



HAL
open science

Occupations magdaléniennes entre 20 000 et 15 000 cal BP dans le piémont pyrénéen : la séquence paléolithique du sondage 4 de la grotte de Laa 2 (Arudy, Pyrénées-Atlantiques)

Jean-Marc Pétilion, Véronique Laroulandie, Myriam Boudadi-Maligne, Patrice Dumontier, Catherine Ferrier, Delphine Kuntz, Mathieu Langlais, Jean-Baptiste Mallye, Vincent Mistrot, Christian Normand, et al.

► To cite this version:

Jean-Marc Pétilion, Véronique Laroulandie, Myriam Boudadi-Maligne, Patrice Dumontier, Catherine Ferrier, et al.. Occupations magdaléniennes entre 20 000 et 15 000 cal BP dans le piémont pyrénéen : la séquence paléolithique du sondage 4 de la grotte de Laa 2 (Arudy, Pyrénées-Atlantiques). Gallia Préhistoire – Préhistoire de la France dans son contexte européen, 2017, 57, pp.65-126. 10.4000/galliap.559 . halshs-01932558

HAL Id: halshs-01932558

<https://shs.hal.science/halshs-01932558>

Submitted on 23 Nov 2018

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Occupations magdaléniennes entre 20 000 et 15 000 cal BP dans le piémont pyrénéen : la séquence paléolithique du sondage 4 de la grotte de Laa 2 (Arudy, Pyrénées-Atlantiques)

JEAN-MARC PÉTILLON*, VÉRONIQUE LAROULANDIE**, MYRIAM BOUDADI-MALIGNE**, PATRICE DUMONTIER***, CATHERINE FERRIER**, DELPHINE KUNTZ****, MATHIEU LANGLAIS**, JEAN-BAPTISTE MALLYE**, VINCENT MISTROT***** , CHRISTIAN NORMAND*, OLIVIA RIVERO VILÁ***** , MARTA SÁNCHEZ DE LA TORRE*****

Reçu le 12 octobre 2016 - Accepté après révision le 21 mars 2017

MOTS CLÉS. archéozoologie, art mobilier, Arudy, datation radiocarbone, industrie lithique, industrie osseuse, Magdalénien, Pyrénées, stratigraphie, taphonomie.

RÉSUMÉ. Par sa richesse en sites magdaléniens, le bassin d'Arudy est un lieu privilégié pour étudier les dynamiques de repeuplement des vallées pyrénéennes après le Dernier Maximum glaciaire, mais les interprétations sont limitées par l'ancienneté de nombreux travaux de terrain. La grotte de Laa 2 contribue à combler cette lacune, même si la fouille des niveaux paléolithiques a dû se limiter à une surface très réduite. La couche C5 montre une réoccupation précoce (20000-19500 cal BP), mal caractérisée, suivant sans doute de peu la déglaciation de la vallée. Les couches C4 à C2 (18500-15000 cal BP) documentent l'évolution du Magdalénien moyen et supérieur, dans un milieu frais, humide et découvert (bien que des signes de fermeture du paysage apparaissent en couche C2). D'abord marqué par une présence importante des ongulés de montagne, le tableau de chasse donne ensuite plus de place au cheval et au renne.

KEYWORDS. Arudy, bone and antler industry, lithic industry, Magdalenian, portable art, Pyrenees, radiocarbon dating, stratigraphy, taphonomy, zooarchaeology.

ABSTRACT. Because of its rich record of Magdalenian sites, the Arudy Basin is a key case for the study of resettlement dynamics in the Pyrenean valleys after the Last Glacial Maximum. Interpretations are, however, hampered by the ancient age of many excavations. The recently acquired data from Laa 2 cave contribute to filling this gap, although the excavation of the Paleolithic layers was restricted to a very small surface. Layer C5 documents a very early – but still poorly defined – reoccupation of the cave (20000-19500 cal BP) that probably took place shortly after the deglaciation of the lower valley. Layers C4 to C2 (18500-15000 cal BP) document the evolution of the Middle and Upper Magdalenian in a cool, humid and open landscape, although evidence of reforestation appears in layer C2. The species hunted include a large proportion of mountain ungulates in the earlier layers, but horse and reindeer increase in proportion in

* UMR 5608 TRACES – CNRS, Université de Toulouse Jean-Jaurès, maison de la recherche, 5 allées A.-Machado, 31058 Toulouse cedex 9, petillon@univ-tlse2.fr | cpjnormand@wanadoo.fr

** UMR 5199 PACEA – CNRS, Université de Bordeaux, allée Geoffroy Saint-Hilaire, CS 50023, 33615 Pessac cedex, myriam.boudadi-maligne@u-bordeaux.fr | catherine.ferrier@u-bordeaux.fr | mathieu.langlais@u-bordeaux.fr | veronique.laroulandie@u-bordeaux.fr | jean-baptiste.mallye@u-bordeaux.fr

*** 4, rue Auguste Peyré, 64400 Oloron-Sainte-Marie, patrice.dumontier@orange.fr

**** UMR 7041 ArScAn – Maison René-Ginouès, 21 allée de l'Université, 92023 Nanterre cedex, delphine.kuntz@mae.u-paris10.fr

***** Musée d'Aquitaine, 20 cours Pasteur, 33000 Bordeaux, v.mistrot@mairie-bordeaux.fr

***** Universidad de Cantabria – Instituto internacional de investigaciones prehistóricas de Cantabria, edificio interfacultativo, av. de los Castros 52, 39005 Santander, Espagne, olivia.rivero@unican.es

***** UMR 5060 IRAMAT-CRP2A – CNRS, univ. Bordeaux Montaigne, maison de l'archéologie, esplanade des Antilles, 33607 Pessac cedex, marta.sanchez-de-la-torre@u-bordeaux-montaigne.fr

Oiseaux et renards sont aussi exploités, et la question de la présence de chiens est posée. Les sources de matières lithiques semblent se diversifier dans le Magdalénien supérieur, en parallèle avec une évolution du gabarit des armatures. L'industrie osseuse aussi montre des indices de transformation du design des armatures (avec notamment des éléments fourchus), à côté d'un unique témoignage d'art mobilier (une scapula gravée).

the later layers. Birds and foxes are also exploited, and the question of the presence of dogs is raised, although not conclusively. Lithic sources seem to diversify in the Upper Magdalenian, along with an evolution in the dimensions of lithic armatures. The osseous industry also shows evidence of changes in the design of armatures (presence of forked implements) and includes a single evidence of portable art (an engraved scapula).

Magdalenian occupations between 20000 and 15000 cal BP in the Pyrenean foothills: test-pitting the Paleolithic sequence of Laa 2 cave (Arudy, Pyrénées-Atlantiques, France)

Thanks to its rich record of Magdalenian sites (fig. 1), the Arudy Basin is a key case for the study of hunter-gatherer resettlement dynamics in the Pyrenean valleys after the Last Glacial Maximum (LGM). Interpretations are, however, hampered by the very old date of many excavations and the incomplete publication of others. The recently acquired data from Laa 2 cave contribute to filling this gap, although the excavation had to be interrupted (for non-scientific reasons) while the Paleolithic layers had been excavated over just a small surface.

SITE DESCRIPTION

The Arudy basin is located at the point where the Gave d'Ossau river exits the northernmost Pyrenean massifs and enters the foothills; it lies at about 400 m ASL and is surrounded by hills, the summits of which are about 150 m higher. Laa 2 cave opens at 457 m ASL in a small limestone massif west of Arudy town. The cave is 43 m long with two opposite entrances, each of which hosts a large debris cone (fig. 2 and 3). The excavations were carried out between 2006 and 2010 and yielded evidence of occupation during the Late Iron Age and Late Antiquity (northern half of the cave: *salles* 1 to 3 on fig. 3) as well as the Mesolithic and the Late Neolithic (southern part of the cave: Laa 3). The Paleolithic layers were excavated in the lowermost part of the cave (*salle* 4) over 2.5 m² and a maximum depth of 1.2 m; the bedrock was not reached.

STRATIGRAPHY

During the excavation, several stratigraphic units (US) were distinguished. The sequence was also divided into three lithostratigraphic ensembles (1 to 3). Finally, post-excavation work on the archeological material led to the identification of five archeological layers (from C5 at the bottom to C1 at the top: table I). The lithostratigraphy (fig. 4 and 5) begins with Ensemble 1, which is over 50 cm thick and rich in pebbles (limestone, ophite-type dolerite, and igneous rocks) likely accumulated through alluvial processes (e.g., fluvio-glacial). The top of this ensemble is mainly composed of angular limestone blocks (fig. 6), originating from the cave's ceiling, walls and exterior cliffs, mixed with pebbles probably resulting from the reworking of old material. Ensemble 2 (fig. 7) is ca. 50 cm thick and is made of limestone blocks accumulated

from the outside by gravity (and maybe also other processes such as surface runoff and solifluxion). Ensemble 3 is a poly-phased stalagmite floor with a maximum thickness of 30 cm; its formation reflects a reduction in the detritic supply and a change in outside climate conditions. The archeological stratigraphy (fig. 8) begins with layer C5 (base of Ensemble 1), which is 30 cm thick and which has little diagnostic cultural material but with a faunal spectrum characterized by its scarcity of reindeer. The overlying layer C4 (top of Ensemble 1) is 10-15 cm thick and is separated from C5 by an archeologically poor level. Layer C3 (the base of Ensemble 2) is also separated from C4 by a level with very little archeological material, especially since the material at the bottom of C3 probably migrated there by gravity from the top of the layer. Layer C3 has yielded lithic and osseous industry pertaining to the Middle Magdalenian and a faunal spectrum with an abundance of reindeer. At the top of Ensemble 2 and base of Ensemble 3, layer C2 (25 cm thick) is not separated from C3 by a sterile layer but the archeological material indicates changes in the lithic and osseous industry (Upper Magdalenian) and in the faunal spectrum (evidence of climate warming). Finally, layer C1 (10 cm thick), which is not included in this study, lies within the stalagmite floor Ensemble 3 and is characterized by the almost complete disappearance of lithic and osseous tools and the presence of ceramic sherds mainly from the Late Antiquity. Eleven radiocarbon dates (table II; table III; fig. 9) place the occupations of layer C5 ca. 20000-19500 cal BP, layer C4 ca. 18500-18000 cal BP, layer C3 ca. 18000-16500 cal BP and layer C2 ca. 16500-15000 cal BP.

