassons	9	3	12
nucléus	1	0	1
rognons	9	0	9
galets	1	0	1
	201	139	340

Tabl. 1 – Nature des vestiges lithiques retrouvés dans et aux abords du dépôt de lames (A. Taylor).
Table 1 – *Lithic artefacts found inside and close to the blade deposit (A. Taylor).*

	diag	fouille	total dépôt
proximaux	22	10	22
proximo-mésiaux	32	19	51
mésiaux	61	38	101
mésio-distaux	21	34	53
distaux	35	13	48
entiers	8	12	20
	179	126	295

Tabl. 2 – Fragmentation des produits laminaires (A. Taylor).
Table 2 – *Blade fragmentation (A. Taylor).*

La fouille des abords de la concentration lithique a fourni 139 silex taillés supplémentaires, portant la série totale à 340 individus (objets cotés, hors tamisage), essentiellement des fragments de lames (tabl. 1).

Quelques catégories particulières se distinguent et apparaissent presque incongrues au regard de l'écrasante majorité des supports laminaires. Ce sont des éclats et lamelles très discrets, un lot de rognons fragmentés de dimensions modestes et un nucléus lamellaire. La fragmentation des supports laminaires est quasi systématique, seules vingt lames nous étant parvenues entières (tabl. 2).

CONTEXTE GÉOARCHÉOLOGIQUE : PREMIERS RÉSULTATS

Stratigraphie

D'après la carte géologique d'Auxerre (Mégnien *et al.*, 1967), le site est localisé sur un lambeau de la moyenne terrasse de l'Yonne dont le sommet domine d'une quinzaine de mètres le fond de la vallée actuelle (fig. 1). Cette terrasse appartient vraisemblablement à la nappe de Sens rattachée au stade isotopique 6 (Chaussé *et al.*, 2004). Dans ce secteur, la vallée traverse les formations argilo-sableuses de la fin du Crétacé inférieur. Les sondages géotechniques et nos investigations ont permis de montrer que le site s'insère dans des colluvions qui recouvrent le

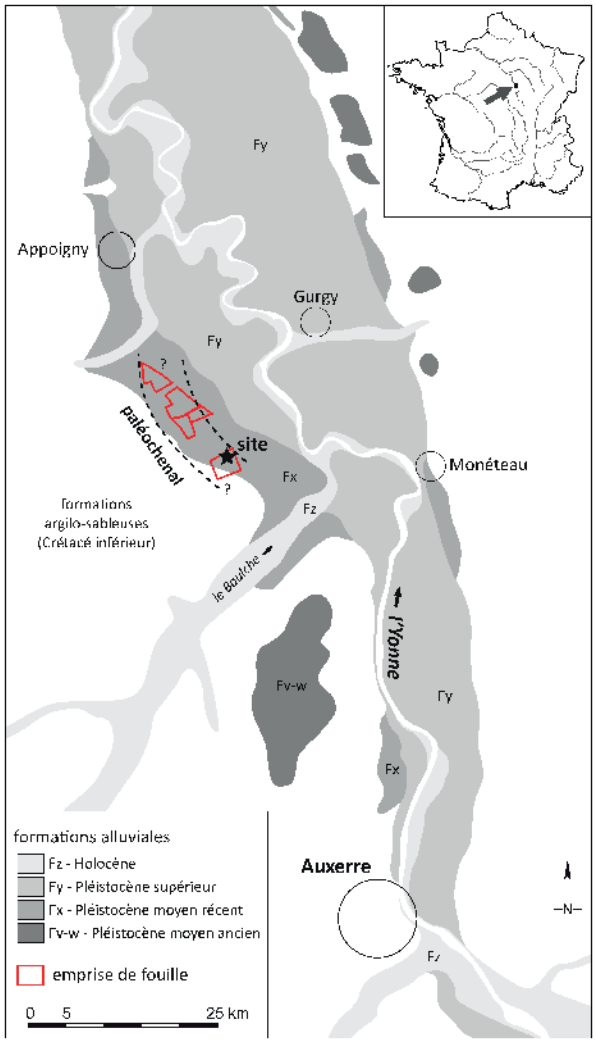


Fig. 1 – Contexte géomorphologique de la découverte. D'après les cartes géologiques au 1/50 000 (BRGM, Mégnien *et al*., 1967 ; DAO M. Rué).
Fig. 1 – *Geomorphological context of the discovery. According to the geological maps (1/50 000 BRGM, Mégnien et al., 1967; CAD M. Rué)*

comblement d'un large paléochenal incisant cette terrasse et sur lequel est implantée l'emprise de fouille (fig. 1).

Sur la coupe observée à proximité immédiate de la concentration lithique, les colluvions sont constituées par un matériel limono-sableux polygénique, au sein duquel on distingue localement des nappes de graviers d'épaisseur centimétrique, orientées dans le sens de la pente et interprétées comme des comblements d'anciennes ravines peu profondes. Aucune de ces figures de ruissellement concentré n'impacte la concentration lithique. Plus au nord, cette séquence colluviale est affectée par des pseudomorphoses de coin de glace qui s'inscrivent au sein d'un réseau polygonal décamétrique attribuable au dernier Pléniglaciaire. Sur la concentration, seul un réseau inframétrique mal exprimé de fentes blanchies apparaît. Après leur mise en place, ces colluvions ont subi une longue phase de pédogenèse aboutissant à la formation d'un profil de luvisol dégradé au sein duquel se distinguent trois principaux horizons (fig. 2) :
- l'horizon organo-minéral actuel (A), brun (10YR 5/3), épais d'une vingtaine de centimètres, à limite inférieure régulière et diffuse (absence de semelle de labour) ;
- un horizon éluvié rédoxique (Eg), brun jaunâtre (10YR 5/6), épais d'environ 30 cm, à concrétions ferromanganiques, plus nombreuses à la base, à limite inférieure irrégulière et nette ;
- un horizon argilique dégradé par hydromorphie (BTd), brun vif (7,5YR 5/8), d'épaisseur métrique, à limite inférieure irrégulière et nette.

L'épandage de mobilier s'insère à l'interface entre les horizons Eg et BTd, à environ 45 cm de profondeur sous la surface actuelle du sol. Aucune discontinuité pédosédimentaire n'a été observée dans l'épandage ou sous la cache. En lame mince, cette interface Eg/BTd est composée par un assemblage dense de particules limono-sableuses, principalement des quartz subanguleux, sans que l'on puisse distinguer de figures synsédimentaires ou diagénétiques. Les traits illuviaux sont cohérents avec une mise en place de ces matériaux avant l'Holocène.

D'après ce contexte pédosédimentaire, les principales hypothèses de formation du site à tester sont celles d'une redistribution des vestiges par le ruissellement, la cryoturbation et l'argiliturbation.

Datations par luminescence

Deux prélèvements encadrant la concentration de mobilier ont été datés par OSL à l'Institut de Physique de Gliwice (Pologne) selon le protocole *single aliquot regeneration* (Murray et Wintle, 2000). Ils proviennent d'un environnement sédimentaire homogène et sont éloignés des nappes de graviers. Les analyses ont porté sur la fraction quartzeuse comprise entre 125 et 200 μm et sur vingt-six aliquotes par échantillon en utilisant le *Central Age Model* (Galbraith *et al*., 1999). En raison des fortes variations de la teneur en eau du sédiment liées à l'engorgement saisonnier du sol, de la nature colluviale des dépôts et de l'absence de dosimétrie *in situ*, les dates obtenues sont à utiliser avec précaution. Elles suggèrent que le mobilier s'insère dans une séquence très condensée s'étageant du stade isotopique 2 à l'Holocène et qu'il est resté sous l'influence des processus de surface pendant une longue période (fig. 2). L'enfouissement des objets se serait produit après la date centrée sur 27 ka BP.

Taphonomie lithique

– *Organisation spatiale*

Les pièces lithiques collectées s'organisent en deux ensembles formant un continuum : une zone d'épandage aval en éventail, où la plus grande concentration de pièces correspond à la fenêtre de fouille manuelle

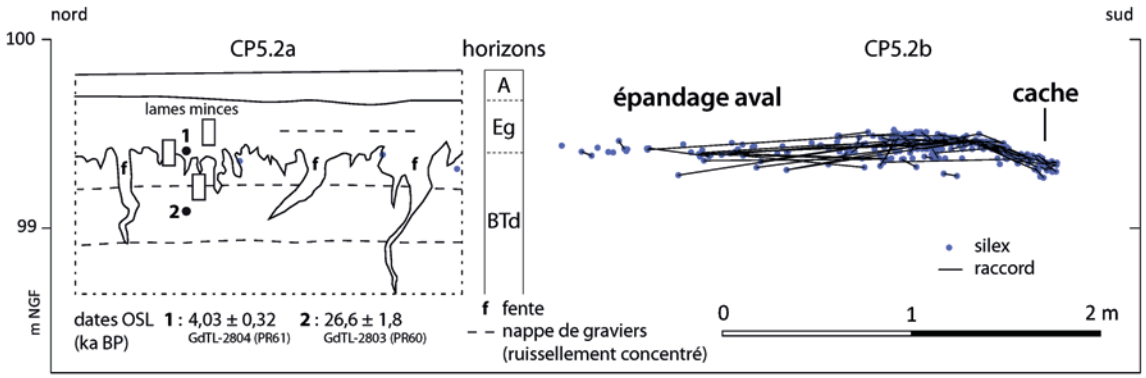


Fig. 2 – Projection des données stratigraphiques (coupe 5.2a) et de l'ensemble du mobilier lithique selon l'axe de la plus grande pente (coupe 5.2b ; DAO M. Rué et J. B. Caverne).
Fig. 2 – *Plot of the stratigraphic data (section 5.2a) and of all the lithic artefacts along the axis of the greater slope (section 5.2b; CAD M. Rué and J. B. Caverne).*



Fig. 3 – Découverte et identification du dépôt de lames. a : à l'issue du décapage 2 (cliché A. Taylor) ; b : démontage du dépôt de lames en cours de décapage 3 (cliché A. Taylor).
Fig. 3 – *Discovery and identification of the blade deposit. a: at the end of stripping 2 (photograph A. Taylor); b: dismantling of the blade deposit during stripping 3 (photograph A. Taylor).*

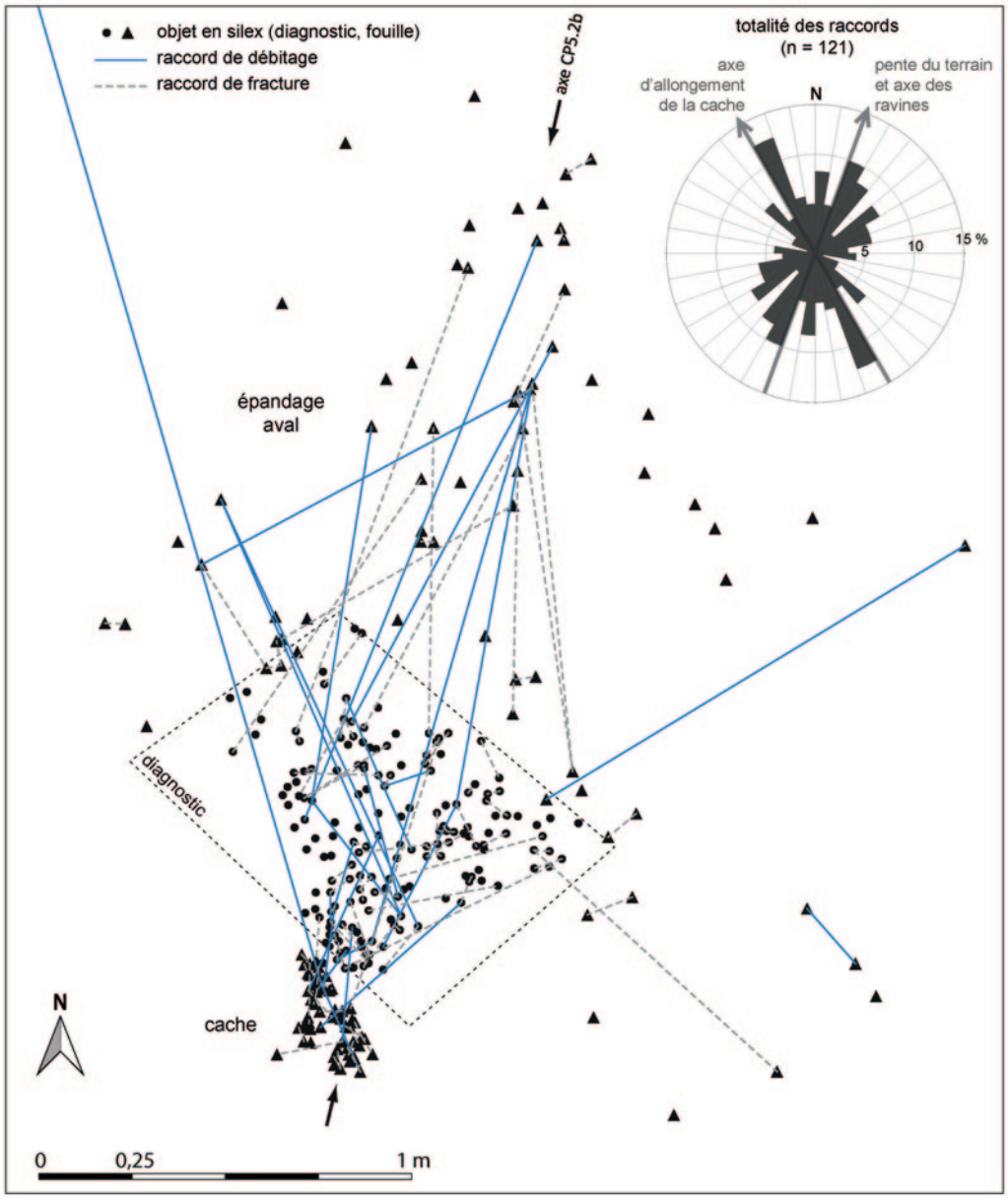


Fig. 4 – Plan de répartition du mobilier et rosace de distribution des liaisons aux abords du dépôt de lames (DAO A. Taylor, M. Rué et J. B. Caverne).
Fig. 4 – *Distribution map of the artefacts and rose diagramme of the connections in the vicinity of the blade deposit (CAD A. Taylor, M. Rué and J. B. Caverne).*

du diagnostic, la nappe d'objets devenant plus diffuse aux abords de cette fenêtre, et, en amont, un lot de lames retrouvées en fagots (fig. 3). Ces derniers sont en contact immédiat, les raccords de fracture et de débitage soulignant nettement les nombreuses relations entre les deux ensembles, où des produits laminaires appartiennent aux mêmes séquences de réduction d'un bloc de silex.

En plan, les axes de remontages s'organisent selon un axe préférentiel, dans le sens d'allongement maximum de la nappe d'objets et dans l'axe de la pente (fig. 4). Cette pente est faible, inférieure à 2 %. On remarque que les raccords de fracture se dispersent sur de plus faibles distances que les raccords de débitage, notamment au cœur du dépôt, mais aussi dans la zone d'épandage aval. Projetées en coupe le long de cet axe, la position des objets et les liaisons entre fragments d'un même support et/ou supports d'une même séquence de débitage, évoquent un démantèlement progressif d'un dépôt organisé de lames superposées, dont la partie supérieure serait remobilisée à la faveur de mouvements latéraux (fig. 2).

Enfin, la distribution spatiale des objets selon leur largeur ne permet pas de déceler de tri granulométrique amont-aval. La série n'apparaît donc pas impactée par le ruissellement ce qui renforce l'argument d'une cache enfouie dans le sol, protégée des écoulements.

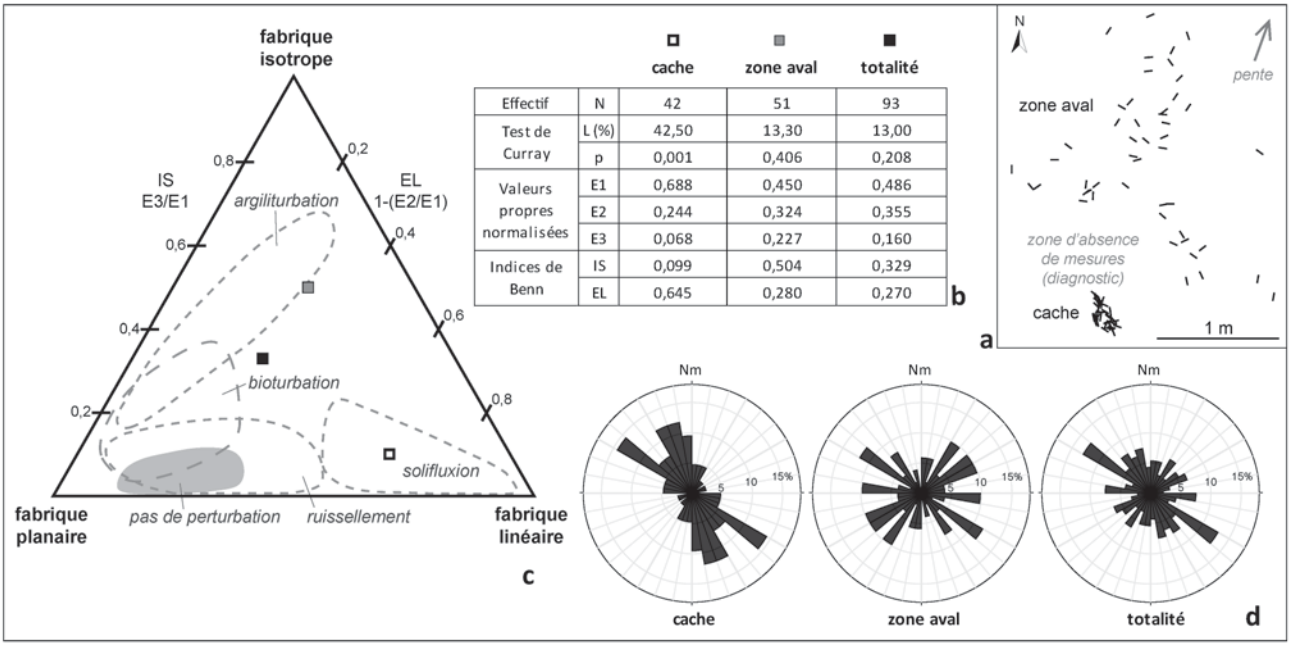


Fig. 5 – Résultats de l'analyse des fabriques. a : plan de localisation des mesures ; b : tableau des résultats (L : intensité de l'orientation préférentielle, p : probabilité pour que la distribution des orientations soit le seul fait du hasard (test de Rayleigh), IS : indice d'isotropie, EL : indice d'élongation) ; c : diagramme de Benn (Benn, 1994) modifié d'après Bertran et Lenoble, 2002 ; d : rosace des orientations, résolution de 10° (DAO M. Rué et A. Taylor).
Fig. 5 – *Fabrics analysis. a: Location map of the measurements; b: results (L: intensity of preferential orientation, p: probability that the preferential orientations are exclusively random (Rayleigh test.), IS: isotropy index, EL: elongation index); c: Benn diagram (Benn, 1994) modified according to Bertran and Lenoble, 2002; d: Distribution of orientations, 10° resolution (CAD M. Rué and A. Taylor).*

– *Fabriques*

Les mesures des orientations et pendages ont été réalisées dans la cache (n = 42) et dans l'épandage aval (n = 51) à l'aide d'une boussole-clinomètre de précision 2°. Deux traitements statistiques ont été effectués à partir de ces mesures afin de définir le taux d'orientation préférentielle (indice L obtenu par la formule de Curray, 1956) et la forme de la fabrique (méthode des valeurs propres normalisées, Woodcock, 1977).

Conformément à ce qui a été observé lors de la fouille, les lames de la cache présentent un taux d'orientation préférentielle élevé, avec une orientation oblique par rapport à l'axe de la pente. Dans la zone aval, les orientations sont en revanche plus uniformes, sans lien évident avec la pente (fig. 5).

Les lames de la cache s'organisent selon une fabrique linéaire, ceci en raison de l'organisation particulière des objets au moment de leur dépôt. De fait, d'après les référentiels expérimentaux et archéologiques (Bertran et Lenoble, 2002), le point représentatif de cette cache tombe dans l'aire des sites affectés par la solifluxion, alors que la fabrique est anthropique. Celle des lames de l'épandage aval est nettement plus isotrope, elle est cohérente avec un remaniement récent par l'argiliturbation (fig. 5). Le contact des lames entre elles dans la partie plus profonde de la cache peut expliquer que les processus géomorphologiques ont moins impacté cette zone par rapport au reste de l'épandage. Une partie du dépôt semble ainsi avoir été épargnée d'un démantèlement total et on peut de fait avancer l'hypothèse d'une fosse dont le creusement serait aujourd'hui invisible, fosse qui a pu être associée ou non à un ou plusieurs contenants ayant protégé les fagots de lames.

– *États de surface*

Les surfaces et les bords des lames ont été observés en vue de l'analyse à la fois taphonomique et fonctionnelle de la série. L'analyse taphonomique a été réalisée sur 158 pièces (dont 31 dans la cache et 127 hors cache) et l'analyse fonctionnelle sur 80 pièces (dont 54 dans la cache et 26 hors cache). Ces deux études s'accordent sur le fait que l'ensemble de la série est fortement impacté par des processus post-dépositionnels. Notons que les silex présents dans la cache le sont moins que ceux issus de l'épandage. En effet, les lames portent toutes des stigmates multiples d'origine à la fois chimique, liée à leur conservation au sein d'un sol lessivé hydromorphe, et mécanique liée à leur déplacement dans le sédiment, induit par la cryoreptation. Patine blanche et amollissements pelliculaires témoignent des processus chimiques tandis que cônes de pression, cônes incipients (fig. 6a), émoussés et micropolis de glace (fig. 6b) montrent clairement le déplacement de ces pièces au sein d'un sédiment gelé (Stapert, 1976 ; Caspar *et al.*, 2003). Enfin aucune trace macroscopique ni microscopique ne témoigne d'usure d'origine anthropique. Il est donc probable que ces lames aient été déposées avant leur utilisation.

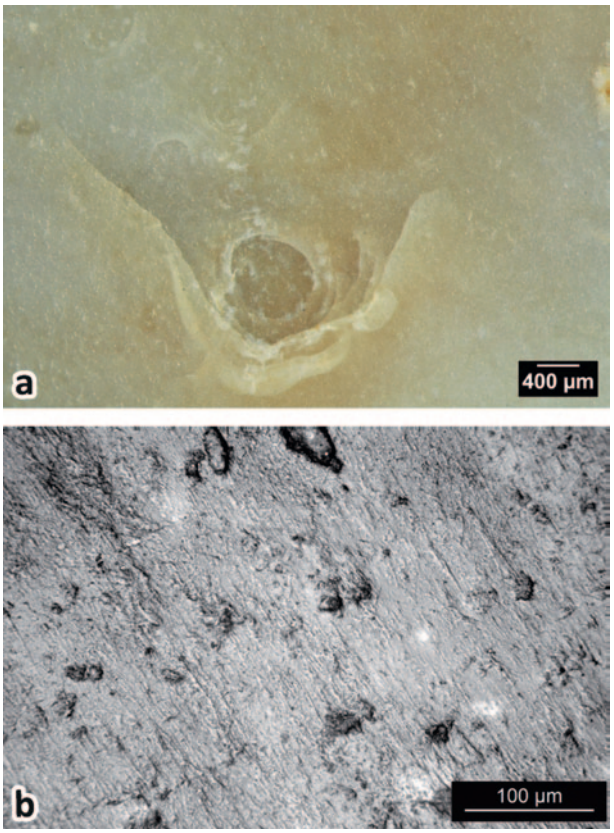


Fig. 6 – Aperçu des états de surface générés par la cryoturbation. a : cônes de pression semi-circulaires et cône incipient (macroscope, x 100, P. Fernandes) ; b : Micropoli strié de glace (microscope métallographique, x 200, L. Chesnaux).
Fig. 6 – *Surface alterations related to cryoturbation. a: semi-circular pressure-cones and incipient cone (macroscope, 100, P. Fernandes); b: Striated ice micropolish (metallographic microscope, 200, L. Chesnaux).*

Interprétation

Ce premier niveau de lecture géoarchéologique du site permet de constater les points suivants :
- l'assemblage recueilli correspond au démantèlement, limité, d'un amas anthropique d'objets lithiques dans le sens de la pente naturelle du terrain ;
- après le dépôt des pièces dans le sol, le ruissellement n'a pas perturbé la distribution des pièces et cela malgré la présence de ravines à proximité. La série recueillie semble donc avoir conservé son intégrité ;
- les alternances de gel-dégel associées à la pente puis les alternances d'humectation-dessiccation du sol ont provoqué la réorganisation des pièces. Le rôle de la bioturbation n'est sans doute pas négligeable en raison de la faible profondeur d'enfouissement des vestiges par rapport à la surface actuelle. Les pièces les plus éloignées de la cache se situent à environ 2,5 m du lieu de dépôt, ce qui donne une vitesse maximale de progression relative d'environ 17 cm par millénaire (pente d'environ 1,5 %) ;
- ces processus post-dépositionnels expliquent qu'aucune information d'ordre palethnologique ne peut être déduite du plan de répartition des objets dans l'épandage aval ;
- l'emplacement de la surface du sol d'origine et donc la profondeur initiale de cette cache sont inconnus.

L'INDUSTRIE LITHIQUE

Le débitage

C'est l'échantillon provenant de la phase diagnostic de 2013 (zone d'épandage aval) qui est ici présenté car suffisamment abondant et représentatif en termes technologiques ainsi que pour l'attribution chronoculturelle de cet ensemble de lames. Mais ce qui vaut pour le vaste échantillon présenté ici, vaut pour l'ensemble de la série. Le matériel lithique recueilli lors des deux opérations est toujours en cours d'étude et de remontage (rapport final d'opération à venir, coordination de l'étude et responsabilité scientifique de la fouille paléolithique Alexis Taylor), il fera l'objet d'un second article à l'issue de l'analyse complète du matériel. L'intégrité du dépôt, son bon état de conservation et le caractère inédit de la découverte au nord de la Loire font que nous prévoyons d'ores et déjà une représentation graphique exhaustive de l'ensemble du matériel lithique, qui deviendra alors une sorte d'exemple de ce qu'est une cache de lames du Paléolithique supérieur.

La série de 2013 compte 201 pièces ou fragments, soit 60 % des silex recueillis lors des deux opérations. Le tableau 3 en donne le détail.

On note immédiatement le caractère presque exclusivement laminaire de cette série avec près de 90 % du corpus et la très faible quantité voire la quasi absence d'éclats, de nucléus et de lamelles (tabl. 3). Pour ces dernières, cette absence ne peut être imputée aux conditions de fouille qui ont été minutieuses, même si le sédiment n'a pas été tamisé lors du diagnostic. Ce fait a été confirmé par le tamisage mené lors des fouilles de 2016 qui n'a quasiment pas permis de retrouver d'autres éléments de petites dimensions, esquilles comme lamelles. Tout comme les éclats et les nucléus, cette quasi absence peut s'expliquer vraisemblablement par la nature même du dépôt qui correspond à l'évidence à un stock de lames. En

	Lames	Lamelles	Eclats	Cassons	Nucléus	Rognons de silex	Galets
Nombre	179	1	1	9	1	9	1
%	89 %	0,5 %	0,5 %	4,5 %	0,5 %	4,5 %	0,5 %

Tabl. 3 – Composition technologique de la série lithique du diagnostic (P. Bodu).
Table 3 – *Technological composition of the lithic assemblage recovered from the diagnostic (P. Bodu).*

dehors de celles-ci, les catégories les mieux représentées mais dans une bien moindre mesure que les premières (4,5 % chacune) correspondent aux cassons et aux rognons de silex bruts ou à peine entamés. Il est vraisemblable par ailleurs que la plupart des cassons proviennent du débitage ou de la fracturation accidentelle des rognons de silex également découverts dans l'amas. En revanche il est difficile de savoir si le bris de ces blocs est consécutif d'une action humaine ou s'il ne peut pas être lié à un éclatement en place suite à des contraintes mécaniques, contraintes qui semblent être en tout cas à l'origine de la fracturation d'un grand nombre de lames.

Avant d'aborder la série laminaire qui mérite un développement conséquent, nous allons présenter les rares catégories d'objets lithiques qui accompagnent ces lames.

– *Les rognons de silex*

Ils sont au nombre de neuf gros fragments qui une fois raccordés composent cinq unités. Ils sont étroitement associés à la nappe composée de lames donc contemporains de leur dépôt. Il s'agit de rognons longilignes et étroits d'une taille relativement standard puisque les pièces entières et les rognons dont on peut estimer la longueur atteignent environ 160 mm pour 40 à 60 mm d'épaisseur (fig. 7). Un seul, entier, présente des dimensions plus réduites (110 mm L/26 mm ép.). Ils portent tous un cortex beige fin lessivé mais non roulé ce qui témoigne d'un approvisionnement non loin des gîtes de matière première, hors alluvions. Si l'intense fragmentation de ces blocs peut être imputée à leur état gélif ou à la présence de diaclases internes, deux au moins portent des stigmates d'un débitage intentionnel même si les stigmates de cette action sont anecdotiques. Il ne s'agit que de tests dans les deux cas qui n'ont été suivis d'aucune exploitation plus poussée. À l'évidence ces rognons n'ont pas et ne pouvaient pas participer à la production des lames qu'ils accompagnent, tout au plus auraient-ils pu donner des lamelles lors d'exploitations assez opportunistes des convexités naturelles des blocs. Dans la mesure où les gîtes de matière première dont ils peuvent provenir ne se trouvent pas à proximité du site de Chaumois (une vingtaine de km vers le nord), leur apport ici est d'autant plus énigmatique. S'agit-il d'une réserve éventuelle de matière première pour un débitage de petites lames ou de lamelles dont on rappellera qu'il n'existe pas d'équivalent dans la zone fouillée et prélevée ? Ont-ils rempli une autre fonction ? En l'état, il est difficile d'aller plus loin dans l'explication de la présence de ces blocs. Par ailleurs



Fig. 7 – Rognon de silex non débités (cliché S. Oboukhoff).
Fig. 7 – *Unworked flint nodules (photograph S. Oboukhoff).*

en dehors de rares négatifs d'enlèvements, aucun d'entre eux ne porte de stigmates laissant penser qu'ils ont servi à percuter, écraser ou broyer un matériau.

– *Le galet de silex*

Un galet de silex à la surface irrégulière, de contour globalement circulaire (dimensions : 70 65 42 mm) et au cortex entièrement lessivé et roulé se trouvait en marge de l'amas de lames initial à une dizaine de centimètres des lames les plus proches. Il ne porte aucune trace d'action anthropique qui pourrait montrer son utilisation dans le débitage du silex.

– *Un nucléus à enlèvements lamellaires*

Ce nucléus de taille réduite (57 33 30 mm) porte des négatifs d'enlèvements lamellaires dans l'ensemble peu réguliers, il s'agit même la plupart du temps d'éclats lamellaires. La présence de surfaces diaclasiques sur lesquelles s'appuient les enlèvements et celle d'un dos semi-cortical laissent penser que c'est un petit fragment de bloc qui a été utilisé comme nucléus pour la production d'enlèvements fins et allongés d'une longueur maximum de 60 mm. Des impacts marqués en partie proximale et des ondes soutenues sur les négatifs des enlèvements « lamellaires » indiquent l'usage d'un percuteur de pierre pour l'extraction de ces produits. Cet objet a aussi été trouvé lors de la première phase du diagnostic en surface de l'amas de lames, sa relation avec ces dernières n'est donc pas totalement certaine. Son état de patine est cependant comparable à celui des lames et on ne peut exclure le fait qu'il fasse partie de cet ensemble, même si les liens éventuels entretenus avec les lames et les rognons bruts sont imperceptibles.

– *Les lames*

Sur les 179 lames que compte cette première série, seules 8 sont entières. Le taux de fracturation est donc intense et atteint un peu plus de 95 % (tabl. 4). Ce taux nous a étonné initialement mais après une lecture attentive des cassures, il apparaît que la plupart de leurs surfaces revêt une patine blanche plus prononcée que la patine qui affecte les faces inférieures et supérieures des pièces. Par ailleurs, on constate que les fractures sont souvent assez caricaturales avec de fortes languettes parfois (fig. 8), ou avec des esquillements ou des écrasements sur les bords de ces pans cassés. Si l'on ajoute à cela le fait que la plupart des raccords associent des fragments très peu éloignés dans l'amas, on peut raisonnablement penser que l'essentiel de ces fractures, correspond à des cassures qui sont intervenues postérieurement au dépôt des lames ce que l'analyse des états de surface démontre (cf. *supra*).

Il s'agit de lames entières ou de fragments de lames le plus souvent réguliers, fréquemment de plein débitage (n = 101 ; fig. 9), mais aussi d'entretien de la surface laminaire (n = 58 ; fig. 10) beaucoup plus rarement d'entame (n = 8), pour une douzaine dont le rôle est indéterminé mais toutes ont en commun une certaine élégance et surtout une bonne fonctionnalité (longueur des tranchants, régularité des bords, robustesse ou au contraire légèreté des profils). On note la présence de cinq lames à crête et de seize sous-crêtes (fig. 11) qui témoignent de mises en forme sophistiquées de la carène des blocs. Dix-huit néo-crêtes ont été décomptées. Elles accompagnent les lames de flanc très nombreuses (n = 47 ; fig. 10) dans les opérations d'entretien ou de contrôle des convexités de la surface laminaire. La présence des crêtes, néo-crêtes, lames de flanc montre que l'on n'a pas uniquement apporté dans cet amas, des produits de première intention mais que l'on y a aussi déposé des lames moins standardisées qui devaient offrir néanmoins, un tranchant, une morphologie, une dimension ou une robustesse intéressants pour un usage ultérieur. Tous les produits laminaires déposés dans cet amas présentent en effet des caractères qui les rendent utilisables. Les rares lames entières et les lames presque complètes raccordées ou non, nous permettent d'avoir une idée du gabarit des supports laminaires sélectionnés et placés dans cet amas : sur 79 objets entiers ou presque entiers on compte plus d'une moitié de supports compris entre 100 et 182 mm (n = 46 soit 58 %). Les lames les plus grandes mesurent entre 170 et 180 mm (n = 3 soit 3,8 %) et il existe un fort pourcentage de lames (n = 43 soit 54,4 %) dont la longueur est comprise entre 100 et 160 mm. Le reste (n = 33 soit 41,8 %) correspond à des objets dont la plus petite taille (entre 50 et 100 mm) s'explique par le fait qu'ils sont moins complets : ils devaient initialement atteindre au minimum 100 mm de longueur. Ce sont donc des lames moyennes à grandes qui ont été déposées là, les autres catégories de supports étant très largement sous représentées confirmant qu'il s'agit bien de supports triés par rapport à ce que l'on doit s'attendre à trouver dans un débitage laminaire classique.

	Proximaux	Proximo-mésiaux	Mésiaux	Mésio-distaux	Distaux	Entiers
Nombre	22	32	61	21	35	8
%	12,3 %	17,9 %	34,1 %	11,7 %	19,5 %	4,5 %

Tabl. 4 – Représentation des différentes parties des lames (P. Bodu).
Table 4 – *Representation of the different blade parts (P. Bodu).*

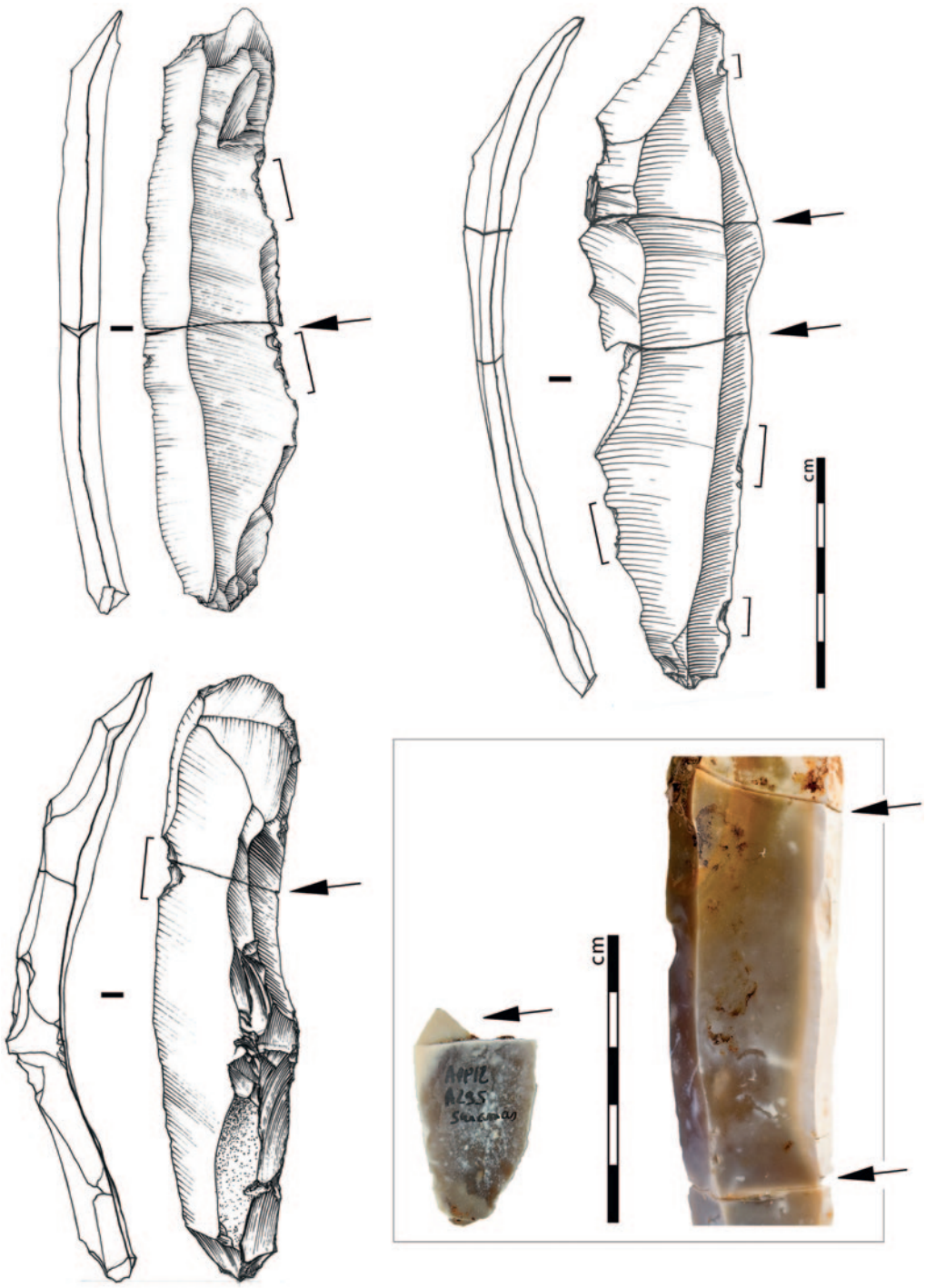


Fig. 8 – Quelques cassures et autres altérations observées sur les lames (DAO M. Ballinger, cliché S. Oboukhoff).
Fig. 8 – *Some examples of breakages and other alterations observed on blades (CAD M. Ballinger, photograph S. Oboukhoff).*

Sur les soixante-deux talons de lames décomptés, quarante-trois sont des éperons, sept sont lisses abrasés, deux facettés, et dix sont soit fissurés soit non identifiés (fig. 12 ; fig. 13). La part prépondérante des éperons souligne un soin apporté au détachement des lames qui n'est pas sans rappeler ce que l'on connaît bien dans l'Aurignacien, le Protomagdalénien, le Solutréen moyen et dans le Magdalénien moyen et supérieur. La fourchette pour le rapprochement chronologique est donc large mais on verra ultérieurement ce qui nous incite à privilégier une attribution « récente » au sein du Paléolithique supérieur. La technique de débitage des lames est la percussion tendre organique comme l'indiquent les éperons dominants, les plus rares talons lisses abrasés mais aussi les lèvres sur la face inférieure des talons qui témoignent du caractère tangentiel du coup porté (lèvres consécutives d'une action d'arrachement). Un autre stigmate

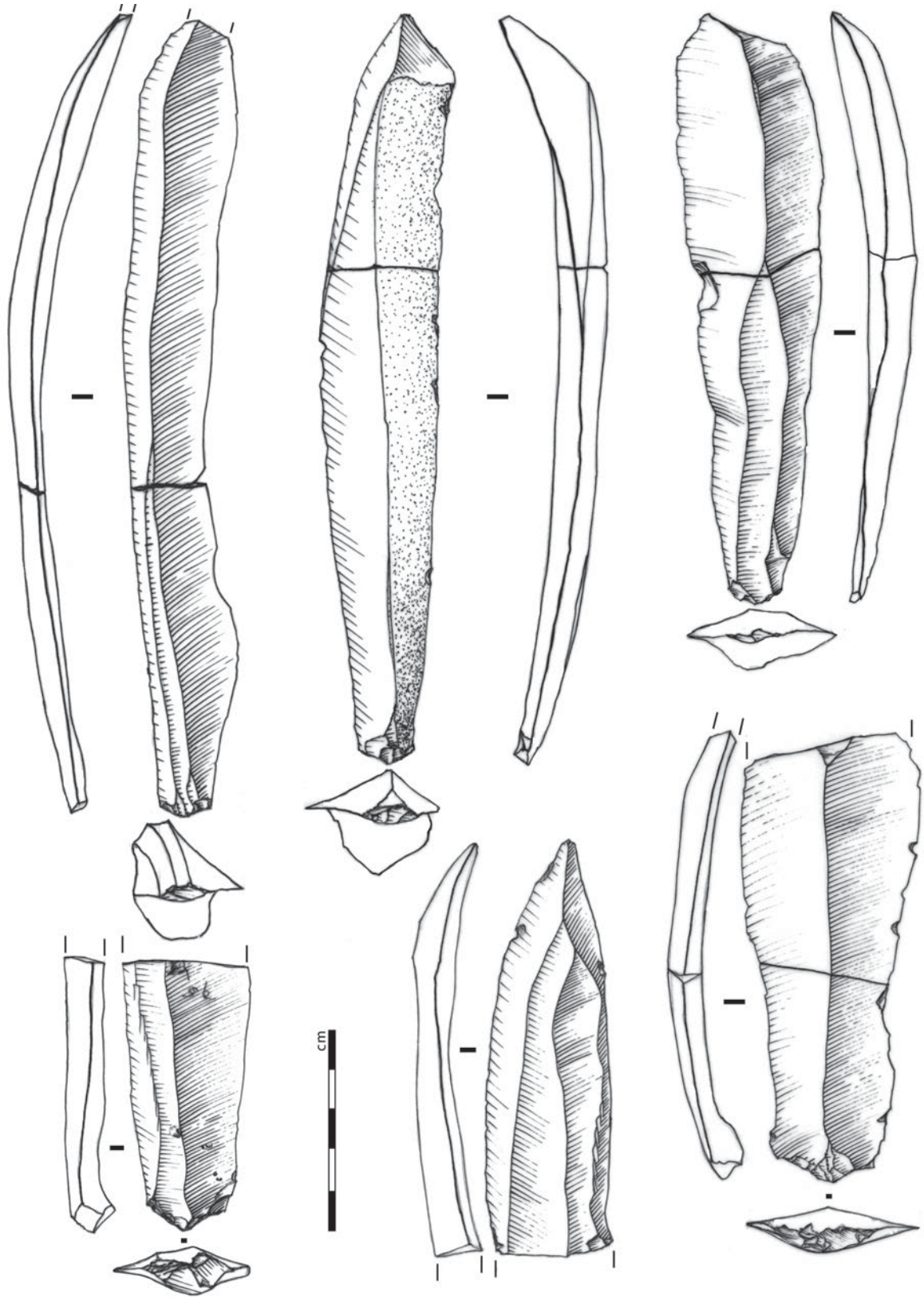


Fig. 9 – Lames de plein débitage (DAO M. Ballinger).
Fig. 9 – *Blades stemming from full debitage (CAD M. Ballinger).*

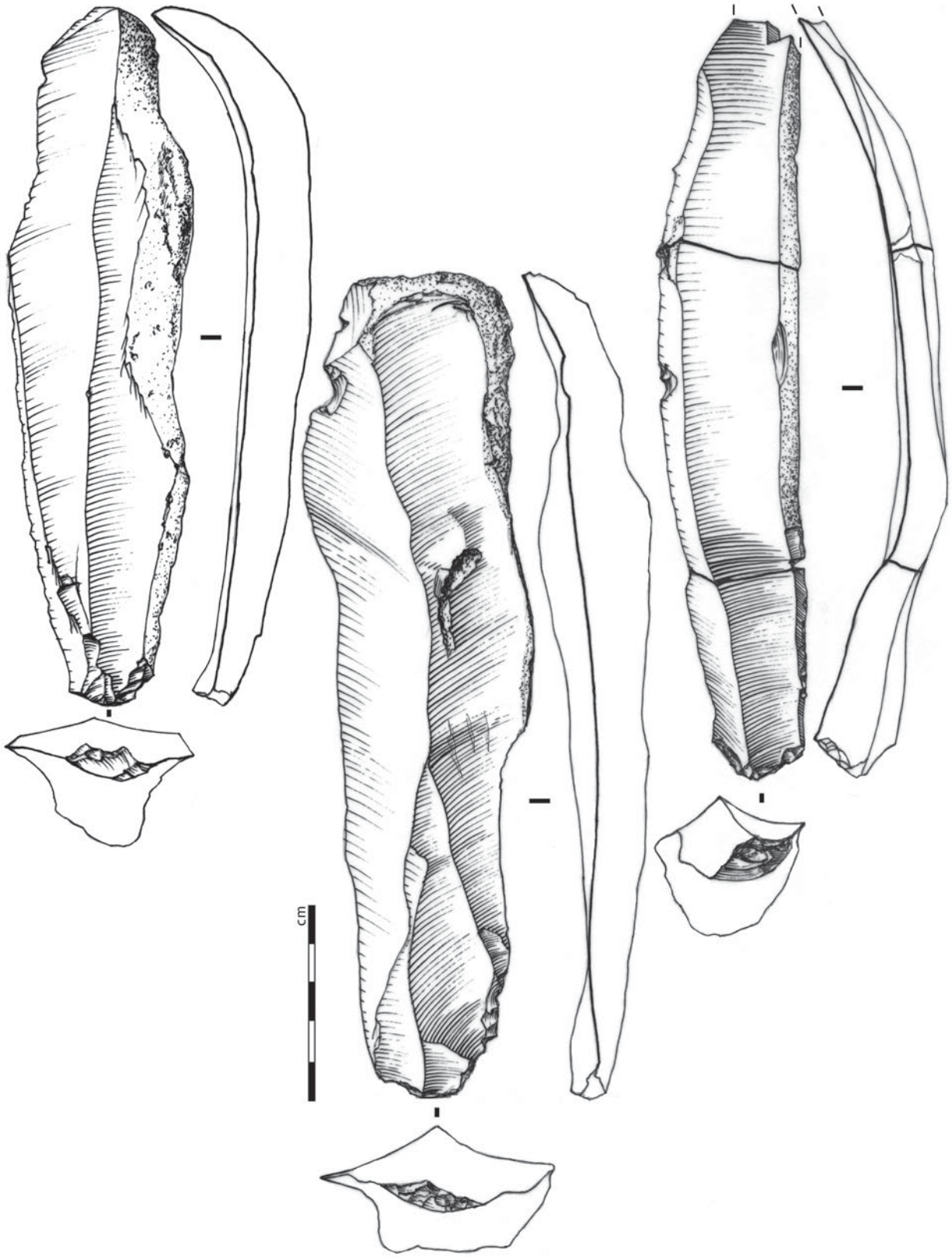


Fig. 10 – Lames participant à l'entretien des surfaces laminaires (DAO M. Ballinger).
Fig. 10 – *Blades used for the maintenance of the laminar surfaces (CAD M. Ballinger).*

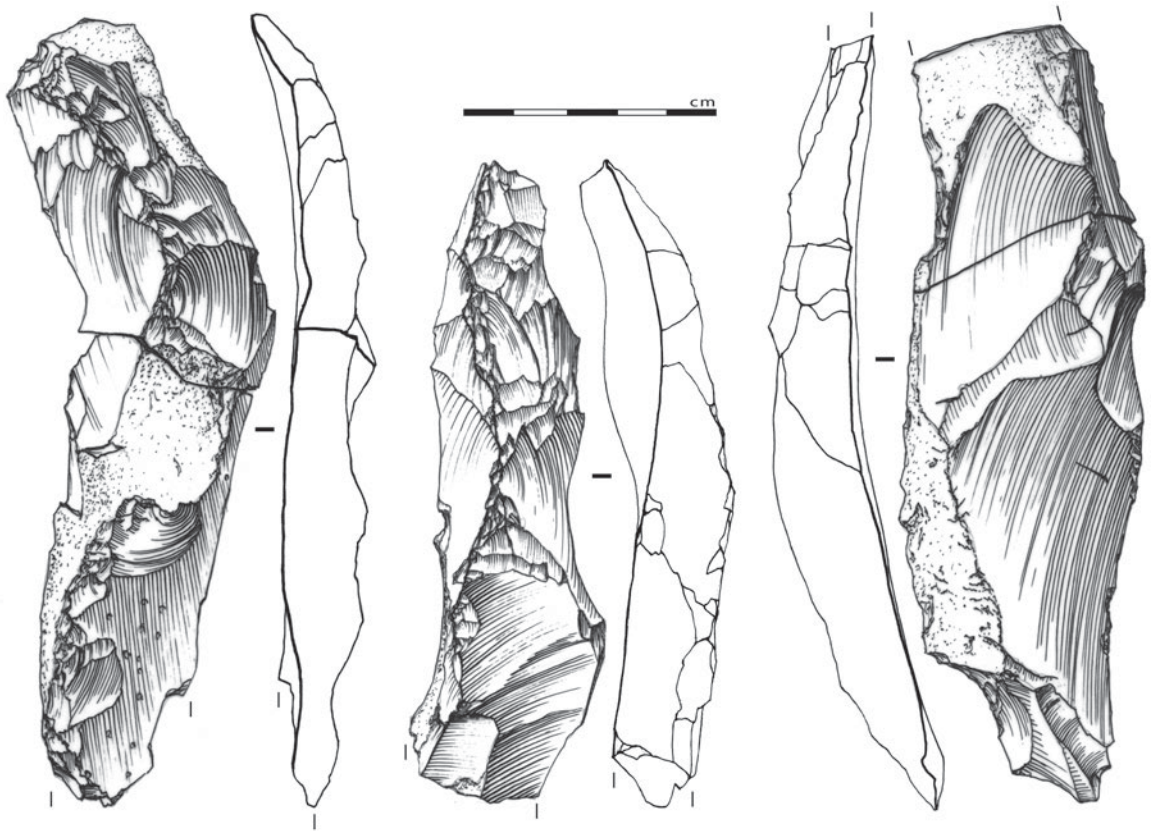


Fig. 11 – Lames à crête et sous-crêtes (DAO M. Ballinger).
Fig. 11 – *Crested and secondary crested blades (CAD M. Ballinger).*



Fig. 12 – Talons de lames en éperon (DAO M. Ballinger, cliché S. Oboukhoff).
Fig. 12 – *Blades with 'spur' (en éperon) butt preparation (CAD M. Ballinger, photograph S. Oboukhoff).*

caractéristique de l'usage de la percussion tendre organique est largement représenté dans la population de lames d'Appoigny. Il s'agit d'un enlèvement de forme triangulaire sur la face inférieure de la partie proximale qui résulte d'une fissuration liée au coup (fig. 12, cl. droit). Par percussion tendre organique, on entend ici un bois de cervidé, renne ou cerf, suffisamment lourd, tendre et souple pour détacher de grandes lames régulières, de profil courbe à légèrement courbe avec un bulbe peu prononcé voire inexistant la plupart du temps.