LITHIC INDUSTRY

A sample of 485 lithic artifacts (fig. 10; table IV) has been analyzed for raw material sourcing. Almost all the artifacts (98%) are made of flint, four types of which could be distinguished (fig. 11). Type 1 is the most common type in all the layers (fig. 12 and 13, table V) and has direct parallels with the Cretaceous Flysch formations observed in the northern Pyrenees from the Atlantic coast to the central part of the range (fig. 14). In the current state of knowledge and given the high variability of this type, it is not possible to locate the supply source of the Flysch flints in Laa 2 more precisely. The three other types are less common but seem to become more and more frequent from layer C5 to layer C2. Type 2 represents

4-10% of the artifacts from C4, C3 and C2. It is similar to the Chalusse flint found north of Arudy on the left bank of the Adour river (fig. 14) and might originate from the Bastennes-Gaujacq outcrop some 60 km north of the site. Type 3 (3%) is similar to the Upper Cretaceous flint from Hibarette and Montgaillard and the Maastrichian flint from Montsaunès, both of which come from outcrops ca. 40 km east of Laa 2. Type 4 (3%) is a lacustrine variety unlike any of the flint sources around Laa 2, but found in the Miranda-Treviño basin 200 km to the southwest and more generally in the Ebro basin (fig. 14). It was brought to Laa 2 in the form of a few tools and blanks and demonstrates contact with the southern part of the Pyrenean range.

The lithic industry (tables 6 and 7, fig. 15-18) has been subject to a typological and technological analysis. The assemblage from layer C5 is too poor to be precisely characterized but is broadly compatible with a Magdalenian attribution. Layer C4 has yielded a few tools on blades, and an assemblage of narrow backed bladelets made on flake (or blade) edge, a characteristic that suggests an attribution to the Middle Magdalenian. Layer C3 is the richest of the sequence and has yielded evidence of a standardized blade production along with a few tools on blades. The main type of microlith is a population of straight, narrow and standardized backed bladelets made on flake edge, similar to those identified in several Late Middle Magdalenian assemblages from the northern Pyrenees. Layer C2 has also yielded a small set of tools on flakes and blades, but in this layer the bladelets are wider, made on blocks (not on flake cores) and accompanied by two backed points made on small blades. This evolution in the design of armatures can be attributed to the transition from the Middle to the Upper Magdalenian.

BONE AND ANTLER INDUSTRY

The bone and antler industry (table VIII) mostly comes from layers C3 and C2; only one bone spatula (fig. 19) was found in layer C4. In layer C3, the antler industry (fig. 20) demonstrates the exploitation of reindeer antler for the production of splinters with the groove-and-splinter technique (GST); these splinters were then used as blanks for the manufacture of projectile points, three fragments of which (a forked-base point, an isolated fork tine and a self-barbed point) have been found. The bone industry of layer C3 (fig. 21) includes a few tools (eyed needle, retouchers, spatula on horse hyoid bone) and an engraved red deer scapula. This last object (fig. 22-24) shows the hindquarters of an unidentified animal, bovine or feline. The style of this engraving is reminiscent of the Middle Magdalenian art from the Franco-Cantabrian region, but the technological analysis shows that it was made by an inexperienced artist. In layer C2, the antler industry (fig. 25-27) also shows the production of splinters with the GST, but the exploitation of red deer is observed alongside reindeer (fig. 25) and the single identifiable armature is a forked half-round rod (fragment of a bivalve foreshaft?). Two bone tools—a crude awl and a spatula—were also found in this layer along with a few worked bone fragments and possible waste products (fig. 28).

To sum up, the antler industry of layers C3 and C2 is only related to the manufacture of projectile armatures, all stages of which are documented. The typology of these armatures confirms the transitional chronological position of the forked implements (end of the Middle Magdalenian/beginning of the Upper Magdalenian) and the presence of self-barbed points in the Late Middle Magdalenian prior to the introduction of multi-barbed points (“harpoons”) in the Upper phase. The manufacturing techniques of the bone tools are poorly documented but the tools themselves are related to a variety of domestic activities (working of soft materials and lithic retouch).

FAUNAL REMAINS

SPECIES PRESENT

The excavations at Laa 2 have yielded several thousand faunal remains that can be attributed to nearly 40 bird and mammal taxa (table IX). The assemblage of micromammals is rich, the most abundant taxa being shrews (*Sorex* sp.) and several species of vole (*M. œconomus*, *M. arvalis*, *C. nivalis*, *Terricola* sp.). The medium-sized mammals include, in decreasing order of frequency, the red fox, the arctic fox, the hare, and the stoat. Four teeth from layers C3 and C3/C4 can be attributed to a small-sized canid of undetermined species; the lower premolar from layer C3/C4 has dimensions incompatible with both wolves and foxes and may suggest the presence of a small dog (fig. 29), although this evidence alone is not conclusive. The large mammals are represented by several species of ungulate, the proportion of which vary from one layer to another (table X): horse, reindeer, red deer, ibex, Pyrenean chamois, bovines, and two roe deer bones in layer C2. Bird remains belong to 7 orders, small passerines being the most abundant, followed by corvids (Alpine chough, red-billed chough and common raven) and galliformes (ptarmigans, grey partridge and black grouse); nocturnal raptors are documented as well as diurnal ones (an eagle ulna and several bones from small falcons), and four goose bones were found in layer C4.

TAPHONOMY

The excellent preservation of the faunal remains (including bone refittings: fig. 34) has facilitated their taphonomic study. For the micromammals, the digestion rate of the teeth (tables 11 and 12, fig. 33) indicates an accumulation by owls. For the ungulates, concretions and longitudinal cracks are the most common postdepositional alterations (tables 15 and 16), and the accumulation is clearly of anthropic origin, although carnivore traces are rather frequent (fig. 30: 1,9% of the remains, distributed among almost all taxa) and sometimes indicative of large carnivore species (canids?). For the medium-sized mammals, anthropic traces (cutmarks and distal burning marks) have been observed on several fox remains from layers C3 and C2, showing that humans accumulated at least part of the bones from this species. On medium-sized mammals, however, traces

of non-human predators are more numerous (fig. 31: digestion traces and pitting, observed on bones from layers C5, C3 and C2); the size of some digested bones might suggest scavenging by a small canid (dog?). For the bird remains, only two bones bear traces of human modification: a goose carpometacarpus and an ulna possibly attributed to an eagle. Other bird remains from small and medium-sized species show digestion marks indicating accumulation by large nocturnal raptors, and pit marks demonstrating the intervention of small carnivore mammals (tables 13 and 14, fig. 32). Only the Alpine chough remains are devoid of predation marks and are characterized by a large proportion (80%) of bones from juveniles, thus suggesting that the individuals from this species died in the cave without the intervention of predators.

PALEOENVIRONMENTAL INDICATIONS

Paleoenvironmental data can be inferred from the faunal record. The assemblages of micromammals from layers C5 to C3 belong to the same biozone (2a, 2b, 2c: fig. 35): a cool and humid climate with very open landscapes. Layer C2 represents biozone 1: a more temperate, dryer climate with a more closed landscape (sparse forest). Among the ungulates, species from arctic and steppe milieu (horse and reindeer) are the most common in all the layers, except in layer C4, which is dominated by ibex and Pyrenean chamois. Ungulates from more closed environments (red deer and roe deer) are absent in layer C5 but become more frequent with time, especially in layer C2, which has yielded the only roe deer remains (fig. 36). Among the medium-sized mammals, the identification of the arctic fox in layers C3 and C2 indicates a rather cool and open environment. Several species of bird are also indicative of open, cold landscapes: ptarmigans (layers C4 to C2) and the Alpine chough (layers C5 to C3). However, in layer C2, the presence of two other bird species (grey partridge and black grouse) indicates the development of forest cover.

EXPLOITATION OF ANIMALS BY HUMANS

There is no evidence of bird consumption in Laa 2 and only two bones document the non-alimentary exploitation of avian fauna (fig. 37): a goose carpometacarpus with cutmarks probably indicating the removal of feathers (C4); and a fragment of ulna possibly attributed to an eagle, the surface of which is covered with scraping marks, indicating the use of the bone as raw material (C2). In the other Magdalenian sites in the Arudy basin, the exploitation of birds is also limited, while other contemporary sites in the Pyrenees show the much more systematic hunting of certain avian species. This specificity of the Arudy Magdalenian remains to be explained.

Among the bones of medium-sized mammals, 6 fox remains from layers C3 and 2 from layer C2 show either cutmarks or burn marks (fig. 38). These marks indicate that foxes (including one arctic fox) were skinned, defleshed (removal of fleshy parts such as the tongue), and cooked.

The age at death based on tooth eruption and wear could be determined for most ungulates in the two main layers (C3 ad

C2). The hunters mainly targeted young and prime age individuals, except several very old horses, especially in layer C2. The hunting season is rather poorly documented. The presence of a few fetal bones from large ungulates in layers C4 to C2 indicates the capture of pregnant females during the winter and/or the beginning of spring; a rib from a newborn horse and deciduous reindeer incisors in layer C3 are also compatible with winter/spring hunts. The skeletal part profiles of the two main ungulates in the two main layers (horse and reindeer in C3 and C2: fig. 39) suggest that only incomplete carcasses were brought to the site, favoring the parts rich in marrow, while all or part of the axial postcranial skeleton might have been discarded offsite.

On the ungulate remains, butchery traces are frequent and well preserved (cutmarks and percussion marks: table XVII). Traces on the bones from layer C5 document the defleshing of the limb bones and ribs of large ungulates, and the skinning of ibex and Pyrenean chamois. In layer C4, the bones of ibex and Pyrenean chamois show abundant traces of skinning, disarticulation, defleshing and marrow collection, while traces of defleshing and marrow collection are documented on large ungulates (horse and bison). In layers C3 and C2 (fig. 40 to 44), skinning, disarticulation and defleshing traces are documented on all major ungulate species, and marrow collection is especially intensive, as indicated by the high frequency of percussion marks on marrow-rich limb bones and mandibles.

SUMMARY AND DISCUSSION

Stratigraphic sequences such as that at Laa 2 are rarely found in the northern Pyrenean Magdalenian. Geological and radiocarbon data from layer C5 suggest that this layer represents the earliest human reoccupations of the cave at the end of the LGM. These are the oldest dates for human presence in the Arudy basin and they correspond to the Lower Magdalenian, a little-known phase in the northern Pyrenees. Layer C4 is attributed to the Middle Magdalenian and radiocarbon dates point to the early part of this phase. This Early Middle Magdalenian might be documented locally in the Arudy basin at Tastet and Espalungue caves; elsewhere in the Pyrenees, it is usually related to the presence of a specific type of antler single-beveled point, the Lussac-Angles point. Layers C3 and C2 are attributed to the Late Middle Magdalenian and Upper Magdalenian, both of which correspond to the major development of the Magdalenian occupation of the northern Pyrenees. Specifically, lithic and osseous armatures (narrow, straight bladelets “on flake edge”; forked points and foreshafts) point to obvious links with other Magdalenian sites, both locally in Arudy and beyond in the Pyrenees.

One of the interests of the Laa 2 sequence is that it documents coeval changes in the environment and in the hunting, technical and economic choices of the human groups. The faunal record from layers C5 to C3 indicates a very open, humid and cool landscape, but evidence of reforestation appears in layer C2, an evolution that can be related to the beginning of GI-1e (Bølling). While many aspects of human

behavior remain stable throughout the sequence (non-alimentary use of birds in layers C4 and C2; exploitation of fox in layers C3 and C2; possible presence of dogs in the same layers; evidence of winter/spring hunts in several layers), changes are visible in the ungulates hunted: mountain species are dominant in the lower layers but then lose importance in favor of horse and reindeer; red deer becomes increasingly present throughout the sequence; conversely, bovines almost totally disappear in layer C2. Although these changes can theoretically result from purely anthropic choices (shift of preferred hunting grounds), it is tempting to interpret them as an echo of the coeval environmental fluctuations. In the lithic and osseous industries, only layers C3 and C2 have yielded assemblages large enough for comparison. Although the flysch flint (type 1) is dominant in all the assemblages, the proportion of the other types clearly increases from C3 to C2, suggesting a more diversified flint supply. At the same time, the design of the lithic armatures changes, possibly towards a more integrated blade and bladelet production. An evolution of armature technology is also visible

in the antler industry (i.e., forked implements present only at the C3/C2 interface, and the presence in C3 of a self-barbed point that has no equivalent in C2).

These results must be considered in terms of the small surface excavated, an unfortunate situation that probably accounts for the scarcity of certain categories of material (absence of personal ornaments and almost complete absence of portable art) and the underrepresentation of certain activities. Nevertheless, this excavation has yielded important information for our understanding of population dynamics in the northern Pyrenees after the LGM. Unexpectedly ancient resettlement episodes occur shortly after the deglaciation in a cool, humid and very open environment. They are followed by several occupation episodes over five millennia in a foothill zone that was obviously attractive to hunter-gatherers; a zone that was progressively impacted by the local consequences of global climate changes. Similarly, the changes documented in the industries offer a local reflection of the evolution affecting hunter-gatherer societies in the last millennia of the Upper Paleolithic.

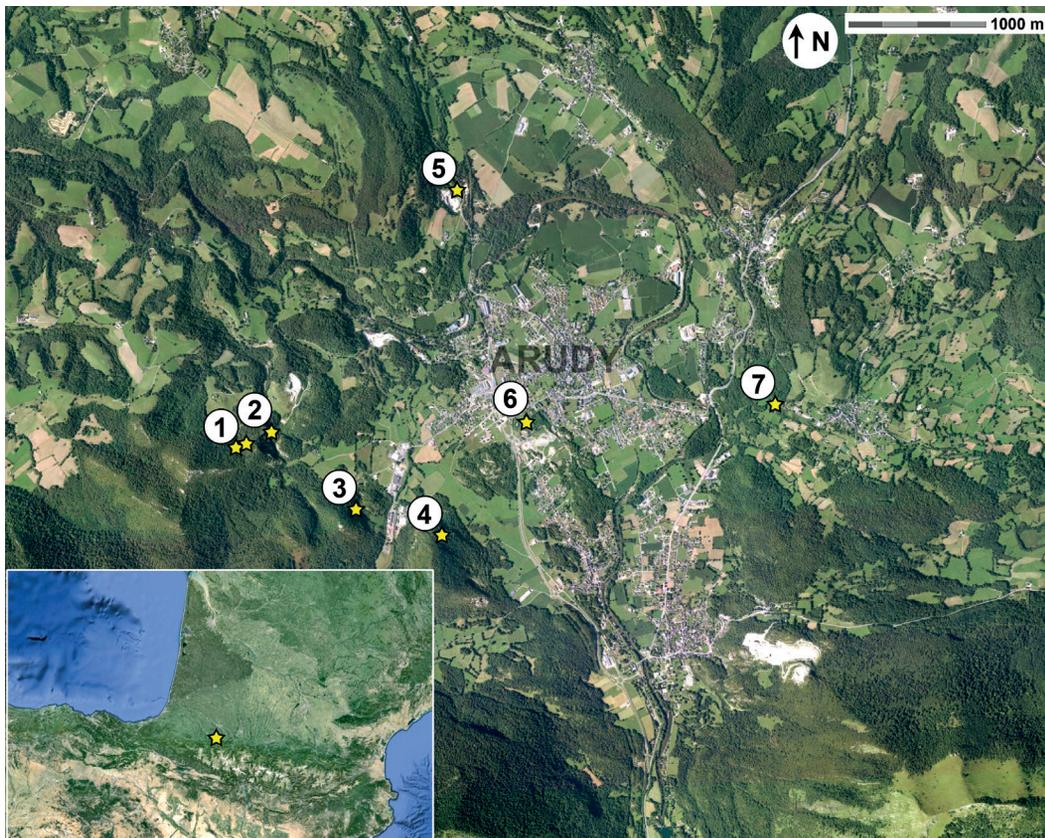


Fig. 1 – Situation des sites paléolithiques du bassin d’Arudy. 1: Malarode 1 et Malarode 2; 2: Laa 2; 3: le Poeymaü; 4: Espalungue; 5: le Bignalats; 6: Saint-Michel; 7: grotte Tastet à Sainte-Colome. Fond de carte: IGN (www.geoportail.gouv.fr). En médaillon: situation du bassin d’Arudy dans l’isthme pyrénéen.

Location of Paleolithic sites in the Arudy basin. 1: Malarode 1 and Malarode 2; 2: Laa 2; 3: Poeymaü; 4: Espalungue; 5: Bignalats; 6: Saint-Michel; 7: Tastet cave in Sainte-Colome. Map: IGN (www.geoportail.gouv.fr). Bottom left: location of the Arudy basin in the Pyrenean isthmus.

La période comprise entre 20000 et 14000 cal BP est le théâtre de plusieurs changements climatiques majeurs à l'échelle mondiale, de la fin du Dernier Maximum glaciaire ou DMG (seconde partie du GS-2.1b de la chronologie glaciaire : Rasmussen *et al.*, 2014) jusqu'au Dryas ancien (événement d'Heinrich-1, GS-2.1a) puis au réchauffement du Bølling (GI-1e). Ces événements climatiques ont suscité des transformations environnementales qui ont bien sûr influé sur le mode de vie des groupes humains. L'une de ces transformations est l'ouverture d'espaces nouvellement accessibles, non seulement dans le nord de l'Europe mais aussi dans les massifs montagneux où les glaciers de vallée se retirent progressivement (Ehlers *et al.*, 2011). Comprendre comment les chasseurs-collecteurs ont peuplé et exploité ces nouveaux territoires est une thématique importante des recherches portant sur cette partie du Paléolithique supérieur (*e.g.*, Leesch *et al.*, 2012 ; Mevel, Affolter, 2016).

Dans le domaine pyrénéen, le bassin d'Arudy est un terrain privilégié pour étudier ces dynamiques territoriales. Situé sur le versant nord-ouest des Pyrénées, au débouché de la vallée d'Ossau, ce petit bassin glaciaire s'étend vers 400 m d'altitude et est entouré de collines qui le dominent d'environ 150 m. Pendant le DMG, il est occupé par un glacier de vallée qui, à la fin de cet épisode climatique – probablement vers 20000-19000 cal BP – régresse rapidement et reste ensuite confiné aux hautes altitudes (Andrieu, 1987 ; Jalut *et al.*, 1988, 1992 ; Delmas *in* Pétilion *et al.*, 2015 ; voir Calvet *et al.*, 2011 pour des données comparables ailleurs dans les Pyrénées). Après le retrait du glacier, les traces d'occupation humaine apparaissent en abondance dans la basse vallée : dans un rayon de moins de 2 km autour de la ville d'Arudy, on connaît au moins huit gisements en grotte et en abri, situés en général entre 400 et 500 m d'altitude, ayant livré un matériel parfois très abondant attribué au Magdalénien moyen et/ou supérieur (Marsan, 1979, 1996 ; fig. 1).

Toutefois, beaucoup de ces sites ont été fouillés principalement à une période ancienne, des années 1860 aux années 1910 (Espalungue, Malarode II, Saint-Michel). D'autres, fouillés plus récemment – des années 1950 aux années 1980 – sont restés incomplètement publiés (fouilles Laplace au Poeymaü et au Bignalats, fouilles Marsan à Malarode I). Les collections issues de ces fouilles peuvent certes livrer encore beaucoup d'informations, et plusieurs d'entre elles ont d'ailleurs fait l'objet d'une révision récente assortie de nouvelles datations (Pétilion *et al.*, 2015). Mais un retour sur le terrain reste indispensable pour disposer de données détaillées issues de contextes précisément établis – condition nécessaire pour reconstituer le scénario du peuplement du bassin d'Arudy après le DMG.

C'est dans ce cadre que vient se placer la fouille de la grotte de Laa 2. En effet, comme on le lira ci-dessous, un sondage effectué à la fin des années 2000 dans cette cavité a permis d'y découvrir ce qui est actuellement une des séquences les plus complètes et les mieux conservées pour le Magdalénien du bassin d'Arudy, et dont la partie la plus profonde apporte un éclairage sur des périodes très mal connues à l'échelle du versant nord-pyrénéen. Cette séquence n'est toutefois connue que sur la superficie très réduite du sondage : 2,5 m² au

maximum. Ces premiers résultats auraient donc logiquement dû déboucher sur une fouille programmée pluriannuelle portant sur une surface plus importante. Pour des raisons extra-scientifiques, cela n'a cependant pas été possible, et la poursuite des opérations de terrain est actuellement ajournée *sine die*, aucune reprise de la fouille ne paraissant envisageable. Il nous a donc semblé pertinent de publier les données à notre disposition, qui seront peut-être les seules, afin de documenter les différentes facettes du Magdalénien de Laa 2 qui constitue d'ores et déjà un jalon important dans notre connaissance du peuplement des Pyrénées au Paléolithique supérieur récent.

LE SITE

SITUATION ET HISTORIQUE (P. D.)