L'outillage

Dans la série du diagnostic, nous avons mis de côté trente objets susceptibles d'appartenir à la catégorie des outils mais peu d'entre eux sont des outils au sens classique du terme : un burin (fig. 14a), un grattoir (fig. 14b), une lame mâchurée, quatre pièces à troncature et un fragment mésial de lamelles à dos, découvert après la fouille dans un sac d'esquilles et donc non numéroté (fig. 14c). C'est une vingtaine de lames (n = 22) aux bords ébréchés qui représentent l'essentiel de ce groupe et que nous avons isolées du reste des lames par la présence de ces retouches manifestes. Cependant, dans la mesure où l'amas a subi des perturbations post-dépositionnelles, perceptibles notamment à travers le fort taux de fracturation des lames, on ne peut cependant écarter l'hypothèse d'esquillements accidentels dûs à l'écrasement des lames les unes sur les autres par le piétinement ou les contraintes de pression induites par le gel du sol. Une seule grande lame porte des bords retouchés en partie proximale suffisamment nets pour qu'on la considère comme un outil (fig. 14d). Ces objets mis à part, il ne reste donc que les huit véritables outils précédemment évoqués : le mésial de lamelle à dos (16 7 3 mm ; fig. 14c), le burin dièdre relativement épais réalisé sur la partie proximale d'une lame outrepassée (58 30 12 mm ; fig. 14a), le grattoir a été aménagé à l'extrémité distale d'une lame relativement courbe de réaménagement de surface laminaire (fig. 14b) et les troncatures dont la retouche est assez discrète sont installées sur des lames de plein débitage ou de réaménagement. La lame mâchurée se caractérise par la présence d'esquillements importants et rasants sur l'un des bords du support. Aucun de ces outils n'est véritablement caractéristique d'une période précise du Paléolithique supérieur, grattoir, burin comme lamelle à dos étant connus tout au long de cette vaste période. Leur présence au sein d'un amas constitué essentiellement de lames brutes est étonnante mais la sélection de supports transportés comprenait-elle peut-être des lames déjà utilisées et/ou retouchées. La présence du mésial de lamelle à dos est encore plus énigmatique dans cet amas composé

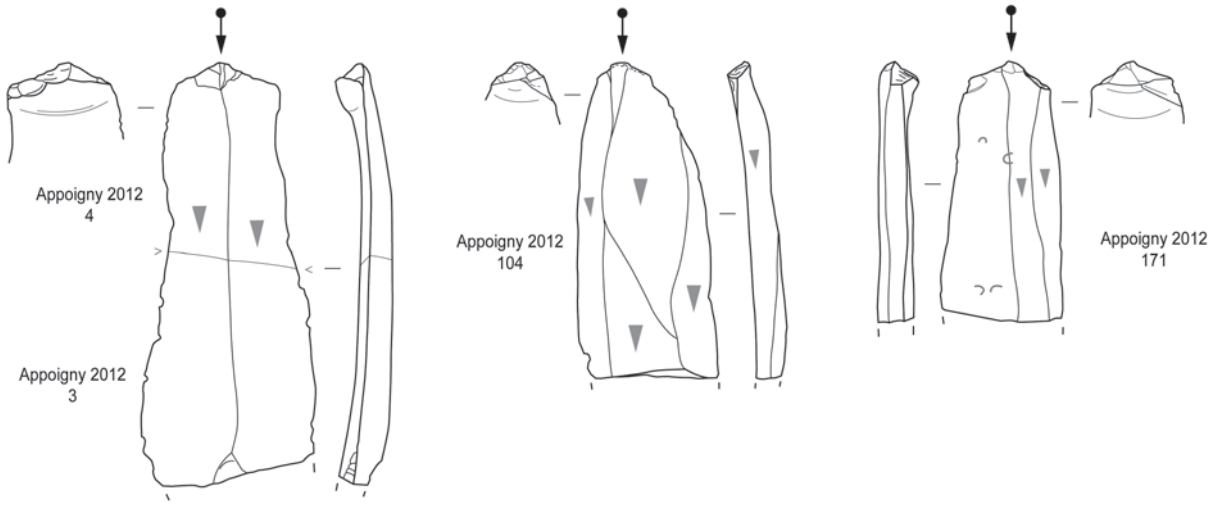


Fig. 13 – Talons de lames en éperon (DAO J. M. Violot).
Fig. 13 – *Blades with 'spur' (en éperon) butt preparation (CAD J. M. Violot).*

	n séquences	n fragments	n supports	n supports ou fragments/séquence
raccords de débitage	20	88	52	2 x 11 3 x 4 4 x 2 5 x 2
raccords de fracture hors séquences	62	135	60	2 x 47 3 x 15
raccords de fracture dans séquences	28	65	28	2 x 22 3 x 5 4 x 1

Tabl. 5 – Séquences retrouvées au travers des raccords de débitage et de cassures (A. Taylor).
Table 5 – *Refitted sequences based on debitage products and broken objects (A. Taylor).*

essentiellement de lames : dépôt volontaire, chute accidentelle de la lamelle dans le dépôt de lames lors de sa constitution ?

L'économie du débitage au travers des remontages et des matières premières

Les résultats positifs des premiers tests de remontage sur le mobilier très concentré prélevé à l'issue du diagnostic (201 pièces lithiques, la plupart retrouvées sur moins d'un mètre carré, taux de remontage provisoire de 10,9 % avec 22 pièces remontées), engageaient à les poursuivre, d'autant que ces premiers remontages établissaient que, bien que technologiquement trié, le mobilier déposé dans cet amas se composait de fagots de lames provenant de la réduction de mêmes blocs de silex, et pas seulement de supports isolés. Un fort potentiel de remontages supplémentaires pouvait donc être attendu.

Vingt séquences ont pu ainsi être remontées, complétant une partie des remontages précédents et totalisant 88 fragments de lames soit 52 supports après raccords. Le taux de remontage provisoire s'établit alors à 25,9 % (88 objets sur les 340 que compte la série totale), pour des séquences de deux à cinq supports laminaires (tabl. 5).

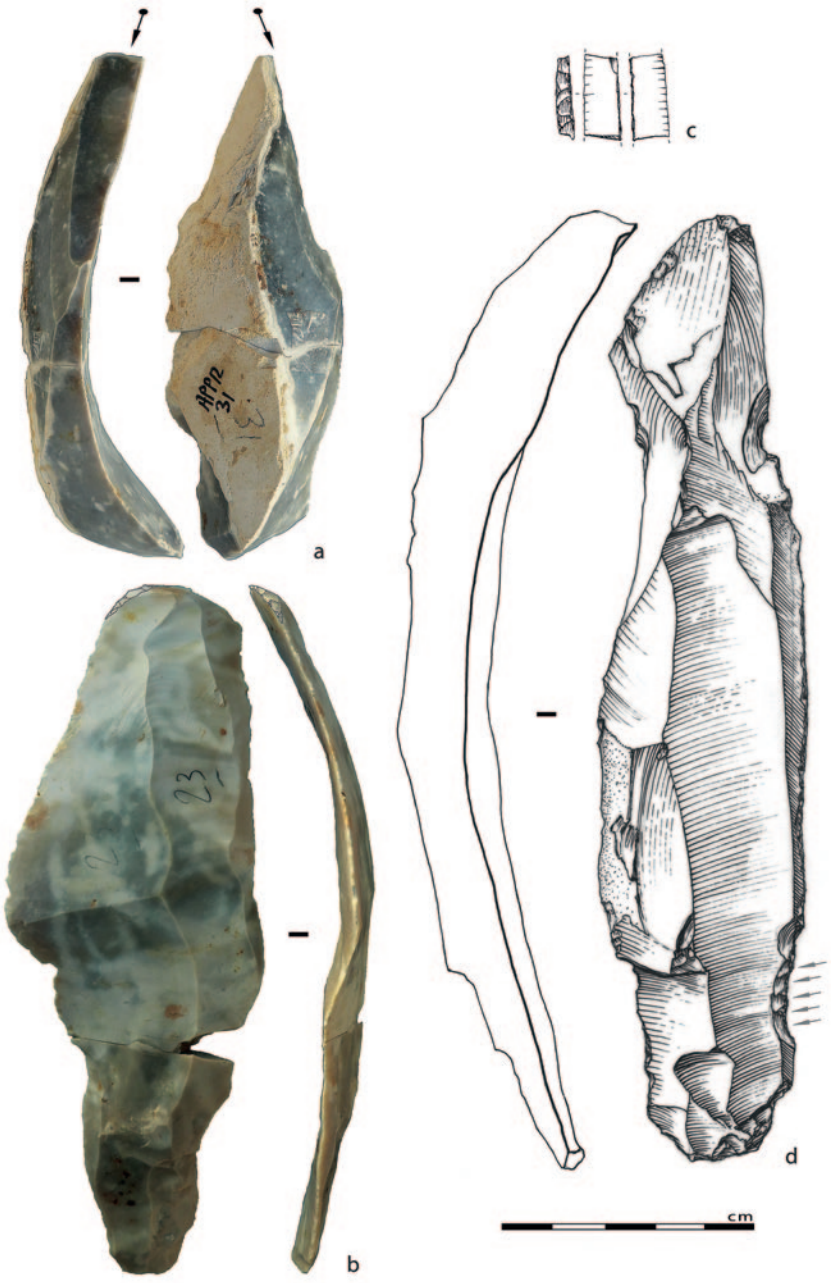


Fig. 14 – Quelques outils découverts dans l'amas (DAO M. Ballinger, cliché A. Taylor).
Fig. 14 – *Some of the retouched tools discovered among the blade deposit (CAD M. Ballinger, photograph A. Taylor).*

Le taux de fracturation des supports est conséquent, puisque que la recherche de raccords a permis de reconstituer 62 supports à partir de 135 fragments de lames hors séquences remontées et 28 supports supplémentaires à partir de 65 fragments replacés au sein de ces dernières, avec des lames brisées en deux parties, mais aussi en trois voire plus rarement quatre fragments.

Les différentes séquences remontées et les produits laminaires isolés que l'on peut en rapprocher illustrent donc directement ou indirectement toutes les phases intermédiaires de la chaîne opératoire de débitage d'un bloc : mise en forme du volume et plein débitage au travers des produits de premier et second choix. La phase d'acquisition des volumes nous échappe en grande partie, puisque leur débitage n'a pas été effectué sur place et qu'il n'y a pas eu semble-t-il d'importation de blocs ou rognons pouvant correspondre aux exigences qu'impose ce type de débitage laminaire (dimensions, notamment longueur, et qualité). Quelques rognons de dimensions réduites ont été introduits (voir testés cf. *supra*) au sein du site, néanmoins ils sont incompatibles avec l'objectif laminaire identifié ici. De même, la phase d'abandon des nucléus/rejet des rognons ou blocs n'est pas documentée au Chaumois. La transformation des supports n'est illustrée qu'au travers de quelques outils (cf. *supra*) et il est probable que ces derniers n'aient pas été réalisés sur place, mais importés et abandonnés/déposés avec le reste des supports laminaires.

Les informations livrées par ces remontages permettent cependant d'inférer les objectifs poursuivis et certains des choix et méthodes adoptés par les tailleurs.

Plusieurs remontages, documentant la phase de mise en forme puis l'exploitation de la table laminaire, nous renseignent sur la morphologie des rognons sélectionnés et la conformation volumétrique du débitage. Ce sont des rognons allongés et étroits, probablement de section ovalaire qui ont été exploités dans leur longueur, le débitage progressant frontalement sur une face étroite. La table de débitage y semble en effet être fortement encadrée et limitée dans sa progression latérale par les flancs du nucléus qui restent corticaux, formant un angle abrupt avec le plan d'aplatissement de la surface de débitage. L'étroitesse de la surface investie et/ou la régularité des convexités naturelles conditionnent probablement en partie le recours à l'aménagement d'une crête antérieure permettant d'initier son exploitation (fig. 15). Le cadrage important de la surface de débitage et la frontalité du débitage se vérifient également sur des remontages illustrant une exploitation plus avancée du volume, avec des lames à pan abrupt semi-cortical détachées en bord de table laminaire et des lames à pans multiples et nervures resserrées en face supérieure.

Une diagnose pétroarchéologique préliminaire intégrant l'évolution naturelle des objets lithiques a permis d'esquisser les limites du domaine minéral exploité. Nous avons utilisé une loupe binoculaire Leica M165c à des grossissements allant jusqu'à 200x. La technique mise en œuvre repose sur une série de mesures précises de la pétrofabrique et de l'analyse micromorphologique des néo-cortex (Fernandes, 2012).



Fig. 15 – Deux séquences de débitage remontées appartenant au dépôt de lames d'Appoigny, remontages n°s 4 + 6 et n° 5 (cliché A. Taylor).
Fig. 15 – *Refitting of two debitage sequences stemming from the blade deposit of Appoigny, refittings nos. 4 + 6 and refitting no. 5 (photograph A. Taylor).*

L'analyse de 158 silex sur 340 issus du diagnostic et de la fouille a permis de déterminer les types de gîte dont est issue la majorité des objets. Ces derniers ont été comparés à la variabilité des échantillons géologiques prélevés en 2016 sur vingt-quatre gîtes primaires et secondaires à l'ouest et au nord du site dans un rectangle de 100 km^2. Ce travail fondé sur un comparatif robuste (la lithothèque contient à ce jour plus de 300 échantillons) a permis de discriminer cinq microfaciès. Quatre (F601, F601s, F602, F614) sont issus des craies locales à régionales du Cénomanien moyen, du Turonien et du Coniacien. Le dernier correspond à un faciès lacustre à characées et ostracodes (F6015) dont l'origine reste à déterminer. La présence discrète de ce type de silex dans des assemblages comportant essentiellement des silex d'origine secondaire est un fait régulièrement observé dans de nombreuses séries du Paléolithique supérieur du Bassin parisien. Ici au Chaumois, elle témoigne d'un approvisionnement tout aussi discret en silex dit « tertiaire », dont les premiers gîtes connus sont bien plus distants (au moins une centaine de km vers le nord-nord-est). Ces premiers résultats permettent d'inférer des comportements mêlant un approvisionnement principalement local sur les deux rives de l'Yonne à des collectes à l'échelle régionale plus au nord dans plusieurs secteurs de la Forêt d'Othe. Les distances minimales sont estimées entre 5 et 11 km en rive gauche et 20 km en rive droite de l'Yonne.

En outre, l'étude pétroarchéologique semble confirmer la possibilité d'un agencement de cet amas. À sa base on note la présence exclusive du type F614 alors que le silex lacustre F615 a été posé sur une série de séquences remontées en silex F601, F601s et F602 et retrouvé au cours de la fouille au sommet de la partie la mieux conservée du dépôt. Les vingt séquences remontées permettent de proposer qu'au moins autant de blocs différents ont été exploités pour fournir les lames importées sur le site. S'y ajoutent sept regroupements fondés sur des aspects macroscopiques que nous avons effectués et que nous n'avons pas rapprochés d'une des séquences remontées, soit un NMI de volumes exploités de vingt-sept blocs. Si l'on rapporte cette estimation aux 169 supports (93 proximo-mésiaux et supports intacts plus 76 mésio-distaux ne raccordant pas) qui ont été introduits sur le site, on peut estimer que ce sont en moyenne six lames qui ont été sélectionnées au sein de chaque débitage pour être déposées au Chaumois.

UNE PROPOSITION DE RATTACHEMENT CHRONOLOGIQUE

Concernant le diagnostic chronologique, l'ensemble peut être rattaché sans aucune hésitation au Paléolithique supérieur. Nous avons vu qu'il n'y a pas d'outils caractéristiques mais les caractères techniques de l'industrie, le type d'exploitation de blocs étroits appréhendé à partir des remontages, permettent de proposer ce rattachement chronologique assez général. Les modalités de mise en forme des blocs avec crêtes, les phases d'entretien par néo-crête notamment, la préparation au détachement par éperons débités ensuite à l'aide d'un percuteur tendre organique, le gabarit des lames et leur courbure assez prononcée en partie distale, sont autant de critères qui fondent l'attribution au Paléolithique supérieur. Une attribution plus précise est-elle possible en l'absence de fossiles directeurs ? Non, en revanche la date OSL autour de 27 ka BP obtenue dans l'horizon BTd sous-jacent nous permet de privilégier un âge récent. Il semble donc que l'on puisse écarter un rattachement de la série lithique aux périodes les plus anciennes du Paléolithique supérieur même si cette dernière présente des habitudes techniques partagées par l'Aurignacien, le Protomagdalénien, le Solutréen moyen. On peut donc se risquer en l'état à proposer une attribution plus précise au Magdalénien (moyen ou supérieur) où de grandes lames à éperon sont bien connues. Si le site de Chaumois s'avère être magdalénien, deux options s'offrent alors : soit il s'agit d'un Magdalénien moyen et il existe alors peu de comparaisons possibles actuellement dans le Bassin parisien en dehors peut-être du matériel lithique de la grotte du Cheval à Arcy-sur-Cure pour lequel une date a été obtenue (Erl-10819 : 14037 ± 85 BP soit 15167-14362 cal. BC ; Bodu et Liger, 2008) ; soit il s'agit d'un Magdalénien supérieur se prêtant à de très nombreuses comparaisons avec les gisements magdaléniens de Seine-et-Marne, du nord de l'Yonne ou des cavités d'Arcy-sur-Cure. Dans un cas comme dans l'autre et pour ce que l'on connaît actuellement des procédés techniques mis en œuvre par les Magdaléniens de la phase moyenne, on ne peut que rester prudent quant à une attribution plus fine de la série de Chaumois alors que Magdalénien moyen et Magdalénien supérieur partagent les mêmes débitages laminaires élégants, le procédé de l'éperon pour la confection des talons, l'unipolarité dominante du débitage, des mises en forme aussi sophistiquées des blocs. Au final, on proposera prudemment que le site de Chaumois a une datation comprise entre 15 000 et 12 000 ans avant le présent, Magdalénien moyen ou Magdalénien supérieur.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les raisons de cet amas : quelques bribes palethnologiques

Le large décapage effectué autour de cet amas de lames montre que ce dernier est isolé de tout contexte et vestiges archéologiques contemporains. C'est donc un dépôt intentionnel de près de 170 lames tirées de près d'une trentaine de blocs débités (cf. *supra*). Les remontages permettent de constater que dans certains cas, ce sont des fagots d'un même débitage qui ont été transportés et abandonnés là, parfois il s'agit de lames isolées voire d'outils mais tous témoignent d'une même ambiance technique rapportable au Magdalénien. Les supports sélectionnés ne sont pas que des produits de première intention dans la mesure

où à côté de lames peu corticales aux bords réguliers et parallèles, se trouvent des lames à crêtes, des sous-crêtes, des néo-crêtes, des lames de flanc, en somme des lames moins normées. Cette diversité est intéressante à constater parce qu'elle indique clairement les choix des Magdaléniens d'une part et elle doit nous amener d'autre part à considérer que les catégories techno-typologiques que nous utilisons pour décrire les étapes du débitage laminaire ne sont pas forcément à calquer sur les intentions des tailleurs. Ainsi, une lame de flanc robuste possédant un tranchant efficient peut être considérée au même titre qu'une lame que nous nommons « de plein débitage », par un Magdalénien. Les lamelles sont quasi inexistantes dans ce dépôt, à l'exception d'une lamelle brute et d'un mésial de lamelle à dos tout comme les éclats, totalement absents et les nucléus, dont il n'existe qu'un exemplaire. Ces observations corroborent ce que Mathieu Langlais et Raphaël Angevin ont pu observer sur d'autres dépôts d'objets lithiques attribués au Magdalénien moyen où ce sont essentiellement des lames qui sont les produits transportés. Les lamelles ne sont pas transportées, en tout cas sous forme brute et en paquet, ce qui peut s'expliquer en effet par la fragilité de leurs tranchants mais aussi par le fait qu'elles peuvent être réalisées, assez aisément, sur les supports laminaires puisque c'est à partir du Badegoulien et plus encore au Magdalénien ancien et moyen que la production lamellaire sur supports débités trouve toute sa diversité (Angevin et Langlais, 2009 ; Chehmana, 2009 ; Chehmana *et al*., 2013)

Actuellement il n'y a pas de relief saisissant dans la topographie qui puisse expliquer le choix de l'emplacement, tout au plus la petite vallée du ru de Baulche située à quelques centaines de mètres au sud du site (fig. 2) a-t-elle pu jouer un rôle dans l'attraction exercée par cet endroit auprès de la population paléolithique. Mais sur le site lui-même, aucun détail de la topographie n'est remarquable qui pourrait expliquer le choix du lieu pour ce dépôt. C'est une zone, à l'heure actuelle, assez humide avec un pendage légèrement prononcé vers la vallée de l'Yonne, et qui s'étend de la même façon sur des hectares. Il faut donc penser que ce qui a motivé le dépôt de lames à cet endroit est un élément qui a disparu du paysage peut-être en raison de sa nature organique à moins que le lieu ait un autre intérêt que l'archéologie ne peut absolument pas mettre en évidence.

Entre le Sénonais où se trouvent les sites magdaléniens de Marsangy, du Bois de l'Hôtel-Dieu, d'Étigny, de Gron, de Saint-Denis-les-Sens notamment et la région d'Arcy-sur-Cure où les grottes du Trilobite, du Cheval, du Lagopède, de la Marmotte et plus à l'ouest celle de la Roche-au-Loup à Merry-sur-Yonne (Poplin, 1982), ont livré des vestiges datés du Magdalénien (moyen ou final), il n'y a aucun indice de Magdalénien ! Cette zone ne représente en effet ni un espace de collecte de matière première puisque les premiers affleurements de silex se trouvent à plus de 5 km du site, ni un endroit riche en protections naturelles telles que les falaises d'Arcy-sur-Cure. En revanche il s'agit d'un lieu de passage entre les zones à silex de la région de Joigny et le méandre d'Arcy-sur-Cure/Saint-Moré ou encore les grottes de Merry-sur-Yonne, endroits fortement fréquentés durant le Paléolithique moyen et le Paléolithique supérieur. Lieu de passage, il s'est agi sans doute aussi d'un lieu de résidence si ce n'est sur le site, au moins à proximité. En effet, cet amas de quelques 170 lames ne représente probablement qu'une des facettes d'une occupation plus large de ce territoire auxerrois. De quelle occupation s'agit-il ? Peut-on s'attendre à découvrir des sites d'habitat plus pérennes ? En l'absence, ou presque, d'autres sites « contemporains » à proximité il est impossible bien évidemment de le savoir, mais les découvertes d'autres indices paléolithiques, sans doute plus anciens, à Monéteau (Bodu, 2009) ou encore à Auxerre (Lajoux, 2014a et 2014b), évoquent une occupation des lieux au Paléolithique supérieur plus intense que ce que ne laissent paraître les premières évidences. Ces indices ne sont sans doute que le pâle reflet d'une fréquentation de la région auxerroise plus intense au Paléolithique supérieur mais cela s'explique en particulier par l'état de la recherche sur cette période et dans cette partie de l'Yonne. Autour d'Auxerre, point de travaux comme ceux d'Augusta Hure dans le Sénonais (Hure, 1978) ou encore ceux de l'abbé Alexandre Parat (Parat, 1900 et 1902) ou d'André Leroi-Gourhan, dans la région d'Arcy-sur-Cure/Saint-Moré (Leroi-Gourhan et Leroi-Gourhan, 1964).

Économiquement et stratégiquement cet amas de lames isolé ne peut donc s'expliquer que s'il est en relation avec un site plus pérenne localisé à proximité, sur les reliefs légers à l'arrière du site, peut-être sur les bords de l'Yonne distante de 1 à 2 km, ou près du ru de Baulche à moins que ce ne soit à la confluence des deux. Il est vrai que l'on observe au sud du site un léger resserrement de la vallée de l'Yonne avant qu'elle ne s'élargisse vers Auxerre et l'amorce de la vallée du ru de Baulche qui représente une autre voie d'accès vers le sud-ouest du département. On sait que les resserrements de vallées au Paléolithique sont propices au rabattage des troupeaux.

Ainsi, on peut penser que le gisement de Chaumois à Appoigny s'inscrit dans un territoire beaucoup plus investi au Magdalénien moyen ou final, et que le paquet de lames retrouvé là n'illustre qu'une des modalités d'occupation de ce territoire. De quelle modalité s'agit-il par rapport à ce que l'on connaît des occupations du Paléolithique supérieur ? C'est obligatoirement une étape très courte, le dépôt de centaines de lames, vraisemblablement dans un contenant en matière périssable, lames débitées ailleurs sur des gîtes distants d'au moins 5 km pour les plus proches. Il s'agit à l'évidence d'une réserve destinée à une ou des utilisations ultérieures. La constitution de ce dépôt montre que si l'on a choisi les supports essentiellement dans les éléments bruts de débitage, les objets retouchés n'ont pas été négligés soit qu'ils aient été fabriqués bien avant la constitution de cet ensemble pour une utilisation antérieure, soit que l'aménagement d'une partie active sur les lames ait répondu à des besoins autour du moment du dépôt. Un autre type de vestiges constitutifs de cet amas, pose la question de

son rôle, il s'agit des rognons de silex élancés. Ces cinq rognons n'ont, à priori, pas été impliqués dans une opération de production de supports, même si deux d'entre eux portent de rares négatifs lamellaires, pas plus qu'ils ne semblent avoir été utilisés comme outil de taille (percuteur). Ont-ils été apportés là car, pour les Magdaléniens, ils représentaient une réserve potentielle de matière première ? Cela est difficile à démontrer alors qu'aucun de ces blocs n'a été véritablement taillé et que les seuls produits qu'on pouvait en attendre sont absents, ou presque, de l'amas. Ont-ils joué un rôle dans les sphères technique, économique ou encore symbolique ? Pouvaient-ils marquer un emplacement, celui du dépôt ? Aucune réponse ne peut être malheureusement apportée à ces questions. On notera cependant que dans d'autres contextes, des poupées de silex, ou rognons allongés et étroits ont été abandonnés dans les sites, sans traces d'utilisation apparente. C'est notamment le cas dans les gisements magdaléniens de Marsangy, de Pincevent ou encore dans l'Azilien ancien du Closeau (Schmider, 1992 ; Bodu, 2003). Pour deux de ces exemples, nous avions émis l'hypothèse d'objets ramassés en raison de leur morphologie particulière qui pouvait même évoquer des silhouettes humaines, hypothèse que nous ne pouvons pas exclure dans le cas du dépôt de Chaumois. Reste que si à Marsangy, Pincevent ou encore au Closeau, la collecte de ces objets particuliers a été effectuée à proximité immédiate du gisement, au Chaumois, leur transport s'est fait à minima sur plusieurs km, ce qui fragilise l'hypothèse d'un déplacement non utilitaire… mais pas forcément !

La cache de lames d'Appoigny illustre donc de façon magistrale une des facettes de l'occupation d'un territoire par un groupe du Paléolithique supérieur. C'est sans doute l'un des exemples les plus fameux de ce type de comportement économique pour le Paléolithique supérieur en raison de son état de conservation mais aussi du caractère récent des fouilles qui ont permis de documenter ce phénomène dans d'excellentes conditions et de vérifier sur une très grande surface qu'il était bien isolé. Isolé en effet de tout autre contexte archéologique local, ce dépôt pose la question de son intégration dans le schéma stratégique et économique des chasseurs magdaléniens. Il pose aussi la question du sens profond de sa constitution : sommes-nous là en face d'un ensemble réalisé par un seul individu tailleur et dans ce cas, quelle a été la raison de cette accumulation : pour son usage propre, pour l'usage du groupe dont il faisait partie, en vue d'échanges avec les membres d'autres groupes ? Ces lames ont-elles été produites par différents tailleurs ? Pour quelle (s) raison (s) ? S'agit-il d'un dépôt en une fois ou du résultat d'une accumulation de lames sur un certain temps ? Le fait qu'il regroupe près de 170 lames provenant d'une trentaine de débitages n'est malheureusement pas suffisant pour abonder dans un sens ou un autre.

En miroir, cet exemple rarissime de concentration de lames éloigné de tout autre contexte archéologique contemporain nous renvoie l'image d'une région auxerroise sans doute assez fortement occupée à la période magdalénienne mais qui pour des raisons liées à l'histoire de la recherche dans ce périmètre icaunais et peut-être à des causes taphonomiques, apparaît, encore à l'heure actuelle, foncièrement désertée à la fin du Paléolithique supérieur. Il n'en était sans doute rien dans cette portion de la vallée de l'Yonne qui a dû fonctionner comme un couloir de circulation entre les zones à silex de la Forêt d'Othe et les massifs calcaires protecteurs de la région de Merry-sur-Yonne et d'Arcy-sur-Cure/Saint-Moré. Un potentiel donc à découvrir ! ■

Remerciements : *Le Service régional de l'Archéologie de Bourgogne-Franche-Comté et en particulier Agnès Rousseau pour le suivi de l'opération. Fabrice Charlier et Jérôme Grasso (Archéodunum), responsables de la fouille. Stéphane Lenda (INRAP) responsable du diagnostic, Jean Mathivet (INRAP) et Elisa Nicoud (INRAP puis CNRS) pour leur participation effective à la découverte et au traitement de cet amas de lames lors de la phase diagnostic. Michèle Ballinger (UMR 7041), Serge Oboukhoff (USR 3225), Jean-Marc Violot (INRAP) pour les illustrations de l'article. Les relecteurs de cet article qui ont contribué à en améliorer la qualité : Grégory Debout (Service archéologique interdépartemental Yvelines/Hauts-de-Seine) et Jean-Pierre Fagnart (Conseil Général de la Somme).*

NOTE

(1) Sur le site du Petit-Coignot, les silex taillés (lames, grattoir sur lame, éclats, nucléus à lamelles) sont attribuables au Paléolithique supérieur sans plus de précision. Dans le site de la Rue de Bonn, les rares objets découverts fortuitement lors de la fouille de niveaux plus récents, s'apparenteraient plutôt à l'Aurignacien.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANGEVIN R., LANGLAIS M. (2009) – Où sont les lames ? Enquête sur les « caches » et « dépôts » de lames du Magdalénien moyen (15000-13500 BP), *in* S. Bonnardin, C. Hamon, M. Lauwers et B. Quillec (dir.), *Du matériel au spirituel. Réalités archéologiques et historiques des « dépôts » de la Préhistoire à nos jours*, actes des 29es Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire (Antibes, 16-18 octobre 2008), Juan-les-Pins, APDCA, p. 61-80.

BENN D. I. (1994) – Fabric Shape and the Interpretation of Sedimentary Fabric Data. *Journal of Sedimentary Research*, 64, 4, p. 910-915.

BERTRAN P., LENOBLE A. (2002) – Fabriques des niveaux archéologiques : méthode et premier bilan des apports à l'étude taphonomique des sites paléolithiques, *Paléo*, 14, p. 13-28.

BODU P. (2003) – Quid de l'expression symbolique chez les Magdaléniens et les Aziliens du Bassin parisien ? ou il voit des figurines féminines partout !, *in Sens dessus dessous. La recherche du sens en Préhistoire*, Amiens, Revue archéologique de Picardie (numéro spécial *Revue archéologique de Picardie*, 21), p. 251-256.

BODU P. (2009) – Une occupation paléolithique, *in* C. Tristan (dir.) *Monéteau, Sur Macherin, Rue de Bonn (Yonne-Bourgogne), une occupation aurignacienne, un village VSG, une nécropole et une enceinte chasséennes (?)*, rapport final d'opération, Inrap Grand-Est Sud, service régional de l'Archéologie de Bourgogne, Dijon, p. 24-31.

BODU P., JULIEN M., VALENTIN B., DEBOUT G. (2006) – *Un dernier hiver à Pincevent. Les Magdaléniens du niveau IV0*, Paris, CNRS (supplément à *Gallia Préhistoire*, 48), 180 p.

BODU P., LIGER J. C. (2008) – Les lames du Paléolithique supérieur de la grotte du Cheval (Arcy-sur-Cure, Yonne). Un raccord sur une longue distance… chronologique, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 105, 1.p. 5-16.

BOUVIER J. M., DUPORT L. (1968) – Pièces géantes de Montgaudier, *Bulletin de la Société archéologique de la Charente*, p. 1-8.

BREUIL H. (1908) – La cachette magdalénienne de la Goulaine (S. et L.), *Bulletin de la Diana*, 15, p. 268-276.

CASPAR J. P., MASSON B., VALLIN L. (2003) – Poli de bois ou poli de glace au Paléolithique inférieur et moyen ? Problèmes de convergence taphonomique et fonctionnelle. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 100, 3, p. 453-462.

CHAUSSÉ C., VOINCHET P., BAHAIN J. J., CONNET N., LHOMME V., LIMONDIN-LOZOUET N. (2004) – Middle and Upper Pleistocene Evolution of the River Yonne Valley (France), First Results. *Quaternaire*, 15, 1-2, p. 53-64.

CHEHMANA L. (2009) – The Conception of "Bertonne" and "Orville" Bladelet Production (Upper Paleolithic, France). *Human Evolution*, 24, 1, p. 71-79.

CHEHMANA L., DEBOUT G., BODU P. (2013) – Discussion sur l'attribution chronoculturelle de quelques industries à pièces carénées du sud du Bassin parisien, *in* P. Bodu, L. Chehmana, L. Klaric, L. Mevel., S. Soriano et N. Teyssandier (dir.), *Le Paléolithique supérieur ancien de l'Europe du Nord-Ouest – Réflexions et synthèses à partir d'un projet collectif de recherche sur le centre et le sud du Bassin parisien*, actes du colloque (Sens, 15-18 avril 2009), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 56), p. 159-171.

CONNET N., BEMILLI C., CHAUSSÉ C. (2009) – *Le Chemin-de-l'Évangile 3 à Gron (Yonne)*, rapport final de synthèse, INRAP Grand-Est Sud, service régional de l'Archéologie de Bourgogne, Dijon, volume 1, 71 p.

CONNET N, KRIER V, LHOMME V, BODU P. (1992) – Le gisement gravettien de Chamvres (Yonne). (Premiers résultats), *Revue archéologique de l' Est*, 162, 43, p. 207-223.

CURRAY J. R. (1956) – The Analysis of Two-Dimensional Orientation Data. *Journal of Geology*, p. 117-131.

FARIZY C, CONNET N, BODU P. (1991) – Découverte et exploration du gisement périgordien de Chamvres-Joigny dans le cadre de travaux de sauvetage, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 88, 1, p. 13.

FERNANDES P. (2012) – *Itinéraires et transformations du silex : une pétroarchéologie refondée, application au Paléolithique moyen*, thèse de doctorat, université Bordeaux 1 – Sciences et Technologies, Talence, 623 p.

GALBRAITH R. F., ROBERTS R. G., LASLETT G. M., YOSHIDA H., OLLEY J. M. (1999) – Optical Dating of Single and Multiple Grains of Quartz from Jinmium Rock Shelter, Northern Australia : Part I, Experimental Design and Statistical Models, *Archaeometry*, 41, 2, p. 339-364.

GESLIN M., BASTIEN G., MALLET N. (1975) – Le dépôt de grandes lames de « La Creusette », Barrou (Indre-et-Loire), *Gallia Préhistoire*, 18, 12, p. 401-422.

HURE A. (1978) – Le Sénonais préhistorique, Bruxelles, *Culture et Civilisation*, 550 p. [1re éd. Sens, 1921].

JULIEN M., RIEU J. L. (1999) – *Occupations du Paléolithique supérieur dans le sud-est du Bassin parisien*. Paris, MSH (Documents d'archéologie française, 78), 236 p.

LAJOUX J. B. (2014a) – L'industrie lithique du Paléolithique supérieur, *in* S. Lenda *et al*., *Auxerre (Yonne), contournement sud*. Rapport de diagnostic, INRAP Grand-Est Sud, service régional de l'Archéologie de Bourgogne, Dijon, p. 196-209.

LAJOUX J. B. (2014b) – Insertion chronologique et éléments de comparaison dans le contexte régional pour les indices d'occupation du Paléolithique moyen et supérieur, *in* S. Lenda *et al*., *Auxerre (Yonne), contournement sud*. Rapport de diagnostic, Inrap Grand-Est Sud, service régional de l'Archéologie de Bourgogne, Dijon, décembre 2014, p. 237-238.

LE BRUN-RICALENS F., BROU L. (2003) – Burins carénés-nucléus à lamelles : identification d'une chaîne opératoire particulière à Thèmes (Yonne) et implications. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 100, 1, p. 67-83.

LENDA S., TRISTAN C., BODU P., BURGEVIN A., DELOR-AHÜ A., DUCREUX F., LABEAUNE R., NICOUD E., NOUVEL P., PETREQUIN P., TISSERAND N., VIDEAU G. (2013) – *Bourgogne, Yonne, Appoigny, Les Bries*, rapport de diagnostic archéologique, INRAP Grand-Est Sud, service régional de l'Archéologie de Bourgogne, Dijon, 3 vol., 421 p.

LEROI-GOURHAN A., LEROI-GOURHAN A. (1964) – Chronologie des grottes d'Arcy-sur-Cure (Yonne), *Gallia Préhistoire*, 7, p. 1-64.

LHOMME V., CONNET N., CHAUSSÉ C., BEMILLI C., BAHAIN J. J., VOINCHET P. (2004) – Les sites et les industries du Paléolithique inférieur, moyen et supérieur de la basse vallée de l'Yonne dans leurs contextes chronostratigraphiques. Bilan de dix ans d'activité archéologique pluridisciplinaire dans le sud-est du Bassin parisien, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 101, 4, p. 701-739.

MÉGNIEN C., RAMPON G., TURLAND M. (1967) – Carte géologique au 1/50 000, feuille d'Auxerre, 402, BRGM, Orléans, notice explicative de 13 p.

MORALA A. (1999) – Grandes pièces arquées du Magdalénien supérieur : une nouvelle préforme de grand nucléus à lames découvertes en Lot-et-Garonne, *Paléo*, 11, p. 199-209.

MOUGIN C. (2007) – *Les apports de la prospection pour la connaissance du Paléolithique supérieur dans l'Yonne d'après les exemples des stations de surface du bois des Brosses, du Crot-de-la-Bique, d'Espérance, de Port d'Armeau et de Flacy*, mémoire de master, université de Bourgogne, Dijon, 80 p.

MURRAY A. S., WINTLE A. G. (2000) – Luminescence Dating of Quartz Using an Improved Regenerative-Dose Single-Aliquot Protocol, *Radiation Measurements*, 32, p. 57-73.

PARAT A. (1900) – Les grottes de la Cure (côté d'Arcy), la grotte du Cheval, *Bulletin de la Société des Sciences historiques et naturelles de l'Yonne*, 20, p. 23-29.

PARAT A. (1902) – Les grottes de la Cure (côté d'Arcy), la grotte du Trilobite. *Bulletin de la Société des Sciences historiques et naturelles de l'Yonne*, 21, p. 49-90.

PERETTO D., THÉVENIN A. (1996) – Nouveaux éléments du Paléolithique supérieur sur les plateaux de la vallée de l'Yonne, *in* Y. Pautrat (dir.) – *Paléolithique supérieur et Épipaléolithique dans le nord-est de la France*, actes de la table-ronde (Dijon, 7-8 octobre 1995), Dijon, service régional de l'Archéologie de Bourgogne, (Cahiers archéologiques de Bourgogne, 6), p. 39-46.

PIGEOT N. (2004) – *Les derniers Magdaléniens d'Etiolles. Perspectives culturelles et paléohistoriques (l'unité d'habitation Q31)*, Paris, CNRS (supplément à *Gallia Préhistoire*, 37), 351 p.

POPLIN F. (1982) – Nouvelles fouilles préhistoriques à La Roche-au-Loup (Merry-sur-Yonne), *Bulletin de la Société des Sciences historiques et naturelles de l'Yonne*, 114, p. 23-45.

SCHMIDER B. (1971) – *Les industries lithiques du Paléolithique supérieur en Île-de-France*, Paris, CNRS (supplément à *Gallia Préhistoire*, 6), 248 p. [Réédition avec addendum en 1984, 236 p.]

SCHMIDER B. (1975) – Le gisement paléolithique supérieur des Tarterêts I à Corbeil-Essonnes (Essonne). Stratigraphie, outillage lithique, organisation des vestiges, *Gallia Préhistoire*, 18, 2, p. 315-340.

SCHMIDER B. (1992) – *Marsangy. Un campement des derniers chasseurs magdaléniens sur les bords de l'Yonne*, Liège, université de Liège (ERAUL, 55), 275 p.

SCHMIDER B., VALENTIN B., BAFFIER D., DAVID F., JULIEN M., LEROI-GOURHAN A., MOURER-CHAUVIRÉ C., POULAIN T., ROBLIN-JOUVE A., TABORIN Y. (1995) – L'abri du Lagopède (fouilles Leroi-Gourhan) et le Magdalénien des grottes de la Cure (Yonne), *Gallia Préhistoire*, 37, p. 55-114.

SORIANO S. (1995) – Un site magdalénien à pointes à dos en Sénonais, *in* H. Carré (dir.), *Épipaléolithique du Sénonais et des régions voisines*, actes de la table-ronde (Passy, 20-21 novembre 1993), Sens, Société archéologique de Sens (Cahier, 2), p. 9-15.

SORIANO S. (2001) – Le Magdalénien supérieur du Fond de la Justice à Villiers-Louis (Yonne). Aspects typologiques et chronologiques, *Bulletin de la Société préhistorique luxembourgeoise*, 20-21, 1998-1999, p. 145-157.

STAPERT D. (1976) – Some Natural Surface Modifications on Flint in the Netherlands. *Palaeohistoria* 18, p. 7-41.

SURMELY F., LIEGARD S., FOURVEL A., ALIX P. (2002) – Contribution à l'étude de la circulation sur de longues distances des matières premières lithiques au Paléolithique. Les nucléus mis en forme découverts le long de la vallée de la Loire, *Paléo*, 14, p. 265-274.

TRISTAN C. (2009) – *Monéteau, « Sur Macherin, rue de Bonn » (Yonne, Bourgogne). Une occupation aurignacienne, un village VSG, une nécropole et une enceinte chasséennes (?)*, volume 1, rapport final d'opération, INRAP Grand-Est Sud, service régional de l'Archéologie de Bourgogne, Dijon, 247 p.

WOODCOCK N. H. (1977) – Specification of Fabric Shapes Uing an Eigen Value Method. *Geological Society of America Bulletin*, 88, 9, p. 1231-1236.

Pierre BODU
UMR 7041 «ArScAn», Équipe Ethnologie préhistorique
Maison de l'archéologie et de l'ethnologie René-Ginouvès
21, allée de l'Université, F-92023 Nanterre cedex
pierre.bodu@cnrs.fr

Alexis TAYLOR
Paléotime, 6173, rue Jean-Séraphin Achard-Picard
F-38250 Villard-de-Lans
et UMR 7055 «Préhistoire et technologie»
Maison de l'archéologie et de l'ethnologie René-Ginouvès
21, allée de l'Université, F-92023 Nanterre cedex
alexis.taylor@paleotime.fr

Lorène CHESNAUX
Paléotime,
6173, rue Jean-Séraphin Achard-Picard
F-38250 Villard-de-Lans
et Université Toulouse 2 – Jean-Jaurès
UMR 5608 «TRACES»
5, allée Antonio Machado, F-31058 Toulouse cedex 9
chesnauxlorene@yahoo.fr

Paul FERNANDES
Paléotime,
6173, rue Jean-Séraphin Achard-Picard
F-38250 Villard-de-Lans
et Université Bordeaux 1 – Sciences et technologies
UMR 5199 «PACEA»
Allée Geoffroy Saint Hilaire, CS 50023
F-33615 Pessac cedex
paul.fernandes@paleotime.fr

Mathieu RUÉ
Paléotime,
6173, rue Jean-Séraphin Achard-Picard
F-38250 Villard-de-Lans et
Université Montpellier 3 – Paul-Valéry UMR 5140 «ASM»
route de Mende, F-34199 Montpellier cedex 5
mathieu.rue@paleotime.fr

4.5. Bilan

Ces quatre exemples illustrent l'intérêt d'une approche pluridisciplinaire menée collectivement pour répondre aux interrogations sur la formation et l'état de conservation des ensembles de mobilier. Les implications archéologiques sont parfois importantes, allant jusqu'à remettre en question l'attribution chrono-culturelle de certaines séries, comme sur le site de Bidau à Garlin (Acheuléen ou Moustérien ? ; § 4.1), ou autorisant une lecture plus fine du plan de répartition des vestiges, comme sur la station aurignacienne de Brignol à Villeneuve-sur-Lot (§ 4.3).

La mise en œuvre de cette approche présente toutefois certaines difficultés et soulève de nouveaux questionnements (qui seront abordés dans la synthèse), en raison notamment des référentiels utilisés. Une des solutions consiste à alimenter ces référentiels, par le développement de nouvelles expérimentations. Le chapitre suivant illustre cet aspect en présentant les premiers résultats d'une expérimentation en milieu naturel que j'ai initiée en 2018.

Chapitre 5. Taphonomie lithique et bioturbation : premiers résultats de la cellule expérimentale de Villard-de-Lans (Isère, massif du Vercors)

Cette étude s'intègre dans un programme d'expérimentation à but taphonomique mené en collaboration avec Paul Fernandes (étude des états de surface du mobilier lithique), Lorène Chesnaux (tracéologie), Gabriel Navennec (topographie), Jocelyn Robbe (taille expérimentale) et Alexis Taylor (étude lithique). Il bénéficie du soutien financier et logistique de l'entreprise Paléotime. Plusieurs personnes ont contribué à sa mise en place ou à son suivi (Pierre-André Auvrard, Sébastien Bernard-Guelle, Loïc Bouffard, Elise Cormarèche, Théo Minet, Alexandre Morin, Arnaud Roy, Cyril Viallet).

Les premiers résultats présentés ci-après feront l'objet d'une communication orale lors du 6e Congrès International d'Archéologie Expérimentale (CONEXP) qui se déroulera à Pézenas (Hérault) en 2022. Une publication est envisagée dans les actes de cette rencontre (collection ERAUL). J'ai rédigé l'intégralité du texte présenté.