Le premier chaînon nord-pyrénéen est constitué, sur sa face nord, de calcaires subécifaux à *Toucasia* de l'Aptien supérieur. Ces calcaires montrent déjà des affleurements dans la région du pic de Rébénacq mais ils sont surtout développés plus au sud, sur le flanc nord du pli-faille de Bielle-Lurbe, où ils s'étendent d'est en ouest sur une cinquantaine de kilomètres, depuis Lurbe-Saint-Christau (vallée d'Aspe) jusqu'au bois d'Izeste (vallée d'Ossau) puis au-delà jusqu'à Lourdes (Casteras, 1971). Au débouché de la vallée d'Ossau, ce chaînon s'épaissit en un assez grand nombre de collines sur les communes de Louvie-Juzon (rive droite de la vallée), d'Izeste et d'Arudy (rive gauche). Le petit massif calcaire de Garli, qui abrite la grotte de Laa 2, se trouve à l'ouest de la ville d'Arudy, entre le massif de Malarode et l'abri dit « Houn de Laa », ce dernier étant séparé de la cavité par un ravin assez court.

Malgré l'importance des recherches anciennes sur le massif calcaire d'Arudy, la grotte de Laa 2 ne semble pas avoir attiré l'attention des différents chercheurs. En 1955, G. Laplace fouille une petite grotte sépulcrale au nord de « Garli » et évoque une seconde cavité de près de 80 m de développement mais, dans les deux cas, la description ne correspond pas à Laa 2 (Laplace, 1984). Ce n'est qu'en 1980 que la grotte est topographiée par des spéléologues de la Société de spéléologie et de préhistoire des Pyrénées occidentales (SSPPO : Besson *et al.*, 1994). Elle est alors enregistrée sous le nom de « grotte Garli », mais, nous le rappelons, cette cavité est différente de celle fouillée par G. Laplace. Laa 2 est finalement « redécouverte » par l'un d'entre nous (P. D.) en mars 1983, dans le cadre d'une prospection du massif, et aussitôt déclarée à la Direction régionale des antiquités préhistoriques. Connue des spéléologues, elle était peu fréquentée du fait de son faible développement. Pourtant, en 1983, elle avait déjà fait l'objet de fouilles clandestines à deux endroits.

DESCRIPTION (P. D.)

Laa 2 est un petit réseau de 43 m de longueur avec une galerie principale d'une largeur moyenne de 7 m. Son entrée principale s'ouvre au nord-est du massif de Garli, à 457 m

d'altitude. Elle surplombe d'une quarantaine de mètres l'Arrec de Baycabe, un ruisseau affluent du gave d'Ossau. Le porche, d'une largeur de 7,5 m pour une hauteur moyenne de 1,8 m, s'ouvre sur un important cône d'éboulis (fig. 2 et 3). La salle d'entrée (« salle 1 »), de 8 × 7 m, montre une pente dans la continuité de celle de ce cône. À 6 m de l'entrée, une petite salle de 5 × 5 m (« salle 2 ») s'ouvre à l'ouest. Cette salle montre également une pente sensible et se termine par des pertes à l'ouest. Dans la salle d'entrée, à proximité du passage vers la salle 2, une fouille clandestine ancienne a détruit une surface de près de 4 m² sur une profondeur moyenne de 0,8 m.

Le passage entre la salle 1 et la galerie descendante (nommée « salle 3 »), large de 3 m, était peu élevé avant les fouilles (0,6 m) et montrait un alignement de blocs empilés qui appartenait manifestement à une structure de fermeture totale ou partielle. Juste en contrebas, une seconde fouille clandestine, également ancienne, avait détruit près de 3 m² et une partie de cette structure. Après ce passage, le haut de la galerie descendante présente une pente moyenne de 20 %. Des aménagements importants de blocs volumineux forment des terrasses que l'on peut distinguer des éboulis naturels. Après un cheminement entre ces blocs, la galerie rejoint un sol subhorizontal recouvert par un épais plancher stalagmitique ; ce dernier était alimenté par des gours aujourd'hui asséchés. Ce secteur, dénommé « salle 4 », présente une surface de 7 × 7 m. Des charbons épandus sur le sol ont été repérés dans la partie nord de cette salle, près de la paroi est. Dans la partie sud, plusieurs concrétions brisées (stalagmites et stalactites d'un diamètre de 15 à 25 cm au niveau de la brisure) ont été observées ; dans tous les cas, la cassure est surmontée d'un nouveau dépôt de calcite, et plusieurs morceaux ont été retrouvés au sol, certains repris dans le plancher stalagmitique.

À l'extrémité sud de la salle 4, la galerie se rétrécit et remonte sur un petit cône d'éboulis pour rejoindre un passage

étroit conduisant, par une cheminée assez courte, à une salle d'entrée de près de 12 m² qui s'ouvre au sud-est, de l'autre côté du massif. Cette salle a été dénommée « Laa 3 ». Lors de la prospection de la cavité en 1983, un travail de désobstruction du passage entre Laa 3 et la salle 4 avait entraîné un effondrement partiel de l'éboulis et l'apparition d'une coupe montrant des niveaux archéologiques. L'exploration avait alors été immédiatement arrêtée mais, entre 1983 et 2006, des passages répétés de spéléologues ont agrandi cette ouverture et raboté les niveaux supérieurs.

FOUILLE (P. D., C. N., J.-M. P.)

De 2006 à 2010, le site a fait l'objet de cinq campagnes de fouilles programmées sous la responsabilité de l'un d'entre nous (P. D.). La campagne 2006 a consisté en l'ouverture de trois sondages : un dans la salle 3, un dans la salle 4 et un dans l'entrée sud-est. Cette opération a permis d'identifier, dans la salle 3, des occupations protohistoriques et antiques ; dans la salle 4, des niveaux paléolithiques ; et, dans l'entrée sud-est, un ensemble néolithique comprenant des restes humains (Dumontier, 2006). Pour permettre l'exploration simultanée de ces secteurs, trois équipes ont alors été constituées et ont travaillé conjointement pendant les campagnes 2007-2010 (Dumontier, 2009, 2010). Une équipe dirigée par F. Réchin s'est concentrée, de 2007 à 2009, sur les niveaux de la fin du second âge du Fer et de l'Antiquité tardive présents dans les salles 1 à 3. Une équipe dirigée par P. Dumontier a fouillé, de 2007 à 2010, les niveaux du Néolithique final et du Mésolithique de l'entrée sud-est (le Mésolithique étant vraisemblablement représenté aussi dans la salle 1, et peut-être dans la salle 3, sous les niveaux protohistoriques). Enfin, dans la salle 4, une équipe dirigée par C. Normand et J.-M. Pétillon a exploré les niveaux paléolithiques qui font l'objet de la présente publication.

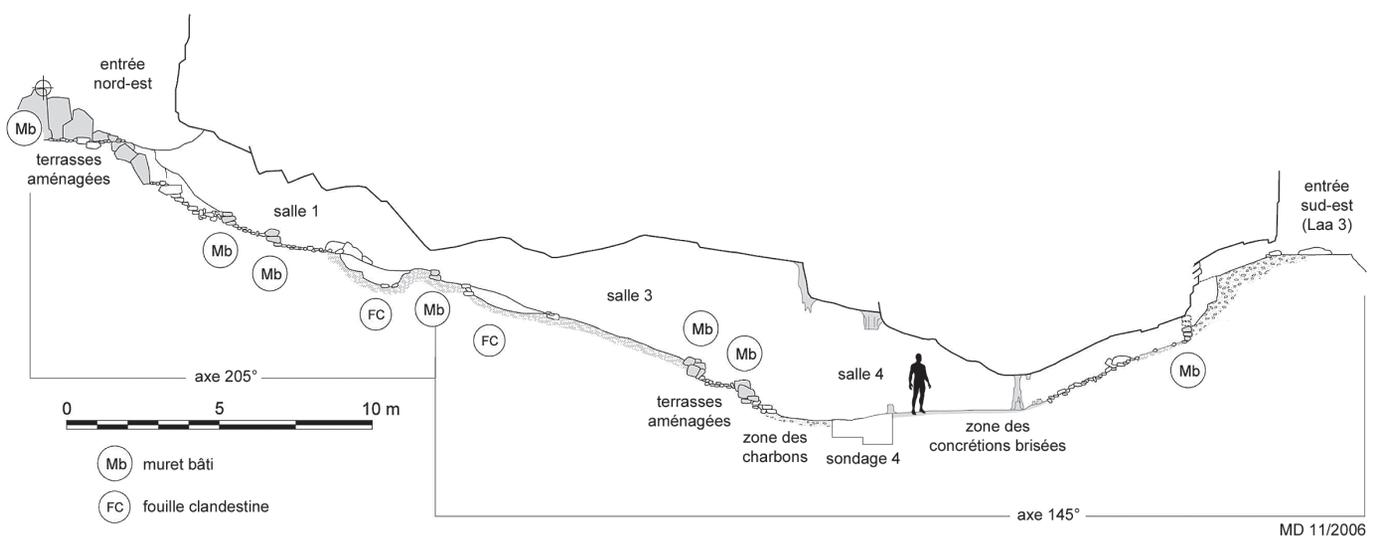


Fig. 2 – Coupe de la grotte de Laa 2 avant le début des fouilles, avec l'emplacement du sondage dans les couches paléolithiques. Topographie Michel Douat (CDS 64) avec Marie-Claude Douat, Michel Lauga et Patrice Dumontier.

Section of Laa 2 cave before the beginning of the excavations, showing the location of the Paleolithic test pit. Topography: M. Douat (CDS64) with M.-C. Douat, M. Lauga, P. Dumontier.

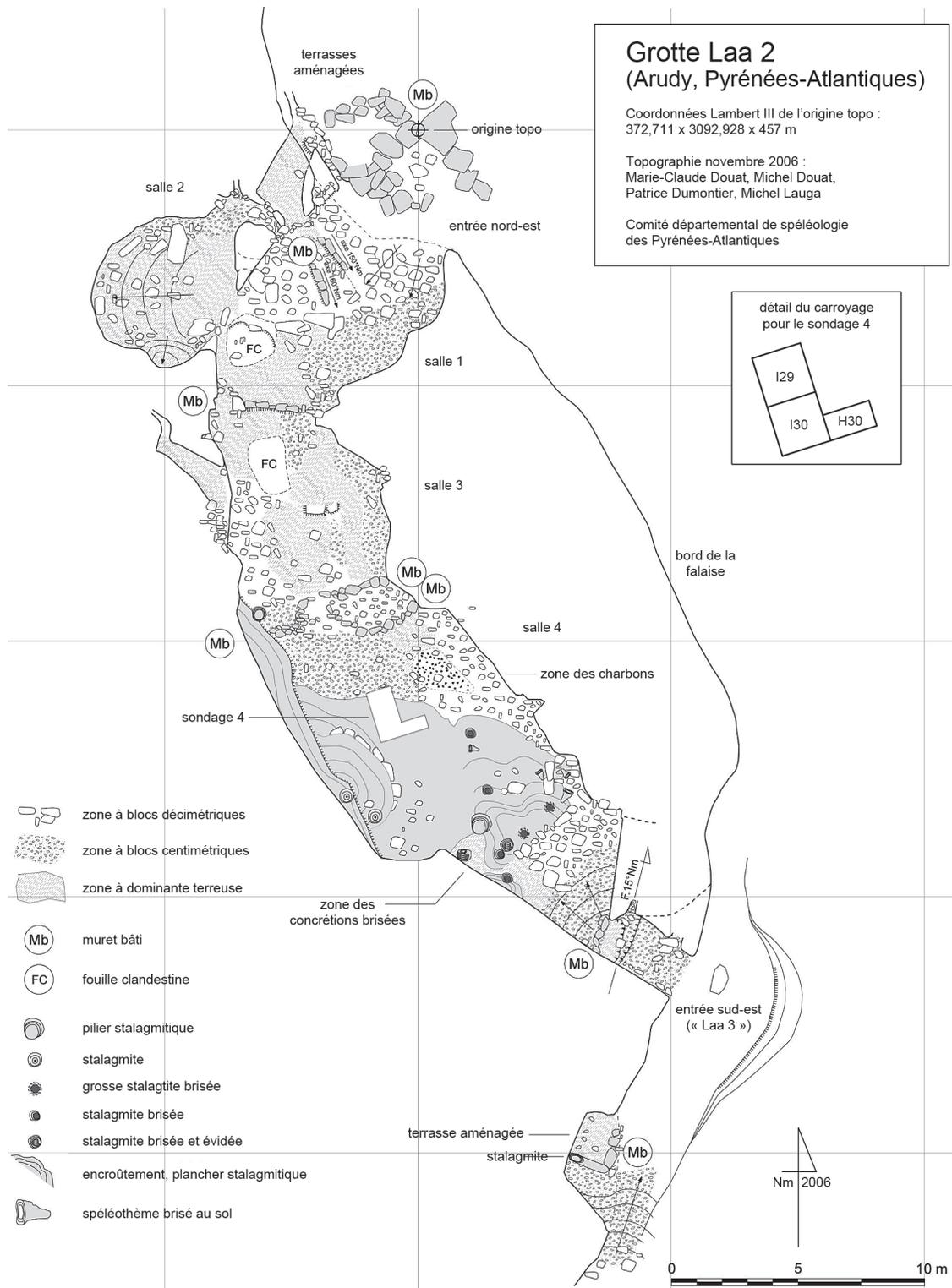


Fig. 3 – Topographie générale de la grotte de Laa 2 avant le début des fouilles, avec l'emplacement du sondage dans les couches paléolithiques. Topographie Michel Douat (CDS 64) avec Marie-Claude Douat, Michel Lauga et Patrice Dumontier.

Topography of Laa 2 cave before the beginning of the excavations, showing the location of the Paleolithic test pit. Topography: M. Douat (CDS64) with M.-C. Douat, M. Lauga, P. Dumontier.

Le sondage pratiqué dans les niveaux paléolithiques, nommé « sondage 4 », présente aujourd'hui une surface de 2,5 m² (carrés I29, I30 et moitié sud du carré H30: fig. 3). Lors de la campagne 2006, seule la moitié sud des carrés H30 et I30 avait été ouverte, soit une fenêtre de 2 × 0,5 m. Dans le carré H30, le sondage avait été interrompu à la base du plancher stalagmitique, à une vingtaine de centimètres sous la surface du sol (cote -915), en raison de la découverte d'une lentille de sédiment noirâtre alors interprétée comme un possible foyer (voir ci-dessous). Dans le carré I30, la fouille avait été poussée une trentaine de centimètres plus bas, jusqu'à la cote -945. En 2009-2010, la surface ouverte a été étendue à l'ensemble des carrés I29 et I30, le carré H30 étant laissé en l'état. À la fin de la campagne 2010, le sondage atteignait une profondeur de 0,8 m dans le carré I29 (cote -990) et de 1,2 m dans le carré I30 (cote -1020). L'arrêt du sondage a été causé par l'impossibilité pratique de poursuivre en profondeur sans élargir préalablement la fenêtre de fouille. La roche encaissante n'a été rencontrée en aucun point. Le volume total de remplissage fouillé est d'environ 2 m³.

En 2009-2010, la fouille du sondage 4 a été conduite par 1/9^e de mètre carré (« sous-carrés » de 33 × 33 cm), par décapages de 4 à 8 cm d'épaisseur (selon la granulométrie des blocs calcaires et l'intensité de l'induration du remplissage), en distinguant bien sûr les différentes unités stratigraphiques (US). Tous les objets repérés à la fouille ont été dessinés sur un plan au 1/5^e et coordonnés en trois dimensions, le niveau de référence étant fourni par un repère fixé dans la paroi ouest de la salle 4. Le sédiment issu de chaque décapage a été intégralement tamisé à l'eau sur une maille de 2 mm et le tri du matériel effectué à l'œil nu.

Chaque pièce coordonnée a été marquée avec les informations suivantes : site, année de fouille, carré, US, numéro individuel (la numérotation reprenant à 1 pour chaque carré et pour chaque année de fouille). Chaque lot de pièces isolé lors du tri des refus de tamis a été conditionné avec les informations suivantes : site, année de fouille, carré, sous-carré (de a à i), US, altitudes supérieure et inférieure du décapage.

Aucune structure n'a été identifiée lors de la fouille. Après l'achèvement du sondage, trois blocs calcaires ont été prélevés dans la lentille noirâtre du carré H30 : leur examen (absence de traces de chauffe, absence de charbon et d'esquilles osseuses brûlées dans le sédiment qui les englobait) ne va pas dans le sens de l'identification de cette lentille comme une structure de combustion. Aucune organisation spatiale du matériel n'a été identifiée, que ce soit lors de la fouille ou lors des études post-fouille.

STRATIGRAPHIE ET DATATIONS

Lors de la fouille, différentes US ont été distinguées selon des variations de composition, de texture, de compacité et de coloration du sédiment (Dumontier, 2006, 2009, 2010). Par ailleurs, pour éviter des confusions avec d'autres sondages, la nomenclature de ces US a été modifiée entre la campagne 2006 (de la base au sommet : US 2011 à 2001) et les campagnes

2009-2010 (US 4013 à 4001). Parallèlement à ce découpage en US, trois grands ensembles lithostratigraphiques ont été individualisés au sein du remplissage (ensembles 1 à 3). Enfin, lors des études post-fouille, cinq couches ont été distinguées (C5 à C1) en se fondant sur la distribution verticale et la nature du mobilier archéologique. Lithostratigraphie et archéostratigraphie (tabl. I) sont présentées ci-dessous.

Lithostratigraphie	US 2006	US 2009-2010	Archéostratigraphie
ensemble 3	2001	surface	C1
	2002 et 2005	4001	
	2003a	4002	
	2003	4003 sommet	
ensemble 2	2004	4003 base	C2
	2006 sommet	4006 et 4006b	
	2006 et 2007	4008	
	2008 et 2009	4009	
	2010	4010	C3
	2011	4011 sommet	
ensemble 1	non atteint	4011 base	C4
		4012 sommet	
		4012 base	C5
		4013	

Tabl. I – Correspondances entre les ensembles lithostratigraphiques, les US distinguées à la fouille (en 2006 et en 2009-2010) et les couches archéologiques individualisées d'après l'étude du mobilier.

Equivalence between the lithostratigraphic units, the stratigraphic units ("US") identified during the excavation in 2006 and in 2009-2010, and the archeological layers defined after the study of the material.

LITHOSTRATIGRAPHIE (C. F.)

DESCRIPTION DES ENSEMBLES LITHOSTRATIGRAPHIQUES

À la base du sondage, l'ensemble 1 (fig. 4 et 5) correspond aux US 4013 et 4012. Il a été observé sur une épaisseur de 50 cm, essentiellement dans le carré I30. La première US est un limon sableux grisâtre contenant des blocs et cailloux calcaires ainsi que d'assez nombreux galets de calcaire, d'ophite et de roche magmatique, dont la taille peut atteindre 7 cm (support matriciel). La limite supérieure de cette US est diffuse, marquée par le changement de coloration de la matrice ainsi que par une différence dans l'abondance et l'hétérométrie de la fraction grossière. L'US 4012 est une accumulation de blocs et cailloux calcaires aux arêtes subanguleuses dont les interstices sont colmatés par un limon sableux gris-jaune contenant des graviers (support clastique fermé). Quelques lentilles de dimension pluricentimétrique ont une structure ouverte (fig. 6). Les galets sont peu abondants.

L'ensemble 2 (fig. 4 et 7) est un cailloutis à structure ouverte à semi-ouverte, localement colmaté, épais d'environ 50 cm, correspondant aux US 4011 sommet, 4010, 4009, 4008, 4006 a et b et 4003 base. Vers le sud, où la structure est plus ouverte, il s'enrichit en éléments calcaires assez bien calibrés (5 cm environ), généralement en forme de plaquette aux arêtes vives. En direction du nord, les cailloux sont plus hétérométriques, plus émoussés et de petits blocs calcaires apparaissent. La matrice, peu abondante, est un limon argileux contenant de

très nombreux granules. Le sommet est cimenté par la calcite constituant le plancher sus-jacent.

L'ensemble 3 (fig. 4) est un plancher stalagmitique polyphasé, épais de 30 cm au maximum (US 4003 sommet, 4002 et 4001). Dans le carré H30, il peut être subdivisé en deux parties. À la base, sur 10 cm d'épaisseur (US 4003), la calcite est granuleuse, parfois friable, de couleur jaunâtre et cimente des cailloux et des blocs calcaires hétérométriques, aux arêtes assez émoussées, appartenant à la partie sommitale de l'ensemble 2. Au sommet (US 4002 et 4001), sur 2 à 7 cm d'épaisseur, le plancher est constitué par des lits millimétriques de calcite blanchâtre à brun clair. Localement, des lentilles argileuses de quelques millimètres d'épaisseur s'intercalent entre les niveaux calcitiques. Vers le sud, le plancher est moins dilaté et la distinction des différents niveaux plus difficile à établir. Il s'amincit au point que l'US sous-jacente détritique est sub-affleurante.