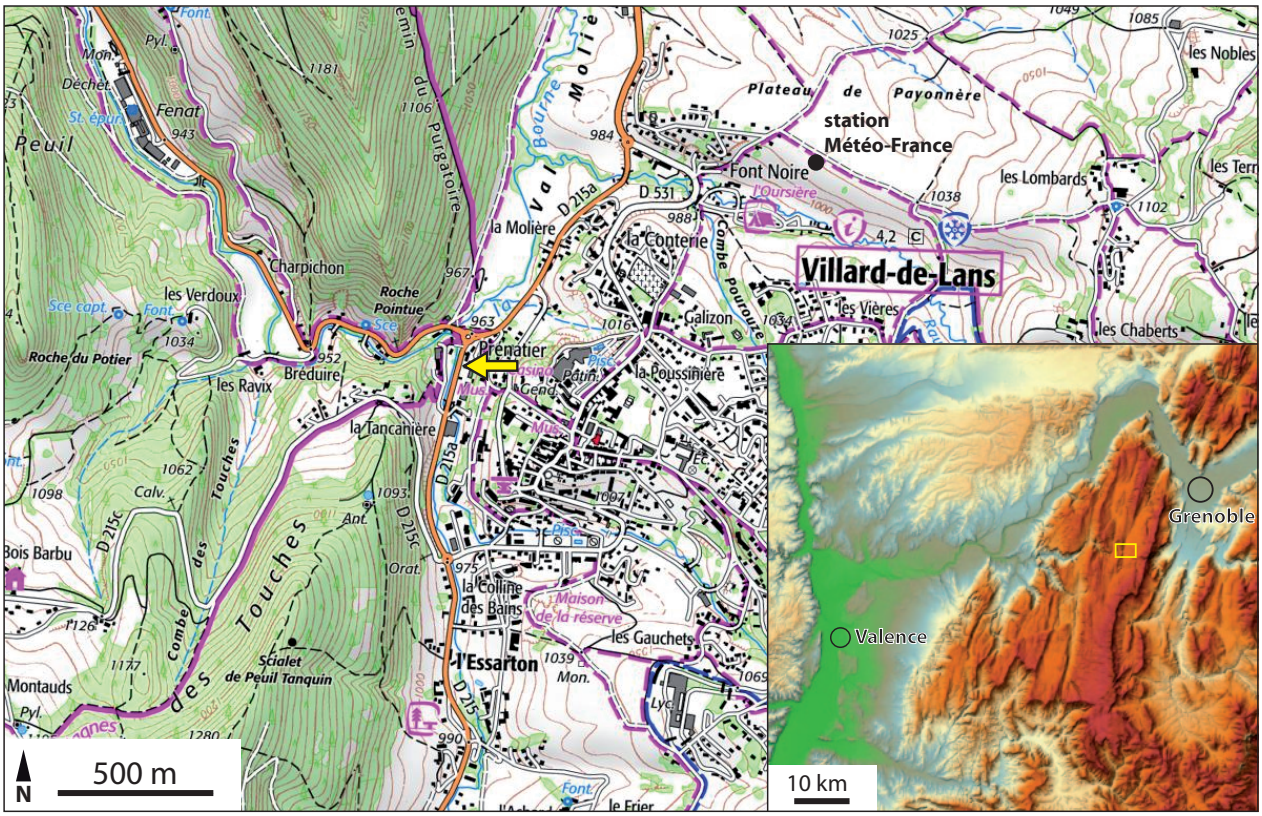


Fig. 1 : Localisation de l'expérience dans le massif du Vercors (M. Rué, fonds IGN, licence ouverte).
Latitude 45° 4'22.06''N, longitude 5°32'47.92''E

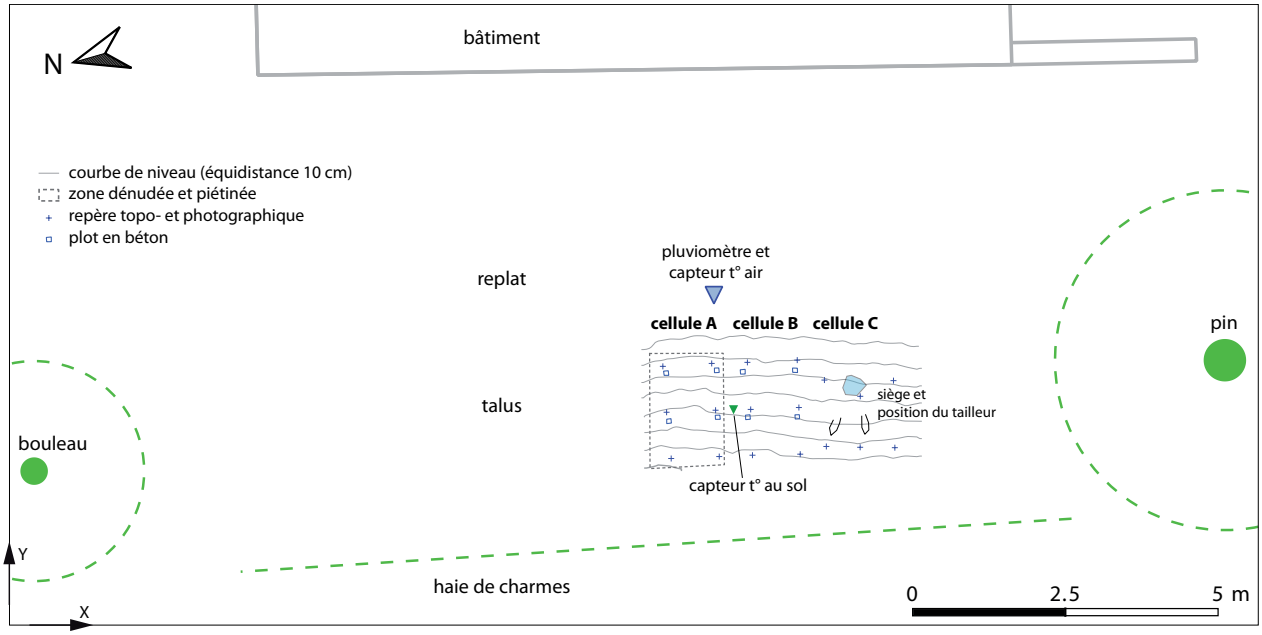


Fig. 2 : Implantation des cellules expérimentales (M. Rué, G. Navennec).
Caractéristiques de la pente d'après le relevé initial (maille d'environ 20 cm) : moyenne 18.36°, écart-type 2.97, médiane 18,32°, minimum 8.58°, maximum 30.20°.

Taphonomie lithique et bioturbation : premiers résultats des cellules expérimentales de Villard-de-Lans (massif du Vercors)

1. Introduction

L'étude des processus de formation des sites préhistoriques fait régulièrement l'objet d'approches expérimentales *in vivo* afin de mieux apprécier le rôle des agents taphonomiques et alimenter les référentiels expérimentaux. En contexte de versant, les modalités de déplacement des vestiges par la reptation après leur abandon en surface du sol et avant leur enfouissement sont bien documentées, en particulier en milieu périglaciaire (Texier *et al.* 1998 ; Hilton 2003 ; Lenoble *et al.* 2008a ; Bertran *et al.* 2015). La reptation peut être définie comme le mouvement lent et imperceptible des particules du sol sous l'effet de la gravité (Bertran 2004 ; Pawlik, Šamonil 2018). Ce mécanisme, induit par des processus variés comme les variations de volume du sol par les alternances de gel-dégel ou d'humectation-dessication, l'impact des gouttes de pluie (effet *splash*) ou la bioturbation, intervient dans la formation de nombreux sites. La reptation contribue ainsi au déplacement progressif des artefacts le long de la pente. Toutefois, le rôle conjoint de la couverture herbacée et de la pédofaune (vers, insectes, faune endogée, etc.) comme facteur limitant ce déplacement après le dépôt des objets en surface du sol reste encore peu expérimenté (Ozán 2017), malgré de nombreuses études sur le rôle de la bioturbation dans l'enfouissement des vestiges (*e.g.* Balek 2002 ; Johnson 2002).

Afin d'étudier la part respective des processus impliqués dans la dispersion des vestiges sous l'effet de la gravité en contexte tempéré, une cellule expérimentale a été mise en place en avril 2018 à Villard-de-Lans (massif du Vercors, Isère). Des objets en silex et quartzites taillés, pour certains utilisés, ont été disposés sur un sol de pelouse en pente, dont une partie a été préalablement dénudée et piétinée. Un des objectifs de l'expérimentation consiste 1) à suivre le déplacement des objets sur la pente en fonction du type de surface initiale (dénudée ou non) et 2) déterminer le temps nécessaire à leur enfouissement, donc préciser à partir de quel moment ces objets seront protégés des agents taphonomiques de surface. Plusieurs paramètres sont depuis enregistrés en continu (pluviométrie et température) ou font l'objet de relevés ponctuels (position des pièces, fabriques des éléments allongés). L'expérience permettra également de suivre l'évolution des états de surface des pièces lithiques et des stigmates d'utilisation au cours du temps. Ce chapitre vise à présenter l'expérimentation en cours et les premiers résultats obtenus sur le déplacement des pièces en 3 ans.

2. Présentation du site

Le choix du site a été motivé par 1) des conditions météorologiques propices au déplacement des objets sur une pente (précipitations élevées et nombreux cycles de gel-dégel) mais également favorables à l'activité biologique, 2) un emplacement protégé afin d'empêcher le passage de la grande faune ou les perturbations humaines et 3) une localisation facilitant un suivi régulier des observations.

L'expérience se déroule dans l'extrémité méridionale du Val de Lans, un val jurassien situé sur la bordure nord-est du massif préalpin du Vercors. Le site est localisé à 961 m d'altitude, au pied du versant sur lequel est implanté le bourg de Villard-de-Lans, à proximité de la rive droite du ruisseau de Corrençon, juste en amont de la confluence avec la Bourne (affluent de l'Isère, **fig. 1**). Le site domine d'environ 3 m le fond de vallée. Le substrat rocheux correspond à des apports fluvioglaciaires du dernier cycle climatique surmontant des dépôts molassiques miocènes.

Les cellules expérimentales ont été mises en place sur un talus artificiel et stabilisé, créé lors de la construction de la route de Bréduire (actuelle avenue Jean Séraphin Achard-Picard) au début des années 1970 et sur lequel s'est développée une végétation herbacée, régulièrement entretenue (pelouse). Le talus est bordé à l'ouest par une haie de charmes haute d'environ 2 m et, à l'est, par le pignon d'un des bâtiments de l'entreprise Paléotime. Un bouleau et un pin poussent sur ses extrémités nord et sud. La pente est régulière, d'environ 18° vers l'ouest (**fig. 2).** L'humus, peu épais, repose sur un matériau limono-sableux brun sombre à structure grumeleuse. Le profil pédologique est de type A/C.

Selon les classifications, Villard-de-Lans se caractérise par un climat tempéré continental à été doux et hiver froid (Dclo de la classification de Trewartha) ou un climat montagnard avec des altérations de type semi-continental à océanique dégradé (Joly *et al.* 2010). D'après la station Météo-France implantée à 1027 m d'altitude et à 1,3 km au nord-est des cellules expérimentales, la température moyenne annuelle est de 7,6°C (période de référence 1981-2010). En moyenne, la température est inférieure ou égale à 0°C 22 jours par an. Les précipitations sont relativement bien réparties sur toute l'année avec un cumul annuel de 1304 mm (**fig. 3**). La variabilité interannuelle de l'enneigement est forte, avec en moyenne une quarantaine de jours de neige par an et des hauteurs maximales dépassant rarement 50 cm.

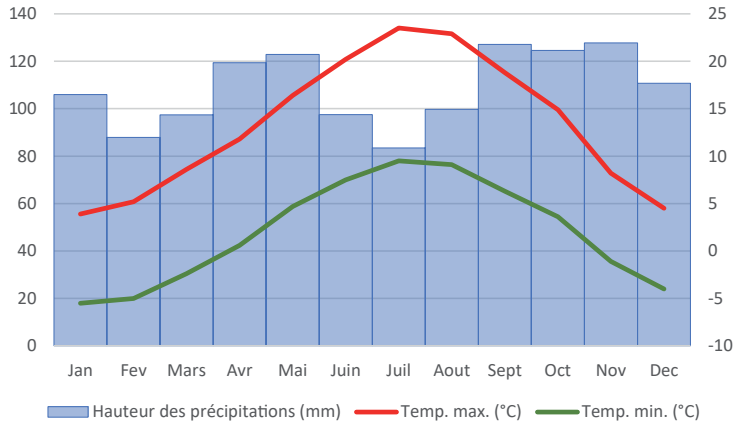


Fig. 3 : Diagramme ombrothermique d'après les données de la station Météo-France de Villard-de-Lans (1027 m) (M. Rué). Période 1981-2010. Localisation de la station : fig. 1.

3. Matériel et méthode

3.1. Préparation et suivi des cellules

Trois cellules expérimentales ont été implantées sur le talus, couvrant chacune une superficie d'environ 1,8 m² et séparées par un espace permettant de circuler lors des relevés ou observations (**fig. 2 et 4**) :

- cellule A : surface du sol initialement dénudée et piétinée
- cellules B et C : surface du sol enherbée

L'expérience a débuté le 23/04/2018 par la taille de deux blocs de silex sur la cellule C et s'est poursuivie le lendemain par le positionnement et le relevé des pièces des cellules A et B. La pelouse a été tondue pour la dernière fois 10 mois auparavant. La surface dénudée de la cellule A a été préparée en recouvrant le sol d'une bâche opaque pendant sept mois puis en raclant la végétation et l'humus quelques jours avant le début de l'expérience. Elle a ensuite été piétinée pendant environ 30 minutes par une personne. Au moment du dépôt des pièces, la surface du sol était sèche, les dernières pluies remontant à 13 j. Une retenue sédimentaire a été placée en bas de pente. Les trois cellules sont protégées par un grillage de balisage renforcé en matière plastique orange (hauteur 1 m).



Fig. 4 : Aperçu photographique des cellules entre 2018 et 2020 (M. Rué). **a.** Vue oblique de la cellule A au début de l'expérience (24/04/2018). **b.** Vue générale pendant la taille des silex de la cellule C (23/04/2018). **c.** Détail de l'amas de débitage obtenu (23/04/2018). Eclats en silex de largeur > 20 mm dans la cellule A : **d.** Etat initial. **e.** Colmatage des espaces inter-éclats par des agrégats millimétriques remontés par les fourmis après 35 jours. **f.** Tassement des agrégats après le premier hiver (18/03/2019). **g.** Vue des cellules A et B après 1 mois (24/05/2018). **h.** Pièce QT01 après son déplacement brusque (par un petit mammifère ou un oiseau ?). L'emplacement initial de la pièce est marqué par l'absence d'organismes pionniers en surface du sol (type bryophytes ou algues) (29/05/2018). **i.** Vue des cellules A et B après 2 ans (04/05/2020). Seuls quelques silex de l'amas > 20 mm de la cellule B ne sont pas recouverts par la végétation : détail (**j**) et état initial (**k**). La teinte du silex s'est brunifiée.

Les relevés topographiques sont réalisés au moyen d'un théodolite électronique et d'une canne munie d'un prisme plat d'une hauteur de 40 cm. Les imprécisions de ce type de relevé dépendent principalement de l'opérateur qui maintient le prisme à la verticale. Elles sont de l'ordre de quelques millimètres au maximum. Un relevé de la surface du sol a été réalisé en début d'expérience selon un maillage d'environ 20 cm de côté, complété par un relevé photogrammétrique en mars 2019, après la fonte de la neige (couverture végétale tassée). Dix-huit repères permettent de géoréférencer et redresser les photographies réalisées régulièrement. Quatre relevés topographiques ont été effectués après le positionnement initial des pièces, les 05/09/2018 (après 0,37 an), 01/04/2019 (0,94 an), 04/05/2020 (2,03 ans) et 27/04/2021 (3,01 ans). Seules les pièces lithiques peu ou pas recouvertes par la végétation ont été topographiées afin de ne pas perturber l'expérience. L'exploitation cartographique des données est réalisée après chaque relevé à l'aide du logiciel QGIS.

Les pièces allongées ont fait l'objet de mesures de fabriques à l'aide d'une boussole-clinomètre de précision 2° au début de l'expérience et après 4 mois. Les données recueillies ne sont pas encore suffisamment nombreuses pour pouvoir être exploitées.

Deux vidéos en stop motion (image par image) ont été réalisées dans la cellule A lors d'épisodes orageux (dont un à petite grêle) en mai 2018. Une caméra de chasse a été utilisée en juin 2019 sur l'ensemble des trois cellules afin de filmer le passage éventuel d'animaux ou d'oiseaux (aucune activité n'a été détectée).

Les hauteurs de précipitation sont mesurées à l'aide d'un pluviomètre à lecture directe installé au sommet de talus et relevées le plus régulièrement possible (sauf le week-end). Comme la part de la neige n'est pas précisément mesurée, les résultats obtenus sont à considérer comme des minima en hiver. La température est enregistrée chaque demi-heure à 1 m du sol (à l'abri sous le pluviomètre) et à la surface du sol au moyen d'un capteur iButton de diamètre 16 mm et de hauteur 6 mm (modèle DS1923 puis DS1922 à 1 m, résolution de 0,0625°C ; modèle DS1925 au sol, résolution de 0,5°C). Le premier capteur à 1 m, tombé en panne, a également permis d'enregistrer l'humidité jusqu'en juin 2019. Le capteur au sol est positionné à plat entre les cellules A et B. Il reposait sur l'humus en début d'expérience. Comme pour les objets déposés, il s'enfonce très progressivement au cours du temps, permettant de suivre l'évolution de la température subie par les pièces. Il permet également d'estimer la durée du recouvrement neigeux (température à 0°C constante). Afin de le protéger de l'humidité, il est recouvert par un revêtement élastomère (peinture Plasti Dip rouge). Cette protection n'affecte pas significativement les mesures lorsque le capteur est situé à l'ombre (Roznik, Alford 2012).

La station météorologique des Bruyères à Lans-en-Vercors, située à 3,5 km au nord-est et à une altitude de 990 m, permet de compléter les mesures enregistrées. Gérée par un membre de l'association Infoclimat, les données sont disponibles en temps réel et librement (https://www.infoclimat.fr/stations/metadonnees.php?id=000T0). Cette station est plus éloignée que celle de Météo-France mais située à une altitude plus proche de celle du lieu de notre expérimentation (+29 m).

3.2. Matériaux déposés

Les cellules A et B contiennent chacune :

- Trente-trois éclats de débitage numérotés (21 en silex, 8 en quartz et 4 en quartzite) disposés selon trois lignes parallèles en haut de la pente (distantes d'environ 8 cm) et reposant sur leur face inférieure (**fig. 4a**). L'axe d'allongement des pièces est orienté dans le sens de la pente. Leur masse varie de 1,4 à 86,1 g (moyenne 18,3 g) et leur largeur granulométrique de 11 à 55 mm (moyenne 28,0 mm), avec des différences faibles entre les deux cellules. Les principales caractéristiques des pièces et la provenance des matériaux utilisés sont fournies en annexe A (à la fin de cette étude). Vingt-sept pièces ont préalablement été utilisées pour du raclage ou sciage de tiges de noisetier. Plusieurs témoins de ces matériaux sont

conservés dans les locaux de Paléotime, à l'abri de la lumière et des écarts de température. Toutes les pièces et les témoins associés ont été photographiés avant le début de l'expérience, à différentes échelles. Les relevés ont consisté à prendre le point central de la pièce, des photographies et, dans la mesure du possible, l'orientation et l'inclinaison des pièces allongées.

- Trois amas d'éclats de débitage en silex classés selon leur largeur granulométrique (5-10 mm, 10-20 mm et > 20 mm) et contenant chacun le même nombre d'éléments (total de 372 pièces par cellule, **fig. 4a**). Contrairement aux pièces alignées en haut de pente, ces éléments ne sont pas isolés mais entassés les uns contre les autres, afin d'étudier l'effet « amas » (Lenoble *et al.* 2008b) contraignant le déplacement des objets le long de la pente. Le silex provient de l'encaissant des puits d'extraction néolithiques du site des Vieilles Vignes à Mesnil-Saint-Loup dans l'Aube (Hauzeur *et al.* 2010). Ces pièces lithiques ne font pas l'objet de relevés topographiques ni mesures de fabriques au cours de l'expérience mais de photographies géoréférencées.

- Quatre plots en béton de dimensions identiques (10 x 10 x 4 cm), posés à plat et à la surface desquels quatre points repères ont été fixés.

La cellule C correspond à l'emplacement d'un amas de débitage réalisé sur place par un tailleur expérimenté droitier (**fig. 4b et c**). Le silex employé provient de la carrière du Busa à Noyers-sur-Cher dans le Loir-et-Cher (Lethrosne *et al.* 2020). Le siège a été laissé sur place, il est formé par deux dalles de silex superposées sur une hauteur totale d'environ 24 cm. Quatre points topographiques situés à son sommet permettent de suivre son déplacement. L'objectif du débitage consistait à obtenir un maximum d'éléments allongés. Deux blocs de matière première ont été exploités (dimensions 20 x 13 x 10 cm et 19,5 x 16,5 x 11 cm). Les entames ont été entassées au nord du siège. A la fin du débitage, les pièces allongées ont été marquées par un point de peinture, leur numéro a été reporté sur leur face exposée puis elles ont été topographiées et leur orientation a été enregistrée (mesure des fabriques).

4. Résultats 2018-2021

4.1. Evolution de la température et des précipitations

Les principales données météorologiques recueillies entre le 24/04/2018 et le 27/04/2021, date du dernier relevé topographique, sont présentées en annexe B. La moyenne des températures et des précipitations mensuelles sur la période considérée est proche de la normale pour la station de Villard-de-Lans (période 1981-2010). Les cinq premiers mois de l'expérience se caractérisent par une période plus chaude et légèrement plus sèche. Contrairement aux mesures effectuées en surface du sol, l'enregistrement des températures de l'air à 1 m n'est pas continu en raison de différents problèmes rencontrés avec les capteurs (lacunes durant l'été 2019 et le printemps 2020).

La température moyenne mensuelle au sol est de 8,75°C avec des extrêmes journaliers variant entre-3,5°C (4 et 05/01/2019) et 44°C (30/06/2020). Les pics de températures élevées correspondent à l'exposition du capteur aux rayons solaires (**fig. 5**). Ils disparaissent à partir de l'été 2021 en raison du développement du couvert herbacé et de l'enfoncement progressif du capteur (environ 6 mm en avril 2021). Cet enfoncement explique également la diminution du nombre de cycles de gel-dégel chaque hiver. Ils ont été au maximum au cours des deux premiers hivers (environ 215 et 146 cycles). La durée du recouvrement neigeux a été maximale durant le premier hiver (**fig. 5**).

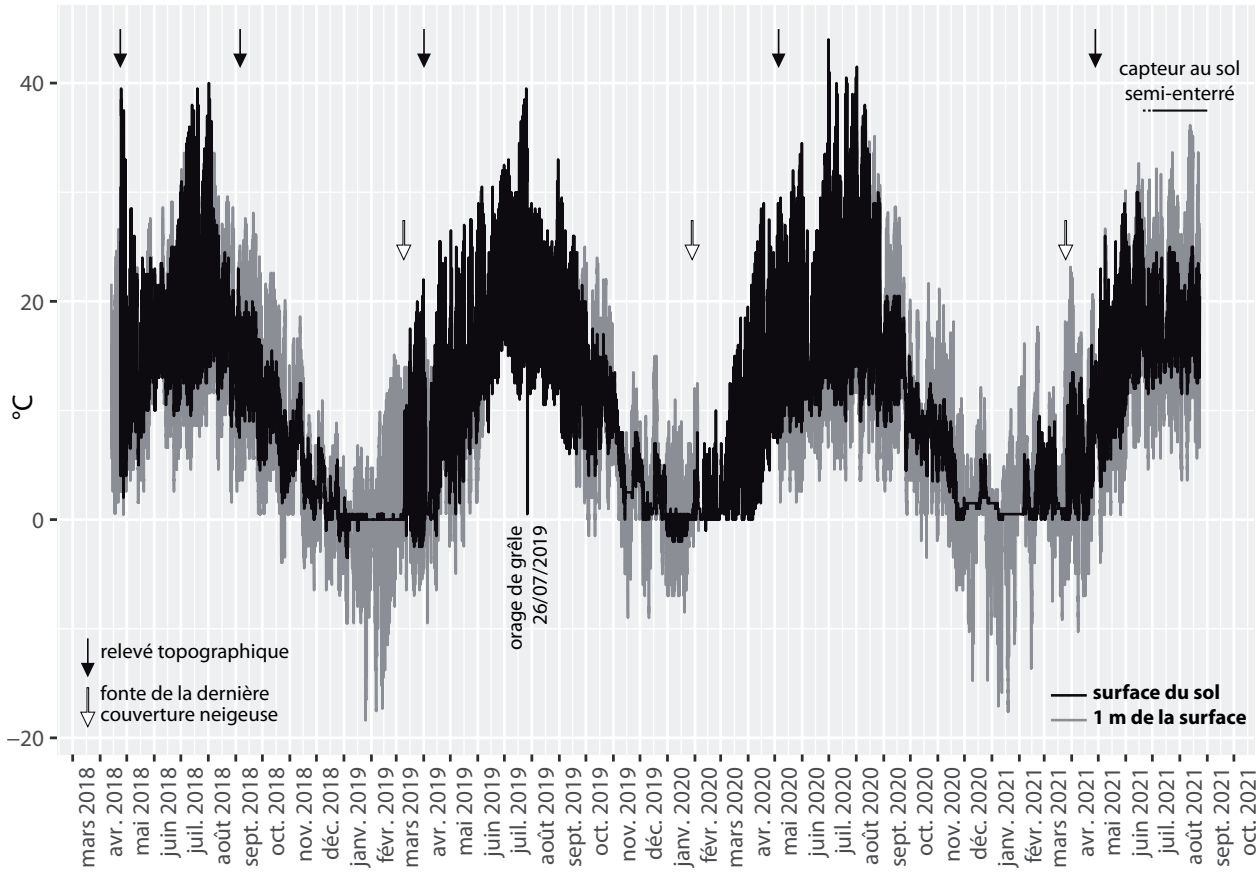


Fig. 5 : Evolution des températures au sol et à 1 m sur 3.3 ans et principaux évènements climatiques enregistrés (M. Rué).

4.2. Modifications observées à la surface du sol

Précipitations

La première pluie est survenue 5 j après le début de l'expérience (13 mm, dont 10 mm en 2 h lors d'un orage). Trois éclats se sont alors dégagés de l'amas 5-10 mm dans la cellule A, le plus éloigné s'étant déplacé de 10 cm dans le sens de la pente. Les précipitations des premiers mois ont ensuite provoqué le déplacement de différentes pièces de la cellule A, sans toutefois complètement désorganiser l'état initial. Les enregistrements image par image ont permis de constater que ces déplacements sont aussi bien induits par l'impact des gouttes d'eau sur les pièces que le ruissellement diffus. Ils ont principalement concerné des éclats des amas 5-10 et 10-20 mm mais également quelques pièces isolées de la cellule A n'adhérant que faiblement à la surface du sol ou non bloquées par la reprise de la végétation. Le ruissellement diffus a été suffisamment important pour dégager la fraction graveleuse de la surface dénudée (tout début de formation d'un pavage résiduel). Aucune rigole n'est apparue.

Un orage de grêle est survenu durant l'été 2019, marqué par une chute brutale de la température au sol (**fig. 5**). La couverture végétale a limité l'impact de cet évènement sur la disposition des pièces malgré la chute de grêlons atteignant 2 cm de diamètre. L'accumulation de neige, sur une hauteur maximale d'environ 50 cm en février 2019, a provoqué chaque hiver le tassement de la végétation et le maintien d'une température à 0°C sur des périodes variables (une quinzaine de jours au maximum). Nous n'en connaissons pas les conséquences sur la répartition des pièces expérimentales au sol.

Gel-dégel

Aucune fente ni *pipkrake* n'a été observé lors du gel superficiel du sol. L'éclat de silex SI03, utilisé pour du raclage de bois, est apparu fracturé en deux lors du relevé de mai 2020, sans déplacement des fragments. L'impact des alternances de gel-dégel pourrait en être la raison.

Humectation-dessication

Au printemps, l'engorgement du terrain lors des périodes pluvieuses, bien souvent associé à la reprise de l'activité biologique, a eu pour effet de soulever légèrement la partie superficielle du sol. Lors de la saison sèche (ou lors du tassement par la neige en hiver), un léger déplacement du sol se produit alors vers l'aval (reptation hydrique, Delannoy *et al.* 2006). Les épisodes de sécheresse estivale ont provoqué l'apparition de quelques fissures millimétriques en surface du sol mais n'a pas amoindri le couvert végétal.

Développement de la végétation

Les plantes terrestres et bryophytes ont progressivement envahi la cellule A à partir de mai 2018 jusqu'à complètement recouvrir la surface initialement dénudée et piétinée au bout d'environ 1,5 ans (été 2019). La reprise de la végétation dans les cellules B et C n'a pas permis de suivre aussi précisément le déplacement des pièces durant les premières semaines que dans la cellule A. Les tiges tassées par la neige et les aiguilles de pin forment un maillage plus ou moins dense protégeant la surface du sol. La pousse des tiges a provoqué des mouvements relativement limités des pièces lithiques. Aucune essence arborée ne s'est développée, ni sporophore de macro-champignon.

Activité de la pédofaune

Les fourmis ont été les premiers organismes visibles impactant significativement la surface en construisant plusieurs fourmilières en dôme, principalement sur la cellule A (**fig. 6**). Les espaces entre les éclats de l'amas > 20 mm de la cellule A et entre les entames du poste de débitage ont rapidement été colmatés par des micro-agrégats de sol qui se sont tassés lors du premier hiver, fermant ainsi la structure de ces amas (**fig. 4 d à f**). La plupart des constructions se sont ancrées sur des tiges de plantes, atteignant au maximum 18 cm de hauteur, mais également sur certaines pièces lithiques isolées ou plots en béton. Les turricules de vers anéciques ont régulièrement ponctué la surface des cellules, dans des proportions toutefois relativement faibles. Aucune taupinière n'a été observée durant les 3 ans. Plusieurs galeries d'un ou de plusieurs mammifères fouisseurs ont été décelées en surface du sol lors de la fonte de la neige au printemps 2019, sans que cela n'affecte de manière importante la disposition des témoins. Seul le plot D a été soulevé puis déplacé selon la pente sur environ 4.8 cm lors de l'effondrement de la galerie. Deux pièces alignées de la cellule A se sont déplacées et retournées lors du premier mois, en dehors d'un évènement pluvieux (SI23 et QT01, **fig. 4h**), également lors du second printemps (QT01 et QZ19), probablement en raison de l'activité d'un petit animal ou d'un oiseau.

4.3. Distances et vitesses de déplacement le long de la pente

Deux cent soixante-dix-neuf positions ont été relevées lors des quatre relevés topographiques soit 54,1 % du nombre total de mesures qu'il aurait été possible de réaliser si toutes les pièces lithiques numérotées avaient été repérées en les dégageant de l'humus ou des fourmilières (respectivement 77,0 %, 51,5 % et 10,2 % pour les cellules A, B et C). Seule la position des plots et du siège a pu être topographiée à chaque relevé. Les axes de déplacement sont présentés sur la **figure 6**. Ils sont logiquement orientés préférentiellement dans le sens de la pente.

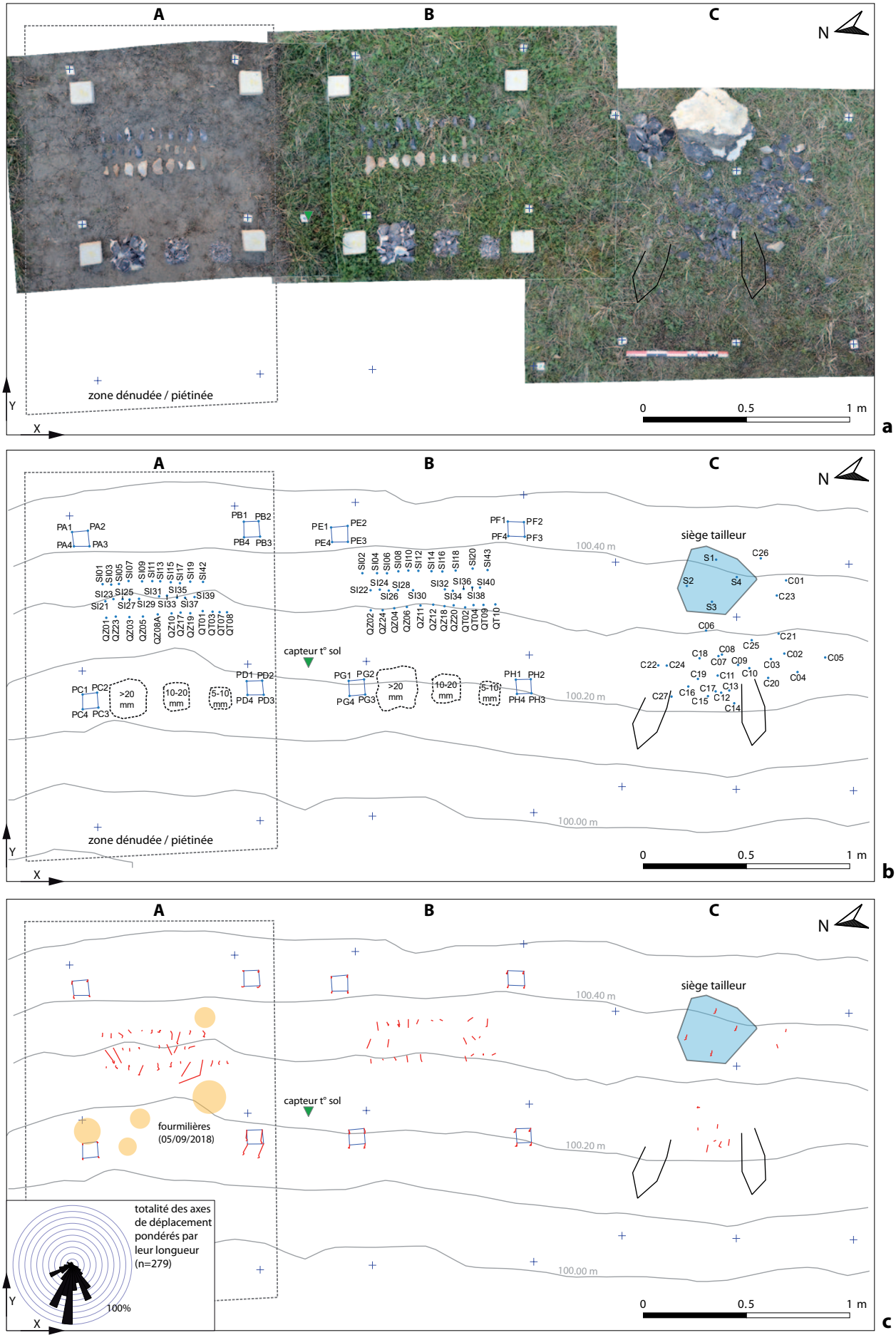


Fig. 6 : Plan des cellules A, B et C (M. Rué, G. Navennec). **a et b**. Etat initial (24/04/2018). **c.** Localisation et distribution des axes de déplacement des objets repérés à chaque relevé (traits rouges).

Après environ 1 an, et malgré la pente relativement élevée, 18 des 23 éclats repérés dans la cellule A n'ont pas bougé de plus de 1 cm (soit 78,3 %) contre 6 des 11 éclats repérés dans la cellule B (soit 54,5 %). En 3 ans, le maximum de distance parcourue selon la pente est de 191 mm pour la pièce QT01 (cellule A) et 74 mm pour la pièce SI08 (cellule B).

Le calcul des vitesses de déplacement le long de la pente entre chaque relevé permet les constats suivants (**fig. 7**) :

- La vitesse moyenne est de 21,1 mm/an (± 32,3) pour l'ensemble des matériaux et des cellules avec un maximum de 241 mm/an (pièce SI23, cellule A).
- Les vitesses les plus importantes sont obtenues lors du premier relevé après 4,4 mois, elles décroissent et se stabilisent lors des relevés suivants à 1, 2 et 3 ans, avec des valeurs de l'ordre de 10 mm/an (**fig. 7a**).
- En moyenne, la différence entre les cellules A et B n'apparaît pas importante sur 3 ans. Les pièces lithiques de la surface dénudée et piétinée (n=87 mesures) se sont en moyenne déplacées de 29,4 mm/an (± 50,0) contre 26,2 mm/an (± 25,3) pour la cellule enherbée (n=37 mesures). Les vitesses extrêmes sont toutefois plus importantes dans la cellule A.
- La vitesse de déplacement du siège et des plots, dont la masse dépasse de loin celle des pièces lithiques, est du même ordre de grandeur que ces dernières à partir de 1 an (environ 10 mm/an).

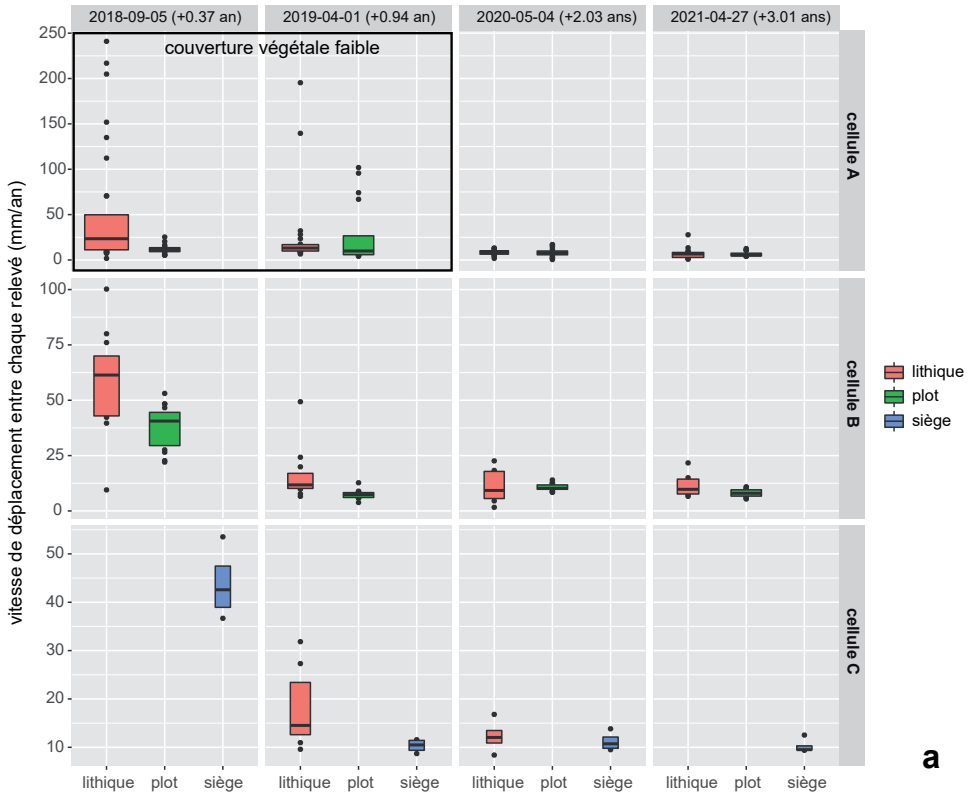
Pour les pièces lithiques alignées des cellules A et B, aucune relation évidente n'apparaît pour le moment entre leur distance de déplacement et leurs masse ou dimensions (**fig. 8**).

5. Discussion

En dehors de toute perturbation anthropique et en contexte tempéré, l'intensité de la dispersion des objets sur la surface du sol dépend de nombreux facteurs biotiques (type de couvert végétal, activité de la faune, etc.) et abiotiques (nature du sol, morphologie de sa surface, conditions climatiques, type d'objets, etc.) et donc de processus complexes et souvent aléatoires (Richards, Humphreys 2010). Les nombreux travaux traitant de la progression des particules sédimentaires sur les versants ont toutefois montré que, globalement, la distance de déplacement est d'autant plus élevée que ces particules sont petites et que la pente est importante. Cela a pu être vérifié ou nuancé pour les artefacts, en particulier en raison de leur forme ou densité singulières par rapport aux éléments présents naturellement dans le sol (Rick 1976 ; Fanning, Holdaway 2001). A l'issue des trois premières années d'expérimentation, il semble encore prématuré de discuter du rôle possible de la forme ou de la masse des pièces dans leur progression sur la pente. La part des différents paramètres activant ou limitant le déplacement est en revanche mieux définie. L'expérience a également mis en évidence des biais méthodologiques conditionnant en partie nos résultats.

5.1. Facteurs activant le déplacement

Les processus les plus visibles sont l'effet *splash* et le ruissellement diffus qui ont contribué au déplacement des pièces de la cellule A initialement dénudée et piétinée, en particulier lors des plus fortes précipitations. Malgré la pente élevée (18°) et les pluies orageuses survenues avant la végétalisation complète de la cellule (+1,5 ans), l'impact de ces processus est toutefois resté relativement limité. La comparaison avec d'autres résultats expérimentaux est difficile à établir en raison de la variété des conditions initiales ou des méthodes employées pour suivre l'impact du ruissellement sur la dispersion des vestiges. L'expérience n°5 menée dans la carrière du Tiple à Fumel (Lot-et-Garonne) entre 1998 et 2001, sur une pente deux fois moins élevée et en contexte de ruissellement diffus pur (sans végétation), sur substrat sablo-limoneux, a permis d'obtenir une vitesse moyenne de déplacement de 56 mm/an pour des éclats en silex de largeur 5-20 mm (Lenoble 2005). Nous obtenons un résultat similaire pour les pièces de la même classe granulométrique lors du premier relevé après 4,4 mois dans la cellule A mais cette vitesse diminue fortement dans les mois qui suivent.



a

Nombre de mesures

CELLULE	DESCRIPTION	2018-09-05	2019-04-01	2020-05-04	2021-04-27	Total général
A	lithique	33	23	14	17	87
	plot	16	16	16	16	64
Total A		49	39	30	33	151
B	lithique	11	11	7	8	37
	plot	16	16	16	16	64
Total B		27	27	23	24	101
C	lithique		7	4		11
	siège	4	4	4	4	16
Total C		4	11	8	4	27
Total général		80	77	61	61	279

Vitesse moyenne (mm/an)

CELLULE	DESCRIPTION	2018-09-05	2019-04-01	2020-05-04	2021-04-27	Total général
A	lithique	51.5	27.3	8.2	6.9	29.4
	plot	11.9	27.3	8.2	6.6	13.5
Total A		38.6	27.3	8.2	6.7	22.7
B	lithique	57.2	16.2	11.5	10.0	26.2
	plot	38.1	7.3	10.7	8.1	16.1
Total B		45.8	11.0	10.9	8.8	19.8
C	lithique		18.3	12.3		16.1
	siège	43.8	10.3	11.2	10.2	18.9
Total C		43.8	15.4	11.8	10.2	17.8
Total général		41.3	19.9	9.7	7.8	21.1

Distance maximale selon la pente (mm)

CELLULE	DESCRIPTION	2018-09-05	2019-04-01	2020-05-04	2021-04-27	Total général
A	lithique	88.4	111.3	15.9	27.2	111.3
	plot	9.3	58.0	18.6	12.3	58.0
Total A		88.4	111.3	18.6	27.2	111.3
B	lithique	36.8	46.2	45.9	45.1	46.2
	plot	19.5	7.2	15.3	10.7	19.5
Total B		36.8	46.2	45.9	45.1	46.2
C	lithique		29.8	34.1		34.1
	siège	19.6	6.6	15.1	12.3	19.6
Total C		19.6	29.8	34.1	12.3	34.1
Total général		88.4	111.3	45.9	45.1	111.3

b

Fig. 7 : Déplacements des objets repérés entre chaque relevé (M. Rué).
a. Aperçu de la distribution des vitesses de déplacement par type d'objet et date de relevé pour les trois cellules. Les boîtes situent le premier et troisième quartile et la médiane. Leur largeur est proportionnelle à la racine carrée des effectifs par type d'objet. **b.** Résultats chiffrés.

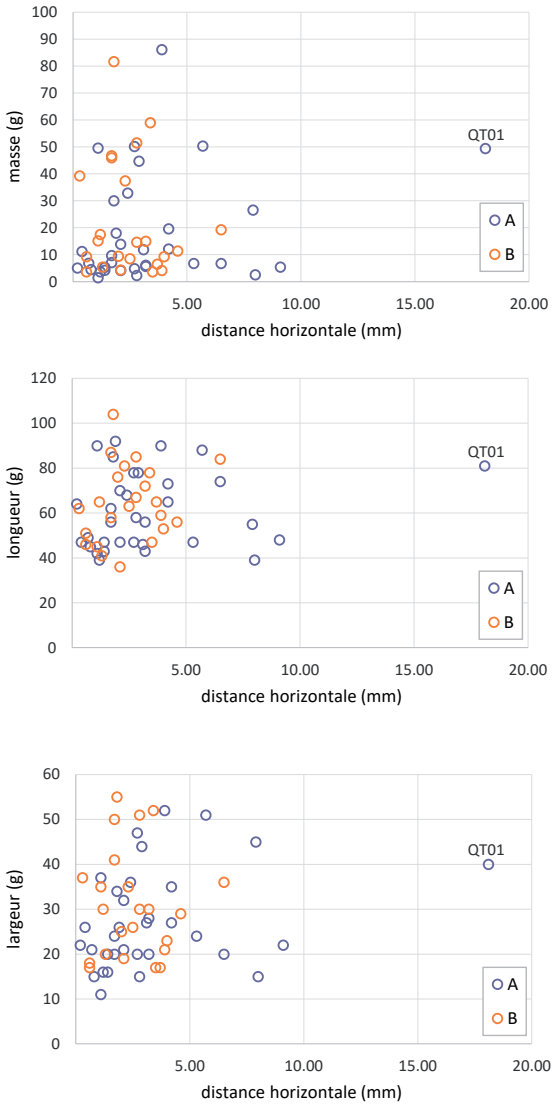


Fig. 8 : Relation entre la distance de déplacement total des objets repérés sur 3 ans et leur masse ou dimensions (M. Rué).

L'activité de petits animaux ou d'oiseaux est probablement responsable du mouvement rapide avec retournement de quelques pièces de la cellule A. Des processus plus lents, et donc plus difficilement observables, comme les cycles de gel-dégel ou d'humectation-dessication, affectent l'ensemble des objets et expliquent sans doute les vitesses plus homogènes obtenues à partir de 1 an, de l'ordre de 10 mm/an. Ce résultat apparaît cohérent avec les ordres de grandeur de vitesses de la reptation connu en contexte tempéré (Fleming, Johnson 1975 ; Bertran 2004), exception faite des activités culturales et du piétinement. Les pièces en silex de la cellule 3-sud implantée dans le massif du Mont-Perdu (Pyrénées) à environ 2800 m d'altitude, sur une pente de 22° non végétalisée, se sont en moyenne déplacées de 217 mm sur 3 ans (72,3 mm/an) (Bertran *et al.* 2015), soit 2,5 fois plus vite que les pièces de la cellule A.

5.2. Facteurs limitant le déplacement

Le développement de la couverture herbacée a fortement contraint la migration des pièces lithiques, par blocage au niveau des tiges, réduisant ainsi l'impact du ruissellement. Les feuilles ont également limité l'effet *splash*. A l'automne, les grandes tiges se sont affaissées sur le sol, préférentiellement orientées dans le sens de pente. Associées aux aiguilles de pin, elles ont occasionné la constitution d'une litière formant un réseau retenant et protégeant les pièces, un phénomène comparable au lacis racinaire limitant la reptation des horizons superficiels du sol (Bertran 2004). Les fourmilières et les irrégularités de la surface provoquées par le passage des mammifères fouisseurs ont également bloqué la progression de certains objets sur la pente.

Les fourmis jouent un rôle géomorphologique important, avec des taux médians de bioturbation estimés à 1,5 tonnes de sédiment par an et par hectare (Viles *et al*. 2021). Leur impact est apparu majeur dans l'ensevelissement précoce des objets, en colmatant dès le début de l'expérience la structure ouverte de certains amas et en construisant plusieurs dômes, le plus souvent armés par les tiges végétales. Leur impact est toutefois limité spatialement. Le nombre plus important de fourmilières dans la cellule A s'explique peut-être par la présence initiale d'un nid et/ou de l'intérêt des fourmis pour la surface dénudée. Le rôle des turricules de vers de terre dans l'enfouissement des objets apparaît plus limité, surtout pour les pièces plus volumineuses.

Dans la cellule A, les éclats dont la face inférieure épousait la surface du sol piétinée ont rapidement adhéré au substrat, ce qui a limité leur progression. L'origine de cette adhésion mériterait plus d'investigation (rôle des particules argileuses, de l'humidité et/ou du tapis microbien à la surface du sol ?).

5.3. Biais expérimentaux

L'occultation des pièces par la végétation et la litière constitue un frein au suivi du déplacement des pièces. Après trois ans, le nombre de pièces déjà ensevelies dans l'horizon A du sol, sous la litière, est donc inconnu. L'utilisation d'un désherbant permettrait de faciliter le relevé complet des objets avant la fin de l'expérience, comme cela a été réalisé lors de l'expérimentation sur lœss menée pendant 5 ans à Villeneuve d'Ascq (Caspar *et al.* 2009), mais il romprait le caractère *in vivo* de l'expérience et limiterait de fait son intérêt. Seule la fouille des cellules permettra de connaitre précisément la profondeur d'enfouissement des objets dans le sol, qu'il est à ce jour difficile de quantifier. Dans la courte expérience menée à l'Archéodrome au sud de Beaune (Côte-d'Or), entre juillet 1998 et octobre 1999, où trois amas de taille ont été produits (dont un sur une surface préalablement décapée à 15 cm de profondeur), la bioturbation a provoqué l'enfouissement de nombreuses pièces (Sellami *et al.* 2001), sans que l'on en connaisse exactement l'intensité ni les auteurs. L'expérience actuelle d'enfouissement de blocs bruts de silex de diamètre avoisinant 5 ou 12 cm, sur une surface enherbée et plate au nord de Londres, reproduisant une des expérimentations de Charles Darwin sur le rôle des vers de terre (Darwin 1881), a donné un taux d'incorporation des silex lors des six premières années compris entre 21 et 96 mm/an (Butt *et al.* 2016).

Le faible impact du ruissellement sur la disposition des pièces lithiques et l'absence de rigole induite par les écoulements concentrés peuvent s'expliquer par la faible surface dénudée, en particulier en amont des objets. Les résultats du début de l'expérience auraient également différé si son démarrage avait été lancé juste avant ou pendant la période hivernale, ralentissant la reprise de la végétation. Le choix de la position initiale des pièces alignées, dans le sens de la pente, conditionne de même les résultats de l'expérience. Seul le poste de débitage de la cellule C imite une situation comparable au domaine archéologique. La mise en place d'autres cellules permettrait de limiter ces différents biais.

6. Conclusion et perspectives

Contrairement au milieu périglaciaire, la taphonomie des assemblages lithiques n'a pas suscité de nombreuses expérimentations en contexte tempéré afin de déterminer les modalités de déplacement et d'enfouissement des objets et l'évolution de leurs états de surface. La mise en place de trois cellules expérimentales à Villard-de-Lans vise à combler cette lacune. Elle permettra de déterminer le temps nécessaire pour que les pièces se stabilisent dans le sol, et donc soient protégées des aléas de surface, sachant que cette immobilisation n'est que relative puisque la reptation affecte également les horizons plus profonds du sol.

Les premiers résultats du suivi réalisé sur 3 ans ont permis d'inventorier les principaux processus impliqués dans la mobilisation ou non de pièces lithiques sur une pente d'environ 18°. Malgré cette pente élevée, les premières modifications ne sont pas importantes. La disposition originelle est conservée après 3 ans,

même sur la surface initialement dénudée et piétinée. Si l'on retient les dernières vitesses obtenues, après la végétalisation complète de la pente étudiée, soit autour de 10 mm/an, l'assemblage initial devrait toutefois être complètement désorganisé en quelques décennies, d'autant plus que la progression des pièces sera inégale et d'autant moins que l'enfouissement sera rapide.

Ces premiers résultats doivent être confirmés par un temps d'expérience plus important, jusqu'à l'enfouissement complet des pièces. D'autres données seront recueillies d'ici-là, comme les caractéristiques physico-chimiques et micromorphologiques du sol et la liste des principales espèces actives dans la bioturbation. Un diagnostic des états de surface d'une sélection de pièces lithiques est également envisagé. L'installation de nouvelles cellules sur le replat en amont du talus permettrait de comparer les paramètres impliqués dans l'enfouissement, en intégrant également d'autres types de témoins (restes de faune, fragments de céramique, charbons de bois, etc.).

Références bibliographiques

Balek 2002
Balek C. L., « Buried artifacts in stable upland sites and the role of bioturbation: a review », *Geoarchaeology*, 17, 1, pp. 41-51.

Bertran 2004
Bertran P. 2004, « Reptation », in Bertran P. (dir.), Dépôts de pente continentaux, Dynamique et faciès, *Quaternaire*, hors-série 1, pp. 80-83.

Bertran *et al.* 2015
Bertran P., Beauval C., Boulogne S., Brenet M., Costamagno S., Feuillet T., Laroulandie V., Lenoble A., Malaurent P., Mallye J.-B., « Experimental archaeology in a mid-latitude periglacial context: insight into site formation and taphonomic processes », *Journal of Archaeological Science*, 57, pp. 283-301.

Butt *et al.* 2016
Butt K. R., Jr. M. A. C., Loudermilk E. L., Blaik R., « Action of earthworms on flint burial – A return to Darwin's estate », *Applied Soil Ecology*, 104, pp. 157-162.

Caspar *et al.* 2009
Caspar J.-P., Masson B., Vallin L., « Taphonomie des ensembles lithiques du Paléolithique moyen en contexte lœssique : l'approche expérimentale », *Les nouvelles de l'archéologie*, 118, pp. 21-26.

Darwin 1881
Darwin, C., The Formation of Vegetable Mould Through the Action of Worms with Some Observations on Their Habits, London : John Murray ed., 298 p. (traduction d'A. Berra, 2001, La formation de la terre végétale par l'action des vers avec des observations sur leurs habitudes, Paris : Syllepse éd., 179 p.)

Delannoy *et al.* 2016
Delannoy J.-J., Deline P., Lhénaff R., Géographie physique, Aspects et dynamique du géosystème terrestre, Vuibert, 977 p.

Fanning, Holdaway 2001
Fanning P., Holdaway S., « Stone artifact scatters in western NSW, Australia: Geomorphic controls on artifact size and distribution », *Geoarchaeology*, 16, 6, pp. 667-686.

Fleming, Johnson 1975
Fleming R. W., Johnson A. M., « Rates of seasonal creep of silty clay soil », *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 8, 1, pp. 1-29.

Hauzeur *et al.* 2010
Hauzeur A., Collin J.-P., Naton H.-G., Bernard-Guelle S., Fernandes P., « Un site d'exploitation néolithique dans le complexe minier du Pays d'Othe : fouille préventive à Mesnil-Saint-Loup- « Les Vieilles Vignes » (Aube, France) », *Notae Praehistoricae*, 30, pp. 57-71.

Hilton 2003
Hilton M. R., « Quantifying postdepositional redistribution of the archaeological record produced by freeze–thaw and other mechanisms: an experimental approach », *Journal of Archaeological Method and Theory*, 10, 3, pp. 165-202.

Joly *et al.* 2010

Joly D., Brossard T., Cardot H., Cavailhes J., Hilal M., Wavresky P., « Les types de climats en France, une construction spatiale », Cybergeo : European Journal of Geography.

Johnson 2002
Johnson D. L., « Darwin would be proud: bioturbation, dynamic denudation, and the power of theory in science », *Geoarchaeology*, 17, 1, pp. 7-40.

Lenoble 2005
Lenoble A., Ruissellement et formation des sites préhistoriques : référentiel actualiste et exemples d'application au fossile, British Archaeological Report International Series, 216 p.

Lenoble *et al.* 2008a
Lenoble A., Bertran P., Lacrampe F., « Solifluction-induced modifications of archaeological levels: simulation based on experimental data from a modern periglacial slope and application to French Palaeolithic sites », *Journal of Archaeological Science*, 35, 1, pp. 99-110.

Lenoble *et al.* 2008b
Lenoble A., Bertran P., Beauval C., Laroulandie V., Boulogne S., Costamagno S., Lacrampe-Cuyaubère F., Mourre V., Onézime O., Thiébaut C., Texier J.-P., « Études de taphonomie archéologique en milieu périglaciaire actuel : le Projet Gavarnie », *ArcheoSciences*, 32, pp. 7-13.

Lethrosne *et al.* 2020
Lethrosne H., Ajas A., Battentier J., Delvigne V., Deparnay X., Hauzeur A., Recq C., Rué M., Occupations et atelier de taille néolithiques dans la plaine alluviale du Cher, Noyers-sur-Cher «le Busa» (Loir-et-Cher), rapport final d'opération, fouille préventive, SRA Centre- Val de Loire, Paléotime, Villard-de-Lans, 2 vol. 1226 p.

Ozán 2017
Ozán I. L., « Gravity and the formation of the archaeological record: Main concepts and methodological tools: Ozán », Geoarchaeology, 32, 6, pp. 646-661.

Pawlik, Šamonil 2018
Pawlik Ł., Šamonil P., « Soil creep: The driving factors, evidence and significance for biogeomorphic and pedogenic domains and systems – A critical literature review », *Earth-Science Reviews*, 178, pp. 257-278.

Richards, Humphreys 2010
Richards P. J., Humphreys G. S., « Burial and turbulent transport by bioturbation: a 27-year experiment in southeast Australia », *Earth Surface Processes and Landforms*, 35, pp. 856-862.

Rick 1976
Rick J. W., « Downslope Movement and Archaeological Intrasite Spatial Analysis », *American Antiquity*, 41, 2, pp. 133-144.

Roznik, Alford 2012
Roznik E. A., Alford R. A., « Does waterproofing Thermochron iButton dataloggers influence temperature readings? », *Journal of Thermal Biology*, 37, 4, pp. 260-264.

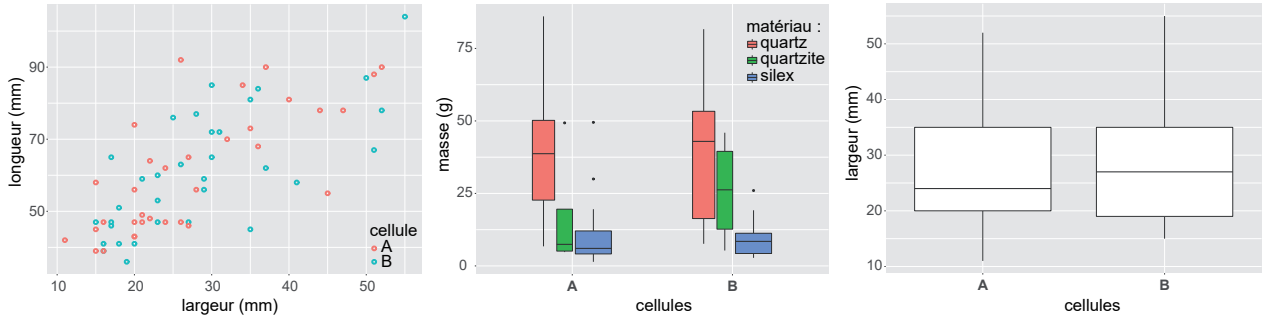
Sellami *et al.* 2001
Sellami F., Teyssandier N., Taha M., « Dynamique du sol et fossilisation des ensembles archéologiques sur les sites de plein air, Données expérimentales sur l'organisation des micro-artefacts et des traits pédo-sédimentaires », in Bourguignon L., Frère-Sautot M.-C. (dir.), Préhistoire et approche expérimentale, éd. Mergoil, Préhistoires, 5, pp. 313-324.

Texier *et al.* 1998
Texier J.-P., Bertran P., Coutard J.-P., Francou B., Gabert P., Guadelli J. L., Ozouf J.-C., Plisson H., Raynal J.-P., Vivent D., « TRANSIT, an experimental archaeological program in periglacial environment: Problem, methodology, first results », *Geoarchaeology*, 13, 5, pp. 433-473.

Viles *et al.* 2021
Viles H. A., Goudie A. S., Goudie A. M., « Ants as geomorphological agents: A global assessment », *Earth-Science Reviews*, 213.

Annexe A : Principales caractéristiques des pièces lithiques alignées dans les cellules A et B (M. Rué). Effectif de 33 pièces par cellule.

cellule	référence	matériau type	matériau provenance	utilisation	longueur (mm)	largeur (mm)	épaisseur (mm)	masse (g)	
A	QT01	quartzite	Garlin (64)		81	40	17	49.33	
A	QT03	quartzite	Garlin (64)		47	20	6	4.77	
A	QT07	quartzite	Garlin (64)		56	20	13	9.65	
A	QT08	quartzite	Garlin (64)		47	16	9	5.22	
A	QZ01	quartz	Roquesérière (31)	raclage bois	47	26	10	11.11	
A	QZ03	quartz	Roquesérière (31)	raclage bois	78	47	21	50.16	
A	QZ05	quartz	Roquesérière (31)	raclage bois	88	51	13	50.31	
A	QZ08A	quartz	Roquesérière (31)	sciage bois	90	52	20	86.06	
A	QZ10	quartz	Roquesérière (31)	raclage bois	78	44	17	44.62	
A	QZ17	quartz	Roquesérière (31)		49	21	11	6.75	
A	QZ19	quartz	Roquesérière (31)		55	45	11	26.55	
A	QZ23	quartz	Roquesérière (31)		68	36	17	32.79	
A	SI01	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)	raclage bois	62	24	5	6.98	
A	SI03	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)	raclage bois	47	21	3	4.07	
A	SI05	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)	sciage bois	56	28	7	6.04	
A	SI07	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)		85	34	11	29.98	
A	SI09	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)		64	22	3	5.01	
A	SI11	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)		70	32	7	13.83	
A	SI13	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)		58	15	3	2.25	
A	SI15	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)		65	27	7	12.06	
A	SI17	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)		74	20	6	6.68	
A	SI19	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)		92	26	6	17.96	
A	SI21	silex	Vassieux-en-Vercors (26)	raclage bois	48	22	5	5.34	
A	SI23	silex	Vassieux-en-Vercors (26)	raclage bois	39	15	5	2.49	
A	SI25	silex	Vassieux-en-Vercors (26)	sciage bois	45	15	7	4.42	
A	SI27	silex	Vassieux-en-Vercors (26)		39	16	5	3.6	
A	SI29	silex	Vassieux-en-Vercors (26)		90	37	17	49.51	
A	SI31	silex	Vassieux-en-Vercors (26)	raclage bois	43	20	5	4.14	
A	SI33	silex	Vassieux-en-Vercors (26)	raclage bois	47	24	10	6.68	
A	SI35	silex	Vassieux-en-Vercors (26)	sciage bois	46	27	10	11.83	
A	SI37	silex	Vassieux-en-Vercors (26)		42	11	3	1.41	
A	SI39	silex	Vassieux-en-Vercors (26)		43	20	9	5.55	moyenne masse cellule A
A	SI42	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)		73	35	6	19.56	18.08
B	QT02	quartzite	Garlin (64)		81	35	14	37.36	
B	QT04	quartzite	Garlin (64)		41	20	6	5.31	
B	QT09	quartzite	Garlin (64)		45	35	9	15.12	
B	QT10	quartzite	Garlin (64)		58	41	21	45.94	
B	QZ02	quartz	Roquesérière (31)	raclage bois	104	55	19	81.65	
B	QZ04	quartz	Roquesérière (31)	raclage bois	87	50	12	46.71	
B	QZ06	quartz	Roquesérière (31)	raclage bois	67	51	19	51.44	
B	QZ11	quartz	Roquesérière (31)	raclage bois	78	52	14	58.97	
B	QZ12	quartz	Roquesérière (31)		72	31	8	17.68	
B	QZ18	quartz	Roquesérière (31)		47	23	9	7.63	
B	QZ20	quartz	Roquesérière (31)		47	27	7	12.3	
B	QZ24	quartz	Roquesérière (31)		62	37	18	39.18	
B	SI02	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)	raclage bois	59	29	8	9.25	
B	SI04	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)	raclage bois	59	21	4	4.11	
B	SI06	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)	sciage bois	63	26	6	8.46	
B	SI08	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)		84	36	8	19.19	
B	SI10	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)		65	17	5	6.39	
B	SI12	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)		76	25	4	9.37	
B	SI14	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)		46	17	4	3.59	
B	SI16	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)		65	30	11	17.4	
B	SI18	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)		60	23	6	5.71	
B	SI20	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)		85	30	6	14.6	
B	SI22	silex	Vassieux-en-Vercors (26)	raclage bois	56	29	9	11.26	
B	SI24	silex	Vassieux-en-Vercors (26)	raclage bois	39	16	4	2.78	
B	SI26	silex	Vassieux-en-Vercors (26)	sciage bois	47	17	6	3.61	
B	SI28	silex	Vassieux-en-Vercors (26)		41	16	9	4.69	
B	SI30	silex	Vassieux-en-Vercors (26)		77	28	14	26	
B	SI32	silex	Vassieux-en-Vercors (26)	raclage bois	41	18	4	3.43	
B	SI34	silex	Vassieux-en-Vercors (26)	raclage bois	47	15	7	5.35	
B	SI36	silex	Vassieux-en-Vercors (26)	sciage bois	72	30	9	14.88	
B	SI38	silex	Vassieux-en-Vercors (26)		36	19	7	4.28	
B	SI40	silex	Vassieux-en-Vercors (26)		51	18	9	9.21	moyenne masse cellule B
B	SI43	silex	Mesnil-Saint-Loup (10)		53	23	5	9.16	18.55



Annexe B : Températures et précipitations mensuelles relevées entre avril 2018 et avril 2021 (M. Rué). Comparaison avec la station des Bruyères à Lans-en-Vercors (source Infoclimat) et celle de Météo-France à Villard-de-Lans pour les normales.

	capteur au sol						capteur à 1 m								station des Bruyères (3.5 km au nord-est)			
mois année	nombre de mesures	t° moyenne	t° écart-type	t° mini	t° maxi	estimation du nombre de cycles gel-dégel	nombre de mesures	t° moyenne	t° écart-type	t° mini	t° maxi	estimation du nombre de cycles gel-dégel	t° moyenne, écart à la normale Villard 1981-2010	précipitations cellules expérimentales (mm)	précipitations (mm)	précipitations (mm), écart à la normale Villard 1981-2010	précipitations maximales en 24h (mm)	hauteur maximale de neige (cm)
avr-18	305	12.88	8.15	2	39.5		306	12.44	6.36	0.44	25.11			-	33.8	-85.6	9.8	
mai-18	1488	13.03	3.97	5	28.5		1457	11.89	5.25	1.57	27.61		1.29	153	140.1	17.2	24	
juin-18	1440	16.08	3.47	9.5	30		989	15.77	5.94	2.57	30.61		1.87	92	116.7	19.2	39	
juil-18	1488	18.79	5.42	9.5	39.5		1488	18.66	6.82	4.58	34.61		2.16	40	41.6	-41.9	33	
août-18	1488	17.53	4.07	8.5	40		1488	17.47	6.35	1.57	33.61		1.47	97	117	17.3	37	
sept-18	1440	12.66	3.14	4.5	23		1440	13.38	6.49	0.44	28.11		0.88	36.5	36.6	-90.5	13.4	
oct-18	1490	8.10	2.81	1.5	15.5		1489	8.75	6.02	- 3.96	22.61	4	- 0.55	116	125.9	1.3	35.2	17
nov-18	1440	5.08	2.67	0	12.5	2	1440	5.02	5.51	- 6.47	18.61	15	1.52	126.5	110.4	-17.3	40.2	4
déc-18	1488	1.84	1.83	-2	7.5	31.5	1487	1.23	3.58	- 6.97	10.92	20	0.93	155	206	95.3	41	7
janv-19	1488	- 0.02	0.76	-3.5	2	54	1488	- 2.30	3.97	-18.40	6.81	27	- 1.50	50	91.9	-14.1	19.8	27
févr-19	1344	0.07	0.17	0	0.5	58	1344	- 1.88	6.72	-17.54	15.10	26	- 1.98	19	91	3.1	42	54
mars-19	1486	1.64	3.60	-2.5	22	55.5	1486	3.39	5.59	- 6.97	18.61	21	0.29	56	112.4	15	51.5	13
avr-19	1426	6.16	4.92	-1.5	25.5	14	1439	6.41	5.91	- 9.49	23.11	11	0.21	77	127.4	8	45.5	34
mai-19	1488	10.76	5.31	0.5	27.5		1488	8.76	5.37	- 4.96	25.61	6	- 1.84	158.5	159.7	36.8	49	4
juin-19	1440	17.62	5.27	8	32.5		306	17.05	7.20	3.57	30.11			111	127.7	30.2	54	
juil-19	1488	19.53	6.13	0.5	39.5									120	109.1	25.6	58	
août-19	1488	17.34	4.24	10.5	33									59	69.5	-30.2	42	
sept-19	1440	12.74	4.08	6	29.5		551	13.10	5.31	1.50	25.00		0.60	40.5	44.6	-82.5	22.5	
oct-19	1490	10.07	2.39	4	19		1488	10.18	5.23	- 1.50	24.00	9	0.88	222	209.4	84.8	48	
nov-19	1440	4.98	2.63	0	13.5	1	1440	3.46	3.90	- 9.00	13.50	39	- 0.04	161	227.5	99.8	44.5	24
déc-19	1488	1.87	1.68	-1	7	18.5	1482	1.77	4.59	- 9.00	15.00	47.5	1.47	168	245.4	134.7	37.5	14
janv-20	1488	- 0.32	0.87	-2	4.5	66.5	1488	- 0.12	4.20	- 8.50	12.00	55.5	0.68	26	55.1	-50.9	24.8	4
févr-20	1392	1.32	1.53	-1	10	39	208	4.35	3.55	- 1.00	12.50	6.5		12	103.8	15.9	22.8	7
mars-20	1486	3.81	3.36	0	19.5	13								24.5	93.9	-3.5	53	12
avr-20	1440	8.93	5.66	0	29	8								15	55.4	-64	20.2	
mai-20	1481	14.44	5.55	7	34.5		1312	13.00	6.13	1.57	29.16	0.5	2.40	138	121.6	-1.3	46.4	
juin-20	1440	15.86	5.12	9	44		1440	14.63	5.93	3.59	30.66		0.73	139.5	136.8	39.3	27.8	
juil-20	1488	18.28	6.13	9	41		1488	17.78	7.45	3.59	36.64		1.28	38.5	49.6	-38.9	14.4	
août-20	1488	17.06	5.22	8.5	41.5		1488	17.47	7.68	3.59	35.65		1.47	85	130.8	31.1	44.4	
sept-20	1440	13.02	3.01	4.5	20.5		1439	13.04	6.46	0.44	28.66		0.54	73	90	-37.1	38.4	
oct-20	1490	8.19	1.92	3.5	13		1490	7.51	4.92	- 3.47	21.66	4	- 1.79	147.5	174.2	49.6	70.8	
nov-20	1440	4.13	3.07	0	11	10	1440	3.80	5.80	- 6.49	21.16	18.5	0.30	35	32.6	-95.1	20.2	1
déc-20	1488	1.91	1.03	0.5	6		1488	0.49	4.61	-14.75	12.13	16.5	0.19	3	160.3	49.6	40.4	26
janv-21	1488	0.66	0.43	0	1.5	11	1488	- 2.16	5.28	-17.62	12.13	22	- 1.36	10	251.8	145.8	38	36
févr-21	1344	1.92	1.85	0	9.5	10	1041	3.53	5.60	-13.63	17.65	11	3.43		90.6	2.7	33.2	10
mars-21	1486	2.39	2.24	0	12.5	9	1251	3.13	5.73	- 9.19	23.16	20	0.03	32	81.9	-15.5	22.2	22
avr-21	1279	4.71	3.42	0	16	7	1279	4.94	6.62	-10.30	22.16	16	- 1.26	59	74.5	-44.9	25.5	6
total	**52731**	**8.75**	**7.56**	**-3.5**	**44**	**408**	**42436**	**7.70**	**8.67**	**-18.40**	**36.64**	**396**	**0.10**	**82.7**	**114.8**	**6.1**	**35.9**	

Chapitre 6. Eléments de synthèse

En introduction, j'ai dressé le constat du sous-emploi chronique des outils taphonomiques à disposition des géoarchéologues ou préhistoriens dans l'étude de la formation et de l'état de conservation des sites préhistoriques, malgré leur existence depuis plusieurs décennies. Ce constat a été conforté par l'approche bibliométrique réalisée (§ 2.2). Dans ce chapitre, j'apporte des éléments d'explication de cette situation à travers un bilan des études réalisées (§ 6.1) et une présentation des différents biais ou difficultés rencontrés, qu'ils soient liés à l'application des outils en eux-mêmes (§ 6.2) ou, plus globalement, à la mise en œuvre de la démarche employée selon les trois niveaux proposés (§ 6.3).

6.1. Bilan général des études taphonomiques réalisées

Un travail d'équipe…

Parmi les 48 sites constitués d'une ou plusieurs nappes de mobilier sur lesquels je suis intervenu, 36 études géoarchéologiques ont été terminées, les autres étant toujours en cours d'avancement (**annexe 3**). Sur ces 36 études, presque toutes ont pu faire l'objet d'une évaluation taphonomique selon la démarche proposée, c'est-à-dire en recherchant la signature des agents naturels dans les dépôts sédimentaires (niveau 1) puis en identifiant le rôle éventuel de ces agents dans la formation de la ou des nappes de mobilier (niveau 2). Rappelons que la plupart des sites considérés livrent principalement des témoins lithiques, sans structuration anthropique évidente décelée à la fouille ; les outils de taphonomie animale ne peuvent donc pas s'appliquer. Dans un tiers des études achevées, cette approche n'a pas pu aboutir à la phase de confrontation de mes résultats à ceux des études techniques et techno-fonctionnelles (niveau 3). Les principaux motifs sont exposés *infra* (§ 6.3).

Dans les deux tiers des cas, la diagnose taphonomique a pu être poussée au maximum de ses possibilités grâce, notamment, aux prérequis suivants :

1) L'évaluation taphonomique reposait sur les résultats de plusieurs outils indépendants et donc, bien souvent, de la réunion de différentes compétences ;
2) Au moins une réunion de présentation de l'ensemble des résultats obtenus a pu être organisée avec les différents spécialistes concernés, dans le but de discuter et croiser les différents proxys taphonomiques ;
3) Les spécialistes étaient suffisamment rompus à ce genre d'étude.

Comme dans d'autres champs interdisciplinaires, la qualité des résultats obtenus dépend assez logiquement des compétences et de l'expérience des membres de l'équipe attachée à l'étude du site et de leur capacité à travailler en synergie. Avec le recul, mes premières interventions au sein de Paléotime comportent certains échecs, illustrés par exemple en **annexe 3** par le faible nombre d'outils indépendants mis en œuvre (mais qui reste dans la moyenne de ce qui se fait ailleurs). Durant cette période, l'investissement était surtout porté sur l'étude stratigraphique,

avec la réalisation de nombreuses coupes et l'analyse du contenu des dépôts sédimentaires, sans pour autant répondre aux problématiques taphonomiques.

Le ou les bilans d'étape réalisés au sein de l'équipe de fouille permettent de hiérarchiser les agents perturbateurs reconnus en fonction des cinq principales étapes de formation des sites (**fig. 6**), de discuter de leurs implications archéologiques (degré d'intégrité spatiale et matérielle, homogénéité) et de s'interroger sur la suite des études à mener, notamment pour l'interprétation des plans de répartition des vestiges.

… chronophage

La démarche pluridisciplinaire employée a bien souvent nécessité un investissement en temps relativement important : c'est un **premier point** d'explication du constat initial, surtout en contexte préventif où les études sont contraintes par des délais d'étude parfois trop courts. Le temps nécessaire pour mener à terme une telle approche est toutefois très variable et fonction du contexte environnemental, de la taille des échantillons, de l'expérience et de la motivation des opérateurs, des moyens, etc. Au sein de Paléotime, la sensibilité des responsables aux problématiques taphonomiques a bien souvent permis de dégager le temps complémentaire nécessaire. Une ligne budgétaire « taphonomie » est depuis quelques années systématiquement prévue pour les opérations paléolithiques. Même si les cas sont rares, l'évaluation du niveau 1 est parfois suffisante. Sur le site moustérien d'Andance à Saint-Bauzile (Ardèche), dès la phase de terrain, l'industrie lithique est apparue redistribuée dans des unités gélifluées à blocs de basalte, ce que l'étude des états de surface a effectivement permis de confirmer par la suite (Fernandes in Bernard-Guelle *et al.* 2011).

La prise en compte des biais taphonomiques, et donc le temps consacré à leur étude, est également fonction des problématiques de recherche (Behrensmeyer *et al.* 2018). L'absence de fraction fine dans un assemblage lithique qui a permis d'identifier des activités de taille, ne revêt pas la même importance selon que l'on s'intéresse au plan de répartition des vestiges ou à la définition des objectifs de production lithique. Le temps d'investissement dans l'étude de la formation des sites dépend aussi du caractère « exceptionnel » des interprétations avancées, en respect du principe de Carl Sagan : « *Extraordinary claims require extraordinary evidence* ». Ainsi, les réactions à la publication de la trouvaille d'une industrie sur roches volcaniques datée autour de 3,3 Ma à Lomekwi 3 au Kenya (Harmand *et al.* 2015) ont principalement questionné le statut taphonomique de ces objets (Domínguez-Rodrigo, Alcalá 2016 ; Harmand *et al.* 2019 ; Archer *et al.* 2020).

…face à la complexité

Une des principales difficultés rencontrées dans l'évaluation des assemblages archéologiques est que leurs caractères initiaux, au moment de l'abandon définitif du site, nous sont bien souvent complètement inconnus. « *Confronté à l'arbitraire et la contingence des productions culturelles, (…) on ne bénéficie pas de la quiétude qu'offrent les restes d'animaux ou de plantes, des organismes dont les parties sont agencées dans des touts cohérents et fonctionnels, à peu près identiques pour une même espèce, à quelques variations près, quel que soit le lieu ou l'époque* » (Boissinot 2015, p. 170). L'état initial peut être approché par une expérimentation raisonnée, certaines analogies ethnographiques, la comparaison avec des sites mieux conservés etc., mais il reste malgré tout conceptualisé, voire fantasmé.

Les sites du Paléolithique moyen constitués d'une nappe très lâche de mobilier (moins d'une pièce au m²) et sur de grandes surfaces (> 1 ha) restent d'interprétation problématique. C'est par exemple le cas du site de Bidau à Garlin (§ 4.1) ou de celui formé par l'unité 3 du Bois de l'Hôpital

à Saint-Sulpice-la-Pointe, daté de la transition MIS4/MIS3 et implanté sur la basse terrasse du Tarn (Bernard-Guelle *et al.* 2016 et 2019). Résultent-ils d'une diffusion progressive des vestiges par les processus naturels à partir de concentrations initiales spatialement restreintes ? ou bien sont-ils représentatifs d'activités spécialisées ne produisant pas de concentrations très denses mais qui ont été répétées sur une longue période ? Voire d'une combinaison de ces phénomènes ? Des questions qui, en l'état actuel des recherches sur ces sites, restent sans réponse claire. Les faibles taux de sédimentation déduits des datations absolues, de l'ordre de quelques mm/ka, ne facilitent pas les interprétations : les objets recueillis au sein du même niveau peuvent en effet avoir été incorporés à des époques bien distinctes (phénomène de *time-averaging*, Stern 1994). Le problème de ces *niveaux condensés,* souvent matérialisés par un *pavage* (où la fraction grossière est résidualisée sur place par évacuation des particules les plus fines) - et parfois abusivement nommés *palimpsestes* - constitue sans doute le biais de l'enregistrement archéologique le plus fréquent et le plus difficile à démêler, en particulier pour les périodes anciennes, lorsque les marqueurs techno-culturels ou les états de surface n'évoluent pas ou peu (Bailey 2007 ; Malinsky-Buller *et al.* 2011 ; Bertran *et al.* 2017 ; Rezek *et al.* 2020).

A notre méconnaissance de l'état initial, s'ajoute la complexité de l'histoire de la formation des sites en raison des multiples agents taphonomiques susceptibles d'intervenir, de leurs interactions ou parfois de leurs effets contradictoires. Sur ce dernier point, le cas de la bioturbation est exemplaire. L'activité de la faune et de la flore peut en effet contribuer à la préservation des témoins archéologiques en les protégeant des aléas de surface par enfouissement : c'est ma proposition pour expliquer une partie de la dispersion du mobilier au sommet de l'horizon argilique des Genêts à Ablis (§ 3.2) ; mais elle peut participer également au remaniement des ensembles archéologiques, en particulier lorsque l'espace est restreint, comme dans la grotte des Barasses II à Balazuc (§ 4.2). Cette complexité de l'enregistrement et les difficultés précédemment évoquées, peuvent expliquer, en **second lieu,** la faible proportion des études taphonomiques par rapport au nombre de sites fouillés. L'investissement est alors porté ailleurs, pour répondre par exemple à des problématiques ciblées sur les productions matérielles, autour desquelles s'articule la trame de nombreux articles (contexte stratigraphique, âge et industrie), ou encore sur des sujets plus en vogue, comme l'étude des rapports Homme / Environnement ou des proxys paléoclimatiques. La non-réalisation de l'évaluation taphonomique ne semble pas constituer un frein à l'interprétation archéologique de certains sites : dans le meilleur des cas, cette étude est prévue mais renvoyée à plus tard (*e.g.* Fagnard *et al.* 2008 ; Val *et al.* 2021). Pourtant, même dans le cas des sites préservés dans des conditions exceptionnellement favorables, les processus taphonomiques soulèvent de nombreuses questions (*e.g.* Hadad 2018 ; Peters, van Kolfschoten 2020).

Intégrité spatiale

Peu de sites ont permis de franchir le cap d'une interprétation palethnologique en raison de leur état de conservation médiocre. La concentration aurignacienne de Brignol à Villeneuve-sur-Lot (§ 4.3) a conservé les restes d'une structuration interne, qui s'est véritablement révélée en dehors du cadre de la fouille préventive, grâce à un investissement important dans la recherche de remontages réalisé par Lars Anderson (Anderson 2019) et une confrontation de l'ensemble des données recueillies. Un potentiel spatial substantiel est également apparu sur le site badegoulien du Péhau à Coimères en Gironde (Monin *et al.* 2014) et dans les trois concentrations gravettiennes de Hin de Diou à Pujo-le-Plan dans les Landes (Remicourt *et al.* 2010) - bien que les études de ces sites n'aient pas encore été menées jusqu'à la publication - ainsi que dans les deux concentrations du Premier Mésolithique de Saint-Lizier à Creysse situées en bordure d'un paléochenal tardiglaciaire de la Dordogne (Chesnaux *et al.* 2018). Pour les périodes plus récentes, le potentiel spatial est plus difficile à établir car les nappes de mobilier n'ont pas pu être analysées selon la même approche et le même intérêt par les préhistoriens, les efforts s'étant souvent orientés sur l'étude des structures en creux associées.

Il n'est pas inutile de rappeler ici que : « *(...) ce n'est pas parce qu'un site n'est pas en position primaire qu'il ne revêt pas un intérêt et que son traitement complémentaire en fouille n'est pas nécessaire, tout dépend du contexte régional (rareté de la période, complémentarité thématique...)* » (Bourguignon 2010). L'étude de l'intégrité matérielle des sites en position secondaire apparaît en revanche essentielle car seul le déplacement en masse du sol peut limiter la perte d'information, comme c'est probablement le cas sur le site paléolithique moyen du Bois de Sirion à Auvers-le-Hamon dans la Sarthe (Huet *et al.* 2015), ou un contexte topographique particulier, telle la dépression circulaire reconnue sur le site paléolithique moyen de la Plaine de Montaigu à Melun en Seine-et-Marne (Tallet *et al.* 2015).

Intégrité et cohérence matérielles

Même si l'amas supposé magdalénien de Chaumois à Appoigny (§ 4.4) résulte d'un démantèlement localisé, il présente sans doute la meilleure intégrité et cohérence matérielle du corpus de site étudiés, en raison de sa nature singulière (un dépôt de lames). Ce fait reste néanmoins exceptionnel. Sur les autres sites, l'intégrité matérielle est en effet rarement atteinte, ce qui n'a toutefois pas empêché d'étudier les séries lithiques. L'étude de la distribution granulométrique s'est révélée un outil efficace pour déterminer le degré d'intégrité matérielle, tout en considérant les limites de son utilisation (*cf. infra*). Les résultats obtenus ont souvent confirmé les hypothèses de terrain, comme par exemple sur l'atelier de taille moustérien du Chêne Vert à Dirac en Charente, où le signal granulométrique évolue en fonction de la position des échantillonnages dans le talweg au sein duquel le mobilier s'est redistribué (Dawson *et al.* 2012).

La cohérence chrono-culturelle des ensembles recueillis est plus difficile à établir pour les raisons évoquées précédemment liées au faible taux d'aggradation. Les mélanges ont surtout été révélés pour les périodes de l'Holocène, notamment sur les sites mésolithiques de la rue Claudy à Lyon (Taylor *et al.* 2020b) ou des Basses Veuves à Pont-sur-Yonne (Fénéon *et al.* 2021). Un cas étonnant est celui des quelques rares sites de plein air où l'on rencontre une superposition d'occupations sur un même espace restreint, comme sur le site de plein air du Bois Clair à Montguyon (Bernard-Guelle *et al.* 2017) où les tailleurs magdaléniens ont exercé précisément au même endroit que leurs prédécesseurs du Paléolithique moyen. Cette récurrence d'occupations, démontrée par la répartition des axes de remontages, l'étude de l'industrie et l'analyse des états de surface, s'explique peut-être par le contexte environnemental, comme dans le cas de ce site localisé en bordure d'un léger relief, un effet du hasard ou d'autres paramètres qui nous échappent.

Un des intérêts de la taphonomie archéologique, outre l'estimation plus précise du degré de préservation des assemblages de mobilier, réside dans la possibilité d'acquérir des données sur la vitesse des processus géomorphologiques ou pédologiques. Même si son attribution culturelle n'a malheureusement pas pu être précisée par des datations absolues, l'amas de lames de Chaumois (§ 4.4) permet par exemple d'estimer le taux de migration relative des objets dans le sens de la pente à environ 17 cm/ka au maximum depuis le Tardiglaciaire (pente d'environ 1°).

6.2. Biais inhérents aux outils utilisés

Plusieurs biais méthodologiques ponctuent la démarche employée, comme une mauvaise représentativité de l'échantillonnage, des effectifs trop faibles ou encore un « effet opérateur ». Je ne m'attarderai pas sur ces biais relativement classiques mais évoquerai ceux plus spécifiques à l'évaluation taphonomique des niveaux 1 et 2 tout en proposant quelques solutions pour y remédier. Seuls les outils que j'ai le plus souvent appliqués sont examinés.

Etude stratigraphique et micromorphologique

L'emplacement des coupes stratigraphiques sur lesquelles repose le séquençage des dépôts et la recherche des signatures des processus naturels, conditionne l'évaluation du contexte sédimentaire des occupations. Dans le cadre des opérations préventives, les moyens mécaniques permettent de multiplier la vision en coupe et en plan et donc de mieux saisir l'organisation spatiale des dépôts. Les possibilités en cavité sont souvent plus restreintes, comme par exemple dans la grotte des Barasses II (§ 4.2), sondée sur environ 10 % de la surface actuelle accessible des dépôts. De même, à une échelle plus grande, les lames minces ne livrent qu'une vision partielle en deux dimensions, bien souvent source de confusion (Stoops 2003). Aux Genêts à Ablis (§ 3.2), le fait d'avoir doubler les lames minces dans les talons a permis de mieux saisir l'organisation des microfaciès en 3D.

Le séquençage des dépôts en unités stratigraphiques constitue une autre source possible d'erreurs, un point régulièrement souligné dans la littérature (*e.g.* Stein 1987 ; Hodder 1999 ; Carver 2012), notamment dans le cas relativement fréquent des transitions graduelles où la position des limites stratigraphiques (donc du trait en pointillé sur le dessin des coupes) est placée de manière subjective. Présenter dans les publications des photographies suffisamment grandes et de bonne résolution situant ces limites (et non pas uniquement des dessins) apparaît essentiel, surtout quand ce découpage impacte l'attribution stratigraphique du mobilier. Une recommandation qui s'applique également aux lames minces (Gutiérrez-Rodríguez *et al.* 2018). Sur le terrain, la cartographie géophysique ou géochimique des coupes est encore peu employée mais elle pourrait permettre des progrès notables en complément des observations classiques. En micromorphologie, plusieurs outils facilitant le séquençage et l'interprétation existent déjà comme la technique QEMSCAN (*Quantitative Evaluation of Minerals by Scanning Electron Microscopy* ; *e.g.* Ward *et al.* 2017). Rendre plus aisément accessible les lames minces par la création d'une base de données en ligne les recensant pourrait améliorer leur circulation et le partage des points de vue, en s'appuyant sur l'exemple des réseaux de lithothèques. Comme évoqué dans le bilan réalisé à la fin du chapitre consacré aux usages et mésusages de la micromorphologie (§ 3.4), l'observation peut être source d'interprétations diamétralement opposées, surtout pour les microfaciès ambiguës (non diagnostiques d'un processus). Contrairement aux sections stratigraphiques qui disparaissent, l'accès aux lames minces apparaît comme une solution pour réviser certaines de ces interprétations.

Analyse spatiale de la répartition des vestiges

L'examen visuel du nuage de points formé dans l'espace par les éléments topographiés, en relation avec la stratigraphie, constitue bien souvent le point de départ de l'analyse spatiale d'un site. Les moyens d'enregistrement actuels permettent de débuter cette étape dès le terrain, favorisant ainsi les décisions dans la poursuite des investigations. Plusieurs informations taphonomiques viennent compléter progressivement la base de données spatiale initiale, telles les densités d'objets par volume fouillé, les liaisons entre objets, le résultat des datations, etc. Toutefois, le potentiel de l'analyse spatiale ne se révélera qu'une fois toutes les études spécialisées achevées.

De nombreux biais sont inhérents à l'acquisition ou au traitement de l'information spatiale tels :

- une limite mal définie de la dimension à partir de laquelle les objets sont coordonnés ;
- la non prise en compte des pentes stratigraphiques lors de la projection des objets sur les coupes ;
- en projection planaire, la recherche à tout prix de concentrations de vestiges dans les nappes dilatées verticalement, conduisant localement à créer de faux regroupements ;

- une influence de la position et/ou de la largeur de la maille utilisée lors de l'exploitation des plans de densité du mobilier.

De même, plusieurs problèmes peuvent être générés lors de la présentation des résultats :
- points masqués par d'autres, selon l'ordre de superposition des couches vectorielles.
- échelles inadaptées ou impressions trop réduites ;
- surcharge d'informations…

Relativement peu de statistiques spatiales sont réalisées dans un but taphonomique, notamment pour délimiter les éventuelles concentrations et vérifier si elles sont significatives. On utilise par exemple l'analyse dimensionnelle de la variance (*e.g.* Bertran *et al.* 2005), comme à Bidau (§ 4.1), ou l'estimation par noyau (*kernel density estimation* ; *e.g.* de la Torre, Wehr 2018 ; Ingicco *et al.* 2020*)*, testée à Brignol (§ 4.3). Pour les nappes de mobiliers dilatées, l'identification de clusters en 3D s'avère particulièrement prometteuse, en s'appuyant sur ce qui se réalise déjà en 2D (*e.g.* Giusti, Arzarello 2016), de même que la méthode d'analyse de fréquences de profondeurs développée par Yann Le Jeune (*e.g.* Peschaux *et al.* 2020). Dans de très rares cas, la mise en ligne de la base de données topographiques constitue une avancée notable pour poursuivre, comparer ou s'exercer à l'analyse spatiale statistique (*e.g.* Discamps *et al.* 2019).

La recherche de liaisons entre objets (rapprochement par matériau, raccords de cassures, raccords de débitage) est un exercice incontournable qui s'intègre à l'analyse spatiale, même si le temps consacré à ce travail se solde par un taux de remontage très faible ou nul (McCall 2010). De nombreuses heures y ont été consacrées sur les sites étudiés, mais les paramètres de cette recherche (temps passé, nombre d'opérateurs, méthode utilisée) n'ont pas été systématiquement enregistrés, n'autorisant pas de comparaisons fiables. Différents traitements statistiques peuvent ensuite être réalisés sur ces liaisons, à l'image des fabriques. A Brignol, le travail sur l'orientation des axes de remontage a permis de mettre en évidence une convergence des processus naturels et anthropiques vers une même organisation spatiale dans le sens de la pente, ce qui a obligé à nuancer mon interprétation initiale (§ 4.3).

Analyse des fabriques

Pour étudier les fabriques sédimentaires et archéologiques, il faut disposer d'un nombre suffisant d'éléments mesurables : l'acquisition de l'orientation et de l'inclinaison du grand axe des éléments allongés est en outre dépendante du type de production lithique. De fait, l'analyse des fabriques n'a pu être réalisée que dans 28 % des études achevées. La fabrique obtenue témoigne des derniers processus qui affectent l'assemblage considéré. Dans le cas des sites argiliturbés ou fortement bioturbés après leur enfouissement, la fabrique tend par exemple vers l'isotropie et s'éloigne des fabriques de type planaire qui caractérisent les sites peu perturbés. Cela ne signifie pas pour autant que l'assemblage est mal conservé. Le basculement des pièces peut en effet s'être produit à l'endroit de leur dépôt, sans modification importante de l'organisation spatiale générale. Les résultats obtenus nécessitent donc d'être confrontés aux autres critères taphonomiques. Au Chaumois à Appoigny (§ 4.4), le dépôt de lames a produit une fabrique linéaire éloignée des référentiels expérimentaux, qui se rapproche de celle des sites soliflués, mais qui est induite par le regroupement volontaire des lames. Ce cas est singulier mais il montre que des convergences entre fabriques archéologiques et sédimentaires sont possibles, en dehors de celles obtenues sur les sites peu perturbés. Les nombreuses expériences de piétinement animal ou humain, bien que n'ayant pas souvent intégré l'analyse des fabriques (*e.g.* Lenoble, Bordes 2001 ; Benito-Calvo *et al.* 2011), montrent des réponses variables de la position des pièces en fonction du substrat, de la topographie ou de l'intensité et de l'orientation du déplacement (*e.g.* Courtin, Villa 1982 ; Gifford-Gonzalez *et al.* 1985). Une synthèse des fabriques expérimentales déjà obtenues permettrait de mieux percevoir l'impact de ce processus dans la formation des nappes de mobilier.

D’autres traitements statistiques des fabriques sont possibles, comme l’ajout d’intervalles de confiance aux résultats obtenus ou le calcul de la probabilité que deux assemblages aient des fabriques différentes (McPherron 2018). Une expérience visant à contrôler les écarts de mesures à la boussole-clinomètre entre différents opérateurs et différentes formes allongées mériterait d’être menée, par exemple à partir du moulage d’un amas de débitage, qui pourrait également servir de support de formation à l’acquisition des mesures.

Etude granulométrique de l’industrie lithique

Un des objectifs de l’étude granulométrique des vestiges lithique est d’estimer l’intégrité matérielle des ensembles étudiés, en quantifiant la part de la fraction fine produite par les activités de débitage ou de façonnage et en la comparant à celle des référentiels expérimentaux ; cette fraction est en effet plus sensible au transport par les processus de surface comme le ruissellement ou la déflation. Les mesures de la largeur des pièces ont pu être effectuées dans 42 % des études achevées, sur les opérations où de la fouille manuelle et du tamisage ont été réalisés. Afin d’éviter des erreurs et dans un souci de gain de temps, ces mesures ont été réalisées, autant que possible, en amont des études spécialisées qui divisent le corpus en différents lots.

Le principal écueil d’une telle approche vient des référentiels de taille expérimentale qui ne prennent pas en compte la fragmentation des chaînes opératoires, pourtant fréquente dans le registre archéologique (Bordes 2012). En cas de superposition d’occupations au sein d’un même espace et sans sédimentation notable décelée, les résultats traduisent un mélange de plusieurs opérations de taille, associées à d’éventuelles évacuations des déchets, auquel s’ajoute l’éventuelle fragmentation par le piétinement humain ou animal, donc un ensemble de processus que les expérimentations ne documentent que partiellement. Sur les différents sites mésolithiques étudiés, un déficit de la fraction du mobilier supérieure à 10 mm est constaté (**fig. 10**), qui s’explique par les objectifs du débitage et les dimensions réduites des produits recherchés (Chesnaux *et al.* 2018). Des expérimentations de taille à but granulométrique seraient donc à poursuivre, intégrant en particulier le piétinement par les humains ou les animaux et exploitant différentes matières premières.

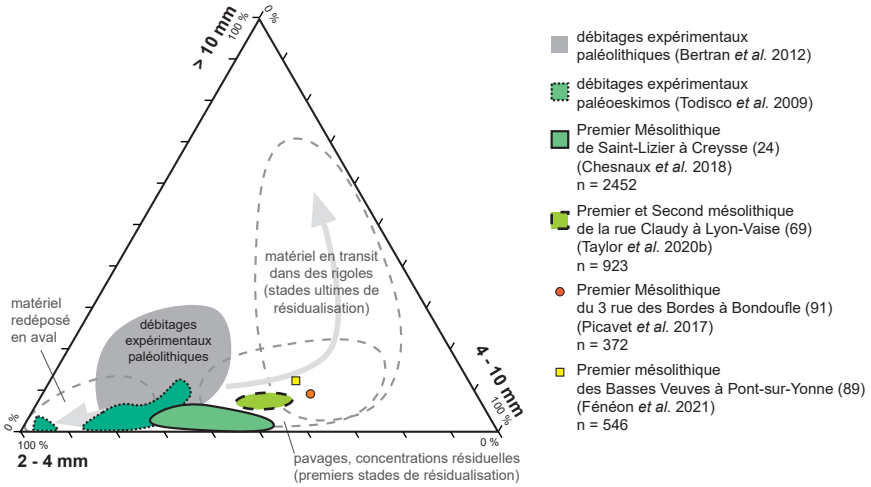


Fig. 10 : Résultats de l’analyse granulométrique de l’industrie sur silex provenant des principaux sites mésolithiques étudiés (M. Rué). Diagramme ternaire d’après Bertran *et al.* 2012. n : nombre total d’éléments mesurés.

Une des principales limites des outils utilisés vient donc des référentiels disponibles, encore relativement peu nombreux. Les expérimentations *in vivo* visant à alimenter les référentiels sur l'impact des agents taphonomiques, comme celle actuellement menée à Villard-de-Lans (§ 5), nécessitent un temps d'observation très long. La démarche comparative est d'autant plus compliquée pour les périodes anciennes du Paléolithique car l'interprétation des traces d'occupation et des modes de production se fait sans véritable analogie moderne (Toth, Schick 1986). Pour les périodes récentes de la Préhistoire, de nombreux progrès restent à faire, comme par exemple l'exploitation des fragments de céramique (*e.g.* Brönnimann *et al.* 2020 ; Maritan 2020).

L'approche taphonomique employée implique donc de maîtriser de nombreux paramètres, à la fois naturels et anthropiques mais aussi plus abstraits (**fig. 11**), nécessitant de dépasser le cadre des résultats obtenus par chaque outil. Cet aspect quelque peu déroutant constitue sans doute un **troisième point** d'explication au constat initial. Des actions de formation pourraient être engagées afin de présenter les apports et limites de cette approche et s'exercer aux méthodes les plus abouties, de même que l'organisation de séminaires ou sessions méthodologiques traitant de ce sujet.



Fig. 11 : Illustration de la construction multifactorielle des interprétations archéologiques (dessin d'après Malina, Vašiček 1990).

6.3. Autres biais ou difficultés

L'étude de la formation des sites nécessite de sortir du déterminisme qui guette les interprétations, souvent régies par les intérêts des chercheurs, par exemple fouiller un site « bien conservé ». Au cours de mes interventions, j'ai été confronté à différents raisonnements taphonomiques *a priori*. Les plus fréquents sont exposés *infra* en raison de leurs conséquences sur les investigations ou les interprétations archéologiques.

« Les vestiges paléolithiques sont contenus dans un paléosol rattaché à la période du Début Glaciaire weichsélien (…). Cette position stratigraphique assure un excellent potentiel de conservation du site archéologique » (Seng *et al.* 2016). Cet exemple d'interprétation raccourcie

est notamment rencontré dans les contextes stratigraphiques dilatés, telles les séquences lœssiques du Nord de la France, où les contextes d'enfouissement peuvent être globalement plus favorables durant certaines périodes (Soriano 2013). Si cette interprétation est considérée comme fondée, l'étude taphonomique n'est plus justifiée puisque la réponse aux questions posées est donnée par le seul contexte géomorphologique ou stratigraphique du site. C'est oublier, comme signalé précédemment, que l'enregistrement des processus sédimentaires perturbateurs est lacunaire. La situation inverse existe également lorsqu'un mauvais état de conservation est inféré prématurément.

Une autre forme fréquente de raisonnement risqué réside en la prise en compte d'un faible nombre de critères taphonomiques : la position à plat des vestiges ou la faible épaisseur de la nappe de mobilier entraîne souvent des conclusions positives sur l'état de conservation du site, voire à la reconnaissance d'un sol d'occupation. Dans ce cas, on ne considère pas les périodes de non-dépôt ou de résidualisation (formation d'un pavage), conduisant également à ce genre de configuration. Plusieurs études s'appuient également sur la « fraîcheur » des états de surface du mobilier lithique, sans considérer d'autres critères, alors que l'enregistrement des perturbations sur ces surfaces est lacunaire et qu'il dépend de plusieurs paramètres comme la nature lithologique du matériau, la texture et la teneur en eau du sédiment, l'intensité du processus, etc. (*e.g.* Burroni *et al.* 2002). *« L'utilisation de critères taphonomiques incomplets, voire inadaptés, nous paraît donc comporter plus de dangers que de bénéfices pour statuer sur l'intérêt d'un site, par exemple lorsqu'il s'agit de prendre la décision de le fouiller ou non »* (Bertran 2010).

Ce type de raisonnement explique en partie certains décalages constatés entre l'état de conservation spatiale envisagé à l'issue de la phase de diagnostic et celui déduit de la fouille ; il est néanmoins important de considérer les difficultés inhérentes au processus de diagnostic, en raison du temps imparti, de la compétence des acteurs en la matière et des observations qui sont nécessairement partielles.