ÉLÉMENTS D'INTERPRÉTATION : PROCESSUS DE FORMATION DU REMPLISSAGE

Pour la base de l'ensemble 1 (US 4013), l'abondance des galets exogènes ainsi que la texture sableuse de la matrice suggèrent une accumulation d'origine alluviale, résultant par exemple d'écoulements fluvioglaciaires. Cette dynamique est

accompagnée par des processus gravitaires, à l'origine des éléments calcaires anguleux. Certains blocs (fig. 5) proviennent vraisemblablement d'effondrements de la voûte : à l'aplomb du sondage, les bancs constituant le plafond sont peu épais, la roche est parcourue par de nombreuses fractures et des cicatrices de décollement sont nettement visibles. Les autres éléments calcaires pourraient être issus d'apports extérieurs depuis les porches. La présence de matériel archéologique au sommet de l'US peut résulter du remaniement de la partie supérieure du dépôt par ruissellements et/ou gravité pendant ou immédiatement après l'occupation humaine.

Le sommet de l'ensemble 1 (US 4012), constitué principalement par des blocs et des cailloux calcaires anguleux (fig. 5), se caractérise par la prédominance des apports gravitaires en provenance de l'extérieur. L'accumulation constitue la partie distale de deux cônes d'éboulis dont les apex se situent à l'aplomb de chacun des deux porches. Comme pour l'US sous-jacente, certains blocs pourraient provenir d'un démantèlement *in situ* de la voûte et/ou des parois. La fraction fine a été accumulée par ruissellement, colmatant en partie les vides laissés par l'entassement des éléments grossiers. Les lentilles à structure ouverte ou semi-ouverte, visibles localement au sein du dépôt (fig. 6), peuvent résulter de cette dynamique gravitaire ou être le résultat du lessivage de la fraction fine, à l'aplomb d'égouttements d'eau en provenance de la voûte. Les

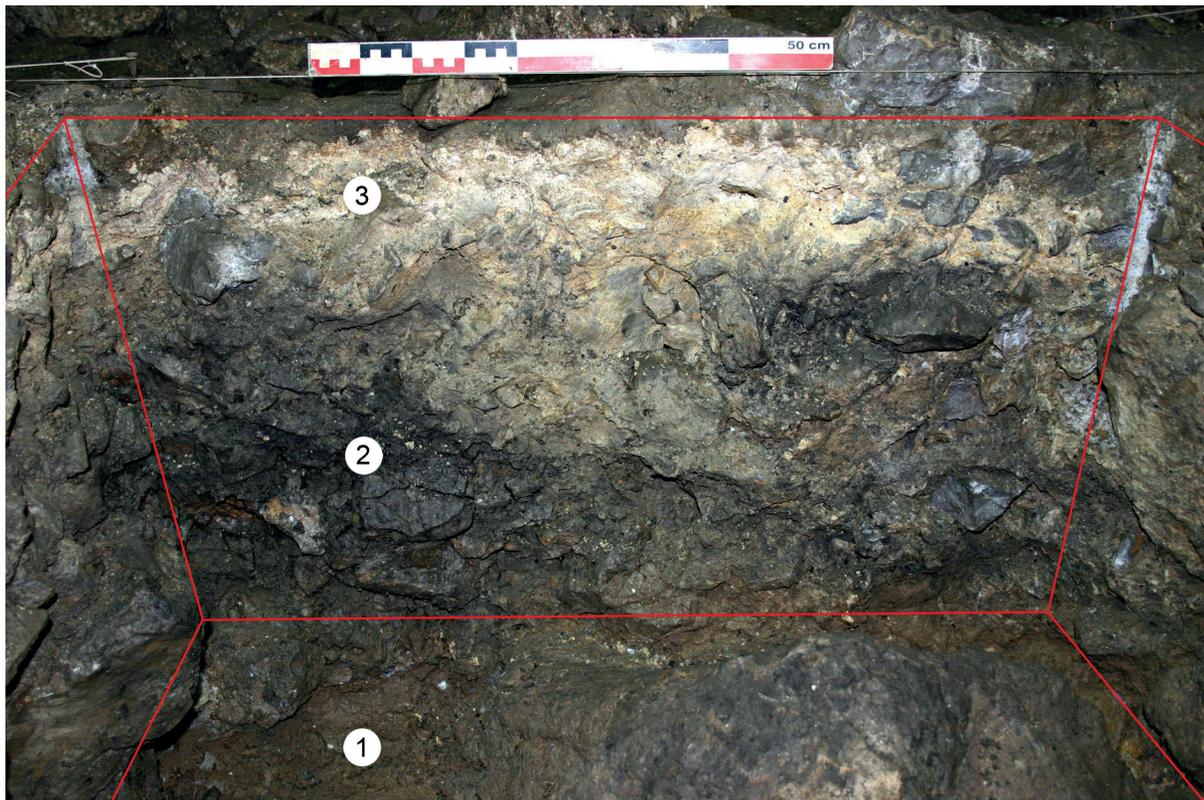


Fig. 4 – Vue de la coupe I28/I29 et d'une partie du carré I29. 1: surface de l'ensemble 1 (US 4012). 2: ensemble 2 (éboulis). 3: ensemble 3 (plancher). Échelle: 50 cm. Cliché J.-M. P.

View of the I28/I29 section and partial view of square I29. 1: surface of Ensemble 1 (US 4012). 2: Ensemble 2 (blocks). 3: Ensemble 3 (stalagmite floor). Scale: 50 cm. Picture J.-M. P.

Fig. 5 – Coupe I30/I31, localisation des US 4003, 4011, 4012, 4013. 4003: plancher stalagmitique ; 4011: éboulis à structure semi-ouverte ; 4012: éboulis colmaté ; 4013 : alluvions et blocs effondrés de la voûte. Échelle: 50 cm. Cliché C. F.

I30/I31 profile, showing US 4003, 4011, 4012, 4013. 4003: stalagmite floor; 4011: limestone debris with semi-open structure; 2012: filled limestone debris; 4013: alluvial material and blocks collapsed from the ceiling. Scale: 50 cm. Pictures C. F.

galets, hormis un transport anthropique pour les plus gros, proviennent de la reprise des alluvions antérieures (cf. US 4013) par gravité, ruissellements, ou sous l'action du piétinement. Ce type d'alimentation a pu être mise en évidence pour d'autres cavités pyrénéennes, telles Gargas (Foucher *et al.*, 2008) et Troubat. Dans ces dernières, contrairement à la grotte de Laa 2, des placages résiduels sont encore visibles sur les parois ou en remplissage de la partie profonde des conduits.

Les cailloutis de l'ensemble 2 témoignent de la poursuite de l'ébouilisation. Les différences de granulométrie entre les parties sud et nord du sondage peuvent s'expliquer par des apports simultanés en provenance des deux entrées ou par la présence de lentilles dont l'extension n'est pas connue, en raison de la faible surface fouillée. Bien que nous n'ayons pas pu pour l'instant les reconnaître, d'autres mécanismes tels que le ruissellement ou la solifluxion ont pu assister les processus gravi-

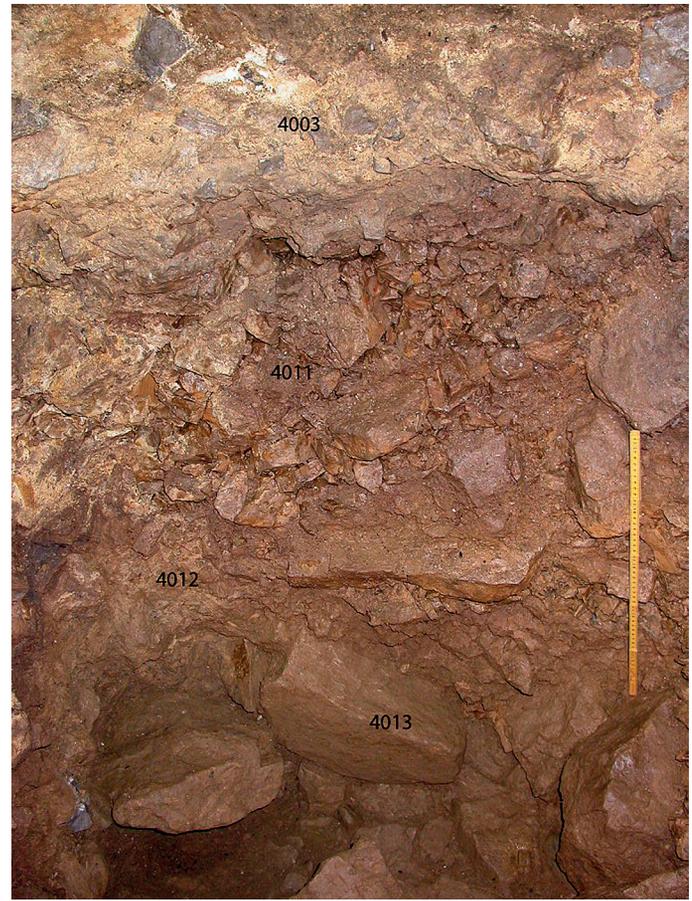
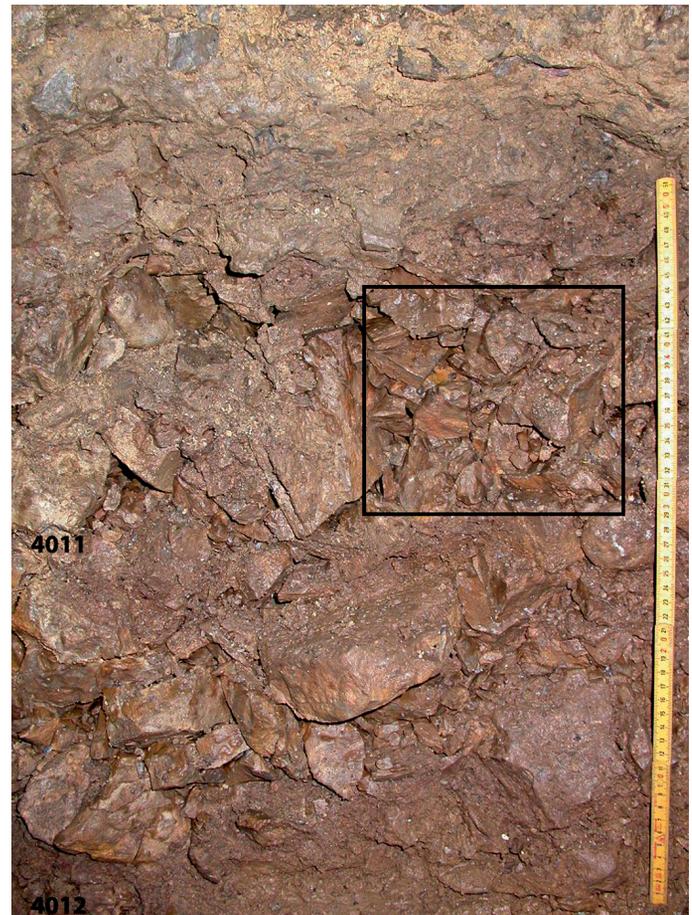


Fig. 6 – Coupe I30/I31, US 4012. Lentille à structure semi-ouverte (a) résultant du lessivage de la fraction fine à l'aplomb d'égouttements d'eau en provenance de la voûte. Échelle : 37 cm. Cliché C. F.