D'autres difficultés surviennent lors de la confrontation de l'ensemble des résultats taphonomiques et technologiques (niveau 3) et de la conclusion qui en découle. D'une part, les résultats analytiques ne permettent pas de reconstituer l'histoire et les modalités de la formation du site avec certitude mais seulement d'en proposer un scénario vraisemblable (Schwartz, Gebhardt 2011 ; Bertran *et al.* 2017), donc susceptible d'évoluer et d'autre part, la construction de ce scénario est potentiellement influencée par les biais propres à notre fonctionnement cognitif ou par le contexte de la recherche.

Plusieurs cas rencontrés illustrent la variété des situations :

- surestimation d'un critère taphonomique évident (comme la présence d'une structure de combustion ou d'un amas de débitage), occultant la prise en compte des autres indicateurs (effet de focalisation) ;

- croyance que l'étude taphonomique du site n'est pas nécessaire, pour des préjugés variables, liés par exemple à une absence de structuration de l'espace étudié (« ce n'est pas un site ») ou à un milieu de dépôt favorable à la préservation de l'information archéologique (« tout est en place ») ;

- croyance que l'étude taphonomique du site est réalisée, en se basant par exemple sur les seules données sédimentaires (biais de surconfiance dans l'évaluation du niveau 1) ;

- transfert imprudent des résultats obtenus aux échelles micro- ou mésoscopiques (matrice sédimentaire, surface des objets, etc.) à l'ensemble du site (biais de représentativité) ;

- confiance exagérée en la parole du spécialiste, notamment du géologue, ou du responsable scientifique (biais d'autorité) ;

- souhait de confirmer une théorie ou un résultat inédit (biais de confirmation) ;

- course à la publication ou aux résultats, incitant à présenter ses travaux sous le meilleur jour possible (embellissement des données) ;

- spécialistes non disponibles, rivalités entre chercheurs ou établissements…

Comme les processus taphonomiques sont omniprésents, il est également facile de les impliquer pour expliquer certains des résultats aberrants obtenus, sans nécessairement en avoir de preuve. Frederick *et al.* 2002 évoquent par exemple la pédoturbation pour justifier les dates antérieures à la culture Clovis obtenues dans un horizon archéologique au Texas, mais pas l'éventualité qu'il s'agisse d'une occupation anté-Clovis, ce que d'autres découvertes mettront plus tard en évidence (Williams *et al*. 2018).

Une des solutions pour limiter ces différents biais consisterait à présenter l'ensemble des indicateurs taphonomiques sous forme d'une grille d'aide à l'interprétation (*e.g.* Bunch *et al.* 2021). L'emploi de logigrammes pourrait également servir de support méthodologique et permettre de guider les réflexions, comme celui proposé pour l'évaluation des niveaux 1 et 2 (**fig. 12**). Dans les rapports finaux d'opération archéologique ou les publications, il apparaît judicieux de présenter une partie regroupant l'ensemble des indicateurs taphonomiques indépendants (sédiment, restes matériels ou organiques). Placée autant que possible en amont de l'étude des vestiges - et rédigée collectivement - cette partie engage chaque spécialiste afin qu'il 1) contribue aux réflexions globales sur l'intégrité et l'homogénéité du ou des assemblages recueillis et 2) considère ces réflexions dans l'étude qu'il présente ; une organisation que j'ai pu mettre en place au cours de plusieurs opérations préventives ou programmées (exemples au § 4).

Dans la publication des actes d'un symposium sur le thème des sédiments en archéologie qui s'est tenue en Angleterre en 1973, Colin Renfrew a écrit cette phrase souvent reprise dans les définitions de la géoarchéologie : « *Every archaeological problem starts as a problem in geoarchaeology* » (Renfrew 1976). En guise de bilan, la formulation suivante pourrait être proposée : chaque problème archéologique commence par un problème de taphonomie qu'aucune spécialité ne peut résoudre seule. L'effort collectif qu'exige l'étude de l'enregistrement archéologique questionne nos propres limites, au risque d'avoir à réviser certaines de nos interprétations ou adapter notre méthode de travail, ce qui peut expliquer, en **dernier point**, le faible intérêt pour la taphonomie archéologique.

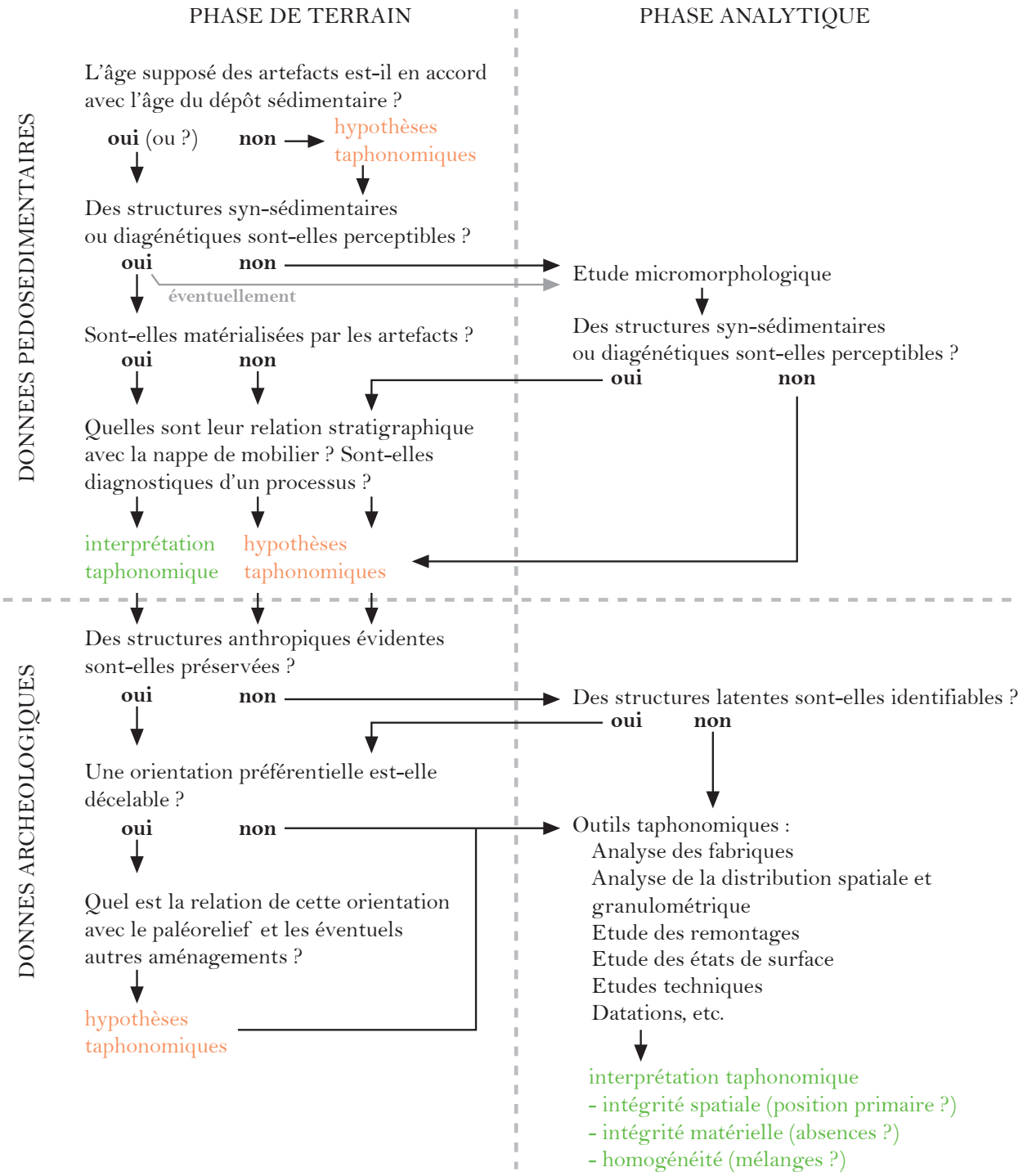


Fig. 12 : Exemple d'outil d'aide à l'étude taphonomique d'une nappe d'objets parallèlement à l'utilisation des outils *ad hoc* (M. Rué).

Chapitre 7. Conclusion et perspectives

En présentant une sélection de travaux réalisés dans des contextes géomorphologiques et stratigraphiques variés, j'ai cherché à illustrer les apports, limites et difficultés de l'étude taphonomique des nappes de mobilier préhistorique. Ces travaux et le bilan présenté pourront, je l'espère, agir comme un catalyseur d'idées ou de projets dans les années à venir, d'autant plus que de nombreux axes de recherche restent à développer dans ce type d'étude.

La taphonomie a en commun avec l'archéologie et d'autres disciplines sa démarche heuristique, qui consiste à répondre aux interrogations posées par des tests successifs, pour ne retenir que les solutions optimales, sans toutefois toujours aboutir à un consensus. La pertinence des observations, la qualité des référentiels utilisés et l'emploi de plusieurs critères indépendants jalonnent cette démarche afin de proposer une interprétation moins biaisée des sites.

Malgré leur existence depuis au moins trois décennies, le sous-emploi des outils taphonomiques à disposition des (géo)archéologues apparaît clairement dans la littérature. Ce constat peut s'expliquer par 1) le temps nécessaire à leur mise en application, 2) la complexité de l'enregistrement archéologique auquel nous faisons face, 3) la nécessité de maîtriser ces outils et d'en connaître les limites (notamment la micromorphologie) ainsi que 4) un effort collectif pour en synthétiser les résultats. Une enquête des pratiques en préhistoire et en géoarchéologie permettrait de compléter cet état des lieux et orienter d'éventuelles actions de formation ou de sensibilisation.

La démarche employée rappelle que l'étude de la formation des sites et la juste appréciation de leur état de conservation ne peuvent uniquement reposer sur la caractérisation du contexte sédimentaire des occupations, et cela quelle qu'en soit la finesse. Le rôle du géoarchéologue dans cette étude est important, afin d'aller au-delà de cette caractérisation et du simple calage des vestiges reconnus en stratigraphie. A moins d'en rester au stade des hypothèses et au risque que le préhistorien greffe ses interprétations sur ces mêmes hypothèses, en ne retenant éventuellement que celles qui l'intéressent. Même si la caractérisation du contexte stratigraphique des sites est essentielle et qu'elle nécessite souvent de longues investigations (que ce travail n'a pas cherché à illustrer), son prolongement pourrait être favorisé par différentes actions, comme l'intégration plus systématique des géoarchéologues dans l'élaboration de la conclusion des rapports de fouille ou dans la publication des résultats archéologiques (ou encore dans la révision de ces publications), bien souvent source de précieux échanges et de développements méthodologiques.

L'amélioration des référentiels expérimentaux pour mieux comprendre les modalités de dégradation ou de préservation des ensembles de vestiges constitue un axe de recherche important dans la poursuite des études taphonomiques, en associant différentes catégories de matériaux (lithique, céramique, terre à bâtir, restes organiques, etc.) et en considérant des contextes encore peu explorés, comme par exemple le remplissage des structures en creux pour les périodes plus récentes. L'élaboration de classifications des nappes de vestiges, accompagnées d'une terminologie adaptée à leur étude, pourrait également contribuer à faciliter leur caractérisation et leur comparaison.

Bibliographie hors publications ou études présentées

Anderson et al. 2016
Anderson L., Chesnaux L., Rué M., Picavet R., Fernandes P., Morala A., Caux S., Tallet P., Caverne J.-B., Kawalek E., « Regards croisés sur la station aurignacienne de Brignol (Villeneuve-sur-Lot, Lot-et-Garonne, France) : approches taphonomique, pétroarchéologique, technoéconomique et technofonctionnelle de l'industrie lithique », *Paléo*, 27, p. 11-42.

Anderson et al. 2019
Anderson L., Rué M., Chesnaux L., Fernandes P., Picavet R., « La station aurignacienne de Brignol (Villeneuve-sur-Lot, France), entre taphonomie et palethnologie », in Montoya C., Fagnart J.-P., Locht J.-L (dir.), *Préhistoire de l'Europe du Nord-Ouest : mobilités, climats et identités culturelles*, actes du XXVIIIe Congrès préhistorique de France, Amiens 2016, vol. 2, Société Préhistorique de France, p. 65-84.

Anderson 2019
Anderson L., *Essai de paléosociologie aurignacienne : gestion des équipements lithiques et transmission des savoir-faire parmi les communautés établies dans le sud de la France,* thèse de doctorat, université de Toulouse 2, 1267 p.

Antoine et al. 2018
Antoine P., Bahain J.-J., Chaussé C., Cliquet D., Coutard S., Despriée J., Deschodt L., Dubar M., Laforge M., Liard M., Locht J.-L., Moigne A.-M., Moine O., Monnier J.-L., Perrenoud C., Saos T., Tissoux H., Voinchet P., Wuscher P., « Quaternaire et géoarchéologie paléolithique en France : quoi de neuf depuis 1976 ? », in Djindjian F. (dir.), *La Préhistoire de la France*, éd. Hermann, p. 39-84.

Archer et al. 2020
Archer W., Aldeias V., McPherron S. P., « What is 'in situ'? A reply to Harmand et al. (2015) », *Journal of Human Evolution*, 142, p. 102740.

Aria, Cuccurullo 2017
Aria M., Cuccurullo, C., « bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis », *Journal of Informetrics*, 11, 4, p. 959-975.

Arnaud-Fassetta, Carcaud 2015
Arnaud-Fassetta G., Carcaud N. (éd.), *La géoarchéologie française au XXe siècle*, CNRS Éditions, coll. Histoire, 620 p.

Ascher 1968
Ascher R., « Time's Arrow and the Archaeology of a Contemporary Community », in *Settlement Archaeology*, edited by K. C. Chang, National Press Books, p. 43-52.

Bachellerie 2011
Bachellerie F., *Quelle unité pour le Châtelperronien ? Apport de l'analyse taphonomique et technoéconomique des industries lithiques de trois gisements aquitains de plein air : le Basté, Bidart (Pyrénées-Atlantiques) et Canaule II (Dordogne)*, thèse de doctorat, université de Bordeaux 1, 444 p.

Bailey 2007
Bailey G., « Time perspectives, palimpsests and the archaeology of time », *Journal of Anthropological Archaeology,* 26, 2, p. 198-223.

Baize, Girard 2008
Baize D., Girard M.-C. (dir.), *Référentiel pédologique 2008*, Quæ éd., 404 p.

Baize, Jabiol 2012
Baize D., Jabiol B., *Guide pour la description des sols*, Quae éd., 448 p.

Bahain, Antoine 2021
Bahain J.-J., Antoine P., « Les terrasses fluviatiles quaternaires de la Somme à Abbeville : 150 ans de recherches mêlant géologie et archéologie, de Boucher de Perthes à aujourd'hui », *L'Anthropologie*, 125, 3, 20 p.

Ballarin et al. 2011
Ballarin C., Benquet L. (de), Bertran P., Chopin J.-P., Dumas A., Fourloubey C., Sireix C., Aquitaine, Lot-et-Garonne, Villeneuve-sur-Lot - Brignols, Romas, rapport de diagnostic, Inrap Grand Sud-Ouest, 122 p.

Behrensmeyer 1978
Behrensmeyer A. K., « Taphonomic and ecologic information from bone weathering », *Paleobiology,* 4, 2, p. 150-162.

Behrensmeyer, Kidwell 1985
Behrensmeyer A. K., Kidwell S. M., « Taphonomy's Contributions to Paleobiology », *Paleobiology*, 11, 1, p. 105-119.

Behrensmeyer et al. 2018
Behrensmeyer A. K., Denys C., Brugal J.-P., « What is taphonomy and What is not? », *Historical Biology*, 30, 6, p. 718-719.

Bernard-Guelle et al. 2009
Bernard-Guelle S., Rué M., Fernandes P., Piboule M., Coudenneau A., Courty M.-A., Argant J., *Saint-Bauzile, montagne d'Andance (Ardèche)*, rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA Rhône-Alpes, 3 vol., 428 p.

Bernard-Guelle et al. 2010
Bernard-Guelle S., Rué M., Fernandes P., Coudenneau A., Courty M.-A., Fédoroff N., Dawson M.-C., Tacussel P., Séronie-Vivien M. et M.-R., *Le site paléolithique moyen de Latrote à Saint-Gein (Landes)*, rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA Aquitaine, 3 vol., 542 p.

Bernard-Guelle et al. 2011
Bernard-Guelle S., Rué M., Fernandes P., Courty, M.-A., Piboule M., Coudenneau A., Argant J., Picavet R., Dawson M.-C., « Le site moustérien d'Andance (Saint-Bauzile, Ardèche) : un habitat de hauteur en contexte basaltique dans la moyenne vallée du Rhône », *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, t. 108, n°4, p. 671-695.

Bernard-Guelle et al. 2014
Bernard-Guelle S., Rué M., Fernandes P., Coudenneau A., Courty M.-A., Fédoroff N., Séronie-Vivien M. et M.-R., Picavet R., Airvaux J. et Dawson M.-C., « Comportements techniques et stratégies de subsistance sur le site moustérien de plein air de Latrote (Saint-Gein, Landes) », in Jaubert J., Fourment N., Depaepe P. (éd.), *Transition, rupture et continuité en Préhistoire,* session E, Exploitation des ressources organiques à la fin du Paléolithique moyen et au début du Paléolithique supérieur : interactions entre environnement et comportements techniques, actes du XXVIIe Congrès préhistorique de France, Bordeaux - Les Eyzies, juin 2010, Société Préhistorique Française, p. 229-255.

Bernard-Guelle et al. 2016
Bernard-Guelle S., Tallet P., Ajas A., Rué M., Fernandes P., « Une opportunité inédite d'étudier des occupations du Paléolithique moyen sur plusieurs hectares dans la vallée du Tarn : la fouille préventive du site du « Bois de l'Hôpital » à Saint-Sulpice (Tarn) », Actualités scientifiques du *Bulletin de la Société préhistorique française*, t. 113, n° 2, p. 375-377.

Bernard-Guelle et al. 2017
Bernard-Guelle B., Taylor A., Rué M., Fernandes P., Ajas A., Coudenneau A., Hernandez M., Mercier N., « Le site stratifié du Bois Clair à Montguyon (Charente-Maritime, France) : récurrences paléolithiques, brièveté des occupations et aires de débitage spécialisées », *Paléo,* 28, p. 31-69.

Bernard-Guelle et al. 2019
Bernard-Guelle S., Tallet P., Ajas A., Bouffard L., Chassan N., Chesnaux L., Fernandes P., Griggo C., Kreutzer S., Mercier N., Minet T., Monin G., Rué M., Viallet C., *Saint-Sulpice-la-Pointe, Le Bois de l'Hôpital (Tarn),* rapport final d'opération, fouille préventive, SRA Occitanie, Toulouse, Paléotime, Villard-de-Lans, 3 vol., 1155 p.

Bertran 2010
Bertran P., « Taphonomie et diagnostic des sites paléolithiques », in Depaepe P., Séara F (éd.)., *Le diagnostic des sites paléolithiques et mésolithiques*, actes du séminaire des 5 et 6 décembre 2006, Paris, Les Cahiers de l'Inrap, 3, p. 70-77.

Bertran, Texier 1995
Bertran P., Texier J.-P., « Fabric analysis: application to paleolithic sites », *Journal of Archaeological Science*, 22, 4, p. 521-535.

Bertran, Lenoble 2002
Bertran P., Lenoble A., « Fabriques des niveaux archéologiques : méthode et premier bilan des apports à l'étude taphonomique des sites paléolithiques », *Paléo,* 14, p. 13-28.

Bertran et al. 2004
Bertran P., Clément B., Courbouleix S., Coussot P., Coutard J.-P., Jomelli V., Hétu B., Fabre B., Francou R., Le Bissonnais Y., Meunier M., Texier J.-P., Dépôts de pente continentaux : Dynamique et facies, *Quaternaire*, hors-série n°1, 260 p.

Bertran et al. 2005
Bertran P., Lenoble A., Lacrampe F., Brenet M., Cretin C., Milor F., « Le site aurignacien de plein-air de Combemenue à Brignac-la-Plaine (Corrèze) : apport de la géoarchéologie et de l'étude de l'industrie lithique à la compréhension des processus taphonomiques », *Paléo,* 17, p. 7-29.

Bertran et al. 2006
Bertran P., Claud É., Detrain L., Lenoble A., Masson B., Vallin L., « Composition granulométrique des assemblages lithiques, application à l'étude taphonomique des sites paléolithiques », *Paléo*, 18, p. 7-36.

Bertran et al. 2012
Bertran P., Lenoble A., Todisco D., Desrosiers P. M., Sørensen M., « Particle size distribution of lithic assemblages and taphonomy of Palaeolithic sites », *Journal of Archaeological Science*, 39, 10, p. 3148-3166.

Bertran et al. 2017
Bertran P., Bordes J.-G., Todisco D., Vallin L., « Géoarchéologie et taphonomie des vestiges archéologiques : impacts des processus naturels sur les assemblages et méthodes d'analyse », in Brugal J.-P. (dir.), *TaphonomieS*, ed. des archives contemporaines, coll. Sciences archéologiques, p. 125-166.

Bertran et al. 2019
Bertran P., Todisco D., Bordes J.-G., Discamps E., Vallin L., « Perturbation assessment in archaeological sites as part of the taphonomic study: a review of methods used to document the impact of natural processes on site formation and archaeological interpretations », *Paléo*, 30, 1, p. 52-75.

Benito-Calvo et al. 2009
Benito-Calvo A., Martínez-Moreno J., Jordá Pardo J. F., de la Torre I., Torcal R. M., « Sedimentological and archaeological fabrics in Palaeolithic levels of the South-Eastern Pyrenees: Cova Gran and Roca dels Bous Sites (Lleida, Spain) », *Journal of Archaeological Science*, 36, 11, p. 2566-2577.

Benito-Calvo et al. 2011
Benito-Calvo A., Martínez-Moreno J., Mora R., Roy M., Roda X., « Trampling experiments at Cova Gran de Santa Linya, Pre-Pyrenees, Spain: their relevance for archaeological fabrics of the Upper–Middle Paleolithic assemblages », J*ournal of Archaeological Science*, 38, 12, p. 3652-3661.

Bodu et al. 2019
Bodu P., Taylor A., Chesnaux L., Fernandes P., Rué M., « On a caché des lames de silex dans l'Icaunais ! Le gisement du Paléolithique supérieur de Chaumois, hameau des Bries, Appoigny (Yonne), Approche préliminaire de l'industrie lithique provenant d'un amas », in Montoya C., Fagnart J.-P., Locht J.-L (éd.), *Préhistoire de l'Europe du Nord-Ouest : mobilités, climats et identités culturelles*, actes du XXVIIIe Congrès préhistorique de France, Amiens 2016, vol. 2, Société Préhistorique de France, p. 207-229.

Boissinot 2015
Boissinot P., *Qu'est-ce qu'un fait archéologique ?*, éd. l'EHESS, 368 p.

Bordes 2012
Bordes J.-G., *À propos de taphonomie lithique : fondements épistémologiques et outils analytiques, Réflexions à partir du thème de la transition du Paléolithique moyen au Paléolithique supérieur,* mémoire d'habilitation à diriger des recherches, université de Bordeaux 1, 114 p.

Bouchet-Valat et al. 2019
Bouchet-Valat M., Bastin G., Chollet A., *R.temis, paquet R*, version [X.Y.Z], https://cran.r-project.org/package=R.temis

Bourguignon 2010
Bourguignon L., « Le diagnostic des sites paléolithiques en Aquitaine », in Depaepe P., Séara F (éd.)., *Le diagnostic des sites paléolithiques et mésolithiques*, actes du séminaire des 5 et 6 décembre 2006, Paris, Les Cahiers de l'Inrap, 3, p. 13-20.

Bracco et al. 2011
Bracco J.-P., Fernandes P., Pellissier M., Rué M., Thomas Z., *Saint-Pierre, Les Arcs-sur-Argens (Var)*, rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA PACA, 2 vol., 212 p.

Brochier 1994
Brochier J. L., « Étude de la sédimentation anthropique, La stratégie des ethnofaciès sédimentaires en milieu de constructions en terre », *Bulletin de correspondance hellénique,* 118, 2, p. 619-645.

Brochier 1997
Brochier J. L., « Contexte morphodynamique et habitat humain de la moyenne vallée du Rhône au cours de la Préhistoire récente », in Bravard J.-P., Prestreau M. (éd.), *Dynamique du paysage : Entretiens de géoarchéologie*, actes de la table ronde de Lyon, 17 et 18 novembre 1995, Documents d'Archéologie en Rhône-Alpes et Auvergne, ALPARA-MOM p. 87-102.

Brochier 1999
Brochier J. L., 1999, « Taphonomie de sites : fossilisation et conservation de l'espace habité» in : Beeching A., Vital J. (dir.), *Préhistoire de l'espace habité en France du Sud*, actes des Premières Rencontres Méridionales de Préhistoire Récente, Valence, juin 1994, Travaux du Centre d'archéologie de Valence, 1, p. 19-28.

Brönnimann et al. 2020
Brönnimann D., Wimmer J., Müller-Kissing M., Stopp B., Rissanen H., Spichtig N., « One man's trash is another man's treasure. Interdisciplinary examination of taphonomic aspects of ceramic sherds, animal bones and sediments from the La Tène period settlement at Basel-Gasfabrik », *PLoS ONE*, 15, 7, 28 p.

Brugal 2017
Brugal J.-P., « Des TaphonomieS. Une introduction », in Brugal J.-P. (dir.), *TaphonomieS*, ed. des archives contemporaines, coll. Sciences archéologiques, p. 1-20.

Brugal, Chenorkian 2010
Brugal J.-P., Chenorkian R. (coord.), *Livre blanc, 'Manuel' de Taphonomie, bilan d'activités, état des lieux et propositions du Réseau Thématique Pluridisciplinaire « taphonomie »,* 2007-2009, rapport, UMR 6636 Aix-en-Provence, 91 p.

Bruner, Minturn 1955
Bruner J. S., Minturn A.L., « Perceptual identification and perceptual organisation », *Journal of General Psychology,* 53, p. 21-28.

Brutus et al. 2015
Brutus F., Blaser R., Coussot C., Mouchene-Borys C., Rouppert V., Wattez J., Belarbi M., Hamon T., Irribarria R., Leconte L., *Ablis « Les Genêts », Île-de-France, Yvelines (78),* rapport de diagnostic, Inrap, SRA Île-de-France, 157 p.

Bunch et al. 2021
Bunch T. E., LeCompte M. A., Adedeji A. V., Wittke J. H., Burleigh T. D., Hermes R. E., Mooney C., Batchelor D., Wolbach W. S., Kathan J., Kletetschka G., Patterson M. C. L., Swindel E. C., Witwer T., Howard G. A., Mitra S., Moore C. R., Langworthy K., Kennett J. P., West A., Silvia P. J., « A Tunguska sized airburst destroyed Tall el-Hammam a Middle Bronze Age city in the Jordan Valley near the Dead Sea », *Scientific Reports*, 11, 1, 18632.

Burroni et al. 2002
Burroni D., Donahue R. E., Pollard A. M., Mussi M., « The Surface Alteration Features of Flint Artefacts as a Record of Environmental Processes », *Journal of Archaeological Science*, 29, 11, p. 1277-1287.

Butzer 1974
Butzer, K. W., « Geo-archeological interpretation of Acheulian calc-pan sites at Doornlaagte and Rooidam (Kimberley, South Africa) », *Journal of Archaeological Science,* 1, 1, p. 1-25.

Butzer 1982
Butzer K. W., *Archaeology as Human Ecology: Method and Theory for a Contextual Approach*, Cambridge University Press, 364 p.

Butzer 2008
Butzer K. W., « Challenges for a cross-disciplinary geoarchaeology: The intersection between environmental history and geomorphology », *Geomorphology*, 101, 1-2, p. 402-411.

Cardozo, Allmendinger 2013
Cardozo N., Allmendinger R. W., « Spherical Projections with OSXStereonet », *Computers & Geosciences,* 51, p. 193-205.

Canti 2003
Canti M. G., « Earthworm Activity and Archaeological Stratigraphy: A Review of Products and Processes », *Journal of Archaeological Science*, 30, 2, p. 135-148.

Carver 2012
Carver G., « How to Archaeologize with a Hammer », in Cobb H., Harris O. J. T., Jones C., Richardson P. (éd.), *Reconsidering Archaeological Fieldwork*, Springer, p. 15-29.

Chesnaux et al. 2018
Chesnaux L., Tallet P., Rué M., P. Fernandes, « Saint-Lizier à Creysse, des occupations de plein air du Premier Mésolithique dans la vallée de la Dordogne : contexte géoarchéologique et analyse technofonctionnelle des assemblages lithiques », in : Cupillard C., Griselin S., Séara F. (dir.), *Au coeur des sites mésolithiques : entre processus taphonomiques et données archéologiques*, table-ronde Hommages au Professeur André Thévenin, 29-30 octobre 2013, Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté, p. 179-196.

Chopin et al. 2015
Chopin J.-F., Bertran P., Brenet M., *Garlin, diffuseur autoroutier A65, ZAEI de Garlin Pyrénées*, rapport de diagnostic, Inrap GSO, 144 p.

Cleuziou 1973
Cleuziou S., « K. C Chang, Rethinking Archaeology », compte rendu de lecture, *Annales, Economies, sociétés, civilisations*, 28e année, 1, p. 57-61.

CNRA 2016
Conseil national de la recherche archéologique, *Programmation nationale de la recherche archéologique*, Ministère de la Culture et de la Communication, Direction générale des patrimoines, sous-direction de l'archéologie, 216 p.

Cohen 1998
Cohen C., « Charles Lyell and the evidences of the antiquity of man », in Blundell D. J., Scott A. C. (ed.), *Lyell: the Past is the Key to the Present,* Geological Society, London, Special Publications, 143, 1, p. 83-93.

Cordova 2018
Cordova C. E., *Geoarchaeology : the Human-Environmental Approach*, I.B. Tauris, 294 p.

Courtin, Villa 1982
Courtin J., Villa P., « Une expérience de piétinement », *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 79, 4, p. 117-123.

Courty et al. 1989
Courty M.-A., Macphail R. I., Goldberg P., *Soils and Micromorphology in Archaeology*, Cambridge University Press, 344 p.

Curray 1956
Curray J.R., « The analysis of two-dimensional orientation data », *Journal of Geology,* 64, 2, p. 117-131.

Daujeard et al. 2011
Daujeard C., Moncel M.-H., Raynal J.-P., Rué M., Béarez P., Courty M.-A., Debard E., Desclaux E., Lepape J.-M., Manzano A., Roger T., *Balazuc, La Grotte des Barasses II (Ardèche),* rapport de sondage 2011, SRA Rhône-Alpes, 56 p.

Daujeard et al. 2012
Daujeard C., Moncel M.-H., Raynal J.-P., Argant A., Béarez P., Courty M.-A., Crégut-Bonnoure E., Delvigne V., Desclaux E., Foury Y., Gallotti R., Lafarge A., Lateur N., Le Pape J.-M., Manzano A., Richard M., Roger T., Rué M., *Balazuc, La Grotte des Barasses II (Ardèche),* rapport de sondage 2012, SRA Rhône-Alpes, 149 p.

Daujeard et al. 2014
Daujeard C., Moncel M.-H., Raynal J.-P., Argant A., Béarez P., Blasco R., Brochard S., Courty M.-A., Crégut-Bonnoure E., Delvigne V., Desclaux E., Fernandes P., Foury Y., Gallotti R., Lafarge A., Lateur N., Le Pape J.-M., Manzano A., Piboule M., Richard M., Rufa A., Roger T., Rué M., Tallet P., *Balazuc, La Grotte des Barasses II (Ardèche),* rapport de synthèse 2011-2013, SRA Rhône-Alpes, 253 p.

Daujeard et al. 2018
Daujeard C. (éd.), *La grotte des Barasses II (Balazuc, Ardèche) :*

Entre néandertaliens, bouquetins et carnivores… : Des occupations du Pléistocène supérieur en moyenne vallée de l'Ardèche, Documents d'Archéologie en Rhône-Alpes et Auvergne, ALPARA-MOM, Lyon, n° 46, 210 p.

Daujeard et al. 2020
Daujeard C., Falguères C., Shao Q., Geraads D., Hublin J.-J., Lefèvre D., El Graoui M., Rué M., Gallotti R., Delvigne V., Queffelec A., Ben Arous E., Tombret O., Mohib A., Raynal J.-P., « Earliest African evidence of carcass processing and consumption in cave at 700 ka, Casablanca, Morocco », *Scientific Reports*, 15 p.

Dawson et al. 2011
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),* rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA Poitou-Charentes, 3 vol., 557 p.

Dawson et al. 2012
Dawson M.-C., Bernard-Guelle S., Rué M., Fernandes P., « Nouvelles données sur l'exploitation des gîtes de silex au Paléolithique moyen : l'atelier de taille moustérien du Chêne Vert à Dirac (Charente, France) », *Paléo*, 23, p. 55-84.

de la Torre, Wehr 2018
de la Torre I., Wehr K., « Site formation processes of the early Acheulean assemblage at EF-HR (Olduvai Gorge, Tanzania) », *Journal of Human Evolution*, 120, p. 298-328.

Delvigne et al. 2020
Delvigne V., Fernandes P., Tuffery C., Raynal J.-P., Klaric L., « Taphonomic methods and a data base to establish the origin of sedimentary silicified rocks from the middle-recent Gravettian open-air site of Picardie (Indre-et-Loire, France) », *Journal of Archaeological Science: Reports*, 32, 102369.

Dibble et al. 1997
Dibble H. L., Chase P. G., McPherron S. P., Tuffreau A., « Testing the Reality of a "Living Floor" with Archaeological Data », *American Antiquity*, 62, 4, p. 629-651.

Discamps et al. 2019
Discamps E., Bachellerie F., Baillet M., Sitzia L., « The Use of Spatial Taphonomy for Interpreting Pleistocene Palimpsests: An Interdisciplinary Approach to the Châtelperronian and Carnivore Occupations at Cassenade (Dordogne, France) », *PaleoAnthropology,* p. 362-388.

Domínguez-Rodrigo, Alcalá 2016
Domínguez-Rodrigo M., Alcalá L., « 3-Million-Year-Old Stone Tools and Butchery Traces ? More Evidence Needed », *PaleoAnthropology*, p. 46-53.

Duny et al. 2020
Duny A., Deparnay X., Grange G., Liottier E., Mader S., Parisot N., Pinaud-Querrac'h R., Recchia-Quiniou J., Renaud A., Roscio M., Rué M., *Une fenêtre supplémentaire sur l'occupation du territoire lempdais à l'âge du Bronze : le site de la rue de la Treille (Lempdes, Puy-de-Dôme),* rapport final d'opération, fouille préventive, SRA Auvergne Rhône-Alpes, Lyon, Paléotime, Villard-de-Lans, 440 p.

Efremov 1940
Efremov I. A., « Taphonomy : a new branch of paleontology », *Pan American Geologist*, 74, p. 81-93.

Enloe 2006
Enloe J. G., « Geological processes and site structure: Assessing integrity at a Late Paleolithic open-air site in northern France », *Geoarchaeology*, 21, 6, p. 523-540.

Escallon, Bruxelles 2016
Escallon G., Bruxelles L., *ZAC Mitra I phase 5, Saint-Gilles - Garons, Gard, Languedoc-Roussillon*, rapport de diagnoctic archéologique, Inrap MED, Nîmes, 114 p.

Fagnart et al. 2008
Fagnart J.-P., Coudret P., Souffi B., « Les occupations mésolithiques du gisement de Saleux (Somme) » in Fagnart J.-P., Thévenin A., Ducrocq T., Souffi B., Coudret P. (éd.), *Les débuts du Mésolithique en Europe du Nord-Ouest*, table ronde d'Amiens, 9-10 octobre 2004, Mémoire de la Société préhistorique française, XLV, p. 107-133.

Fénéon et al. 2016
Fénéon L., Ajas A., Binder S., Caverne J.-B., Chrzavzez J., Rosart A., Rué M., *Les traces d'occupation néolithique et protohistorique de la plaine alluviale de l'Yonne à Pont-sur-Yonne, Les Basses Veuves, zone 3 (Yonne),* rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA Bourgogne, 164 p.

Fénéon et al. 2021
Fénéon F., Hauzeur A., Angelin A., Deparnay X., Dubreucq E., Fernandes P., Gauvrit-Roux E., Larue M., Liottier L., Renaud A., Roscio M., Rué M., *Pont-sur-Yonne (89) « Les Basses Veuves » zone 2 : du Mésolithique à l'âge du Fer,* rapport final d'opération, fouille préventive, SRA Bourgogne Franche-Comté, Dijon, Paléotime, Villard-de-Lans, 418 p.

Fernandes 2012
Fernandes P., *Itinéraires et transformations du silex : une pétroarchéologie refondée, application au Paléolithique moyen,* thèse de doctorat, université de Bordeaux 1, 2 vol., 616 p.

Fouache 2010
Fouache É., « L'approche géoarchéologique », in *Regards croisés sur l'étude archéologique des paysages anciens, Nouvelles recherches dans le Bassin méditerranéen, en Asie centrale et au Proche et au Moyen-Orient,* Travaux de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée, 56, p. 17-30.

Frederick et al. 2002
Frederick C. D., Bateman M. D., Rogers R., « Evidence for eolian deposition in the sandy uplands of East Texas and the implications for archaeological site integrity », *Geoarchaeology,* 17, 2, p. 191-217.

French 2002
French C., *Geoarchaeology in Action: Studies in Soil Micromorphology and Landscape Evolution*, Routledge ed., 291 p.

Gifford 1978
Gifford D. P., « Ethnoarchaeological observations of natural processes affecting cultural materials », in Gould R. A. (ed.), *Explorations in ethnoarchaeology,* Albuquerque, University of New Mexico Press, p. 77-102.

Gifford-Gonzalez et al. 1985
Gifford-Gonzalez D. P., Damrosch D. B., Damrosch D. R., Pryor J., Thunen R. L., « The Third Dimension in Site Structure: An Experiment in Trampling and Vertical Dispersal », *American antiquity*, 50, 4, p. 803-818.

Gilbert et al. 2017
Gilbert A. S., Goldberg P., Holliday V. T., Mandel R. D., Sternberg R. S., *Encyclopedia of Geoarchaeology,* Springer, Encyclopedia of Earth Sciences Series, 1046 p.

Giusti, Arzarello 2016
Giusti D., Arzarello M., « The need for a taphonomic perspective in spatial analysis: Formation processes at the Early Pleistocene site of Pirro Nord (P13), Apricena, Italy », *Journal of Archaeological Science: Reports*, 8, p. 235-249.

Goldberg et al. 2001
Goldberg P., Holliday V. T., Ferring C. R. (ed.), *Earth Sciences and Archaeology*, Kluwer Academic/ Plenum publishers, 513 p.

Goldberg, Macphail, 2006
Goldberg P., Macphail R. I., *Practical and theoretical geoarchaeology*, Blackwell Publishing, 455 p.

Goldberg, Aldeias 2016
Goldberg P., Aldeias V., « Why does (archaeological) micromorphology have such little traction in (geo)archaeology? », *Archaeological and Anthropological Sciences*, 10, p. 269-278.

Grasso et al. 2021
Grasso J., Bodu P., Charlier F., Chavot C., Champeaux D., Chesnaux L., Collombet J., Colombier-Gougouzian A., Delencre F., Ducreux A., Fénéon L., Flottes L., Foucras S., Gandia D., Fernandes P., Gérez J., Gilles A., Javelle J., Latour C., Mazet C., Moreau C., Patouret J., Polinski A., Rué M., Taylor A., Volken M., Zipper K., *Appoigny (Yonne), Les Bries, 100 000 ans d'occupation sous le parc d'activités,* rapport final d'opération, fouille préventive, SRA Bourgogne Franche-Comté, Archéodunum, Paléotime, 8 vol., 2884 p.

Gravina 2016
Gravina B., *La fin du Paléolithique moyen en Poitou-Charentes et Périgord : considérations à partir de l'étude taphonomique et technoéconomique des sites du Moustier (niveaux G à K) et La Roche-à- Pierrot, Saint Césaire (niveau EJOP supérieur)*, thèse de doctorat, université de Bordeaux 1.

Gregory 2010
Gregory K.J., 2010, *The Earth's Land Surface. Landforms and Processes in Geomorphology,* London, Sage Publications.

Guilloré 1983
Guilloré P., *Méthode de fabrication mécanique et en série des lames minces*, Institut National Agronomique de Paris Grignon, Département des sols, 22 p.

Gutiérrez-Rodríguez et al. 2018
Gutiérrez-Rodríguez M., Toscano M., Goldberg P., « High-resolution dynamic illustrations in soil micromorphology: A proposal for presenting and sharing primary research data in publication », *Journal of Archaeological Science: Reports*, 20, p. 565-575.

Hadad 2018
Hadad R., « Une illusion du vraisemblable. Mise en scène taphonomique et prospective néolithique à Çatalhöyük », *Gradhiva, Revue d'anthropologie et d'histoire des arts*, 28, p. 112-141.

Harmand et al. 2015
Harmand S., Lewis J. E., Feibel C. S., Lepre C. J., Prat S., Lenoble A., Boës X., Quinn R. L., Brenet M., Arroyo A., Taylor N., Clément S., Daver G., Brugal J.-P., Leakey L., Mortlock R. A., Wright J. D., Lokorodi S., Kirwa C., Kent D. V., Roche H., « 3.3-million-year-old stone tools from Lomekwi 3, West Turkana, Kenya », *Nature*, 521, 7552, p. 310-315.

Harmand et al. 2019
Harmand S., Lewis J. E., Taylor N., Feibel C. S., Boës X., Prat S., Roche H., « Reply to Domínguez-Rodrigo and Alcalá: Interpretation Without Accurate Evidence Is Fantasy », *Journal of African archaeology*, 17, 2, p. 177-181.

Hauzeur et al. 2012
Hauzeur A., Rué M., Fernandes P., Morin J., Monin G., *Vestiges d'occupations pré- et protohistoriques à Beynes, les Plantins 2 (Yvelines),* rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA Île-de-France, 3 vol., 492 p.

Hauzeur et al. 2014
Hauzeur A., Ajas A., Castets A., Granai S., Limondin-Lozouet N., Prouin Y., Roux L., Rué M., Taylor A., Varennes G., *Fréquentation des rives de la Marne à Citry « la Grande Pièce » du Paléolithique à nos jours (Seine-et-Marne),* rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA Île-de-France, 3 vol, 670 p.

Hauzeur, Rué 2018
Hauzeur A., Rué M., « Fréquentation des berges de la Marne au Néolithique moyen (Cerny) et à l'âge du Bronze. Apports de la fouille récente de « la Grande Pièce » à Citry-sur-Marne (Seine-et-Marne) », in Lemercier O., Sénépart I., Besse M., Mordant C., *Habitations et habitat du Néolithique à l'âge du Bronze en France et ses marges*, IIe Rencontres Nord-Sud de Préhistoire Récente, Dijon, novembre 2015, p. 125-136.

Hauzeur, Rué 2018
Hauzeur A., Rué M., *Ablis « les Genêts » : regards croisés sur la reconnaissance d'aménagements en terre*, rapport final d'opération, fouille préventive, Paléotime, SRA Île-de-France, 242 p.

Hodder 1999
Hodder I., *The Archaeological Process: an Introduction,* Blackwell, 242 p.

Hublin et al. 2017
Hublin J.-J., Ben-Ncer A., Bailey S. E., Freidline S. E., Neubauer S., Skinner M. M., Bergmann I., Le Cabec A., Benazzi S., Harvati K., Gunz P., « New fossils from Jebel Irhoud, Morocco and the pan-African origin of Homo sapiens », *Nature*, 546, 7657, p. 289-292.

Huet et al. 2015
Huet B., Adamiec G., Bernard-Guelle S., Castets A., Caverne J.-B., Fernandes P., Rué M., Tallet P., *Le site paléolithique moyen du Bois de Sirion à Auvers-le-Hamon (Sarthe)*, rapport final de fouille préventive, SRA Pays-de-la-Loire, 1 vol., 295 p.

Hurel, Coye 2016
Hurel A., Coye N., « Moulin Quignon 1863–1864 : détours inédits et bilan historiographique », *L'Anthropologie*, 120, 4, p. 314-343.

Ingicco et al. 2020
Ingicco T., Reyes M. C., de Vos J., Belarmino M., Albers P. C. H., Lipardo I., Gallet X., Amano N., van den Bergh G. D., Cosalan A. D., Bautista A., « Taphonomy and chronosequence of the 709 ka Kalinga site formation (Luzon Island, Philippines) », *Scientific Reports*, 10, 1, 11081.

Karkanas, Goldberg 2019
Karkanas P., Goldberg P., *Reconstructing Archaeological Sites: Understanding the Geoarchaeological Matrix*, Wiley Blackwell ed., 279 p.

Kidder et al. 2021
Kidder T. R., Kai S., Henry E. R., Grooms S. B., Ervin K., « Multi-method geoarchaeological analyses demonstrates exceptionally rapid construction of Ridge West 3 at Poverty Point », *Southeastern Archaeology,* 40, 3, p. 212-227.

Kubiëna 1938
Kubiëna W. L., *Micropedology,* Collegiate Press Inc, Ames, Iowa, 243 p.

LaMotta, Schiffer 2005
LaMotta, V. M., Schiffer M. B., « Archaeological Formation Processes », in Renfrew C., Bahn P. (ed.), A*rchaeology: The Key Concepts*, Routledge, Key Guides, p. 121-127.

Landa 1869
Landa L., « Promenade archéologique aux environs de Chalon, I. La Plaine de Crissey », *Matériaux d'Archéologie et d'Histoire*, n° 6-7, p. 108-112, n° 8-9, p. 118-119 ; n° 10-11, p. 150-152.

Laroche et al. 2015
Laroche M., Broux G., Castets A., Caverne J.-B., Delvigne V., Fénéon L., Fernandes P., Gourvest R., Jude F., Lethrosne H., Onfray M., Piboule M., Picavet R., Roux L., Rué M., Tallet P., *Les vestiges du Néolithique final jusqu'au Moyen-Âge sur le site du Fond d'Arrêt et de la Pierre Levée à Pussigny (Indre-et-Loire)*, rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA Centre, 3 vol., 872 p.

Laroche et al. 2018
Laroche M., Fénéon L., Lethrosne H., Broux G., Rué M., Castets A., Fernandes P., Onfray M., « Données nouvelles sur l'habitat du Néolithique final en marge du Grand-Pressigny : les apports du site du Fond d'Arrêt et de la Pierre Levée (Pussigny, Indre-et-Loire) », in Lemercier O., Sénépart I., Besse M., Mordant C., *Habitations et habitat du Néolithique à l'âge du Bronze en France et ses marges,* IIe Rencontres Nord-Sud de Préhistoire Récente, Dijon, novembre 2015, p. 283-296.

Laroche et al. 2020
Laroche M., Parisot N., Recq C., Orgeval M., Remicourt M., Renaud A., Grange G., Charbouillot S., Battentier J., Marquebielle B., Rué M., Lafont V., Chateauneuf F., Curé A.-M., Magnin F., *L'occupation fonbuxienne de Mitra 5 à Garons (Gard),* Rapport final d'opération, fouille préventive, SRA Occitanie, Montpellier, Paléotime, Villard-de-Lans, 5 vol., 1706 p.

Lenda et al. 2013
Lenda S., Tristan C., Bodu P., Burgevin A., Delor-Ahü A., Ducreux F., Labeaune R., Nicoud E., Nouvel P., Petrequin P., Tisserand N., Videau G., Bourgogne, Yonne, *Appoigny, Les Bries, rapport de diagnostic archéologique*, Inrap, service régional de l'Archéologie de Bourgogne, Dijon, 3 vol., 421 p.

Lenoble 2005
Lenoble A., *Ruissellement et formation des sites préhistoriques: référentiel actualiste et exemples d'application au fossile,* British Archaeological Report International Series, 1363, 216 p.

Lenoble, Bertran 2004
Lenoble A., Bertran P., « Fabric of Palaeolithic levels: methods and implications for site formation processes », *Journal of Archaeological Science*, 31, 4, p. 457-469.

Lenoble, Bordes 2001
Lenoble A., Bordes J.-G., « Une expérience de piétinement et de résidualisation par ruissellement » in Bourguignon L., Ortega I., Frère-Sautot M.-C., *Préhistoire et approche expérimentale*, éd. Mergoil, p.295-311.

Lethrosne et al. 2020
Lethrosne H., Ajas A., Battentier J., Delvigne V., Deparnay X., Hauzeur A., Recq C., Rué M., *Occupations et atelier de taille néolithiques dans la plaine alluviale du Cher, Noyers-sur-Cher « le Busa » (Loir-et-Cher),* rapport final d'opération, fouille préventive, SRA Centre - Val de Loire, Paléotime, Villard-de-Lans, 2 vol. 1226 p.

Love 2017
Love S., « Field Methods for the Analysis of Mud Brick Architecture », *Journal of Field Archaeology*, 42, 4, p. 351-363.

Machado et al. 2017
Machado, J., Molina, F.J., Hernández, C.M., Tarriño A., Galván B., « Using lithic assemblage formation to approach Middle Palaeolithic settlement dynamics: El Salt Stratigraphic Unit X (Alicante, Spain) », *Archaeological and Anthropological Sciences*, 9, p. 1715-1743.

Macphail, Goldberg, 2018
Macphail R. I., Goldberg P., *Applied Soils and Micromorphology in Archaeology,* Cambridge University Press, 600 p.

Malina, Vašiček 1990
Malina J., Vašiček Z., Archaeology Yesterday and Today: The Development of Archaeology in the Sciences and Humanities, translated and edited by Zvelebil M., Cambridge University Press, 320 p.

Malinsky-Buller et al. 2011
Malinsky-Buller A., Hovers E., Marder O., « Making time: 'Living floors', 'palimpsests' and site formation processes – A perspective from the open-air Lower Paleolithic site of Revadim Quarry, Israel », *Journal of Anthropological Archaeology*, 30, 2, p. 89-101.

Mallol et al. 2013
Mallol C., Hernández C. M., Cabanes D., Sistiaga A., Machado J., Rodríguez Á., Pérez L., Galván B., « The black layer of Middle Palaeolithic combustion structures, Interpretation and archaeostratigraphic implications », *Journal of Archaeological Science,* 40, 5, p. 2515-2537.

Mallol, Mentzer 2015
Mallol C., Mentzer S. M., « Contacts under the lens: Perspectives on the role of microstratigraphy in archaeological research », *Archaeological and Anthropological Sciences*, 9, p. 1645-1669.

Mandel et al. 2017
Mandel R. D., Goldberg P., Holliday V. T., « Site formation processes », in Gilbert A. S., Goldberg P., Holliday V. T., Mandel R. D., Sternberg R. S. (ed.), *Encyclopedia of Geoarchaeology,* Springer, Encyclopedia of Earth Sciences Series, p. 797-817.

Maritan 2020
Maritan L., « Ceramic abandonment. How to recognise post-depositional transformations », *Archaeol Anthropol Sci*, 12, 8, 199.

McCall 2010
McCall G. S., « Refitting Rate as a Tool for Investigating Geological and Behavioral Aspects of Site Formation: Theoretical and Methodological Considerations », *Lithic Technology*, 35, 1, p. 25-35.

McPherron 2005
McPherron S. J. P., « Artifact orientations and site formation processes from total station proveniences », *Journal of Archaeological Science*, 32, 7, p. 1003-1014.

McPherron 2018
McPherron S. P., « Additional statistical and graphical methods for analyzing site formation processes using artifact orientations », *PLoS ONE*, 13, 1, 21 p.

Matthews et al. 1997
Matthews W., French C. A., Lawrence T., Cutler D. F., Jones M. K., « Microstratigraphic traces of site formation processes and human activities », *World Archaeology*, 29, 2, p. 281-308.

Meltzer 1983
Meltzer D. J., « The Antiquity of Man and the Development of American Archaeology », *Advances in Archaeological Method and Theory*, p. 1-51.

Michel 2010
Michel A., *L'Aurignacien récent (post-ancien) dans le Sud-Ouest de la France : variabilité des productions lithiques, Révision taphonomique et techno-économique des sites de Caminade-Est, abri Pataud, Roc-de-Combe, Le Flageolet I, La Ferrassie et Combemenue*, thèse de doctorat, université de Bordeaux 1, 608 p.

Monin et al. 2014
Monin G., Fernandes P., Pasquini A., Rué M., Michel A., Gardère P., Mensan R., Lenoir M., Turq A., Morala A., Normand C., *Le site badegoulien du Péhau à Coimères (Gironde),* rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA Aquitaine, 2 vol., 366 p.

Morala et al. 2015
Morala A., Caverne J.-B., Crépin L., Henry-Gambier D., Madelaine S., Rué M., Villotte S., *L'abri de Fournol (Soturac, Lot)*, rapport de sondages, SRA Midi-Pyrénées, 80 p.

Morala et al. 2016
Morala A., Caverne J.-B., Crépin L., Madelaine S., Rué M., Villotte S., *L'abri de Fournol (Soturac, Lot),* rapport de fouille du programme de recherche triennal 2016-2018, SRA Midi-Pyrénées, 62 p.

Morala et al. 2017
Morala A., Bocaege E., Caverne J.-B., Crépin L., Drücker D., Le Luyer M., Madelaine S., Rué M., Villotte S., *L'abri de Fournol (Soturac, Lot)*, rapport de fouille du programme de recherche triennal 2016-2018, SRA Midi-Pyrénées, 68 p.

Morala et al. 2018
Morala A., Bocaege E., Caverne J.-B., Crépin L., Drücker D., Fernandes P., Le Luyer M., Madelaine S., Rué M., Villotte S., *L'abri de Fournol (Soturac, Lot),* rapport de synthèse du programme de recherche triennal 2016-2018, SRA Midi-Pyrénées, 102 p.

Morel-Doridat, Hamez 2019
Morel-Doridat F., Hamez G., « La recherche scientifique sur les shrinking cities : apport de la bibliométrie », *Cybergeo : European Journal of Geography*.

Nicosia, Stoops 2017
Nicosia C., Stoops G. (ed.), *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*, Wiley Blackwell, 476 p.

Onfray 2019
Onfray M., « Revisiter le paradigme du "sol néolithique disparu" : géoarchéologie des modes d'occupation de la fin du Néolithique dans le sud-ouest du Bassin parisien, le cas du site "les Grands Noyers" à Gas (Eure-et-Loir) », *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 116, 1, p. 41-72.

Pellissier et al. 2010
Pellissier M., Coquery J.-F., Coumont M.-P., Fernandes P., Gasnier M., Hauzeur A., Morin A., Morin J., Renard C., Rué M., *Le site néolithique des Misagroux, Zac du Bout des Hayes, Blois-Villebarou (Loir-et-Cher),* rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA Centre, 3 vol., 340 p.

Pellissier et al. 2011
Pellissier M., François P., Chesnaux L., Fernandes P., Gardère P., Hauzeur A., Morala A., Miquéou M., Normand C., Rué M., Séronie-Vivien M.-R. et M., Turq A., L*e site de Barbiegn, Roquefort (Landes),* rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA Aquitaine, 3 vol., 450 p.

Peinetti et al. 2018
Peinetti A., Paolo B., Cattani M., Debandi F., Gabusi R., Gasparini D., Guidorzi G., Magrì A., Miari M., Murgia D., Riccardi M. P., Tusa S., Jallot L., Wattez J., Lefèvre D., « Réalisation du second œuvre en terre entre l'Énéolithique et l'âge du Bronze en Italie : observations archéologiques et géoarchéologiques », in de Chazelles C.-A., Leal E., Klein A. (éd.), *Construction en terre crue : torchis, techniques de garnissage et de finition, architecture et mobilier*, actes de la table ronde internationale de Lattes, 23-25 novembre 2016, éd. de l'Espérou, p. 293-307.

Peters, van Kolfschoten 2020
Peters C., van Kolfschoten T., « The site formation history of Schöningen 13II-4 (Germany): Testing different models of site formation by means of spatial analysis, spatial statistics and orientation analysis », *Journal of Archaeological Science*, 114, 105067.

Peschaux et al. 2020
Peschaux C., Deseine A., Leduc C., Lejeune Y., Marquebielle B., Valentin B., Valentin F., « Mesolithic settlement on la Haute-Île in Neuilly-sur-Marne (Seine-Saint-Denis, France): between funerary and domestic functions », *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, t. 117, 4, p. 547-581.

Picavet et al. 2013a
Picavet R., Chesnaux L., Fernandes P., Kawalec E., Morala A., Rué M., Tallet P., *La station aurignacienne de Brignol à Villeneuve-sur-Lot (Lot-et-Garonne)*, rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA Aquitaine, 2 vol., 358 p.

Picavet et al. 2013b
Picavet R., Moulin B., Rué M., Audibert C., Bernard-Guelle S., Carre A., Caverne J.-B., Delhon C., Dousse M., Fernandes P., Galin W., Messager E., Oppliger J., Tacussel P., Thery-Parisot I., *Stratigraphie et paléoenvironnements du dernier cycle glaciaire à Forcalquier (Zac des Chalus II, Alpes-de-Haute-Provence),* rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA PACA, 1 vol., 242 p.

Picavet et al. 2017
Picavet R., Ajas A., Chesnaux L., Caverne J.-B., Dutreuil P., Fernandes P., Hauzeur A., Henry A., Martin L., Rué M., Tallet P., *La station mésolithique du 3 rue des Bordes à Bondoufle (Essonne)*, rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA Ile-de-France, 1 vol., 206 p.

Rapp, Hill 2006
Rapp G. (Rip), Hill C. L., *Geoarchaeology: The Earth-Science Approach to Archaeological Interpretation*, Yale University Press, 339 p.

Remicourt et al. 2010
Remicourt M., Tallet P., Fernandes P., Rué M., Briand T., Simonet A., Pasquini A., Fédoroff N., Picavet R., Bernard C., *Les occupations gravettiennes de Hin de Diou à Pujo-le-Plan (Landes),* rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA Aquitaine, 3 vol., 546 p.

Renfrew 1976
Renfrew C., « Archaeology and the earth sciences », in Davidson D. A. and Shackley M. L. (ed.), *Geoarchaeology: Earth Science and the Past*, Duckworth, p. 1-5.

Rezek et al. 2020
Rezek Z., Holdaway S. J., Olszewski D. I., Lin S. C., Douglass M., McPherron S., Iovita R., Braun D. R., Sandgathe D., « Aggregates, Formational Emergence, and the Focus on Practice in Stone Artifact Archaeology », *Journal of Archaeological Method and Theory*, 27, p. 887-928.

Richter et al. 2017
Richter D., Grün R., Joannes-Boyau R., Steele T. E., Amani F., Rué M., Fernandes P., Raynal J.-P., Geraads D., Ben-Ncer A., Hublin J.-J., McPherron S. P., « The age of the hominin fossils from Jebel Irhoud, Morocco, and the origins of the Middle Stone Age », *Nature*, 546, 7657, p. 293-296.

Rigaud 1994
Rigaud J.-P., « L'évaluation contextuelle préalable à l'analyse de la répartition spatiale des vestiges », *Préhistoire et Anthropologie Méditerranéennes*, 3, p. 25-39.

Rosen 1986
Rosen A. M, Cities of Clay, *The Geoarcheology of Tells,* Prehistoric Archeology and Ecology Series, University of Chicago Press 167 p.

Rué 2019
Rué M., « Le « chronomètre » de la Saône à l'épreuve du temps : la séquence holocène de la berge des Essards à Préty (Saône-et-Loire) », in *20 ans d'archéologie bénévole en Saône-et-Loire,* publication du jubilé, Comité Départemental de la Recherche Archéologique de Saône-et-Loire, Montceau-les-Mines, p. 191-198.

Rué, Hauzeur 2019
Rué M., Hauzeur A., « Micromorphologie des constructions en terre et convergence de faciès : le cas du site des Genêts à Ablis (Yvelines, France) », in : Deák J., Ampe C., Mikkelsen J. H. (éd.), *Soils as records of past and present, From soil surveys to archaeological sites: research strategies for interpreting soil characteristics,* Proceedings of the Geoarchaeological Meeting Bruges (Belgium), 6 & 7 November 2019, Raakvlak, Bruges, p. 141-158.

Sendra et al. 2019
Sendra B., Onfray M., Pascale A. D., Orgeval M., Bruxelles L., « Étude d'un fossé et d'architectures en terre fondés au milieu du 3e millénaire av. J.-C. sur le plateau des Costières (Garons, Gard, France) », *Bulletin de la Société Préhistorique Française,* 116, 3, p. 479-513.

Seng et al. 2016
Seng C., Bauchet O., Besnier C., Blaser F., Brunet V., Coussot C., Paccard N., *Île-de-France, Seine-et-Marne, Dhuisy, Chamigny, Saint-Aulde, ZA « Les Effaneaux »*, rapport de diagnostic archéologique, Inrap Centre-Île-de-France, 347 p.

Shahack-Gross 2011
Shahack-Gross R., « Herbivorous livestock dung: formation, taphonomy, methods for identification, and archaeological significance », *Journal of Archaeological Science*, 38, 2, p. 205-218.

Shahack-Gross 2017
Shahack-Gross R., « Archaeological formation theory and geoarchaeology: State-of-the-art in 2016 », *Journal of Archaeological Science*, 79, p. 36-43.

Schiffer 1972
Schiffer M. B., « Archaeological Context and Systemic Context », *American Antiquity*, 37, 2, p. 156-165.

Schiffer 1983
Schiffer M. B., « Toward the identification of formation processes », *American Antiquity*, p. 675-706.

Schiffer 1987
Schiffer M. B., *Formation processes of the archaeological record*, University of New Mexico Press, 428 p.

Schick 1986
Schick K. D., *Stone Age sites in the making, Experiments in the formation and transformation of archaeological occurrences*, British Archaeological Report International Series, 319, 313 p.

Schiffer et al. 1987
Schiffer M. B., Barón A.M., Cortés P. P., Sepulveda J. T., « Deterioration of adobe structures: a case study from San Pedro de Atacama, northern Chile », in Nash D. T., Petraglia M. S. (ed.), *Natural Formation Processes and the Archaeological Record*, British Archaeological Report International Series, 352, p. 10-29.

Schlöffel et al. 2017
Schlöffel M., Schneider S., Steinbrink M., Aufenvenne P., Pochadt M., *Geoarchäologie, Schnitt- und Nahtstellen zwischen Natur- und Kulturwissenschaften,* poster at the German Congress for Geography in Tübingen, Between natural and human sciences, October 1st, 2017.

Schwartz, Gebhardt 2011
Schwartz D., Gebhardt A., « L'enfouissement de vestiges archéologiques par la bioturbation : La colline du Hexenberg (Leutenheim, 67) - Un cas d'école », *Etude et Gestion des Sols*, 8, 4, p. 287-300.

Sordoillet 2009
Sordoillet D., *Géoarchéologie de sites préhistoriques : Le Gardon (Ain), Montou (Pyrénées-Orientales) et Saint-Alban (Isère)*, Documents d'archéologie française, éd. Maison des sciences de l'homme, 188 p.

Soriano 2013
Soriano S., « L'impact des facteurs taphonomiques sur la connaissance du Paléolithique supérieur ancien du Bassin parisien », in Bodu P., Chehmana L., Klaric L., Mevel L., Soriano S., Teyssandier N. (éd.), *Le Paléolithique supérieur ancien de l'Europe du Nord-Ouest,* journées de la Société préhistorique française, Sens, 15-18 avril 2009, Mémoire de la Société préhistorique française, LVI, p. 21-35.

Spinapolice et al. 2010
Spinapolice E., Rué M., Bernard-Guelle S., Fédoroff N., Martineau A.-S., Schwenninger J.-L., Save S., *Le site acheuléen de Bénazit 1 à Cazères-sur-l'Adour (Landes)*, rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA Aquitaine, 3 vol., 302 p.

Stein 1987
Stein J. K., « Deposits for Archaeologists » in *Advances in archaeological Method and Theory*, 11, p. 337-395.

Stern 1994
Stern N., « The implication of time-averaging for reconstructing the land-use patterns of early tool-using Hominids », J*ournal of Human Evolution,* 27, p. 89-105.

Stoops 2003
Stoops G., *Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections*, Soil Science Society of America, 184 p.

Stoops 2014
Stoops G., « The "Fabric" of soil micromorphological research in the 20th century, A bibliometric analysis », *Geoderma*, 213, p. 193-202.

Sullivan, Dibble 2017
Sullivan A. P., Dibble W. F., « Site Formation Processes », in Smith C. (éd.), *Encyclopedia of Global Archaeology,* Springer, p. 6687-6701.

Tallet et al. 2013
Tallet P., Chesnaux L., Fernandes P., Rué M., Taylor A., *Les sites épipaléolithiques et mésolithiques de Saint-Lizier à Creysse (Dordogne)*, rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA Aquitaine, 1 vol., 308 p.

Tallet et al. 2015
Tallet P., Ajas A., Bernard-Guelle S., Fernandes P., Rué M., Taylor A., Varennes G., *Les industries paléolithiques de la Plaine de Montaigu à Melun (Seine-et-Marne)*, rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA Île-de-France, 1 vol., 264 p.

Tallet et al. 2016
Tallet P., Ajas A., Bernard-Guelle S., Chesnaux L., Fernandes P., Rué M., Thiry M., *Les Clayes-sous-Bois, Chemin de la Bretechelle (Yvelines),* rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA Ile-de-France, 202 p.

Taylor et al. 2017
Taylor A., Chesnaux L., Fénéon L., Fernandes P., Rué M., Ajas A., Bernard-Guelle S., Caverne J.-B., Minet T., Moska P., Queffelec A., Picavet R., Tallet P., *L'industrie sur quartzite du site de Garlin, « ZAEI Garlin - Pyrénées » (Pyrénées-Atlantiques),* rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA Nouvelle-Aquitaine, 320 p.

Taylor et al. 2020a
Taylor A., Rué M., Bernard-Guelle S., Fernandes P., Ajas A., Chesnaux L., « L'industrie sur quartzite du site de Bidau à Garlin (Pyrénées-Atlantiques) : Acheuléen versus Moustérien ? », *Paléo*, t.2, p. 280-318.

Taylor et al. 2020b
Taylor A., Ajas A., Angelin A., Argant T., Bellavia V., Bouffard L., Bressy-Léandri C., Carrara S., Charbouillot S., Delvigne V., de Verdière C., Djerbi H., Fernandes P., Henry A., Légier-Nicolle M., Lemaître S., Liagre J., Maza G., Moska P., Navennec G., Nicot R., Piboule M., Robin L., Roscio M., Rué M., Teysonneyre Y., *ZAC Vaise Industrie Nord - Tranche 3, îlot 4 - Lyon, Rue Claudy,* rapport final d'opération, fouille préventive, SRA Auvergne Rhône-Alpes, Lyon, Paléotime, Villard-de-Lans, 3 vol. 2040 p.

Taylor et al. 2021
Taylor A., Bernard-Guelle S., Rué M., Fernandes P., Chesnaux L., « Le site moustérien récent du Fossé du Bois à Appoigny (hameau des Bries, vallée de l'Yonne) : approches taphonomique, pétrographique et techno-économique de l'industrie lithique », *Revue Archéologique de l'Est,* 70, p. 5-57.

Texier 2000
Texier J.-P., « A propos des processus de formation des sites préhistoriques », *Paléo,* 12, 1, p. 379-386.

Texier 2009
Texier J.-P., *Histoire géologique de sites préhistoriques classiques du Périgord : une vision actualisé, La Micoque, la grotte Vaufrey, le Pech de l'Azé I et II, La Ferrassie, l'abri Castanet, le Flageolet, Laugerie Haute*, éd. Comité des travaux historiques et scientifiques, 190 p.

Texier et al. 1998
Texier J.-P., Bertran P., Coutard J.-P., Francou B., Gabert P., Guadelli J. L., Ozouf J.-C., Plisson H., Raynal J.-P., Vivent D., « TRANSIT, an experimental archaeological program in periglacial environment: Problem, methodology, first results », *Geoarchaeology*, 13, 5, p. 433-473.

Thirault et al 2009
Thirault É., Vital J., Audibert C., Baltz J., Bernard C., Bonnardin S., Courty M.-A., Dousteyssier B., Drot M., Durand F., Morin J., Nicolle B., Picavet R., Prat B., Rivat F., Roux L., Rué M., Visseyrias A., *Clermond-Ferrand, Puy Long (Puy-de-Dôme), une vaste occupation de l'âge du Bronze ancien (1900-1750 avant J.-C.),* rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA Auvergne, 3 vol., 625 p.

Thirault et al 2011
Thirault É., Bernard C., Dousse M., Dumontier P., Morin-Rivat J., Nicolle B., Remicourt M., Rué M., Tallet P., *Le site de Labarthe 2 à Argelos (Pyrénées-Atlantiques)*, rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA Aquitaine, 2 vol., 250 p

Thirault et al 2012
Thirault E., Dumontier P., Morin-Rivat J., Nicolle B., Remicourt M., Rué M., « Le site néolithique final de Labarthe 2 à Argelos (Pyrénées-Atlantiques) : une occupation temporaire de plaine ? » in Perrin T., Sénépart I., Caulier J., Thirault E., Bonnardin S (dir.), *Dynamismes et rythmes évolutifs des sociétés de la Préhistoire récente*, 9e Rencontres Méridionales de Préhistoire récente, St-Georges-de-Didonne (17), octobre 2010, p. 423-450.

Thirault et al 2014
Thirault É., Audibert C., Bailly V., Blouet E., Cattin F., Caverne J.-B., Charbouillot S., Courboin E., Delhon C., Deparnay X., Dousse M., Dufournet A., Durand F., Fernandes P., Latour C., Leconte C., Morin J., Nicolle B., Parisot N., Picavet R., Prosekova L., Remicourt M., Rivat F., Roux L., Rué M., Sénépart I., Schwartz D., Tacussel P., Tallet P., Vital J., Vannieuwenhuyse D., Vyslouzilova B., *Le Petit-Beaulieu, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme)*, rapport final de fouille préventive, Paléotime, SRA Auvergne, 5 vol., 2806 p.

Todisco et al. 2009
Todisco D., Bhiry N., Desrosiers P. M., « Paleoeskimo site taphonomy: An assessment of the integrity of the Tayara site, Qikirtaq Island, Nunavik, Canada », *Geoarchaeology*, 24, 6, p. 743-791.

Toth, Schick 1986
Toth N., Schick K. D., « The First Million Years: The Archaeology of Protohuman Culture », *Advances in Archaeological Method and Theory,* 9, p. 1-96.

Tuffreau, Marcy 2002
Tuffreau A., Marcy J.-L., « Acquisition et exploitation numériques de données archéologiques : l'exemple des gisements paléolithiques de la France septentrionale », in Miskovsky J.-C. (dir.), *Géologie de la préhistoire : méthodes, techniques, applications*, éd. Géopré, Paris, p. 1377-1389.

Val et al. 2021
Val A., Murungi M., Neumann F. H., Shadrach K., Thomsen K. J., Stratford D., « The place beyond the trees: renewed excavations of the Middle Stone Age deposits at Olieboomspoort in the Waterberg Mountains of the South African Savanna Biome », *Archaeological and Anthropological Sciences*, 33 p.

Vayssière et al. 2019
Vayssière A., Rué M., Recq R., Gardère P., Bozsó E., Castanet C., Virmoux C., Gautier E., « Lateglacial changes in river morphologies of northwestern Europe: an example of a smooth response to climate forcing (Cher River, France) », *Geomorphology*, 342, p. 20-36.

Ward, Larcombe 2003
Ward I., Larcombe P., « A process-orientated approach to archaeological site formation: application to semi-arid Northern Australia », *Journal of Archaeological Science*, 30, 10, p. 1223-1236.

Ward et al. 2017
Ward I., Veth P., Prossor L., Denham T., Ditchfield K., Manne T., Kendrick P., Byrne C., Hook F., Troitzsch U., « 50,000 years of archaeological site stratigraphy and micromorphology in Boodie Cave, Barrow Island, Western Australia », *Journal of Archaeological Science: Reports*, 15, p. 344-369.

Waters 1992
Waters M. R., *Principles of geoarchaeology: a North American perspective*, University of Arizona Press, 398 p.

Wattez et al. 2017
Wattez J., Onfray M., Coussot C., « Géoarchéologie des fosses profondes mésolithiques : des aménagements pour quels usages ? », in *Creuser au Mésolithique*, actes de la séance de la Société préhistorique française de Châlons-en-Champagne (29-30 mars 2016), 12, p. 87-98.

Whitlam 1982
Whitlam R. G., « Archaeological taphonomy : implications for defining data requirements and analytical procedures », in Francis P. D., Poplin E. C. (ed), *Directions in Archaeology : A Question of Goals*, proceedings of the fourteenth annual conference, Archaeological Association of the University of Calgary, Alberta, p. 145-154.

Williams et al. 2018
Williams T. J., Collins M. B., Rodrigues K., Rink W. J., Velchoff N., Keen-Zebert A., Gilmer A., Frederick C. D., Ayala S. J., Prewitt E. R., « Evidence of an early projectile point technology in North America at the Gault Site, Texas, USA », *Sciences Advances*, 4, 7.

Wood, Johnson 1978
Wood W. R., Johnson D. L., « A Survey of Disturbance Processes in Archaeological Site Formation », *Advances in Archaeological Method and Theory,* 1, p. 315-381.

Woodcock 1977
Woodcock N. H., « Specification of fabric shapes using an eigenvalue method », *Geological Society of America Bulletin,* 88, 9, p. 1231-1236.

Yellen 1996
Yellen J. E., « Behavioural and taphonomic patterning at Katanda 9: a Middle Stone Age site, Kivu province, Zaire », *Journal of Archaeological Science*, 23, 6, p. 915-932.

Annexes

Annexe 1 : Bibliométrie. Apparition de termes relatifs à l'étude de la formation des sites entre 1995 et 2020 au sein des corpus de références « paléolithique » et « géoarchéologie » sélectionnées dans *Web of Science.*

Annexe 2 : Bibliométrie. Contenu des 150 références fréquemment citées consacrées à l'étude de la formation d'un ou plusieurs niveaux archéologiques et contenant les mots « site formation » ou « formation process* » dans les titres, résumés et mots-clés au cours de la période 1990-2020.

Annexe 3 : Liste des sites étudiés constitués d'une ou plusieurs nappes de mobilier.

Annexe 4 : Parcours universitaire et professionnel et principales publications scientifiques.

Annexe 1 : Bibliométrie. Apparition de termes relatifs à l'étude de la formation des sites entre 1995 et 2020 au sein des corpus de références « paléolithique » et « géoarchéologie » sélectionnées dans Web of Science (M. Rué)

	PALAEOLITHIC		abstracts						titles						GEOARCHAEO		abstracts						titles					
year	n_ref	%ref	n_taphonom	%taphonom	n_micromorpholog	%_micromorpholog	n_site-formation	%site-formation	n_taphonom	%taphonom	n_micromorpholog	%_micromorpholog	n_site-formation	%site-formation	n_ref	%ref	n_taphonom	%taphonom	n_micromorpholog	%_micromorpholog	n_site-formation	%site-formation	n_taphonom	%taphonom	n_micromorpholog	%_micromorpholog	n_site-formation	%site-formation
1995	56	0.97%	5	8.93%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	5	0.26%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
1996	51	0.89%	3	5.88%	0	0.00%	0	0.00%	1	1.96%	0	0.00%	0	0.00%	10	0.52%	0	0.00%	1	10.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
1997	62	1.08%	2	3.23%	1	1.61%	0	0.00%	1	1.61%	0	0.00%	0	0.00%	11	0.57%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
1998	38	0.66%	1	2.63%	1	2.63%	0	0.00%	0	0.00%	1	2.63%	0	0.00%	7	0.36%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
1999	51	0.89%	3	5.88%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	8	0.41%	0	0.00%	1	12.50%	0	0.00%	0	0.00%	1	12.50%	0	0.00%
2000	87	1.51%	7	8.05%	0	0.00%	0	0.00%	2	2.30%	0	0.00%	0	0.00%	16	0.83%	0	0.00%	0	0.00%	1	6.25%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
2001	84	1.46%	4	4.76%	3	3.57%	2	2.38%	1	1.19%	0	0.00%	1	1.19%	32	1.65%	2	6.25%	3	9.38%	4	12.50%	1	3.13%	0	0.00%	2	6.25%
2002	89	1.55%	1	1.12%	0	0.00%	0	0.00%	1	1.12%	0	0.00%	0	0.00%	16	0.83%	1	6.25%	3	18.75%	1	6.25%	0	0.00%	1	6.25%	1	6.25%
2003	86	1.50%	1	1.16%	3	3.49%	0	0.00%	1	1.16%	0	0.00%	0	0.00%	40	2.07%	3	7.50%	4	10.00%	3	7.50%	0	0.00%	1	2.50%	2	5.00%
2004	85	1.48%	4	4.71%	1	1.18%	1	1.18%	0	0.00%	0	0.00%	1	1.18%	25	1.29%	0	0.00%	1	4.00%	1	4.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
2005	114	1.98%	4	3.51%	0	0.00%	2	1.75%	0	0.00%	0	0.00%	1	0.88%	40	2.07%	1	2.50%	1	2.50%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
2006	178	3.10%	7	3.93%	3	1.69%	1	0.56%	1	0.56%	1	0.56%	0	0.00%	46	2.37%	1	2.17%	3	6.52%	1	2.17%	0	0.00%	1	2.17%	0	0.00%
2007	180	3.13%	7	3.89%	4	2.22%	0	0.00%	2	1.11%	1	0.56%	2	1.11%	56	2.89%	3	5.36%	8	14.29%	3	5.36%	1	1.79%	1	1.79%	4	7.14%
2008	192	3.34%	19	9.90%	0	0.00%	3	1.56%	7	3.65%	0	0.00%	0	0.00%	92	4.75%	3	3.26%	6	6.52%	3	3.26%	0	0.00%	0	0.00%	1	1.09%
2009	262	4.56%	18	6.87%	2	0.76%	2	0.76%	3	1.15%	1	0.38%	0	0.00%	94	4.85%	0	0.00%	6	6.38%	3	3.19%	0	0.00%	1	1.06%	1	1.06%
2010	232	4.04%	10	4.31%	2	0.86%	0	0.00%	4	1.72%	0	0.00%	0	0.00%	66	3.41%	6	9.09%	6	9.09%	2	3.03%	1	1.52%	1	1.52%	0	0.00%
2011	285	4.96%	24	8.42%	4	1.40%	5	1.75%	6	2.11%	0	0.00%	2	0.70%	100	5.16%	5	5.00%	8	8.00%	7	7.00%	0	0.00%	3	3.00%	1	1.00%
2012	317	5.52%	27	8.52%	7	2.21%	5	1.58%	6	1.89%	0	0.00%	0	0.00%	91	4.70%	4	4.40%	9	9.89%	3	3.30%	1	1.10%	1	1.10%	1	1.10%
2013	309	5.38%	26	8.41%	7	2.27%	5	1.62%	6	1.94%	1	0.32%	1	0.32%	108	5.58%	1	0.93%	17	15.74%	4	3.70%	0	0.00%	0	0.00%	2	1.85%
2014	374	6.51%	40	10.70%	9	2.41%	5	1.34%	8	2.14%	1	0.27%	5	1.34%	137	7.07%	7	5.11%	9	6.57%	7	5.11%	0	0.00%	1	0.73%	3	2.19%
2015	402	7.00%	37	9.20%	6	1.49%	6	1.49%	5	1.24%	0	0.00%	3	0.75%	122	6.30%	4	3.28%	11	9.02%	3	2.46%	0	0.00%	2	1.64%	3	2.46%
2016	501	8.72%	40	7.98%	4	0.80%	11	2.20%	8	1.60%	0	0.00%	4	0.80%	112	5.78%	3	2.68%	15	13.39%	6	5.36%	0	0.00%	3	2.68%	3	2.68%
2017	431	7.50%	35	8.12%	9	2.09%	5	1.16%	4	0.93%	2	0.46%	1	0.23%	172	8.88%	12	6.98%	31	18.02%	13	7.56%	1	0.58%	10	5.81%	4	2.33%
2018	433	7.54%	40	9.24%	17	3.93%	9	2.08%	9	2.08%	4	0.92%	6	1.39%	174	8.98%	2	1.15%	31	17.82%	3	1.72%	0	0.00%	8	4.60%	4	2.30%
2019	440	7.66%	57	12.95%	18	4.09%	9	2.05%	7	1.59%	3	0.68%	3	0.68%	192	9.91%	8	4.17%	33	17.19%	13	6.77%	3	1.56%	6	3.13%	5	2.60%
2020	407	7.08%	54	13.27%	7	1.72%	10	2.46%	12	2.95%	1	0.25%	3	0.74%	165	8.52%	8	4.85%	25	15.15%	4	2.42%	3	1.82%	3	1.82%	5	3.03%
total	5746	100%	476	8.28%	108	1.88%	81	1.41%	95	1.65%	16	0.28%	33	0.57%	1937	100%	74	3.82%	232	11.98%	85	4.39%	11	0.57%	44	2.27%	42	2.17%

Annexe 2 : Bibliométrie. Contenu des 150 références fréquemment citées consacrées à l'étude de la formation d'un ou plusieurs niveaux archéologiques et contenant les mots « site formation » ou « formation process* » dans les titres, résumés et mots-clés au cours de la période 1990-2020 (M. Rué). Classement selon le nombre total de citations d'après Web of Science (08/2021). La liste des références complètes est présentée à la suite.

								sédiment			mobilier							
n°	référence de l'article	DOI	total de citations (WOS)	moyenne de citations par an	période chrono.	contexte géomorpho.	synthèse / théorie / méthodo	micromorphologie	analyses physico-chimiques	analyses biologiques	analyse spatiale	analyse des fabriques	distribution granulométrique	états de surface (lithique)	expérimentation	ethnologie	total outils indépendants	titre de l'article	année
1	KARKANAS P, 2007, J HUM EVOL	10.1016/j.jhevo	193	12.9	pléisto	grotte		1	1								2	EVIDENCE FOR HABITUAL USE OF FIRE AT THE END OF THE LOWER PALEOLITHIC: SITE-FO	2007
2	GOLDBERG P, 2009, ARCHAEOL ANTHR	10.1007/s1252	180	13.8	pléisto	grotte		1									1	BEDDING, HEARTHS, AND SITE MAINTENANCE IN THE MIDDLE STONE AGE OF SIBUDU CAV	2009
3	SHAHACK-GROSS R, 2011, J ARCHAEO	10.1016/j.jas.2	145	13.2	diachro	divers	1	1	1	1							3	HERBIVOROUS LIVESTOCK DUNG: FORMATION, TAPHONOMY, METHODS FOR IDENTIFICAT	2011
4	MATTHEWS W, 1997, WORLD ARCHAE	10.1080/0043	107	4.3	holocène	construction	1	1									1	MICROSTRATIGRAPHIC TRACES OF SITE FORMATION PROCESSES AND HUMAN ACTIVITIES	1997
5	BURRONI D, 2002, J ARCHAEOL SCI	10.1006/jasc.2	100	5.0	diachro	divers	1							1			1	THE SURFACE ALTERATION FEATURES OF FLINT ARTEFACTS AS A RECORD OF ENVIRONM	2002
6	SHAHACK-GROSS R, 2005, J ARCHAEO	10.1016/j.jas.2	98	5.8	holocène	construction		1	1	1							3	GEOARCHAEOLOGY IN AN URBAN CONTEXT: THE USES OF SPACE IN A PHOENICIAN MONU	2005
7	LENOBLE A, 2004, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	85	4.7	diachro	divers	1				1	1			1		3	FABRIC OF PALAEOLITHIC LEVELS: METHODS AND IMPLICATIONS FOR SITE FORMATION P	2004
8	MCPHERRON SJP, 2005, J ARCHAEOL	10.1016/j.jas.2	83	4.9	diachro	divers	1				1	1					2	ARTIFACT ORIENTATIONS AND SITE FORMATION PROCESSES FROM TOTAL STATION PRO	2005
9	GOLDBERG P, 2006, EVOL ANTHROPO	10.1002/evan.2	82	5.1	pléisto	grotte		1	1								2	DECIPHERING HUMAN PREHISTORY THROUGH THE GEOARCHEOLOGICAL STUDY OF CAVE	2006
10	MALLOL C, 2013, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	82	9.1	pléisto	divers	1	1	1	1					1		4	THE BLACK LAYER OF MIDDLE PALAEOLITHIC COMBUSTION STRUCTURES. INTERPRETATI	2013
11	MALINSKY-BULLER A, 2011, J ANTHROI	10.1016/j.jas.2	76	6.9	pléisto	plein air					1			1			2	MAKING TIME: 'LIVING FLOORS', 'PALIMPSESTS' AND SITE FORMATION PROCESSES - A PER	2011
12	CANTI MG, 2003, J ARCHAEOL SCI	10.1006/jasc.2	72	3.8	diachro	divers	1										0	EARTHWORM ACTIVITY AND ARCHAEOLOGICAL STRATIGRAPHY: A REVIEW OF PRODUCTS	2003
13	MILLER CE, 2013, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	72	8.0	pléisto	abri sous roche		1									1	GEOARCHAEOLOGICAL INVESTIGATIONS AT DIEPKLOOF ROCK SHELTER, WESTERN CAPE	2013
14	GOLDBERG P, 2001, J HUM EVOL	10.1006/jhev.2	69	3.3	pléisto	grotte		1	1								2	SITE FORMATION PROCESSES AT ZHOUKOUDIAN, CHINA	2001
15	MILEK KB, 2012, J ANTHROPOL ARCHA	10.1016/j.jas.2	64	6.4	holocène	construction		1								1	2	FLOOR FORMATION PROCESSES AND THE INTERPRETATION OF SITE ACTIVITY AREAS: AN	2012
16	BERTRAN P, 2012, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	63	6.3	pléisto	divers	1						1		1		2	PARTICLE SIZE DISTRIBUTION OF LITHIC ASSEMBLAGES AND TAPHONOMY OF PALAEOLITI	2012
17	BARTON CM, 2002, GEOARCHAEOLOG	10.1002/gea.10	60	3.0	diachro	plein air	1				1			1			2	DYNAMIC LANDSCAPES, ARTIFACT TAPHONOMY, AND LANDUSE MODELING IN THE WESTE	2002
18	CABANES D, 2010, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	59	4.9	pléisto	grotte		1	1	1							3	PHYTOLITH EVIDENCE FOR HEARTHS AND BEDS IN THE LATE MOUSTERIAN OCCUPATIONS	2010
19	BERTRAN P, 1995, J ARCHAEOL SCI	10.1006/jasc.19	58	2.1	pléisto	divers	1				1	1			1		3	FABRIC ANALYSIS - APPLICATION TO PALEOLITHIC SITES	1995
20	KARKANAS P, 2001, GEOARCHAEOLOG	10.1002/gea.10	57	2.7	pléisto	grotte		1									1	SITE FORMATION PROCESSES IN THEOPETRA CAVE: A RECORD OF CLIMATIC CHANGE DU	2001
21	MACHADO J, 2013, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	56	6.2	pléisto	abri sous roche		1			1						2	LITHIC PRODUCTION, SITE FORMATION AND MIDDLE PALAEOLITHIC PALIMPSEST ANALYSIS	2013
22	CANTI M, 2015, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	52	7.4	diachro	divers	1										0	SCIENTIFIC ADVANCES IN GEOARCHAEOLOGY DURING THE LAST TWENTY YEARS	2015
23	FRIESEM D, 2011, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	51	4.6	holocène	construction		1	1							1	3	DEGRADATION OF MUD BRICK HOUSES IN AN ARID ENVIRONMENT: A GEOARCHAEOLOGIC	2011
24	KARKANAS P, 2015, J HUM EVOL	10.1016/j.jhevo	50	7.1	pléisto	abri sous roche		1									1	INTERPRETING HUMAN BEHAVIOR FROM DEPOSITIONAL RATES AND COMBUSTION FEATU	2015
25	LE TENSORER JM, 2007, GEOARCHAEO	10.1002/gea.20	48	3.2	pléisto	plein air		1									1	LONG-TERM SITE FORMATION PROCESSES AT THE NATURAL SPRINGS NADAOUIYEH AND	2007
26	FARRAND WR, 2001, GEOARCHAEOLO	10.1002/gea.10	46	2.2	diachro	abri sous roche	1		1								1	SEDIMENTS AND STRATIGRAPHY IN ROCKSHELTERS AND CAVES: A PERSONAL PERSPEC	2001
27	FRIESEM DE, 2014, ARCHAEOL ANTHR	10.1007/s1252	42	5.3	holocène	construction		1	1							1	3	WHERE ARE THE ROOFS? A GEO-ETHNOARCHAEOLOGICAL STUDY OF MUD BRICK STRUC	2014
28	HUTSON SR, 2007, J ANTHROPOL ARC	10.1016/j.jas.2	40	2.7	holocène	construction			1	1	1						3	BEYOND THE BUILDINGS: FORMATION PROCESSES OF ANCIENT MAYA HOUSELOTS AND M	2007
29	DIBBLE HL, 2017, J ARCHAEOL METHO	10.1007/s1081	40	8.0	diachro	divers	1										0	MAJOR FALLACIES SURROUNDING STONE ARTIFACTS AND ASSEMBLAGES	2017
30	BENITO-CALVO A, 2009, J ARCHAEOL S	10.1016/j.jas.2	37	2.8	pléisto	abri sous roche					1	1					2	SEDIMENTOLOGICAL AND ARCHAEOLOGICAL FABRICS IN PALAEOLITHIC LEVELS OF THE S	2009
31	SALVATORI S, 2011, AFR ARCHAEOL R	10.1007/s1043	37	3.4	holocène	plein air		1			1						2	MESOLITHIC SITE FORMATION AND PALAEOENVIRONMENT ALONG THE WHITE NILE (CENT	2011
32	DOMINGUEZ-RODRIGO M, 2012, J ARC	10.1016/j.jas.2	37	3.7	pléisto	plein air					1						1	AUTOCHTHONY AND ORIENTATION PATTERNS IN OLDUVAI BED I: A RE-EXAMINATION OF T	2012
33	WOODWARD JC, 2001, GEOARCHAEOL	10.1002/gea.10	36	1.7	pléisto	abri sous roche		1	1								2	QUANTITATIVE SOURCING OF SLACKWATER DEPOSITS AT BOILA ROCKSHELTER: A RECOI	2001
34	MERCADER J, 2003, J ARCHAEOL SCI	10.1006/jasc.2	34	1.8	pléisto	abri sous roche			1		1			1			3	ARCHAEOLOGICAL SITE FORMATION IN RAIN FORESTS: INSIGHTS FROM THE ITURI ROCK S	2003
35	MCPHERRON SJP, 2005, GEOARCHAEO	10.1002/gea.20	34	2.0	diachro	divers	1				1						1	Z	2005
36	LENOBLE A, 2008, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	34	2.4	pléisto	plein air	1				1	1			1		3	SOLIFLUCTION-INDUCED MODIFICATIONS OF ARCHAEOLOGICAL LEVELS: SIMULATION BAS	2008
37	PEACOCK E, 2002, GEOARCHAEOLOG	10.1002/gea.10	33	1.7	diachro	plein air					1						1	BIOMANTLE FORMATION AND ARTIFACT TRANSLOCATION IN UPLAND SANDY SOILS: AN EX	2002
38	ANGELUCCI DE, 2009, GEOARCHAEOL	10.1002/gea.20	33	2.5	pléisto	grotte		1									1	STRATIGRAPHY AND FORMATION PROCESSES OF THE UPPER PLEISTOCENE DEPOSIT AT	2009
39	DOMINGUEZ-RODRIGO M, 2014, J ARC	10.1016/j.jas.2	33	4.1	diachro	divers	1				1				1		2	AUTOCHTHONOUS ANISOTROPY OF ARCHAEOLOGICAL MATERIALS BY THE ACTION OF WA	2014
40	MARCH RJ, 2014, J ARCHAEOL METHO	10.1007/s1081	33	4.1	diachro	divers	1		1						1		2	PROCESSES OF FORMATION AND ALTERATION OF ARCHAEOLOGICAL FIRE STRUCTURES:	2014
41	TSATSKIN A, 2003, GEOARCHAEOLOG	10.1002/gea.10	32	1.7	pléisto	plein air		1	1								2	FORMATION PROCESSES AT THE OHALO II SUBMERGED PREHISTORIC CAMPSITE, ISRAEL	2003
42	FRIESEM DE, 2014, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	32	4.0	holocène	construction		1	1								2	SEDIMENTARY PROCESSES INVOLVED IN MUD BRICK DEGRADATION IN TEMPERATE ENVI	2014
43	KARKANAS P, 2011, GEOARCHAEOLOG	10.1002/gea.20	31	2.8	holocène	plein air		1		1							2	PALAEOENVIRONMENTS AND SITE FORMATION PROCESSES AT THE NEOLITHIC LAKESIDE	2011
44	VILLAGRAN XS, 2011, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	31	2.8	diachro	plein air		1							1		2	EXPERIMENTAL MICROMORPHOLOGY IN TIERRA DEL FUEGO (ARGENTINA): BUILDING A RE	2011
45	MORLEY MW, 2017, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	31	6.2	pléisto	grotte		1									1	INITIAL MICROMORPHOLOGICAL RESULTS FROM LIANG BUA, FLORES (INDONESIA): SITE F	2017
46	LINSTADTER J, 2012, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	30	3.0	holocène	grotte		1	1								2	THE HOLOCENE ARCHAEOLOGICAL SEQUENCE AND SEDIMENTOLOGICAL PROCESSES AT	2012
47	MILLER CE, 2012, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	30	3.0	pléisto	grotte		1							1		2	AN EXPERIMENTAL MICROMORPHOLOGICAL INVESTIGATION OF BEDDING CONSTRUCTION	2012

									sédiment			mobilier								
n°	référence de l'article	DOI	total de citations (WOS)	moyenne de citations par an	période chrono.	contexte géomorpho.	synthèse / théorie / méthodo	micromorphologie	analyses physico-chimiques	analyses biologiques	analyse spatiale	analyse des fabriques	distribution granulométrique	états de surface (lithique)	expérimentation	ethnologie	total outils indépendants	titre de l'article	année
48	SHILLITO LM, 2013, GEOARCHAEOLOG	10.1002/gea.21	30	3.3	holocène	plein air		1									1	GEOARCHAEOLOGICAL INVESTIGATIONS OF MIDDEN-FORMATION PROCESSES IN THE EAI	2013
49	SITZIA L, 2012, GEOARCHAEOLOGY	https://doi.org/1	29	2.9	pléisto	plein air		1	1		1	1	1				5	THE PALEOENVIRONMENT AND LITHIC TAPHONOMY OF SHI'BAT DIHYA 1, A MIDDLE PALEO	2012
50	BANERJEA RY, 2015, ARCHAEOL ANTH	10.1007/s1252	29	4.1	holocène	construction		1							1		2	APPLICATIONS OF MICROMORPHOLOGY TO UNDERSTANDING ACTIVITY AREAS AND SITE I	2015
51	HILTON MR, 2003, J ARCHAEOL METHO	10.1023/A:102	28	1.5	diachro	divers	1				1				1		2	QUANTIFYING POSTDEPOSITIONAL REDISTRIBUTION OF THE ARCHAEOLOGICAL RECORD	2003
52	MALLOL C, 2006, J HUM EVOL	10.1016/j.jhevo	28	1.8	pléisto	plein air		1									1	WHAT'S IN A BEACH? SOIL MICROMORPHOLOGY OF SEDIMENTS FROM THE LOWER PALEO	2006
53	ARAUJO AGM, 2008, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	28	2.0	diachro	abri sous roche		1	1								2	LAPA DAS BOLEIRAS ROCKSHELTER: STRATIGRAPHY AND FORMATION PROCESSES AT A	2008
54	DE LA TORRE I, 2013, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	28	3.1	pléisto	plein air					1						1	APPLICATION OF GIS METHODS TO RETRIEVE ORIENTATION PATTERNS FROM IMAGERY; A	2013
55	BRANTINGHAM PJ, 2007, J ANTHROPO	10.1016/j.jaa.2	27	1.8	diachro	divers	1				1						1	MODELING POST-DEPOSITIONAL MIXING OF ARCHAEOLOGICAL DEPOSITS	2007
56	FRIESEM DE, 2014, QUATERN INT	10.1016/j.quair	27	3.4	pléisto	plein air		1	1		1						3	FORMATION PROCESSES AND COMBUSTION FEATURES AT THE LOWER LAYERS OF THE M	2014
57	FRIESEM DE, 2016, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	27	4.5	diachro	divers	1										0	GEO-ETHNOARCHAEOLOGY IN ACTION	2016
58	GOLDBERG P, 2015, AFR ARCHAEOL R	10.1007/s1043	26	3.7	pléisto	grotte		1	1								2	DEPOSITION AND DIAGENESIS IN THE EARLIER STONE AGE OF WONDERWERK CAVE, EXC	2015
59	VAQUERO M, 2017, J ANTHROPOL ARC	10.1016/j.jaa.2	26	5.2	pléisto	abri sous roche					1						1	MOVING THINGS: COMPARING LITHIC AND BONE REFITS FROM A MIDDLE PALEOLITHIC SIT	2017
60	BENITO-CALVO A, 2011, J ARCHAEOL S	10.1016/j.jas.2	25	2.3	diachro	abri sous roche					1	1			1		3	TRAMPLING EXPERIMENTS AT COVA GRAN DE SANTA LINYA, PRE-PYRENEES, SPAIN: THEI	2011
61	POLO-DIAZ A, 2014, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	23	2.9	holocène	abri sous roche		1									1	PREHISTORIC HERDING FACILITIES: SITE FORMATION PROCESSES AND ARCHAEOLOGICA	2014
62	STAHLSCHMIDT MC, 2015, J HUM EVOL	10.1016/j.jhevo	23	3.3	pléisto	plein air		1	1	1							3	THE DEPOSITIONAL ENVIRONMENTS OF SCHONINGEN 13 II-4 AND THEIR ARCHAEOLOGICAL IMPLICATI	2015
63	GOLDBERG P, 2016, ARCHAEOL ANTHR	10.1007/s1252	23	5.8	diachro	divers	1	1									1	WHY DOES (ARCHAEOLOGICAL) MICROMORPHOLOGY HAVE SUCH LITTLE TRACTION IN (G	2016
64	SIMPSON IA, 1996, J ARCHAEOL SCI	10.1006/jasc.19	22	0.8	holocène	plein air		1									1	INTERPRETATION OF MIDDEN FORMATION PROCESSES AT ROBERT'S HAVEN, CAITHNESS	1996
65	PETRAGLIA MD, 2002, N AM ARCHAEOI	10.2190/4D7X	22	1.1	pléisto	plein air	1				1						1	THE HEATED AND THE BROKEN: THERMALLY ALTERED STONE, HUMAN BEHAVIOR, AND AF	2002
66	RICK TC, 2006, GEOARCHAEOLOGY	10.1002/gea.20	22	1.4	diachro	plein air	1										0	TAPHONOMY AND SITE FORMATION ON CALIFORNIA'S CHANNEL ISLANDS	2006
67	VILLAGRAN XS, 2011, J ISL COAST ARC	10.1080/15564	22	2.0	holocène	plein air		1	1	1							3	BUILDING COASTAL LANDSCAPES: ZOOARCHAEOLOGY AND GEOARCHAEOLOGY OF BRAZ	2011
68	SHAHACK-GROSS R, 2017, J ARCHAEO	10.1016/j.jas.2	22	4.4	diachro	divers	1										0	ARCHAEOLOGICAL FORMATION THEORY AND GEOARCHAEOLOGY: STATE-OF-THE-ART IN	2017
69	GOODMAN-ELGAR M, 2008, J ARCHAEO	10.1016/j.jas.2	21	1.5	holocène	construction		1								1	2	THE DEVOLUTION OF MUDBRICK: ETHNOARCHAEOLOGY OF ABANDONED EARTHEN DWEL	2008
70	BLASI A, 2013, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	21	2.3	holocène	plein air			1								1	PALAEOENVIRONMENTAL RECONSTRUCTION OF LA OLLA, A HOLOCENE ARCHAEOLOGICA	2013
71	ISMAIL-MEYER K, 2013, GEOARCHAEO	10.1002/gea.21	21	2.3	holocène	plein air		1									1	NEOLITHIC LAKESHORE SETTLEMENTS IN SWITZERLAND: NEW INSIGHTS ON SITE FORMA	2013
72	VILLAGRAN XS, 2017, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	21	4.2	pléisto	abri sous roche		1	1								2	BURIED IN ASHES: SITE FORMATION PROCESSES AT LAPA DO SANTO ROCKSHELTER, EAS	2017
73	WRIGHT DK, 2017, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	21	4.2	pléisto	plein air		1		1	1						3	APPROACHES TO MIDDLE STONE AGE LANDSCAPE ARCHAEOLOGY IN TROPICAL AFRICA	2017
74	BOLLONG CA, 1994, J FIELD ARCHAEO	10.1179/00934	20	0.7	holocène	plein air					1						1	ANALYSIS OF SITE STRATIGRAPHY AND FORMATION PROCESSES USING PATTERNS OF PO	1994
75	WARD I, 2003, J ARCHAEOL SCI	10.1016/S0305	20	1.1	diachro	divers	1										0	A PROCESS-ORIENTATED APPROACH TO ARCHAEOLOGICAL SITE FORMATION: APPLICATI	2003
76	KAPPER KL, 2014, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	20	2.5	holocène	abri sous roche		1	1								2	LINKING SITE FORMATION PROCESSES TO MAGNETIC PROPERTIES. ROCK- AND ARCHEOM	2014
77	VILLAGRAN XS, 2014, J ANTHROPOL AI	10.1016/j.jaa.2	20	2.5	holocène	plein air		1	1						1		3	A REDEFINITION OF WASTE: DECONSTRUCTING SHELL AND FISH MOUND FORMATION AM	2014
78	GARCIA-MORENO A, 2016, J ARCHAEO	10.1016/j.jasrep	20	3.3	pléisto	plein air					1						1	EVALUATING THE INCIDENCE OF HYDROLOGICAL PROCESSES DURING SITE FORMATION T	2016
79	ROSENSWIG RM, 2009, J ARCHAEOL M	10.1007/s1081	19	1.5	holocène	plein air					1						1	EARLY MESOAMERICAN GARBAGE: CERAMIC AND DAUB DISCARD PATTERNS FROM CUAU	2009
80	DE LA TORRE I, 2018, J HUM EVOL	https://doi.org/1	19	4.8	pléisto	plein air					1	1	1	1			4	SITE FORMATION PROCESSES OF THE EARLY ACHEULEAN ASSEMBLAGE AT EF-HR (OLDU	2018
81	ESDALE JA, 2001, GEOARCHAEOLOGY	10.1002/1520-6	18	0.9	pléisto	plein air					1	1					2	PERIGLACIAL GEOARCHAEOLOGY AT THE DOG CREEK SITE, NORTHERN YUKON	2001
82	SUROVELL TA, 2005, GEOARCHAEOLO	10.1002/gea.20	18	1.1	pléisto	plein air					1						1	SHALLOW SITE ARCHAEOLOGY: ARTIFACT DISPERSAL, STRATIGRAPHY, AND RADIOCARBO	2005
83	BORIC D, 2008, DOC PRAEHIST	10.4312/dp.35.	18	1.3	holocène	plein air		1									1	VLASAC REVISITED: FORMATION PROCESSES, STRATIGRAPHY AND DATING	2008
84	BUTZER KW, 2011, GEOL SOC AM SPE	10.1130/2011.2	18	1.6	diachro	divers	1										0	GEOARCHAEOLOGY, CLIMATE CHANGE, SUSTAINABILITY: A MEDITERRANEAN PERSPECTI	2011
85	BERTRAN P, 2015, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	18	2.6	diachro	divers	1				1			1	1		3	EXPERIMENTAL ARCHAEOLOGY IN A MID-LATITUDE PERIGLACIAL CONTEXT: INSIGHT INTO	2015
86	PHILLIPS N, 2019, ARCHAEOL ANTHRO	10.1007/s1252	18	6.0	pléisto	plein air					1		1		1		3	OPEN-AIR PRESERVATION OF MINIATURISED LITHICS: EXPERIMENTAL RESEARCH IN THE (	2019
87	HOWARD JL, 2015, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	17	2.4	holocène	plein air			1		1						2	ARTIFACT PRESERVATION AND POST-DEPOSITIONAL SITE-FORMATION PROCESSES IN AN	2015
88	ARAUJO AGM, 2013, GEOARCHAEOLO	10.1002/gea.21	16	1.8	diachro	plein air		1	1		1						3	PALEOINDIAN OPEN-AIR SITES IN TROPICAL SETTINGS: A CASE STUDY IN FORMATION PRO	2013
89	POLO-DIAZ A, 2016, QUATERN INT	10.1016/j.quair	16	2.7	pléisto	abri sous roche		1	1		1						3	FORMATION PROCESSES AND STRATIGRAPHIC INTEGRITY OF THE MIDDLE-TO-UPPER PAL	2016
90	MALLOL C, 2008, GEOARCHAEOLOGY	10.1002/gea.20	15	1.1	pléisto	grotte		1									1	THE COLLAPSE OF GRAN DOLINA CAVE, SIERRA DE ATAPUERCA, SPAIN: SITE FORMATION	2008
91	VILLAGRAN XS, 2013, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	15	1.7	holocène	construction		1			1						2	EARTHEN MOUND FORMATION IN THE URUGUAYAN LOWLANDS (SOUTH AMERICA): MICRO	2013
92	TSATSKIN A, 2014, QUATERN INT	10.1016/j.quair	15	1.9	pléisto	plein air		1	1								2	GEOARCHAEOLOGICAL CONTEXT OF THE LATER PHASES OF MOUSTERIAN OCCUPATION (	2014
93	GRAF KE, 2015, AM ANTIQUITY	10.7183/0002-	15	2.1	pléisto	plein air		1			1						2	DRY CREEK REVISITED: NEW EXCAVATIONS, RADIOCARBON DATES, AND SITE FORMATIO	2015
94	FRIESEM DE, 2016, PLOS ONE	10.1371/journa	15	2.5	holocène	plein air		1	1	1						1	4	SITE FORMATION PROCESSES AND HUNTER-GATHERERS USE OF SPACE IN A TROPICAL E	2016