I30/I31 profile, US 4012. Lens with semi-open structure (a) resulting from the leaching of the fine-grained fraction below water drippings from the ceiling. Scale: 37 cm. Picture C. F.

Fig. 7 – Coupe I30/I31, US 4011. Structure semi-ouverte de l'US 4011. Échelle : 50 cm. Cliché C. F.

I30/I31 profile, US 4011. Semi-open structure of US 4011. Scale: 50 cm. Picture C. F.



taires. Enfin, l'abondance des éléments compris entre 2 et 5 cm pourrait suggérer l'action d'un gel secondaire ayant amenuisé les cailloux sur le versant, avant leur piégeage dans la grotte.

L'ensemble 3 traduit un arrêt des apports détritiques en même temps que se développe un plancher stalagmitique alimenté par des écoulements provenant d'un pilier et de plusieurs stalactites localisés quelques mètres à l'est et au sud-est du sondage. Le concrétionnement affecte la partie sommitale de l'ensemble 2 (US 4003 base) en cimentant les éléments grossiers et est ensuite interrompu à quelques reprises par de faibles apports argileux. Cet épisode peut être rapporté au réchauffement succédant à la dernière période glaciaire : les conditions climatiques permettent le développement du couvert végétal qui réduit l'érosion, favorise la pédogenèse, la dissolution des calcaires et la formation de spéléothèmes. Les occupations humaines holocènes de la cavité ont eu lieu pendant et après le dépôt de la partie supérieure du plancher (calcite litée).

IMPLICATIONS TAPHONOMIQUES

La gravité seule n'occasionne pas de perturbation majeure des vestiges et des niveaux archéologiques. Cependant, une remobilisation des vestiges les plus petits ainsi que celle de la

fraction fine doit être envisagée. Les déplacements peuvent être latéraux et dus au ruissellement (Lenoble, 2005) le long de la pente des cônes d'éboulis, ou verticaux (Bertran *et al.*, 2004) au sein des niveaux à structure ouverte, comme par exemple pour les lentilles de l'US 4012 (fig. 6) ou pour l'US 4011 (fig. 7). Des études à partir de coupes plus étendues seraient nécessaires pour reconnaître d'éventuels autres processus relayant la gravité et discuter de leurs implications taphonomiques.

ARCHÉOSTRATIGRAPHIE (P. D., C. N., J.-M. P.)

Les couches archéologiques ont été distinguées en étudiant une série de projections verticales du matériel des carrés I29 et I30, selon l'axe nord-sud (le fait que le pendage est-ouest soit négligeable justifie d'inclure dans ces projections l'ensemble des pièces sur la largeur de la bande I : fig. 8). La projection de l'ensemble des pièces coordonnées a permis d'identifier visuellement les variations verticales de densité du matériel (concentrations de matériel, niveaux pauvres ou stériles), de spatialiser les raccords effectués entre pièces d'industrie et de faune, et d'établir ainsi que les nappes de vestiges présentaient globalement un pendage nord-sud d'environ 8 à 12 % (soit 4,6 à 6,8° : fig. 8). Des projections des pièces coordonnées ont également été réalisées par type de matériau (céramique, charbons, faune,

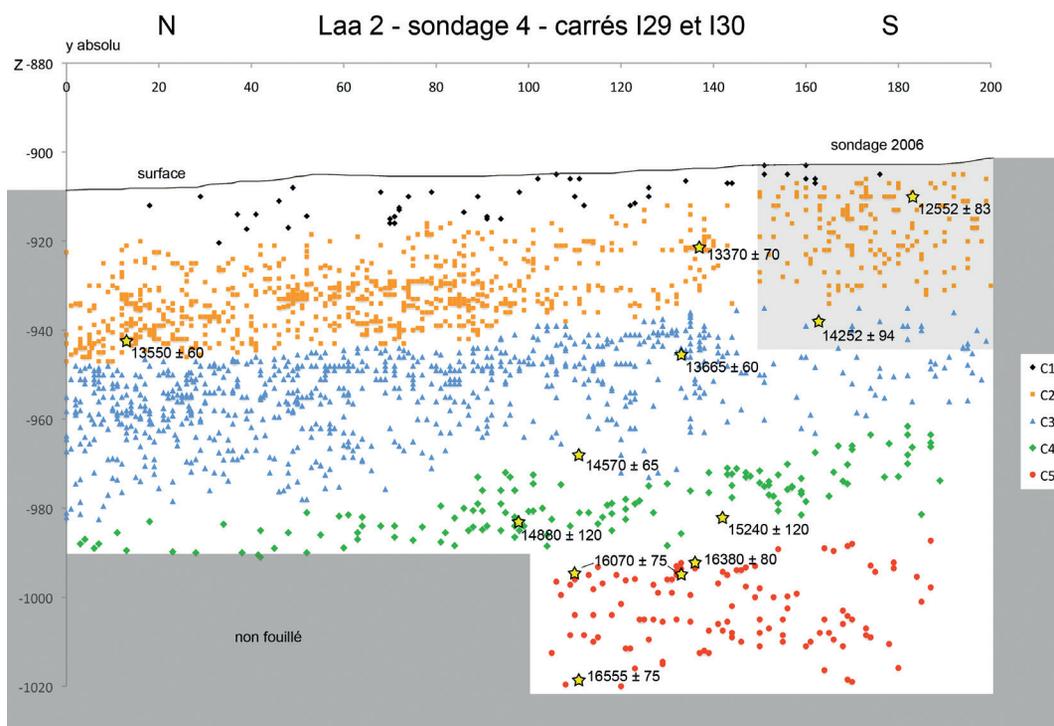


Fig. 8 – Projection verticale, selon l'axe nord-sud, des vestiges coordonnés dans les carrés I29 et I30, avec indication des pièces datées. La date de 16070 ± 75 BP renvoie à deux objets car l'os daté a pu être rattaché à un autre. Comme indiqué dans le texte, le mobilier présent à la base de la couche C3 – et donc l'objet ayant livré la date de 14570 ± 65 BP – y a sans doute migré par gravité depuis la partie supérieure de la couche.

Vertical plot of all remains with 3D coordinates in squares I29 and I30, along the north-south axis. The radiocarbon-dated bones are indicated. The 16070 ± 75 BP date is linked to two objects because the bone dated could be refitted with another. As indicated in the text, the material at the bottom of layer C3 – and thus the bone that yielded the date of 14570 ± 65 BP – probably migrated here from the upper part of the layer.

industrie lithique, industrie osseuse, plaquettes, galets) ; une attention particulière a été portée aux éléments diagnostiques des industries lithique et osseuse, ainsi qu'aux vestiges de faune identifiés au niveau taxinomique (voir ci-après). La prise en compte de l'ensemble de ces informations a permis de distinguer cinq couches archéologiques.

À la base de l'ensemble 1, la couche C5, épaisse d'environ 30 cm, n'a été fouillée que dans le carré I30. Elle n'a pas livré d'industrie osseuse et son industrie lithique ne comporte pas d'éléments diagnostiques, mais son spectre faunique se singularise par la grande rareté du renne (voir ci-après).

Au sommet de l'ensemble 1, la couche C4, épaisse de 10-15 cm, présente globalement les mêmes caractères que la couche C5, mais elle en est séparée par un niveau pauvre en mobilier, repérable de la cote ≈ -990 au nord à la cote ≈ -980 au sud (fig. 8).

À la base de l'ensemble 2, la couche C3, épaisse de 25 à 30 cm, est séparée de la couche C4 par un niveau pauvre en matériel, repérable de la cote ≈ -980 au nord à la cote ≈ -960 au sud. La limite entre les deux couches correspond approximativement à la limite entre les US 4011 et 4012 telle qu'elle avait été observée à la fouille. La couche C3 est assez dilatée, le mobilier archéologique est surtout dense dans sa partie supérieure et plusieurs raccords quasi verticaux y ont été effectués entre vestiges de faune et d'industrie osseuse. Ajoutés à la structure ouverte de l'ensemble 2 (voir ci-dessus), ces caractères suggèrent que le mobilier présent à la base de la couche C3 y a sans doute migré par gravité depuis la partie supérieure de la couche. Les caractères de l'industrie lithique et osseuse de la couche C3 ont permis son attribution au Magdalénien moyen ; par rapport aux couches sous-jacentes, son spectre faunique se distingue notamment par l'abondance du renne (voir ci-après).

Au sommet de l'ensemble 2 a été individualisée la couche C2, épaisse d'environ 25 cm. Bien qu'aucune raréfaction verticale de mobilier ne marque le passage de C2 à C3, la limite entre les deux couches correspond approximativement à la limite entre les US 4008-4009 et 4010 telle qu'elle avait été observée à la fouille.

D'un point de vue archéologique, cette distinction est confirmée par certains caractères des industries lithique et osseuse qui ont permis l'attribution de la couche C2 au Magdalénien supérieur (voir ci-après). Par ailleurs, par rapport à la couche C3, le spectre faunique de la couche C2 est marqué par des évolutions dont certaines renvoient vraisemblablement à des changements environnementaux (indices de réchauffement : voir ci-après). Notons enfin que la partie supérieure de la couche C2 est incluse dans la base du plancher stalagmitique qui forme l'ensemble 3.

Le mobilier présent dans la partie supérieure de cet ensemble 3 a été individualisé sous l'appellation de « couche C1 ». Cette couche, épaisse d'environ 10 cm, se distingue de celle qui la précède par une grande raréfaction du mobilier, la disparition de l'industrie osseuse, la quasi disparition de l'industrie lithique, l'absence presque complète d'ossements de renne parmi les rares vestiges de faune, la présence de charbons de bois et surtout de tessons de céramique. Ces derniers se rapportent pour la plupart à la fin de l'Antiquité, bien que quelques-uns évoquent la fin du Néolithique ou l'âge du Bronze ancien. En raison de cette composition hétérogène, la couche C1 n'a pas été incluse dans la présente étude.