								sédiment			mobilier								
n°	référence de l'article	DOI	total de citations (WOS)	moyenne de citations par an	période chrono.	contexte géomorpho.	synthèse / théorie / méthodo	micromorphologie	analyses physico-chimiques	analyses biologiques	analyse spatiale	analyse des fabriques	distribution granulométrique	états de surface (lithique)	expérimentation	ethnologie	total outils indépendants	titre de l'article	année
95	MILLER CE, 2016, SOUTH AFR HUMANI	https://hdl.hand	15	2.5	pléisto	abri sous roche		1	1								2	SITE-FORMATION PROCESSES AT ELANDS BAY CAVE, SOUTH AFRICA	2016
96	KERN DC, 2017, GEOARCHAEOLOGY	10.1002/gea.21	15	3.0	holocène	plein air	1										0	TERRAS PRETAS: APPROACHES TO FORMATION PROCESSES IN A NEW PARADIGM	2017
97	MAYER JH, 2002, J ARCHAEOL SCI	10.1006/jasc.20	14	0.7	pléisto	plein air			1		1						2	EVALUATING NATURAL SITE FORMATION PROCESSES IN EOLIAN DUNE SANDS: A CASE ST	2002
98	VILLAGRAN XS, 2013, QUATERN INT	10.1016/j.quair	14	1.6	holocène	plein air		1	1								2	LIVING IN THE COLD: GEOARCHAEOLOGY OF SEALING SITES FROM BYERS PENINSULA (LI	2013
99	PEI SW, 2015, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.20	14	2.0	pléisto	plein air					1		1				2	MIDDLE PLEISTOCENE HOMININ OCCUPATION IN THE DANJIANGKOU RESERVOIR REGION,	2015
100	ALDEIAS V, 2016, GEOARCHAEOLOGY	10.1002/gea.21	14	2.3	holocène	plein air		1									1	EMBEDDED BEHAVIOR: HUMAN ACTIVITIES AND THE CONSTRUCTION OF THE MESOLITHIC	2016
101	GIUSTI D, 2016, J ARCHAEOL SCI-REP	10.1016/j.jasrep	14	2.3	pléisto	grotte					1						1	THE NEED FOR A TAPHONOMIC PERSPECTIVE IN SPATIAL ANALYSIS: FORMATION PROCES	2016
102	BYERS DA, 2015, GEOARCHAEOLOGY	10.1002/gea.21	13	1.9	diachro	divers	1						1		1		2	FLAKE MORPHOLOGY, FLUVIAL DYNAMICS, AND DEBITAGE TRANSPORT POTENTIAL	2015
103	WARD I, 2017, J ARCHAEOL SCI-REP	10.1016/j.jasrep	13	2.6	diachro	grotte		1	1								2	50,000 YEARS OF ARCHAEOLOGICAL SITE STRATIGRAPHY AND MICROMORPHOLOGY IN BC	2017
104	TODISCO D, 2008, GEOARCHAEOLOGY	10.1002/gea.20	12	0.9	holocène	plein air			1		1	1					3	PALAEOESKIMO SITE BURIAL BY SOLIFLUCTION: PERIGLACIAL GEOARCHAEOLOGY OF THE	2008
105	VANZETTI A, 2010, ANTIQUITY	10.1017/S0003	12	1.0	holocène	plein air					1						1	THE ICEMAN AS A BURIAL	2010
106	MALLOL C, 2017, ARCHAEOL ANTHROP	10.1007/s1252	12	2.4	diachro	divers	1	1									1	CONTACTS UNDER THE LENS: PERSPECTIVES ON THE ROLE OF MICROSTRATIGRAPHY IN	2017
107	TOFFOLO MB, 2017, GEOARCHAEOLO	10.1002/gea.21	12	2.4	pléisto	plein air		1	1								2	A MICROSTRATIGRAPHIC REEVALUATION OF THE FLORISBAD SPRING SITE, FREE STATE P	2017
108	ANGELUCCI DE, 2003, CATENA	10.1016/S0341	11	0.6	holocène	abri sous roche		1									1	GEOARCHAEOLOGY AND MICROMORPHOLOGY OF ABRIC DE LA CATIVERA (CATALONIA, SI	2003
109	ANDREWS BN, 2006, GEOARCHAEOLO	10.1002/gea.20	11	0.7	diachro	divers	1				1				1		2	SEDIMENT CONSOLIDATION AND ARCHAEOLOGICAL SITE FORMATION	2006
110	MALLOL C, 2009, GEOARCHAEOLOGY	10.1002/gea.20	11	0.8	pléisto	abri sous roche		1	1								2	A MICROMORPHOLOGICAL AND MINERALOGICAL STUDY OF SITE FORMATION PROCESSES	2009
111	DAVIDSON DA, 2010, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.20	11	0.9	holocène	construction		1	1								2	TELL FORMATION PROCESSES AS INDICATED FROM GEOARCHAEOLOGICAL AND GEOCHE	2010
112	BUENO L, 2013, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	11	1.2	diachro	plein air					1		1				2	THE FORMATION PROCESS OF A PALEOINDIAN OPEN-AIR SITE IN CENTRAL BRAZIL: INTEG	2013
113	LISA L, 2014, QUATERN INT	10.1016/j.quair	11	1.4	pléisto	plein air		1	1								2	GEOARCHAEOLOGY OF UPPER PALAEOLITHIC LOESS SITES LOCATED WITHIN A TRANSEC	2014
114	DE LA TORRE I, 2018, GEOARCHAEOLO	10.1002/gea.21	11	2.8	pléisto	plein air							1		1		2	THE IMPACT OF HYDRAULIC PROCESSES IN OLDUVAI BEDS I AND II, TANZANIA, THROUGH	2018
115	FREDERICK CD, 2002, GEOARCHAEOL	10.1002/gea.10	10	0.5	holocène	plein air			1								1	EVIDENCE FOR EOLIAN DEPOSITION IN THE SANDY UPLANDS OF EAST TEXAS AND THE IM	2002
116	ANGELUCCI DE, 2013, QUATERN INT	10.1016/j.quair	10	1.1	pléisto	abri sous roche		1									1	FORMATION PROCESSES AT A HIGH RESOLUTION MIDDLE PALEOLITHIC SITE: CUEVA ANT	2013
117	TOLKSDORF JF, 2013, GEOARCHAEOL	10.1002/gea.21	10	1.1	pléisto	plein air		1	1	1							3	MULTIPROXY ANALYSES OF STRATIGRAPHY AND PALAEOENVIRONMENT OF THE LATE PAL	2013
118	LISA L, 2015, QUATERN INT	10.1016/j.quair	10	1.4	holocène	plein air		1									1	HOW WERE THE DITCHES FILLED? SEDIMENTOLOGICAL AND MICROMORPHOLOGICAL CLA	2015
119	TODISCO D, 2009, GEOARCHAEOLOGY	10.1002/gea.20	9	0.7	holocène	plein air					1	1	1		1		4	PALEOESKIMO SITE TAPHONOMY: AN ASSESSMENT OF THE INTEGRITY OF THE TAYARA S	2009
120	TOLKSDORF JF, 2009, J ARCHAEOL SC	10.1016/j.jas.20	9	0.7	holocène	plein air			1		1						2	THE EARLY MESOLITHIC HAVERBECK SITE, NORTHWEST GERMANY: EVIDENCE FOR PREB	2009
121	DRIESE SG, 2013, GEOARCHAEOLOGY	10.1002/gea.21	9	1.0	pléisto	plein air		1	1				1				3	ANALYSIS OF SITE FORMATION HISTORY AND POTENTIAL DISTURBANCE OF STRATIGRAPH	2013
122	AUBRY T, 2014, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.20	9	1.1	pléisto	abri sous roche		1			1						2	MIDDLE-TO-UPPER PALAEOLITHIC SITE FORMATION PROCESSES AT THE BORDES-FITTE R	2014
123	RIDKY J, 2014, EUR J ARCHAEOL	10.1179/14619	9	1.1	holocène	plein air		1			1						2	HOW WERE NEOLITHIC DITCHES FILLED IN? DEPOSITION STUDY OF TWO ENCLOSURES FI	2014
124	KRAJCARZ MT, 2016, QUATERN INT	10.1016/j.quair	9	1.5	pléisto	plein air		1	1	1	1						4	MIDDLE PALEOLITHIC SITES OF KATTA SAI IN WESTERN TIAN SHAN PIEDMONT, CENTRAL A	2016
125	MALLOL C, 2011, GEOARCHAEOLOGY	10.1002/gea.20	8	0.7	pléisto	plein air		1	1								2	DEPOSITIONAL AND PALEOENVIRONMENTAL SETTING OF THE BIZAT RUHAMA EARLY PLEI	2011
126	ANGELUCCI DE, 2013, QUATERNARY S	10.1016/j.quas	8	0.9	pléisto	abri sous roche		1									1	RETHINKING STRATIGRAPHY AND SITE FORMATION OF THE PLEISTOCENE DEPOSIT AT CU	2013
127	BANERJEA RY, 2015, ANTIQUITY	10.15184/aqy.3	8	1.1	holocène	construction		1							1		2	USING EXPERIMENTAL ARCHAEOLOGY AND MICROMORPHOLOGY TO RECONSTRUCT TIME	2015
128	SULAS F, 2019, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.20	8	2.7	holocène	plein air			1	1	1						3	SOIL GEOCHEMISTRY, PHYTOLITHS AND ARTEFACTS FROM AN EARLY SWAHILI DAUB HOU	2019
129	SCHULDENREIN J, 2001, GEOARCHAE	10.1002/gea.10	7	0.3	holocène	grotte		1	1								2	STRATIGRAPHY, SEDIMENTOLOGY, AND SITE FORMATION AT KONISPOL CAVE, SOUTHWE	2001
130	ISMAIL-MEYER K, 2014, VEG HIST ARC	10.1007/s0033	7	0.9	holocène	aquatique		1									1	THE POTENTIAL OF MICROMORPHOLOGY FOR INTERPRETING SEDIMENTATION PROCESS	2014
131	EGELAND CP, 2016, ARCHAEOL RES A	10.1016/j.ara.2	7	1.2	pléisto	plein air					1	1	1				3	BAGRATASHEN 1, A STRATIFIED OPEN-AIR MIDDLE PALEOLITHIC SITE IN THE DEBED RIVE	2016
132	MACPHAIL RI, 2017, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.20	7	1.4	holocène	plein air		1	1								2	MARCO GONZALEZ, AMBERGRIS CAYE, BELIZE: A GEOARCHAEOLOGICAL RECORD OF GRO	2017
133	ROCHE H, 2018, AFR ARCHAEOL REV	10.1007/s1043	7	1.8	pléisto	plein air					1						1	NAIYENA ENGOL 2 (WEST TURKANA, KENYA): A CASE STUDY ON VARIABILITY IN THE OLDO	2018
134	WESLEY D, 2018, AUST ARCHAEOL	10.1080/03122	7	1.8	holocène	abri sous roche			1		1						2	INDIGENOUS BUILT STRUCTURES AND ANTHROPOGENIC IMPACTS ON THE STRATIGRAPH	2018
135	MACPHAILL RI, 2008, GEOARCHAEOLO	10.1002/gea.20	6	0.4	pléisto	plein air		1									1	A MICROMORPHOLOGICAL ANALYSIS OF STRATIGRAPHIC INTEGRITY AND SITE FORMATIO	2008
136	MCCALL GS, 2010, LITHIC TECHNOL	10.1080/01977	6	0.5	diachro	divers	1				1						1	REFITTING RATE AS A TOOL FOR INVESTIGATING GEOLOGICAL AND BEHAVIORAL ASPECT	2010
137	NICOSIA C, 2013, GEOARCHAEOLOGY	10.1002/gea.21	6	0.7	holocène	plein air		1	1								2	LAND USE HISTORY AND SITE FORMATION PROCESSES AT THE PUNIC SITE OF PAULI STIN	2013
138	SCHOTT AM, 2017, GEOARCHAEOLOG	10.1002/gea.2	6	1.2	holocène	plein air			1								1	SITE FORMATION PROCESSES AND DEPOSITIONAL ENVIRONMENT OF A FINE-GRAINED AL	2017
139	INGLIS RH, 2018, GEOARCHAEOLOGY	10.1002/gea.21	6	1.5	pléisto	grotte		1	1								2	SEDIMENT MICROMORPHOLOGY AND SITE FORMATION PROCESSES DURING THE MIDDLE	2018
140	LI H, 2018, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.20	6	1.5	pléisto	plein air			1		1	1					3	FORMATION PROCESSES AT THE EARLY LATE PLEISTOCENE ARCHAIC HUMAN SITE OF LIN	2018
141	BENEDETTI MM, 2019, GEOARCHAEOL	10.1002/gea.21	6	2.0	pléisto	grotte			1								1	LATE PLEISTOCENE SITE FORMATION AND PALEOCLIMATE AT LAPA DO PICAREIRO, PORTI	2019

								sédiment			mobilier								
n°	référence de l'article	DOI	total de citations (WOS)	moyenne de citations par an	période chrono.	contexte géomorpho.	synthèse / théorie / méthodo	micromorphologie	analyses physico-chimiques	analyses biologiques	analyse spatiale	analyse des fabriques	distribution granulométrique	états de surface (lithique)	expérimentation	ethnologie	total outils indépendants	titre de l'article	année
142	SHERWOOD SC, 2019, J ARCHAEOL SC	10.1016/j.jas.2	6	2.0	holocène	plein air		1	1	1							3	NEW EXCAVATIONS IN EASTER ISLAND'S STATUE QUARRY: SOIL FERTILITY, SITE FORMAT	2019
143	BOSCHIAN G, 2017, QUATERN INT	10.1016/j.quain	5	1.0	pléisto	grotte		1	1								2	LATE NEANDERTALS IN DALMATIA: SITE FORMATION PROCESSES, CHRONOLOGY, CLIMAT	2017
144	BLEICHER N, 2018, J ARCHAEOL SCI	10.1016/j.jas.2	5	1.3	holocène	aquatique		1	1	1	1						4	MIDDENS, CURRENTS AND SHORELINES: COMPLEX DEPOSITIONAL PROCESSES OF WATE	2018
145	LOWE KM, 2018, ARCHAEOL ANTHROP	10.1007/s1252	5	1.3	pléisto	abri sous roche		1	1								2	A MULTI-PROXY STUDY OF ANTHROPOGENIC SEDIMENTATION AND HUMAN OCCUPATION	2018
146	SORDOILLET D, 2018, J ARCHAEOL SC	10.1016/j.jas.2	5	1.3	holocène	plein air		1	1								2	EARLIEST SALT WORKING IN THE WORLD: FROM EXCAVATION TO MICROSCOPY AT THE P	2018
147	DUARTE C, 2019, ARCHAEOL ANTHROP	10.1007/s1252	5	1.7	holocène	plein air		1									1	THE MICROSTRATIGRAPHIC RECORD OF HUMAN ACTIVITIES AND FORMATION PROCESSES	2019
148	MENDEZ-QUINTAS E, 2019, J ARCHAEC	10.1016/j.jas.2	5	1.7	pléisto	plein air					1	1	1				3	GOMBORE II (MELKA KUNTURE, ETHIOPIA): A NEW APPROACH TO FORMATION PROCESSE	2019
149	MCADAMS C, 2020, GEOARCHAEOLOG	10.1002/gea.21	5	2.0	pléisto	grotte		1	1								2	THE PLEISTOCENE GEOARCHAEOLOGY AND GEOCHRONOLOGY OF CON MOONG CAVE, N	2020
150	GLAUBERMAN P, 2020, QUATERNARY S	10.1016/j.quas	4	2.0	pléisto	plein air		1	1		1		1	1			5	BAROZH 12: FORMATION PROCESSES OF A LATE MIDDLE PALEOLITHIC OPEN-AIR SITE IN V	2020
						total	32	87	63	15	58	14	13	7	20	5	282		

Annexe 2 (suite)

Aldeias V., Bicho N. (2016) – Embedded Behavior: Human Activities and the Construction of the Mesolithic Shellmound of Cabeço da Amoreira, Muge, Portugal, Geoarchaeology, p. 530-549

Andrews B.N. (2006) – Sediment consolidation and archaeological site formation, Geoarchaeology, 21, 5, p. 461-478.

Angelucci D.E. (2003) – Geoarchaeology and micromorphology of Abric de la Cativera (Catalonia, Spain), Catena, 54, 3, p. 573-601.

Angelucci D.E., Anesin D., López Martínez M., Haber Uriarte M., Rodríguez Estrella T., Walker M.J. (2013) – Rethinking stratigraphy and site formation of the Pleistocene deposit at Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar (Caravaca de la Cruz, Spain), Quaternary Science Reviews, 80, p. 195-199.

Angelucci D.E., Anesin D., Susini D., Villaverde V., Zapata J., Zilhão J. (2013) – Formation processes at a high resolution Middle Paleolithic site: Cueva Antón (Murcia, Spain), Quaternary International, 315, p. 24-41.

Angelucci D.E., Zilhão J. (2009) – Stratigraphy and formation processes of the Upper Pleistocene deposit at Gruta da Oliveira, Almonda karstic system, Torres Novas, Portugal, Geoarchaeology, 24, 3, p. 277-310.

Araujo A.G.M., Feathers J.K., Arroyo-Kalin M., Tizuka M.M. (2008) – Lapa das boleiras rockshelter: stratigraphy and formation processes at a paleoamerican site in Central Brazil, Journal of Archaeological Science, 35, 12, p. 3186-3202.

Araujo A.G.M., Strauss A.M., Feathers J.K., Paisani J.C., Schrage T.J. (2013) – Paleoindian Open-Air Sites in Tropical Settings: A Case Study in Formation Processes, Dating Methods, and Paleoenvironmental Models in Central Brazil, Geoarchaeology, 28, 3, p. 195-220.

Aubry T., Dimuccio L.A., Buylaert J.-P., Liard M., Murray A.S., Thomsen K.J., Walter B. (2014) – Middle-to-Upper Palaeolithic site formation processes at the Bordes-Fitte rockshelter (Central France), Journal of Archaeological Science, 52, p. 436-457.

Banerjea R.Y., Bell M., Matthews W., Brown A. (2015) – Applications of micromorphology to understanding activity areas and site formation processes in experimental hut floors, Archaeological and Anthropological Sciences, 7, 1, p. 89-112.

Banerjea R.Y., Fulford M., Bell M., Clarke A., Matthews W. (2015) – Using experimental archaeology and micromorphology to reconstruct timber-framed buildings from Roman Silchester: a new approach, Antiquity, 89, 347, p. 1174-1188.

Barton C.M., Bernabeu J., Aura J.E., Garcia O., La Roca N. (2002) – Dynamic landscapes, artifact taphonomy, and landuse modeling in the western Mediterranean, Geoarchaeology, 17, 2, p. 155-190.

Benedetti M.M., Haws J.A., Bicho N.F., Friedl L., Ellwood B.B. (2019) – Late Pleistocene site formation and paleoclimate at Lapa do Picareiro, Portugal, Geoarchaeology, 34, 6, p. 698-726.

Benito-Calvo A., Martínez-Moreno J., Jordá Pardo J.F., de la Torre I., Torcal R.M. (2009) – Sedimentological and archaeological fabrics in Palaeolithic levels of the South-Eastern Pyrenees: Cova Gran and Roca dels Bous Sites (Lleida, Spain), Journal of Archaeological Science, 36, 11, p. 2566-2577.

Benito-Calvo A., Martínez-Moreno J., Mora R., Roy M., Roda X. (2011) – Trampling experiments at Cova Gran de Santa Linya, Pre-Pyrenees, Spain: their relevance for archaeological fabrics of the Upper–Middle Paleolithic assemblages, Journal of Archaeological Science, 38, 12, p. 3652-3661.

Bertran P., Beauval C., Boulogne S., Brenet M., Costamagno S., Feuillet T., Laroulandie V., Lenoble A., Malaurent P., Mallye J.-B. (2015) – Experimental archaeology in a mid-latitude periglacial context: insight into site formation and taphonomic processes, Journal of Archaeological Science, 57, p. 283-301.

Bertran P., Lenoble A., Todisco D., Desrosiers P.M., Sørensen M. (2012) – Particle size distribution of lithic assemblages and taphonomy of Palaeolithic sites, Journal of Archaeological Science, 39, 10, p. 3148-3166.

Bertran P., Texier J.-P. (1995) – Fabric analysis: application to paleolithic sites, Journal of Archaeological Science, 22, 4, p. 521-535.

Blasi A., Politis G., Bayón C. (2013) – Palaeoenvironmental reconstruction of La Olla, a Holocene archaeological site in the Pampean coast (Argentina), Journal of Archaeological Science, 40, 3, p. 1554-1567.

Bleicher N., Antolín F., Heiri O., Häberle S., Plogmann H.H., Jacomet S., Pümpin C., Rentzel P., Schäfer M., Schibler J., Wiemann P., van Hardenbroek M., Tóth M., Zweifel N. (2018) – Middens, currents and shorelines: Complex depositional processes of waterlogged prehistoric lakeside settlements based on the example of Zurich-Parkhaus Opéra (Switzerland), Journal of Archaeological Science, 97, p. 26-41.

Bollong C.A. (2021) – Analysis of Site Stratigraphy and Formation Processes Using Patterns of Pottery Sherd Dispersion, Journal of Field Archaeology, 21, 1 p. 15-28.

Borić D., French C., Dimitrijević V. (2008) – Vlasac revisited: formation processes, stratigraphy and dating, Documenta Praehistorica, 35, p. 261-287.

Boschian G., Gerometta K., Ellwood B.B., Karavanić I. (2017) – Late Neandertals in Dalmatia: Site formation processes, chronology, climate change and human activity at Mujina Pećina, Croatia, Quaternary International, 450, p. 12-35.

Brantingham P.J., Surovell T.A., Waguespack N.M. (2007) – Modeling post-depositional mixing of archaeological deposits, Journal of Anthropological Archaeology, 26, 4, p. 517-540.

Bueno L., Feathers J., De Blasis P. (2013) – The formation process of a paleoindian open-air site in Central Brazil: integrating lithic analysis, radiocarbon and luminescence dating, Journal of Archaeological Science, 40, 1, p. 190-203.

Burroni D., Donahue R.E., Pollard A.M., Mussi M. (2002) – The Surface Alteration Features of Flint Artefacts as a Record of Environmental Processes, Journal of Archaeological Science, 29, 11, p. 1277-1287.

Butzer K.W. (2011) – Geoarchaeology, climate change, sustainability: A Mediterranean perspective, in Geoarchaeology, Climate Change, and Sustainability, , Geological Society of America, Special Papers, 476, p. 1-14

Byers D.A., Hargiss E., Finley J.B. (2015) – Flake Morphology, Fluvial Dynamics, and Debitage Transport Potential, Geoarchaeology, 30, 5, p. 379-392.

Cabanes D., Mallol C., Expósito I., Baena J. (2010) – Phytolith evidence for hearths and beds in the late Mousterian occupations of Esquilleu cave (Cantabria, Spain), Journal of Archaeological Science, 37, 11, p. 2947-2957.

Canti M., Huisman D.J. (2015) – Scientific advances in geoarchaeology during the last twenty years, Journal of Archaeological Science, 56, p. 96-108.

Canti M.G. (2003) – Earthworm Activity and Archaeological Stratigraphy: A Review of Products and Processes, Journal of Archaeological Science, 30, 2, p. 135-148.

Davidson D.A., Wilson C.A., Lemos I.S., Theocharopoulos S.P. (2010) – Tell formation processes as indicated from geoarchaeological and geochemical investigations at Xeropolis, Euboea, Greece, Journal of Archaeological Science, 37, 7, p. 1564-1571.

Dibble H.L., Holdaway S.J., Lin S.C., Braun D.R., Douglass M.J., Iovita R., McPherron S.P., Olszewski D.I., Sandgathe D. (2017) – Major Fallacies Surrounding Stone Artifacts and Assemblages, Journal of Archaeological Method and Theory, 24, 3, p. 813-851.

Domínguez-Rodrigo M., Bunn H.T., Pickering T.R., Mabulla A.Z.P., Musiba C.M., Baquedano E., Ashley G.M., Diez-Martin F., Santonja M., Uribelarrea D., Barba R., Yravedra J., Barboni D., Arriaza C., Gidna A. (2012) – Autochthony and orientation patterns in Olduvai Bed I: a re-examination of the status of post-depositional biasing of archaeological assemblages from FLK North (FLKN), Journal of Archaeological Science, 39, 7, p. 2116-2127.

Domínguez-Rodrigo M., Uribelarrea D., Santonja M., Bunn H.T., García-Pérez A., Pérez-González A., Panera J., Rubio-Jara S., Mabulla A., Baquedano E., Yravedra J., Diez-Martín F. (2014) – Autochthonous anisotropy of archaeological materials by the action of water: experimental and archaeological reassessment of the orientation patterns at the Olduvai sites, Journal of Archaeological Science, 41, p. 44-68.

Driese S.G., Nordt L.C., Waters M.R., Keene J.L. (2013) – Analysis of Site Formation History and Potential Disturbance of Stratigraphic Context in Vertisols at the Debra L. Friedkin Archaeological Site in Central Texas, USA, Geoarchaeology, 28, 3, p. 221-248.

Duarte C., Iriarte E., Diniz M., Arias P. (2017) – The microstratigraphic record of human activities and formation processes at the Mesolithic shell midden of Poças de São Bento (Sado Valley, Portugal), Archaeological and Anthropological Sciences, 11, p. 483–509.

Egeland C.P., Gasparian B., Fadem C.M., Nahapetyan S., Arakelyan D., Nicholson C.M. (2016) – Bagratashen 1, a stratified open-air Middle Paleolithic site in the Debed river valley of northeastern Armenia: A preliminary report, Archaeological Research in Asia, 8, p. 1-20.

Esdale J.A., Blanc R.J.L., Cinq J. (2001) – Periglacial geoarchaeology at the Dog Creek site, Northern Yukon, Geoarchaeology, 16, 2, p. 26.

Farrand W.R. (2001) – Sediments and stratigraphy in rockshelters and caves: A personal perspective on principles and pragmatics, Geoarchaeology, 16, 5, p. 537-557.

Frederick C.D., Bateman M.D., Rogers R. (2002) – Evidence for eolian deposition in the sandy uplands of East Texas and the implications for archaeological site integrity, Geoarchaeology, 17, 2, p. 191-217.

Friesem D., Boaretto E., Eliyahu-Behar A., Shahack-Gross R. (2011) – Degradation of mud brick houses in an arid environment: a geoarchaeological model, Journal of Archaeological Science, 38, 5, p. 1135-1147.

Friesem D.E. (2016) – Geo-ethnoarchaeology in action, Journal of Archaeological Science, 70, p. 145-157.

Friesem D.E., Karkanas P., Tsartsidou G., Shahack-Gross R. (2014) – Sedimentary processes involved in mud brick degradation in temperate environments: a micromorphological approach in an ethnoarchaeological context in northern Greece, Journal of Archaeological Science, 41, p. 556-567.

Friesem D.E., Lavi N., Madella M., Ajithprasad P., French C. (2016) – Site Formation Processes and Hunter-Gatherers Use of Space in a Tropical Environment: A Geo-Ethnoarchaeological Approach from South India M. D. Petraglia (dir.), PLOS ONE, 11, 10.

Friesem D.E., Tsartsidou G., Karkanas P., Shahack-Gross R. (2014) – Where are the roofs? A geo-ethnoarchaeological study of mud brick structures and their collapse processes, focusing on the identification of roofs, Archaeological and Anthropological Sciences, 6, 1, p. 73-92.

Friesem D.E., Zaidner Y., Shahack-Gross R. (2014) – Formation processes and combustion features at the lower layers of the Middle Palaeolithic open-air site of Nesher Ramla, Israel, Quaternary International, 331, p. 128-138.

García-Moreno A., Smith G.M., Kindler L., Pop E., Roebroeks W., Gaudzinski-Windheuser S., Klinkenberg V. (2016) – Evaluating the incidence of hydrological processes during site formation through orientation analysis. A case study of the middle Palaeolithic Lakeland site of Neumark-Nord 2 (Germany), Journal of Archaeological Science: Reports, 6, p. 82-93.

Giusti D., Arzarello M. (2016) – The need for a taphonomic perspective in spatial analysis: Formation processes at the Early Pleistocene site of Pirro Nord (P13), Apricena, Italy, Journal of Archaeological Science: Reports, 8, p. 235-249.

Glauberman P., Gasparyan B., Sherriff J., Wilkinson K., Li B., Knul M., Brittingham A., Hren M.T., Arakelyan D., Nahapetyan S., Raczynski-Henk Y., Haydosyan H., Adler D.S. (2020) – Barozh 12: Formation processes of a late Middle Paleolithic open-air site in western Armenia, Quaternary Science Reviews, 236, p. 106276.

Goldberg P., Aldeias V. (2016) – Why does (archaeological) micromorphology have such little traction in (geo)archaeology?, Archaeological and Anthropological Sciences, 10, p. 269–278.

Goldberg P., Berna F., Chazan M. (2015) – Deposition and Diagenesis in the Earlier Stone Age of Wonderwerk Cave, Excavation 1, South Africa, African Archaeological Review, 32, 4, p. 613-643.

Goldberg P., Miller C.E., Schiegl S., Ligouis B., Berna F., Conard N.J., Wadley L. (2009) – Bedding, hearths, and site maintenance in the Middle Stone Age of Sibudu Cave, KwaZulu-Natal, South Africa, Archaeological and Anthropological Sciences, 1, 2, p. 95-122.

Goldberg P., Sherwood S.C. (2006) – Deciphering human prehistory through the geoarcheological study of cave sediments, Evolutionary Anthropology: Issues, News and Reviews, 15, 1, p. 20-36.

Goldberg P., Weiner S., Bar-Yosef O., Xu Q., Liu J. (2001) – Site formation processes at Zhoukoudian, China, Journal of Human Evolution, 41, 5, p. 483-530.

Goodman-Elgar M. (2008) – The devolution of mudbrick: ethnoarchaeology of abandoned earthen dwellings in the Bolivian Andes, Journal of Archaeological Science, 35, 12, p. 3057-3071.

Graf K.E., DiPietro L.M., Krasinski K.E., Gore A.K., Smith H.L., Culleton B.J., Kennett D.J., Rhode D. (2015) – Dry Creek Revisited: New Excavations, Radiocarbon Dates, and Site Formation Inform on the Peopling of Eastern Beringia, American Antiquity, 80, 4, p. 671-694.

Hilton M.R. (2003) – Quantifying postdepositional redistribution of the archaeological record produced by freeze–thaw and other mechanisms: an experimental approach, Journal of Archaeological Method and Theory, 10, 3, p. 165-202.

Howard J.L., Ryzewski K., Dubay B.R., Killion T.W. (2015) – Artifact preservation and post-depositional site-formation processes in an urban setting: a geoarchaeological study of a 19th century neighborhood in Detroit, Michigan, USA, Journal of Archaeological Science, 53, p. 178-189.

Hutson S.R., Stanton T.W., Magnoni A., Terry R., Craner J. (2007) – Beyond the buildings: Formation processes of ancient Maya houselots and methods for the study of non-architectural space, Journal of Anthropological Archaeology, 26, 3, p. 442-473.

Inglis R.H., French C., Farr L., Hunt C.O., Jones S.C., Reynolds T., Barker G. (2018) – Sediment micromorphology and site formation processes during the Middle to Later Stone Ages at the Haua Fteah Cave, Cyrenaica, Libya, Geoarchaeology, 33, 3, p. 328-348.

Ismail-Meyer K. (2014) – The potential of micromorphology for interpreting sedimentation processes in wetland sites: a case study of a Late Bronze–early Iron Age lakeshore settlement at Lake Luokesa (Lithuania), Vegetation History and Archaeobotany, 23, 4, p. 367-382.

Ismail-Meyer K., Rentzel P., Wiemann P. (2013) – Neolithic Lakeshore Settlements in Switzerland: New Insights on Site Formation Processes from Micromorphology, Geoarchaeology, 28, 4, p. 317-339.

Kapper K.L., Anesin D., Donadini F., Angelucci D.E., Cavulli F., Pedrotti A., Hirt A.M. (2014) – Linking site formation processes to magnetic properties. Rock- and archeomagnetic analysis of the combustion levels at Riparo Gaban (Italy), Journal of Archaeological Science, 41, p. 836-855.

Karkanas P. (2001) – Site Formation Processes in Theopetra Cave: A Record of Climatic Change during the Late Pleistocene and Early Holocene in Thessaly, Greece, Geoarchaeology, 16, 4, p. 373-399.

Karkanas P., Brown K.S., Fisher E.C., Jacobs Z., Marean C.W. (2015) – Interpreting human behavior from depositional rates and combustion features through the study of sedimentary microfacies at site Pinnacle Point 5-6, South Africa, Journal of Human Evolution, 85, p. 1-21.

Karkanas P., Pavlopoulos K., Kouli K., Ntinou M., Tsartsidou G., Facorellis Y., Tsourou T. (2011) – Palaeoenvironments and site formation processes at the Neolithic lakeside settlement of Dispilio, Kastoria, Northern Greece, Geoarchaeology, 26, 1, p. 83-117.

Karkanas P., Shahackgross R., Ayalon A., Barmatthews M., Barkai R., Frumkin A., Gopher A., Stiner M. (2007) – Evidence for habitual use of fire at the end of the Lower Paleolithic: Site-formation processes at Qesem Cave, Israel, Journal of Human Evolution, 53, 2, p. 197-212.

Kern D.C., Lima H.P., da Costa J.A., de Lima H.V., Browne Ribeiro A., Moraes B.M., Kämpf N. (2017) – Terras pretas : Approaches to formation processes in a new paradigm, Geoarchaeology, 32, 6, p. 694-706.

Krajcarz M.T., Kot M., Pavlenok K., Fedorowicz S., Krajcarz M., Lazarev S.Yu., Mroczek P., Radzhabov A., Shnaider S., Szymanek M., Szymczak K. (2016) – Middle Paleolithic sites of Katta Sai in western Tian Shan piedmont, Central Asiatic loess zone: Geoarchaeological investigation of the site formation and the integrity of the lithic assemblages, Quaternary International, 399, p. 136-150.

Lenoble A., Bertran P. (2004) – Fabric of Palaeolithic levels: methods and implications for site formation processes, Journal of Archaeological Science, 31, 4, p. 457-469.

Lenoble A., Bertran P., Lacrampe F. (2008) – Solifluction-induced modifications of archaeological levels: simulation based on experimental data from a modern periglacial slope and application to French Palaeolithic sites, Journal of Archaeological Science, 35, 1, p. 99-110.

Li H., Li Z., Lotter M.G., Kuman K. (2018) – Formation processes at the early Late Pleistocene archaic human site of Lingjing, China, Journal of Archaeological Science, 96, p. 73-84.

Linstädter J., Kehl M. (2012) – The Holocene archaeological sequence and sedimentological processes at Ifri Oudadane, NE Morocco, Journal of Archaeological Science, 39, 10, p. 3306-3323.

Lisá L., Hošek J., Bajer A., Matys Grygar T., Vandenberghe D. (2014) – Geoarchaeology of Upper Palaeolithic loess sites located within a transect through Moravian valleys, Czech Republic, Quaternary International, 351, p. 25-37.

Lisá L., Komoróczy B., Vlach M., Válek D., Bajer A., Kovárník J., Rajtár J., Hüssen C.M., Šumberová R. (2015) – How were the ditches filled? Sedimentological and micromorphological classification of formation processes within graben-like archaeological objects, Quaternary International, 370, p. 66-76.

Lowe K.M., Mentzer S.M., Wallis L.A., Shulmeister J. (2018) – A multi-proxy study of anthropogenic sedimentation and human occupation of Gledswood Shelter 1: exploring an interior sandstone rockshelter in Northern Australia, Archaeological and Anthropological Sciences, 10, 2, p. 279-304.

Machado J., Hernández C.M., Mallol C., Galván B. (2013) – Lithic production, site formation and Middle Palaeolithic palimpsest analysis: in search of human occupation episodes at Abric del Pastor Stratigraphic Unit IV (Alicante, Spain), Journal of Archaeological Science, 40, 5, p. 2254-2273.

Macphail R.I., Graham E., Crowther J., Turner S. (2017) – Marco Gonzalez, Ambergris Caye, Belize: A geoarchaeological record of ground raising associated with surface soil formation and the presence of a Dark Earth, Journal of Archaeological Science, 77, p. 35-51.

Macphail R.I., McAvoy J.M. (2008) – A micromorphological analysis of stratigraphic integrity and site formation at Cactus Hill, an Early Paleoindian and hypothesized pre-Clovis occupation in south-central Virginia, USA, Geoarchaeology, 23, 5, p. 675-694.

Malinsky-Buller A., Hovers E., Marder O. (2011) – Making time: 'Living floors', 'palimpsests' and site formation processes – A perspective from the open-air Lower Paleolithic site of Revadim Quarry, Israel, Journal of Anthropological Archaeology, 30, 2, p. 89-101.

Mallol C. (2006) – What's in a beach? Soil micromorphology of sediments from the Lower Paleolithic site of 'Ubeidiya, Israel, Journal of Human Evolution, 51, 2, p. 185-206.

Mallol C., Hernández C.M., Cabanes D., Sistiaga A., Machado J., Rodríguez Á., Pérez L., Galván B. (2013) – The black layer of Middle Palaeolithic combustion structures. Interpretation and archaeostratigraphic implications, Journal of Archaeological Science, 40, 5, p. 2515-2537.

Mallol C., Mentzer S.M. (2015) – Contacts under the lens: Perspectives on the role of microstratigraphy in archaeological research, Archaeological and Anthropological Sciences, Archaeological and Anthropological Sciences volume 9, p. 1645–1669.

Mallol C., Mentzer S.M., Wrinn P.J. (2009) – A micromorphological and mineralogical study of site formation processes at the late Pleistocene site of Obi-Rakhmat, Uzbekistan, Geoarchaeology, 24, 5, p. 548-575.

Mallol C., Roura E.C. i (2008) – The Collapse of Gran Dolina cave, Sierra de Atapuerca, Spain: Site formation processes of layer TD10-1, Geoarchaeology, 23, 1, p. 13-41.

Mallol C., VanNieuwenhuyse D., Zaidner Y. (2011) – Depositional and Paleoenvironmental setting of the Bizat Ruhama early pleistocene archaeological assemblages, Northern Negev, Israel: A microstratigraphic perspective, Geoarchaeology, 26, 1, p. 118-141.

March R.J., Lucquin A., Joly D., Ferreri J.C., Muhieddine M. (2012) – Processes of Formation and Alteration of Archaeological Fire Structures: Complexity Viewed in the Light of Experimental Approaches, Journal of Archaeological Method and Theory, 21, 1, p. 1-45.

Matthews W., French C.A., Lawrence T., Cutler D.F., Jones M.K. (1997) – Microstratigraphic traces of site formation processes and human activities, World Archaeology, 29, 2, p. 281-308.

Mayer J.H. (2002) – Evaluating Natural Site Formation Processes in Eolian Dune Sands: A Case Study from the Krmpotich Folsom Site, Killpecker Dunes, Wyoming, Journal of Archaeological Science, 29, 10, p. 1199-1211.

McAdams C., Morley M.W., Fu X., Kandyba A.V., Derevianko A.P., Nguyen D.T., Doi N.G., Roberts R.G. (2019) – The Pleistocene geoarchaeology and geochronology of Con Moong Cave, North Vietnam: Site formation processes and hominin activity in the humid tropics, Geoarchaeology, p. gea.21758.

McCall G.S. (2010) – Refitting Rate as a Tool for Investigating Geological and Behavioral Aspects of Site Formation: Theoretical and Methodological Considerations, Lithic Technology, 35, 1, p. 25-35.

McPherron S.J.P. (2005) – Artifact orientations and site formation processes from total station proveniences, Journal of Archaeological Science, 32, 7, p. 1003-1014.

McPherron S.J.P., Dibble H.L., Goldberg P. (2005) – Z, Geoarchaeology, 20, 3, p. 243-262.

Mendez-Quintas E., Panera J., Altamura F., Di Bianco L., Melis R.T., Piarulli F., Ruta G., Mussi M. (2019) – Gombore II (Melka Kunture, Ethiopia): A new approach to formation processes and spatial patterns of an Early Pleistocene Acheulean site, Journal of Archaeological Science, 108, p. 104975.

Mercader J., Martí R., González I.J., Sánchez A., García P. (2003) – Archaeological Site Formation in Rain Forests: Insights From the Ituri Rock Shelters, Congo, Journal of Archaeological Science, 30, 1, p. 45-65.

Milek K.B. (2012) – Floor formation processes and the interpretation of site activity areas: An ethnoarchaeological study of turf buildings at Thverá, northeast Iceland, Journal of Anthropological Archaeology, 31, 2, p. 119-137.

Miller C.E., Goldberg P., Berna F. (2013) – Geoarchaeological investigations at Diepkloof Rock Shelter, Western Cape, South Africa, Journal of Archaeological Science, 40, 9, p. 3432-3452.

Miller C.E., Mentzer S.M., Berthold C., Leach P., Ligouis B., Tribolo C., Parkington J., Porraz G. (2016) – Site-formation processes at Elands Bay Cave, South Africa, Southern African Humanities, 29, 1, p. 69-128.

Miller C.E., Sievers C. (2012) – An experimental micromorphological investigation of bedding construction in the Middle Stone Age of Sibudu, South Africa, Journal of Archaeological Science, 39, 10, p. 3039-3051.

Morley M.W., Goldberg P., Sutikna T., Tocheri M.W., Prinsloo L.C., Jatmiko, Saptomo E.W., Wasisto S., Roberts R.G. (2017) – Initial micromorphological results from Liang Bua, Flores (Indonesia): Site formation processes and hominin activities at the type locality of Homo floresiensis, Journal of Archaeological Science, 77, p. 125-142.

Nicosia C., Langohr R., Carmona González P., Gómez Bellard C., Modrall E.B., Ruíz Pérez J.M., van Dommelen P. (2013) – Land Use History and Site Formation Processes at the Punic Site of Pauli Stincus in West Central Sardinia, Geoarchaeology, 28, 4, p. 373-393.

Peacock E., Fant D.W. (2002) – Biomantle formation and artifact translocation in upland sandy soils: An example from the Holly Springs National Forest, north-central Mississippi, USA, Geoarchaeology, 17, 1, p. 91-114.

Pei S., Niu D., Guan Y., Nian X., Yi M., Ma N., Li X., Sahnouni M. (2015) – Middle Pleistocene hominin occupation in the Danjiangkou Reservoir Region, Central China: studies of formation processes and stone technology of Maling 2A site, Journal of Archaeological Science, 53, p. 391-407.

Petraglia M.D. (2002) – The Heated and the Broken: Thermally Altered Stone, Human Behavior, and Archaeological Site Formation, North American Archaeologist, 23, 3, p. 241-269.

Phillips N., Pargeter J., Low M., Mackay A. (2019) – Open-air preservation of miniaturised lithics: experimental research in the Cederberg Mountains, southern Africa, Archaeological and Anthropological Sciences, 11, 11, p. 5851-5877.

Polo Díaz A., Martínez-Moreno J., Benito-Calvo A., Mora R. (2014) – Prehistoric herding facilities: site formation processes and archaeological dynamics in Cova Gran de Santa Linya (Southeastern Prepyrenees, Iberia), Journal of Archaeological Science, 41, p. 784-800.

Polo-Díaz A., Benito-Calvo A., Martínez-Moreno J., Mora Torcal R. (2016) – Formation processes and stratigraphic integrity of the Middle-to-Upper Palaeolithic sequence at Cova Gran de Santa Linya (Southeastern Prepyrenees of Lleida, Iberian Peninsula), Quaternary International, 417, p. 16-38.

Rick T.C., Erlandson J.M., Vellanoweth R.L. (2006) – Taphonomy and site formation on California's Channel Islands, Geoarchaeology, 21, 6, p. 567-589.

Řídký J., Končelová M., Šumberová R., Limburský P., Květina P. (2014) – How Were Neolithic Ditches Filled In? Deposition Study of Two Enclosures from Bohemia, European Journal of Archaeology, 17, 4, p. 579-601.

Roche H., de la Torre I., Arroyo A., Brugal J.-P., Harmand S. (2018) – Naiyena Engol 2 (West Turkana, Kenya): a Case Study on Variability in the Oldowan, African Archaeological Review, 35, 1, p. 57-85.

Rosenswig R.M. (2009) – Early Mesoamerican Garbage: Ceramic and Daub Discard Patterns from Cuauhtémoc, Soconusco, Mexico, Journal of Archaeological Method and Theory, 16, 1, p. 1-32.

Salvatori S., Usai D., Zerboni A. (2011) – Mesolithic Site Formation and Palaeoenvironment Along the White Nile (Central Sudan), African Archaeological Review, 28, 3, p. 177-211.

Schott A.M. (2017) – Site Formation Processes and Depositional Environment of a Fine-Grained Alluvial Floodplain at La Playa Archaeology Site, Sonora, Mexico, Geoarchaeology, 32, 2, p. 283-301.

Schuldenrein J. (2001) – Stratigraphy, sedimentology, and site formation at Konispol Cave, Southwest Albania, Geoarchaeology, 16, 5, p. 559-602.

Shahack-Gross R. (2017) – Archaeological formation theory and geoarchaeology: State-of-the-art in 2016, Journal of Archaeological Science, 79, p. 36-43.

Shahack-Gross R. (2011) – Herbivorous livestock dung: formation, taphonomy, methods for identification, and archaeological significance, Journal of Archaeological Science, 38, 2, p. 205-218.

Shahack-Gross R., Albert R.-M., Gilboa A., Nagar-Hilman O., Sharon I., Weiner S. (2005) – Geoarchaeology in an urban context: The uses of space in a Phoenician monumental building at Tel Dor (Israel), Journal of Archaeological Science, 32, 9, p. 1417-1431.

Sherwood S.C., Van Tilburg J.A., Barrier C.R., Horrocks M., Dunn R.K., Ramírez-Aliaga J.M. (2019) – New excavations in Easter Island's statue quarry: Soil fertility, site formation and chronology, Journal of Archaeological Science, 111, p. 104994.

Shillito L.-M., Matthews W. (2013) – Geoarchaeological Investigations of Midden-Formation Processes in the Early to Late Ceramic Neolithic Levels at Çatalhöyük, Turkey ca . 8550-8370 cal BP, Geoarchaeology, 28, 1, p. 25-49.

Simpson I.A., Barrett J.H. (1996) – Interpretation of Midden Formation Processes at Robert's Haven, Caithness, Scotland using Thin Section Micromorphology, Journal of Archaeological Science, 23, 4, p. 543-556.

Sitzia L., Bertran P., Boulogne S., Brenet M., Crassard R., Delagnes A., Frouin M., Hatté C., Jaubert J., Khalidi L., Messager E., Mercier N., Meunier A., Peigné S., Queffelec A., Tribolo C., Macchiarelli R. (2012) – The Paleoenvironment and Lithic Taphonomy of Shi'Bat Dihya 1, a Middle Paleolithic Site in Wadi Surdud, Yemen, Geoarchaeology, 27, 6, p. 471-491.

Sordoillet D., Weller O., Rouge N., Buatier M., Sizun J.-P. (2018) – Earliest salt working in the world: From excavation to microscopy at the prehistoric sites of Ţolici and Lunca (Romania), Journal of Archaeological Science, 89, p. 46-55.

Stahlschmidt M.C., Miller C.E., Ligouis B., Goldberg P., Berna F., Urban B., Conard N.J. (2015) – The depositional environments of Schöningen 13 II-4 and their archaeological implications, Journal of Human Evolution, 89, p. 71-91.

Suarez Villagran X., Gianotti C. (2013) – Earthen mound formation in the Uruguayan lowlands (South America): micromorphological analyses of the Pago Lindo archaeological complex, Journal of Archaeological Science, 40, 2, p. 1093-1107.

Sulas F., Kristiansen S.M., Wynne-Jones S. (2019) – Soil geochemistry, phytoliths and artefacts from an early Swahili daub house, Unguja Ukuu, Zanzibar, Journal of Archaeological Science, 103, p. 32-45.

Surovell T.A., Waguespack N.M., Mayer J.H., Kornfeld M., Frison G.C. (2005) – Shallow site archaeology: Artifact dispersal, stratigraphy, and radiocarbon dating at the Barger Gulch locality B Folsom Site, Middle Park, Colorado, Geoarchaeology, 20, 6, p. 627-649.

Tensorer J.-M.L., Jagher R., Rentzel P., Hauck T., Ismail-Meyer K., Pümpin C., Wojtczak D. (2007) – Long-term site formation processes at the natural springs Nadaouiyeh and Hummal in the El Kowm Oasis, Central Syria, Geoarchaeology, 22, 6, p. 621-640.

Todisco D., Bhiry N. (2008) – Palaeoeskimo site burial by solifluction: Periglacial geoarchaeology of the tayara site (KbFk-7), Qikirtaq Island, Nunavik (Canada), Geoarchaeology, 23, 2, p. 177-211.

Todisco D., Bhiry N., Desrosiers P.M. (2009) – Paleoeskimo site taphonomy: An assessment of the integrity of the Tayara site, Qikirtaq Island, Nunavik, Canada, Geoarchaeology, 24, 6, p. 743-791.

Toffolo M.B., Brink J.S., van Huyssteen C., Berna F. (2017) – A microstratigraphic reevaluation of the Florisbad spring site, Free State Province, South Africa: Formation processes and paleoenvironment: Toffolo et al., Geoarchaeology, 32, 4, p. 456-478.

Tolksdorf J.F., Kaiser K., Veil S., Klasen N., Brückner H. (2009) – The Early Mesolithic Haverbeck site, Northwest Germany: evidence for Preboreal settlement in the Western and Central European Plain, Journal of Archaeological Science, 36, 7, p. 1466-1476.

Tolksdorf J.F., Turner F., Kaiser K., Eckmeier E., Stahlschmidt M., Housley R.A., Breest K., Veil S. (2013) – Multiproxy Analyses of Stratigraphy and Palaeoenvironment of the Late Palaeolithic Grabow Floodplain Site, Northern Germany, Geoarchaeology, 28, 1, p. 50-65.

de la Torre I., Benito-Calvo A. (2013) – Application of GIS methods to retrieve orientation patterns from imagery; a case study from Beds I and II, Olduvai Gorge (Tanzania), Journal of Archaeological Science, 40, 5, p. 2446-2457.

de la Torre I., Benito-Calvo A., Proffitt T. (2017) – The impact of hydraulic processes in Olduvai Beds I and II, Tanzania, through a particle dimension analysis of stone tool assemblages, Geoarchaeology, 33, 2, p. 218-236.

de la Torre I., Wehr K. (2018) – Site formation processes of the early Acheulean assemblage at EF-HR (Olduvai Gorge, Tanzania), Journal of Human Evolution, 120, p. 298-328.

Tsatskin A., Nadel D. (2003) – Formation processes at the Ohalo II submerged prehistoric campsite, Israel, inferred from soil micromorphology and magnetic susceptibility studies, Geoarchaeology, 18, 4, p. 409-432.

Tsatskin A., Zaidner Y. (2014) – Geoarchaeological context of the later phases of Mousterian occupation (80–115 ka) at Nesher Ramla, Israel: Soil erosion, deposition and pedogenic processes, Quaternary International, 331, p. 103-114.

Vanzetti A., Vidale M., Gallinaro M., Frayer D.W., Bondioli L. (2010) – The iceman as a burial, Antiquity, 84, 325, p. 681-692.

Vaquero M., Fernández-Laso M.C., Chacón M.G., Romagnoli F., Rosell J., Sañudo P. (2017) – Moving things: Comparing lithic and bone refits from a Middle Paleolithic site, Journal of Anthropological Archaeology, 48, p. 262-280.

Villagran X.S. (2014) – A redefinition of waste: Deconstructing shell and fish mound formation among coastal groups of southern Brazil, Journal of Anthropological Archaeology, 36, p. 211-227.

Villagran X.S., Balbo A.L., Madella M., Vila A., Estevez J. (2011) – Experimental micromorphology in Tierra del Fuego (Argentina): building a reference collection for the study of shell middens in cold climates, Journal of Archaeological Science, 38, 3, p. 588-604.

Villagran X.S., Klokler D., Peixoto S., DeBlasis P., Giannini P.C.F. (2011) – Building Coastal Landscapes: Zooarchaeology and Geoarchaeology of Brazilian Shell Mounds, The Journal of Island and Coastal Archaeology, 6, 2, p. 211-234.

Villagran X.S., Schaefer C.E.G.R., Ligouis B. (2013) – Living in the cold: Geoarchaeology of sealing sites from Byers Peninsula (Livingston Island, Antarctica), Quaternary International, 315, p. 184-199.

Villagran X.S., Strauss A., Miller C., Ligouis B., Oliveira R. (2017) – Buried in ashes: Site formation processes at Lapa do Santo rockshelter, east-central Brazil, Journal of Archaeological Science, 77, p. 10-34.

Ward I., Larcombe P. (2003) – A process-orientated approach to archaeological site formation: application to semi-arid Northern Australia, Journal of Archaeological Science, 30, 10, p. 1223-1236.

Ward I., Veth P., Prossor L., Denham T., Ditchfield K., Manne T., Kendrick P., Byrne C., Hook F., Troitzsch U. (2017) – 50,000 years of archaeological site stratigraphy and micromorphology in Boodie Cave, Barrow Island, Western Australia, Journal of Archaeological Science: Reports, 15, p. 344-369.

Wesley D., Litster M., Moffat I., O'Connor S. (2018) – Indigenous built structures and anthropogenic impacts on the stratigraphy of Northern Australian rockshelters: insights from Malarrak 1, north western Arnhem Land, Australian Archaeology, 84, 1, p. 3-18.

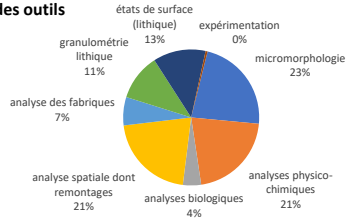
Woodward J.C., Hamlin R.H.B., Macklin M.G., Karkanas P., Kotjabopoulou E. (2001) – Quantitative sourcing of slackwater deposits at Boila rockshelter: A record of lateglacial flooding and Paleolithic settlement in the Pindus Mountains, Northwest Greece, Geoarchaeology, 16, 5, p. 501-536.

Wright D.K., Thompson J.C., Schilt F., Cohen A.S., Choi J.-H., Mercader J., Nightingale S., Miller C.E., Mentzer S.M., Walde D., Welling M., Gomani-Chindebvu E. (2017) – Approaches to Middle Stone Age landscape archaeology in tropical Africa, Journal of Archaeological Science, 77, p. 64-77.

Annexe 3 : Liste des sites étudiés constitués d'une ou plusieurs nappes de mobilier (M. Rué). En gris, les sites marocains. En bleu, les références insérées dans ce mémoire (le site néolithique de Mitra 5 n'apparaît pas, n'étant pas formé d'une nappe de mobilier, ni le site expérimental de Villard-de-Lans).
La colonne « croisement des résultats sédiment / mobilier » indique si le niveau 3 de l'étude taphonomique a été atteint (§ 2.3.) : 1 = oui, 0 = non.

												sédiment			mobilier						résultats géoarchéologiques	
n°	Identifiant	Nom du site	Commune (département)	Année(s) de fouille	Opération préventive ou programmée	Responsable(s) de l'opération	Principal organisme	Contexte géomorphologique	Période chronoculturelle du ou des épandages de mobilier	Auteur(s) de l'étude géoarchéologique	Présence significative de faune	micromorphologie	analyses physico-chimiques	analyses biologiques	analyse spatiale dont remontages	analyse des fabriques	granulométrie lithique	états de surface (lithique)	expérimentation	Total outils	Croisement des résultats sédiment / mobilier	Rapport de fouille	Publication
1	AND	Montagne d'Andance	Saint-Bauzile (07)	2008	prév.	S. Bernard-Guelle	Paléotime	Haut de versant, paléovallon	Moustérien	M. Rué		1	1		1			1		4	1	Bernard-Guelle et al. 2009	Bernard-Guelle et al. 2011
2	CLP	Le Péhau	Coimères (33)	2008	prév.	G. Monin	Paléotime	Terrasse alluviale	Badegoulien	P. Gardère, M. Rué		1	1		1					3	1	Monin et al. 2014	
3	CPL	Puy Long	Clermont-Ferrand (63)	2008	prév.	E. Thirault	Paléotime	Versant	Bronze ancien	M. Rué		1	1	1	1					4	1	Thirault et al. 2009	
4	SPA	Saint-Pierre	Les Arcs-sur-Argens (84)	2008	prév.	J.-P. Bracco	Paléotime	Versant	Epigravettien	M. Rué		1	1							2	0	Bracco et al. 2011	
5	AL2	Labarthe 2	Argelos (64)	2009	prév.	E. Thirault	Paléotime	Bas de versant	Néolithique, Age du Fer	M. Rué		1	1		1					3	1	Thirault et al. 2011	Thirault et al. 2012
6	BART	Barbiegn	Roquefort (40)	2009	prév.	P. François	Paléotime	Versant	Mésolithique à Bronze	M. Rué		1	1		1					3	0	Pellissier et al. 2011	
7	BLM	Les Misagroux	Blois (41)	2009	prév.	M. Pellissier	Paléotime	Plateau	Néolithique	P. Gardère, M. Rué		1	1		1					3	0	Pellissier et al. 2010	
8	CB	Bénazit	Cazères-sur-l'Adour (40)	2009	prév.	E. Spinapolice	Paléotime	Terrasse alluviale	Acheuléen	M. Rué		1	1		1					3	0	Spinapolice et al. 2010	
9	PHD	Hin de Diou	Pujo-le-Plan (40)	2009	prév.	T. Briand	Paléotime	Haut de versant	Gravettien	M. Rué		1	1		1					3	0	Remicourt et al. 2010	
10	SGL	Latrote	Saint-Gein (40)	2009	prév.	S. Bernard-Guelle	Paléotime	Haut de versant	Moustérien	M. Rué		1	1		1			1	1	5	1	Bernard-Guelle et al. 2010	Bernard-Guelle et al. 2014
11	DCV	Le Chêne Vert	Dirac (16)	2010	prév.	M.-C. Dawson	Paléotime	Versant	Moustérien	M. Rué		1	1		1	1	1	1		6	1	Dawson et al. 2011	Dawson et al. 2012
12	CPB	Le Petit Beaulieu	Clermont-Ferrand (63)	2010 à 2011	prév.	E. Thirault	Paléotime, Archéodunum	Versant	Bronze ancien	M. Rué		1	1	1	1					4	1	Thirault et al. 2014	
13	BGL	Brignol	Villeneuve-sur-Lot (47)	2011	prév.	R. Picavet	Paléotime	Terrasse alluviale	Aurignacien	M. Rué		1	1		1			1	1	5	1	Picavet et al. 2013a	**Anderson et al. 2016, 2019**
14	BPL	Les Plantins	Beynes (78)	2011	prév.	A. Hauzeur	Paléotime	Versant	Néolithique	M. Rué		1	1		1					3	1	Hauzeur et al. 2012	
15	BB2	Les Barasses II	Balazuc (07)	2011 à 2013	prog.	C. Daujeard	CNRS	Grotte	Moustérien	M. Rué	x	1	1	1	1	1		1		6	1	Daujeard et al. 2011 à 2013	**Daujeard et al. 2018**
16	JI	Djebel Irhoud	Youssoufia (Maroc)	2011	prog.	J.-P. Raynal	Institut Max Planck	Grotte	Middle Stone Age	J.-P. Raynal, M. Rué	x	1								1	0	-	**Richter et al. 2017**
17	MBC	Bois Clair	Montguyon (17)	2011	prév.	S. Bernard-Guelle	Paléotime	Haut de versant	Moustérien, Azilien	M. Rué		1	1		1	1	1	1		6	1	Bernard-Guelle et al. 2014	Bernard-Guelle et al. 2017
18	ALH	Bois de Sirion	Auvers-le-Hamon (72)	2012	prév.	B. Huet	Paléotime	Haut de versant	Moustérien	M. Rué		1	1		1	1	1	1		6	1	Huet et al. 2015	
19	CGP	La Grande Pièce	Citry (77)	2012	prév.	A. Hauzeur	Paléotime	Plaine alluviale	Epipaléo, Méso, Néo, Bronze	M. Rué		1		1	1					3	0	Hauzeur et al. 2014	Hauzeur, Rué 2018
20	CSL	Saint-Lizier	Creysse (24)	2012	prév.	P. Tallet	Paléotime	Terrasse alluviale, paléochenal	Epipaléolithique, Mésolithique	M. Rué		1	1		1			1	1	5	1	Tallet et al. 2013	Chesnaux et al. 2018
21	FLR	Le Sarret, ZAC des Chalus	Forcalquier (04)	2012	prév.	R. Picavet	Paléotime	Versant	Moustérien, Néolithique	B. Moulin, M. Rué		1	1	1	1					4	1	Picavet et al. 2013b	
22	GDG	Grotte des Gazelles	Dar Bouazza, Maroc	2012 à 2015	prog.	J.-P. Raynal	CNRS	Grotte	Middle Stone Age	M. Rué, J.-P. Raynal	x	1	1							2	*en cours*	*(rapports de mission)*	*en cours*
23	GDR	Grotte des Rhinocéros	Casablanca, Maroc	2012 à 2018	prog.	J.-P. Raynal	CNRS	Grotte	Acheuléen	J.-P. Raynal, D. Lefèvre, M. Rué	x	1	1		1	1	1			5	*en cours*	*(rapports de mission)*	Daujeard et al. 2020
24	MPM	Plaine de Montaigu	Melun (77)	2013	prév.	P. Tallet	Paléotime	Bas de versant	Moustérien, Paléo. supérieur	A. Ajas, M. Rué		1	1		1		1	1		5	1	Tallet et al. 2015	
25	PPL	Fond d'Arrêt, Pierre Levée	Pussigny (37)	2013	prév.	M. Laroche	Paléotime	Versant, paléovallons	Néolithique, Age du Fer	M. Rué		1	1		1					3	0	Laroche et al. 2015	Laroche et al. 2018
26	GH	Grotte à Hominidés	Casablanca, Maroc	2014 à 2018	prog.	J.-P. Raynal	CNRS	Grotte	Acheuléen	J.-P. Raynal, D. Lefèvre, M. Rué	x	1	1		1		1	1		5	*en cours*	*(rapports de mission)*	*en cours*
27	ALB1	Fossé du Bois	Appoigny (89)	2015	prév.	F. Charlier, A. Taylor	Archeodunum, Paléotime	Terrasse alluviale, paléochenal	Moustérien	M. Rué		1	1		1	1	1	1		6	1	Grasso et al. 2021	Taylor et al. 2021
28	BDF	3 rue des Bordes	Bondoufle (91)	2015	prév.	R. Picavet	Paléotime	Bas de versant	Mésolithique	M. Rué		1	1		1		1	1		5	1	Picavet et al. 2017	
29	CCB	Chemin de la Bretechelle	Les Clayes-sous-Bois (78)	2015	prév.	P. Tallet	Paléotime	Versant, paléovallon	Moustérien	A. Ajas, M. Rué		1	1		1	1	1	1		6	1	Tallet et al. 2016	
30	GZA	Bidau	Garlin (64)	2015	prév.	A. Taylor	Paléotime	Terrasse alluviale	Acheuléen, Moustérien	M. Rué		1			1			1		3	1	Taylor et al. 2017	**Taylor et al. 2020a**
31	PBV1	Les Basses Veuves, zone 3	Pont-sur-Yonne (89)	2015	prév.	L. Fénéon	Paléotime	Plaine alluviale	Néolithique, Protohistoire	A. Ajas, M. Rué		1	1		1					3	1	Fénéon et al. 2016	
32	FL	Fournol	Soturac (46)	2015 à 2018	prog.	A. Morala	MNP, CNRS	Abri sous roche	Aurignacien, Gravettien	M. Rué	x	1	1		1	1				4	0	Morala et al. 2016 à 2018	
33	SBH	Bois de l'Hôpital	Saint-Sulpice (81)	2015 à 2016	prév.	S. Bernard-Guelle	Paléotime	Terrasse alluviale	Acheuléen, Moustérien	A. Ajas, M. Rué		1	1		1		1	1	1	6	1	Bernard-Guelle et al. 2019	*en cours*
34	ALB2	Chaumois	Appoigny (89)	2016	prév.	J. Grasso, A. Taylor	Archeodunum, Paléotime	Terrasse alluviale	Magdalénien	M. Rué		1	1		1	1	1	1		6	1	**Grasso et al. 2021**	Bodu et al. 2019
35	ALG	Les Genêts	Ablis (78)	2016	prév.	A. Hauzeur	Paléotime	Plateau	Néolithique à actuel	M. Rué		1	1							2	0	Hauzeur, Rué 2018	**Rué, Hauzeur 2019**
36	NYS	Le Busa	Noyers-sur-Cher (41)	2016 et 2017	prév.	R. Picavet, H. Lethrosne	Paléotime	Plaine alluviale, paléochenaux	Néolithique	C. Recq, M. Rué		1	1		1		1	1		5	0	Lethrosne et al. 2020	Vayssière et al. 2019
37	LVI	Rue Claudy	Lyon (Vaise)	2017	prév.	A. Taylor	Paléotime, Evéha	Plaine alluviale	Mésolithique, Néolithique	M. Rué	x	1	1		1	1	1	1		6	1	Taylor et al. 2020b	
38	LLT	6 rue de la Treille	Lempdes (63)	2018	prév.	A. Duny	Paléotime	Versant	Néolithique, Bronze	M. Rué					1					1	0	Duny et al. 2020	
39	PBV2	Les Basses Veuves, zone 2	Pont-sur-Yonne (89)	2018	prév.	L. Fénéon	Paléotime	Plaine alluviale, paléochenaux	Mésolithique à Age du Fer	M. Rué		1	1		1	1	1	1		6	1	Fénéon et al. 2021	
40	BLA	Ancien aérodrome	Brive-la-Gaillarde (19)	2019	prév.	G. Monin	Paléotime	Terrasse alluviale	Moustérien	M. Rué		1	1		1		1	1		5		*en cours*	
41	PCH1	Chemin Herbu, secteur 2a	Persan (95)	2019	prév.	A. Taylor, A. Lebrun	Paléotime, Evéha	Fond de vallée	Epipaléolithique, Mésolithique	M. Rué	x	1	1	1	1	1	1	1		7		*en cours*	
42	CLC	Le Cassé	Cornebarrieu (31)	2020	prév.	P. Tallet	Paléotime	Terrasse alluviale	Acheuléen, Moustérien	M. Rué, A. Ajas		1	1		1		1	1		5		*en cours*	
43	NVC	Les Courroies	Nîmes (30)	2020	prév.	M. Laroche	Paléotime	Plaine alluviale, paléochenaux	Campaniforme	M. Rué		1	1	1	1					4		*en cours*	
44	CLR	Les Rousses	Charentay (69)	2021	prév.	G. Maza, A. Taylor	Evéha, Paléotime	Terrasse alluviale	Moustérien	M. Rué		1	1		1			1		4		*en cours*	
45	PCH2	Chemin Herbu, secteur 2c	Persan (95)	2021	prév.	A. Taylor	Paléotime	Fond de vallée	Mésolithique	M. Rué	x	1	1	1	1	1	1	1		7		*en cours*	
46	SPL	Les Hauts de Lestrade	Saint-Pantaléon-de-Larche (19)	2021	prév.	C. Viallet	Paléotime	Terrasse alluviale, paléovallon	Moustérien	M. Rué		1	1		1		1	1		5		*en cours*	
47	VBT	Les Tierces	Villarodin-Bourget (73)	2021	prév.	A. Duny	Paléotime	Versant, dolines	Age du Bronze	M. Rué		1	1	1	1					4		*en cours*	
48	DLE	Les Effaneaux	Dhuisy (77)	2021	prév.	G. Cartron, P. Tallet	Evéha, Paléotime	Plateau, haut de versant	Moustérien	M. Rué, H.-G. Naton		1	1		1	1	1	1		6		*en cours*	
											total	47	44	9	44	14	23	26	1			
												48%			51%				0%				

répartition des outils utilisés



Formation

1996	BTS Géologie appliquée (Lycée Loritz et ENSG, Nancy).
1998	Licence Sciences de la Terre, option archéologie (Université de Bourgogne, Dijon).
1999	Maîtrise Sciences de l'Environnement (Université Claude Bernard, Lyon 1).
2002	DEA Géosystèmes, Environnement, Evolution (Université de Bourgogne, Dijon).

Emplois

1999 à 2001	Archéologue technicien et documentaliste au SRA de Bourgogne, Dijon (service civil).
2001 à 2006	Médiateur du patrimoine archéologique et archéologue technicien au Groupe de Recherche Archéologique de Tournus, Saône-et-Loire (CDI).
2006 et 2007	Archéologue technicien au sein de différents opérateurs d'archéologie préventive (Inrap, Archéodunum, SAV de Lyon) (CDD). Responsable d'opération et géoarchéologue à l'Inrap (CDD).
Depuis 2008	Géoarchéologue à Paléotime (CDI).

Publications

Articles de revue en anglais

Vysloužilová B., Ertlen D., Šefrna L., Novák T., Virágh K., **Rué M.**, Campaner A., Dreslerová D., Schwartz D. (2015) – Investigation of vegetation history of buried chernozem soils using near-infrared spectroscopy (NIRS). *Quaternary International*, vol. 365, p. 203-211.

Richard M., Falguères C., Pons-Branchu E., Bahain J.-J., Voinchet P., Lebon M., Valladas H., Dolo J.-M., Puaud S., **Rué M.**, Daujeard C., Moncel M.-H., Raynal J.-P. (2015) – Contribution of ESR/U-series dating to the chronology of late Middle Palaeolithic sites in the middle Rhône valley, southeastern France, *Quaternary Geochronology*, vol. 30, part B, p. 529-534.

Andrieux E., Bertran P., Antoine P., Deschodt L., Lenoble A., Coutard S., avec la collab. de Ajas A., Borderie Q., Coutard J.-P., Didierjean F., Dousteyssier B., Ferrier C., Gardère P., Gé T., Liard M., Locht J.-L., Naton H.-G., **Rué M.**, Sitzia L., Van Vliet-Lanoë B., Vernet G. (2016) – Database of pleistocene periglacial features in France: description of the online version. *Quaternaire*, 27, 4, p. 329-339.

Rufà A., Blasco R., Roger T., **Rué M.**, Daujeard C. (2017) – A rallying point for different predators: the avian record from a Late Pleistocene sequence of Grotte des Barasses II (Balazuc, Ardèche, France). *Archaeological and Anthropological Sciences,* p. 1-18.

Richter D., Grün R., Joannes-Boyau R., Steele T. E., Amani F., **Rué M.**, Fernandes P., Raynal J.-P., Geraads D., Ben-Ncer A., Hublin J.-J., McPherron S. P. (2017) – The age of the hominin fossils from Jebel Irhoud, Morocco, and the origins of the Middle Stone Age. *Nature*, 546, 7657, p. 293-296.

Vayssière A., **Rué M.**, Recq R., Gardère P., Bozsó E., Castanet C., Virmoux C., Gautier E. (2019) – Lateglacial changes in river morphologies of northwestern Europe: an example of a smooth response to climate forcing (Cher River, France). *Geomorphology,* 342, p. 20-36.

Villotte S., Crépin L., **Rué M.**, Bocaege E., Le Luyer M., Madeleine S., Caverne J.-B., Morala A. (2019) – Evidence for unknown mortuary practices in the South West of France (Fournol, Lot) during the Gravettian. *Journal of Archaeological Science: Reports,* 27, 10 p.

Mohib A., Raynal J.-P., Gallotti R., Daujeard C., El Graoui M., Fernandes P., Geraads D., Magoga L., **Rué M.,** Sbihi-Alaoui F.-Z., Lefèvre D. (2019) – Forty years of research at Casablanca (Morocco): new insights in the Early/Middle Pleistocene archaeology and geology. *Revue Hespéris-Tamuda*, 3, p. 25-56.

Daujeard C., Falguères C., Shao Q., Geraads D., Hublin J.-J., Lefèvre D., El Graoui M., **Rué M.**, Gallotti R., Delvigne V., Queffelec A., Ben Arous E., Tombret O., Mohib A., Raynal J.-P. (2020) – Earliest African evidence of carcass processing and consumption in cave at 700 ka, Casablanca, Morocco. *Scientific Reports*, 15 p.

Gallotti R., Muttoni G., Lefèvre D., Degeai J.-P., Geraads D., Zerboni A., Andrieu-Ponel V., Maron M., Perini S., El Graoui M., Sanz-Laliberté S., Daujeard C., Fernandes P., **Rué M.**, Magoga L., Mohib A., Raynal J.-P. (2021) - First high-resolution chronostratigraphy for the early North African Acheulean at Casablanca, Morocco. *Scientific Reports*, 14 p.

Articles de revue en français

Surmely F., Liégard S., Fourvel A., Alix P., Jautée E., **Rué M.** (2002) – Contribution à l'étude de la circulation sur de longues distances des matières premières lithiques au Paléolithique. Les nucléus mis en forme découverts le long de la vallée de la Loire (départements de l'Allier, de la Saône-et-Loire et de la Loire). *Paléo*, n° 14, p. 265-274.

Bernard-Guelle S., **Rué M.**, Fernandes P., Courty, M.-A., Piboule M., Coudenneau A., Argant J., Picavet R., Dawson M.-C. (2011) – Le site moustérien d'Andance (Saint-Bauzile, Ardèche) : un habitat de hauteur en contexte basaltique dans la moyenne vallée du Rhône. *Bull. Société Préhistorique Française*, t. 108, n°4, p. 671-695.

Gaime S., Gauthier F., Mille P., Guyot S., Dunikowski C., Lefevre J.-C., Perrault C., Prat B., **Rué M.**, Caillat P. (2011) – Un site castral au début de la guerre de Cent Ans : le Tronçais à Chevagnes (Allier). *Archéologie Médiévale*, CNRS éd., tome 41, p. 77- 122.

Dawson M.-C., Bernard-Guelle S., **Rué M.**, Fernandes P. (2012) – Nouvelles données sur l'exploitation des gîtes de silex au Paléolithique moyen : l'atelier de taille moustérien du Chêne Vert à Dirac (Charente, France). *Paléo*, n°23, p. 55-84.

Raynal J.-P., Moncel M.-H., Daujeard C., Argant A., Bahain J.-J., Banks W., Bearez P., Bocherens H.,Chacon Navarro G., Courty M.-A., Crégut-Bonnoure E., Debard E., Delvigne V., Desclaux E., Ecker M., Falguères C., Fernandes P., Fiore I., Foury Y., Gallotti R., Guadelli J.-L., Hardy B., Lafarge A., La Porta A.O., Lateur N., Lebon N., Le Corre M., Lepape J.-M., Liabeuf R., Manzano A., Marcq G., Piboule M., Pike-Tay A., Puaud S., Queffelec A., Richard M., Rivals F., Santagata C., Sakai S., Save S., Servant L., Roger T., **Rué M.**, Wang N., Wragg Sykes R. (2013) – Néanderthaliens sur les marges sud-est du Massif central. Espaces et subsistance au Paléolithique moyen. Nouvelles données dans le cadre d'un projet collectif de recherche. *Ardèche Archéologie*, n° 30, p. 4-14.

Anderson L., Chesnaux L., **Rué M.**, Picavet R., Fernandes P., Morala A., Caux S., Tallet P., Caverne J.-B., Kawalek E. (2016) – Regards croisés sur la station aurignacienne de Brignol (Villeneuve-sur-Lot, Lot-et-Garonne, France) : approches taphonomique, pétroarchéologique, technoéconomique et technofonctionnelle de l'industrie lithique. *Paléo,* 27, p. 11-42.

Bernard-Guelle S., Tallet P., Ajas A., **Rué M.**, Fernandes P. (2016) – Une opportunité inédite d'étudier des occupations du Paléolithique moyen sur plusieurs hectares dans la vallée du Tarn : la fouille préventive du site du « Bois de l'Hôpital » à Saint-Sulpice (Tarn). *Bull. Société Préhistorique Française*, actualités scientifiques, t. 113, n°2, p. 375-377.

Hauzeur A., **Rué M.**, Roux L., Salavert A., Court-Picon M. (2016) – Occupations de plateau du Néolithique à l'âge du Bronze à Quincy-Voisins « ZAC de Ternoy » (Seine-et-Marne). *Revue archéologique d'Ile-de-France*, 9, p. 75-108.

Bernard-Guelle B., Taylor A., **Rué M.**, Fernandes P., Ajas A., Coudenneau A., Hernandez M., Mercier M. (2017) – Le site stratifié du Bois Clair à Montguyon (Charente-Maritime, France) : récurrences paléolithiques, brièveté des occupations et aires de débitage spécialisées. *Paléo*, n° 28, p. 31-69.

Angelin A., Taylor A., **Rué M.**, Carrara S. (2020) - Occupations mésolithiques en contexte de rive : l'exemple de la rue Claudy à Lyon-Vaise (Rhône). *Bull. Société Préhistorique Française*, actualités scientifiques, t. 117, n°1, p. 135-139.

Taylor A., **Rué M.**, Bernard-Guelle S., Fernandes P., Ajas A., Chesnaux L. (2020) – L'industrie sur quartzite du site de Bidau à Garlin (Pyrénées-Atlantiques) : Acheuléen versus Moustérien ? *Paléo,* 2019, t.2, p. 280-318.

Chesnaux L., Fénéon L., Ajas Plantey A., Deparnay X., Fernandes P., Henry A., **Rué M.** (2020) – La fosse mésolithique de la rue du Bois de la Planté à Boinville-en-Mantois (Yvelines). *Bulletin de la Société Archéologique Champenois*e, Les derniers chasseurs, 40 ans après, Hommage à Jean-Georges Rozoy, t.113, n°2 et 3, p. 105-122.

Lefèvre D., El Graoui M., Geraads D., **Rué M.**, Mohib A., Raynal J.-P. (2021) – Les paléolittoraux plio-pléistocènes de Casablanca, cadre chronostratigraphique et paléogéographique de la Préhistoire ancienne du Maroc atlantique. *Bulletin d'Archéologie Marocaine*, 26, p. 39-70.

Taylor A., Bernard-Guelle S., **Rué M.**, Fernandes P., Chesnaux L. (2021) – Le site moustérien récent du Fossé du Bois à Appoigny (hameau des Bries, vallée de l'Yonne) : approches taphonomique, pétrographique et techno-économique de l'industrie lithique. *Revue Archéologique de l'Est,* 70, p. 5-57.

Communications publiées dans des actes de colloques

Rué M., Duriaud J., Videau G., Putelat O. (2007) – Un puits de la Tène finale au Villars (Saône-et-Loire). *In :* Frère-Sautot M.-C. (dir) - *Des Trous... Structures en creux pré- et protohistoriques,* colloque de Dijon et Baume-les-Messieurs, mars 2006, éd. Mergoil, Montagnac, coll. Préhistoires, n°12, p. 347-355.

Digan M., **Rué M.**, Floss H. (2008) – Le Gravettien de la partie Centre Est de la France : bilan et nouvelles données. *In :* Rigaud J.-P. (dir.) - *Entités régionales d'une Paléo-culture européenne : le Gravettien*, table ronde des Eyzies-de-Tayac, juillet 2004, Paléo, n°20, p. 291-304.

Fedoroff N., Courty M.-A., Guo Z., **Rué M.** (2010) – Soil reactions to extreme environmental stress: lessons from the past records. *In :* Gilkes R.J., Prakongkep N. (éd.) - *Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science*, *Soil Solutions for a Changing World*, Division Symposium 1.2: Modelling soil formation in time and space, august 2010, Brisbane, Australia, IUSS, p. 23-26.

Thirault E., Duriaud J., **Rué M.**, Gardien V., Lécuyer C. (2012) **–** Une production domestique de haches au Néolithique moyen : les métabasaltes de Champ-Villars (Saône-et-Loire). *In :* De Labriffe P.-A., Thirault E (dir.). - *Produire des haches au Néolithique, de la matière première à l'abandon*, table ronde de Saint-Germain-en-Laye, mars 2007, musée d'Archéologie nationale, Séances numériques de la Société Préhistorique Française, n°1, p. 25-36.

Thirault E., Dumontier P., Morin-Rivat J., Nicolle B., Remicourt M., **Rué M.** (2012) **–** Le site néolithique final de Labarthe 2 à Argelos (Pyrénées-Atlantiques) : une occupation temporaire de plaine ? *In :* Perrin T., Sénépart I., Caulier J., Thirault E., Bonnardin S (dir.). - *Dynamismes et rythmes évolutifs des sociétés de la préhistoire récente*, 9e Rencontres Méridionales de Préhistoire récente, St-Georges-de-Didonne (17), octobre 2010, p. 423-450.

Thirault E., Charbouillot S., Durand F., Leconte C., Parisot N., Rivat F., Roux L., **Rué M.**, Vannieuwenhuyse D., Vital J. (2013) – Petit Beaulieu à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme) : du Campaniforme au Bronze ancien, habitat et nécropole. Présentation préliminaire. Journée « Bronze », 3 mars 2012, Musée des Antiquités Nationales, Saint-Germain-en-Laye, *bull. Assoc. pour la Promotion des Recherches sur l'Age du Bronze*, n°11, p. 89-93.

Bernard-Guelle S., **Rué M.**, Fernandes P., Coudenneau A., Courty M.-A., Fédoroff N., Séronie-Vivien M. et M.-R., Picavet R., Airvaux J. et Dawson M.-C. (2014) **–** Comportements techniques et stratégies de subsistance sur le site moustérien de plein air de Latrote (Saint-Gein, Landes). *Transition, rupture et continuité en Préhistoire, session E - Exploitation des ressources organiques à la fin du Paléolithique moyen et au début du Paléolithique supérieur : interactions entre environnement et comportements techniques,* XXVIIe Congrès préhistorique de France, Bordeaux - Les Eyzies, juin 2010, p. 229-255.

Remicourt M., Andrieu-Ponel V., Audibert C., Baradat A., Battentier J., Blaise E., Bonnardin S., Caverne J.-B., Fernandes P., Furestier R., Girard B., Lachenal T., Lepère C., Locatelli C., Martin L., Parisot N., Ponel P., Pousset D., **Rué M.**, Schmitt A., Sénépart I., Thirault E. (2014) – Les occupations pré- et protohistoriques du Clos de Roque à Saint-Maximin-la-Sainte-Baume dans le Var. *In :* Sénépart I., Leandri F., Cauliez J., Perrin T., Thirault E. (dir) *: Chronologie de la Préhistoire récente dans le Sud de la France*, 10e rencontres méridionales de Préhistoire récente, Porticcio, octobre 2012, Archives d'Écologie Préhistorique, Toulouse, p. 523-548.

Lachenal T., Audibert C., Battentier J., Blaise E., Bonnardin S., Girard B., R Remicourt M., **Rué M.**, Sénépart I., Thirault E. (2016) – L'occupation du premier âge du Fer du Clos de Roque à Saint-Maximin-la-Sainte-Baume (Var). *In :* De Chazelles C.-A., Schwaller M. (dir.) - *Vie quotidienne, tombes et symboles des sociétés protohistoriques de Méditerranée nord-occidentale*, Mélanges offerts à Bernard Dedet, Monographies d'Archéologie Méditerranéenne, hors-série n°7, éd. de l'Association pour le Développement de l'Archéologie en Languedoc-Roussillon, Lattes, p. 309-336.

Gaime S., Mille P., Gauthier F., **Rué M.**, Lefèvre J.-C., Dunickowski C., Guyot S., Perrault C. (2017) – Une expérience d'archéologie expérimentale : le pont-levis du Tronçais (Chevagnes, Allier). *Revue archéologique de l'Allier*, 1, p. 112-121.

Chesnaux L., Tallet P., **Rué M.**, P. Fernandes (2018) – Saint-Lizier à Creysse, des occupations de plein air du Premier Mésolithique dans la vallée de la Dordogne : contexte géoarchéologique et analyse technofonctionnelle des assemblages lithiques. *In :* Cupillard C., Griselin S., Séara F. (dir.) - *Au coeur des sites mésolithiques : entre processus taphonomiques et données archéologiques*, table-ronde « Hommages au Professeur André Thévenin », 29-30 octobre 2013, Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté, p. 179-196.

Hauzeur A., **Rué M**. (2018) – Fréquentation des berges de la Marne au Néolithique moyen (Cerny) et à l'âge du Bronze. Apports de la fouille récente de « la Grande Pièce » à Citry-sur-Marne (Seine-et-Marne). *Habitations et habitat du Néolithique à l'âge du Bronze en France et ses marges*, IIe Rencontres Nord-Sud de Préhistoire Récente, Dijon, novembre 2015, p. 125-136.

Laroche M., Fénéon L., Lethrosne H., Broux G., **Rué M**., Castets A., Fernandes P., Onfray M. (2018) – Données nouvelles sur l'habitat du Néolithique final en marge du Grand-Pressigny : les apports du site du Fond d'Arrêt et de la Pierre Levée (Pussigny, Indre-et-Loire). *Habitations et habitat du Néolithique à l'âge du Bronze en France et ses marges*, IIe Rencontres Nord-Sud de Préhistoire Récente, Dijon, novembre 2015, p. 283-296.

Argant J., Bintz P., Deng-Amiot Y., Ménard G., Picavet R., **Rué M**. (2018) – Paléoenvironnement du Nord Vercors du Tardiglaciaire à l'Holocène : palynologie de la tourbière du Peuil (Claix, Isère) et du lac du Lauzet (Villard-de-Lans, Isère). *L'Homme dans les Alpes, de la pierre au métal*, table ronde de Villard-de-Lans, octobre 2016, collection EDYTEM, n°20, p. 17-30.

Anderson L., **Rué M**., Chesnaux L., Fernandes P., Picavet R. (2019) – La station aurignacienne de Brignol (Villeneuve-sur-Lot, France), entre taphonomie et palethnologie. *In :* Montoya C., Fagnart J.-P., Locht J.-L (dir.) - *Préhistoire de l'Europe du Nord-Ouest : mobilités, climats et identités culturelles*, actes du XXVIIIe Congrès préhistorique de France, Amiens 2016, vol. 2, Société Préhistorique de France, p. 65-84.

Bodu P., Taylor A., Chesnaux L., Fernandes P., **Rué M**. (2019) – On a caché des lames de silex dans l'Icaunais ! Le gisement du Paléolithique supérieur de « Chaumois », hameau des Bries - Appoigny (Yonne). Approche préliminaire de l'industrie lithique provenant d'un amas. *In :* Montoya C., Fagnart J.-P., Locht J.-L (dir.) - *Préhistoire de l'Europe du Nord-Ouest : mobilités, climats et identités culturelles*, actes du XXVIIIe Congrès préhistorique de France, Amiens 2016, vol. 2, Société Préhistorique de France, p. 207-229.

Rué M., Hauzeur A. (2019) – Micromorphologie des constructions en terre et convergence de faciès : le cas du site des Genêts à Ablis (Yvelines, France). *In :* Deák J., Ampe C., Mikkelsen J. H. (éd.) - *Soils as records of past and present. From soil surveys to archaeological sites: research strategies for interpreting soil characteristics*. Proceedings of the Geoarchaeological Meeting Bruges (Belgium), 6 & 7 November 2019, Raakvlak, Bruges, p. 141-158.

Chapitres d'ouvrage

Compagnon G., Minvielle Larousse N., Pautrat Y., **Rué M**. (2011) – Détecteurs de métaux, le cas français. *In :* Compagnon G. (dir.) - *Halte au pillage !* Errance éd., coll. Hespérides, p. 189-242.

Rué M. (2015) – Les matières premières lithiques. *In :* Martineau R., Pautrat Y., Lemercier O. (dir.) – *La Préhistoire en Bourgogne : état des connaissances et bilan 1994-2005*. Revue Archéologique de l'Est, 39e supplément, p. 215-218.

Raynal J.-P., Lefèvre D., El Graoui, M., Geraads D., **Rué M**. (2016) – La Grotte des Rhinocéros (Casablanca, Maroc) : le remplissage et son âge. *In :* Raynal J.-P., Mohib A. - *Préhistoire de Casablanca, 1 - La Grotte des Rhinocéros (fouilles 1991 et 1996)*, coll. VESAM, vol. VI, Institut National des Sciences de l'Archéologie et du Patrimoine, Royaume du Maroc, Rabat, p. 79-86.

Daujeard C., **Rué M**. (2018) – Présentation du site. *In :* Daujeard C. (dir.) - *La grotte des Barasses II (Balazuc, Ardèche) : entre Néandertaliens, bouquetins et carnivores... Des occupations du Pléistocène supérieur en moyenne vallée de l'Ardèche*. Documents d'Archéologie en Rhône-Alpes et Auvergne, ALPARA-MOM, Lyon, n° 46, p. 21-30.

Rué M. (2018) – Remplissage sédimentaire. *In :* Daujeard C. (dir.) - *La grotte des Barasses II (Balazuc, Ardèche) : entre Néandertaliens, bouquetins et carnivores... Des occupations du Pléistocène supérieur en moyenne vallée de l'Ardèche*. Documents d'Archéologie en Rhône-Alpes et Auvergne, ALPARA-MOM, Lyon, n° 46, p. 33-46.

Daujeard C., Moncel M.-H., Raynal J.-P., **Rué M**. (2018) – Conclusion. La grotte des Barasses II dans son contexte régional : type d'occupation, mobilité et subsistance. *In :* Daujeard C. (dir.) - *La grotte des Barasses II (Balazuc, Ardèche) : entre Néandertaliens, bouquetins et carnivores... Des occupations du Pléistocène supérieur en moyenne vallée de l'Ardèche*. Documents d'Archéologie en Rhône-Alpes et Auvergne, ALPARA-MOM, Lyon, n° 46, p. 163-166.

Rué M. (2019) – Le « chronomètre » de la Saône à l'épreuve du temps : la séquence holocène de la berge des Essards à Préty (Saône-et-Loire). *In : 20 ans d'archéologie bénévole en Saône-et-Loire*, publication du jubilé, Comité Départemental de la Recherche Archéologique de Saône-et-Loire, Montceau-les-Mines, p. 191-198.

Liste des figures hors publications ou études présentées

Fig. 1 : Position de deux nappes de vestiges interstratifiées dans les alluvions limono-sableuses de la Saône au nord de Chalon-sur-Sâone (Landa 1869). 13

Fig. 2 : Ordre de grandeur des vitesses de déplacement des particules sédimentaires par an, selon différents processus susceptibles d'intervenir dans la préservation ou la dégradation des sites (compilation de valeurs d'après diverses sources dont Bertran *et al.* 2004 et Gregory 2010). 14

Fig. 3 : Evolution de l'apparition de termes relatifs à l'étude de la formation des sites entre 1995 et 2020 au sein des corpus de références « paléolithique » et « géoarchéologie » sélectionnées dans *Web of Science* (M. Rué). 18

Fig. 4 : Revues, auteurs et pays des auteurs ayant fourni le plus de références incluant dans leur titre, résumé ou mots clés le terme « site formation » dans chacun des corpus étudiés d'après *Web of Science* (M. Rué). 19

Fig. 5 : Résultats de l'analyse du contenu de 118 références fréquemment citées consacrées à l'étude de la formation d'un ou plusieurs niveaux archéologiques (M. Rué). 21

Fig 6 : Enregistrement archéologique *versus* démarche archéologique (M. Rué). 22

Fig 7 : Cadre temporel des processus pré- et post-dépositionnels dans l'histoire d'un objet ou d'un aménagement anthropique (M. Rué et L. Chesnaux). 23

Fig. 8 : Cartes de localisation des sites étudiés formés d'une ou plusieurs nappes de mobilier (M. Rué). 27

Fig. 9 : Liste des sites présentés (M. Rué). 28

Fig. 10 : Résultats de l'analyse granulométrique de l'industrie sur silex provenant des principaux sites mésolithiques étudiés (M. Rué). 225

Fig. 11 : Illustration de la construction multifactorielle des interprétations archéologiques (d'après Malina, Vašiček 1990). 226

Fig. 12 : Exemple d'outil d'aide à l'étude taphonomique d'une nappe d'objets parallèlement à l'utilisation des outils *ad hoc* (M. Rué). 229

Approche géoarchéologique de la formation des sites préhistoriques : retour d'expérience et réflexions méthodologiques

Geoarchaeological approach to the formation of prehistoric sites: experience feedback and methodological reflections

Mathieu Rué

Résumé

A partir d'une sélection de travaux réalisés depuis une dizaine d'années dans des contextes géomorphologiques et stratigraphiques variés, cette thèse illustre les apports et limites de la taphonomie des sites préhistoriques principalement formés d'une ou plusieurs nappes de mobilier, dans le but de contribuer à l'évaluation de leur état de conservation (*i.e.* intégrité spatiale et matérielle, homogénéité). La démarche géoarchéologique employée consiste à tester en plusieurs étapes l'hypothèse d'une dégradation des ensembles de mobilier par les processus naturels. Ce travail apporte également des explications au fait que les principaux outils pour mener à bien cette démarche sont globalement sous-employés (comme les études de la distribution spatiale ou granulométrique des objets, de leurs états de surface ou l'analyse des fabriques). Le temps nécessaire à la maîtrise et à la mise en application de ces outils, l'effort collectif pour en synthétiser les résultats et la complexité de l'enregistrement archéologique auquel nous faisons face apparaissent comme les principaux facteurs limitant la taphonomie des restes matériels. Enfin, les expérimentations *in vivo* permettent de mieux documenter et quantifier l'impact des différents processus naturels impliqués dans la formation des sites, comme celle menée actuellement à Villard-de-Lans (Isère).

Mots-clés : géoarchéologie, taphonomie archéologique, micromorphologie, processus de formation des sites, Préhistoire

Abstract

Based on a selection of works carried out over the last ten years in various geomorphological and stratigraphic contexts, this thesis illustrates the contributions and limitations of the taphonomy of prehistoric sites that are mainly formed by one or more levels of objects, in order to contribute to the assessment of their state of preservation (*i.e.* spatial and material integrity, homogeneity). The geoarchaeological approach consists in determining, over several steps, if artifact assemblages were degraded by natural processes. This study also suggests some reasons for the global underutilisation of the main tools for carrying out this approach (such as studies of the spatial or particle size distribution of the lithic artifacts, of their surface state, or fabrics analysis). The time required to master and apply these tools, the collective effort to synthesize the results and the complexity of the archaeological record appear as the main factors limiting the taphonomy of material remains. Finally, *in vivo* experiments such as the one currently being conducted in Villard-de-Lans (Isère) allow us to better document and quantify the impact of the different natural processes involved in the formation of sites.

Keywords: geoarchaeology, archaeological taphonomy, micromorphology, site formation processes, Prehistory