DATATIONS RADIOCARBONE (J.-M. P.)

La chronologie absolue de la séquence paléolithique de Laa 2 a été établie grâce à une série de 11 dates ^{14}C par AMS sur os non brûlé. Suivant un protocole aujourd'hui classique, et largement utilisé notamment dans le projet Magdatis (Barshay-Szmidt *et al.*, 2016), chaque date a été effectuée sur un vestige unique, coordonné, déterminé taxinomiquement et anatomiquement, et portant autant que possible des traces d'action anthropique (stries de découpe, impacts de percussion, etc.). Ces dates ont été effectuées entre 2007 et 2014 dans le cadre de plusieurs programmes (voir rappel en fin d'article), ce qui explique la multiplicité des laboratoires prestataires (tabl. II ; tabl. III ; fig. 9). Tous les échantillons datés présentaient une bonne fiabilité physico-chimique.

ID échantillon	US	Carré	Année fouille	Numéro	Couche	Élément	Taxon	Traces anthropiques	Long. (mm)	Masse (g)
C2_Cer	2007	H30	2006	22	C2	métatarsien	cerf	stries	110	NC
C2_Ran1	4003	I30	2009	37	C2	dent (LP4)	renne	néant	21	3,66
C2_Ran2	4008	I29	2009	490	C2	métatarsien	renne	stries	76	10,06
C3_Cap	4010	I30	2009	203	C3	métatarsien	bouquetin	néant	75	6,21
C3_Equ	2010	I30	2006	121	C3	radius	cheval	stries	100	NC
C3_Cer	4011	I30	2009	271	C3	tibia	cerf	stries	112	45,93
C4_Rup	4012	I29	2010	628	C4	tibia	isard	stries, percussion	90	NC
C4_Bov	4012	I30	2010	156	C4	coxal	boviné	stries, percussion	150	NC
C4_Cap	4012	I29	2010	622	C4	tibia	bouquetin	percussion	86	12,5
C5_Cap1	4012	I30	2010	198	C5	phalange 1	bouquetin	percussion	48	4,38
C5_Cap2	4012	I30	2010	181	C5	humérus	bouquetin	percussion	53	43,62
C5_Equ	4013	I30	2010	277	C5	fémur	cheval	néant	136	86,3

Tabl. II – Échantillons osseux soumis à datation ^{14}C par AMS. NC : non connu. Le nom de l'échantillon indique le taxon daté (voir colonne « taxon »).

Bone samples submitted for radiocarbon AMS dating. NC: unknown. The name of the sample indicates which species was dated (see the "taxon" column).

ID échantillon	Code labo	Date BP	Date cal BP (95,4%)	Masse collag. (mg)	Taux collag. (%)	%C	d ¹³ C	d ¹⁵ N	C:N	Activité ¹⁴ C (%)
C2_Cer	Erl11112	12552 ± 83	15160-14320	NC	NC	NC	-20,6	NC	2,6	20,96 ± 0,22
C2_Ran1	Poz52969	13370 ± 70	16296-15842	NC	NC	NC	NC	NC	3,4	NC
C2_Ran2	OxA26674	13550 ± 60	16566-16107	13,34	2,6	43,7	-19,3	4,1	3,1	NC
C3_Cap	OxA26673	13665 ± 60	16755-16247	48,93	8	43,4	-19,3	2,5	3,1	NC
C3_Equ	Erl11113	14252 ± 94	17625-17069	NC	NC	NC	-21,3	NC	2,6	16,96 ± 0,20
C3_Cer	OxA26672	14570 ± 65	17951-17556	18,19	3,1	44	-19,9	3,3	3,1	NC
C4_Rup	Lyon11706 (SacA39177)	14880 ± 120	18411-17814	NC	NC	NC	NC	NC	NC	15,69 ± 0,23
C4_Bov	Lyon11707 (SacA39178)	15240 ± 120	18772-18211	NC	NC	NC	NC	NC	NC	15 ± 0,22
C4_Cap	non daté : échec au test d'azote									
C5_Cap1	OxA26671	16070 ± 75	19609-19165	26,81	5,2	43,4	-19,4	2,7	3,2	NC
C5_Cap2	OxA27935	16380 ± 80	20010-19549	13,7	5,7	45,6	-19,7	2,4	3,2	NC
C5_Equ	OxA29934	16555 ± 75	20203-19708	25,81	4,3	41	-21,1	4	3,3	NC

Tabl. III – Résultats des datations ¹⁴C. Calibration effectuée avec OxCal 4.2 (Bronk Ramsey, 2009), courbe IntCal13 (Reimer et al., 2013). Pour les dates Lyon11706 (SacA39177) et Lyon11707 (SacA39178), l'indication de fiabilité physico-chimique fournie par le laboratoire est : « très fiable ». NC : non connu. Le nom de l'échantillon indique le taxon daté (voir colonne « taxon » dans le tabl. II).

Results of the radiocarbon dates. Calibration with the OxCal 4.2 software (Bronk Ramsey, 2009), IntCal13 dataset (Reimer et al., 2013). For the dates Lyon11706 (SacA39177) and Lyon11707 (SacA39178), the laboratory indicates that the physical-chemical reliability of the samples was “very good”. NC: unknown. The name of the sample indicates which species was dated (see the “taxon” column in table II).

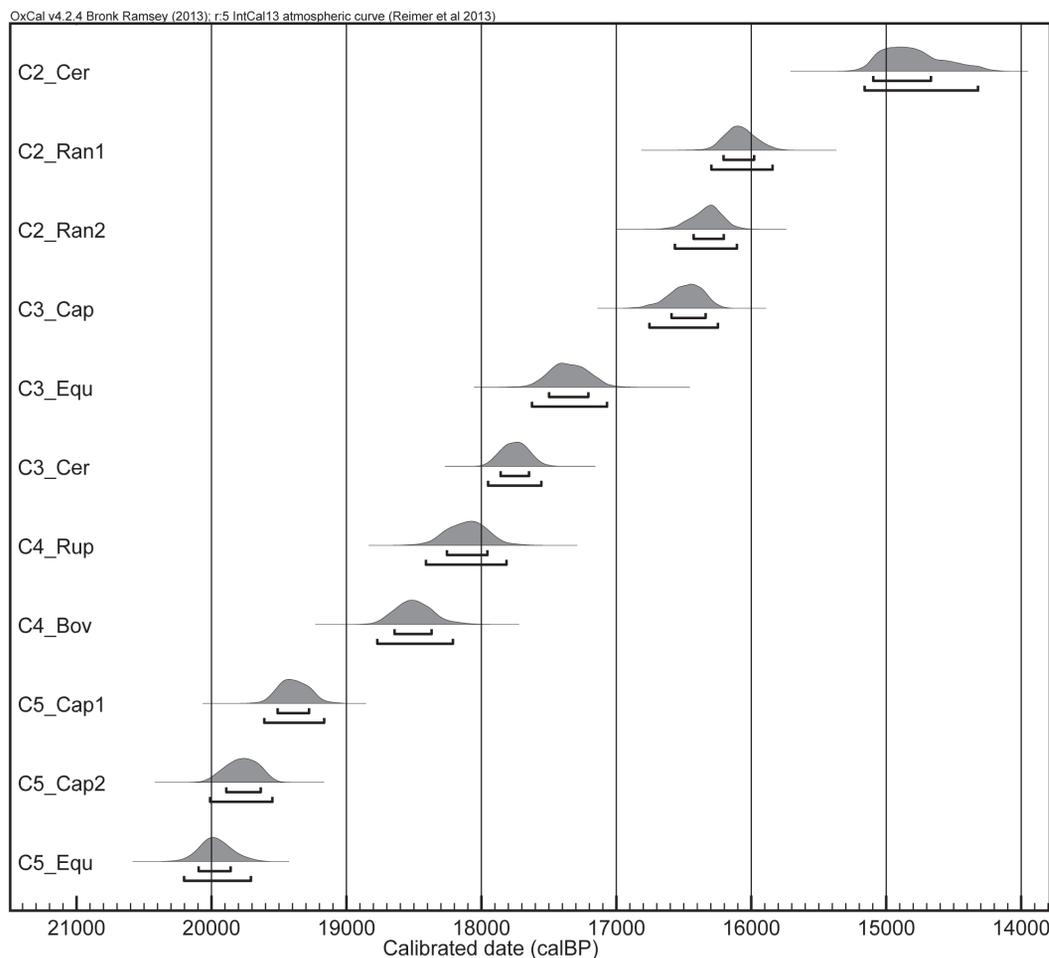


Fig. 9 – Dates ¹⁴C calibrées de la séquence paléolithique de Laa 2. Calibration effectuée avec OxCal 4.2 (Bronk Ramsey, 2009), courbe IntCal13 (Reimer et al., 2013). Intervalles 1 sigma (68,2 %) et 2 sigma (95,4 %).

Calibrated radiocarbon dates for the Paleolithic sequence in Laa 2 cave. Calibration with the OxCal 4.2 software (Bronk Ramsey, 2009), IntCal13 dataset (Reimer et al., 2013). One sigma (68.2%) and two sigma (95.4%) intervals are shown.

Prises dans leur ensemble, ces dates placent les occupations de la couche C5 autour de 20000-19500 cal BP, celles de la couche C4 vers 18500-18000 cal BP, celles de la couche C3 vers 18000-16500 cal BP et celles de la couche C2 entre 16500 et 15000 cal BP environ (fig. 9), soit une « dilatation chronologique » comparable entre les deux couches les plus anciennes d'une part, et entre les deux couches les plus récentes d'autre part. Ces résultats confirment également l'absence de hiatus chronologique entre les occupations de la couche C3 et celles de la couche C2, le sommet de la première et la base de la seconde ayant livré des dates très proches (C3_Cap et C2_Ran2, autour de 16500 cal BP: tabl. III ; fig. 9). Ces 11 dates sont globalement concordantes avec l'ordre de succession des couches : aucune couche n'a livré de date plus ancienne qu'une quelconque des dates provenant des couches sous-jacentes. Cependant, la cohérence stratigraphique apparaît moins forte à l'intérieur de chacune d'elles. Les deux échantillons datés au sommet de la couche C5, à la même altitude, ont ainsi livré des dates qui ne se recoupent pratiquement pas (C5_Cap1 et C5_Cap2: fig. 8 ; fig. 9). Le même constat peut être fait pour les deux dates du sommet de la couche C3 (C3_Cap et C3_Equ: fig. 8 ; fig. 9). Cette situation illustre vraisemblablement les limites de l'enregistrement stratigraphique de la séquence paléolithique de Laa 2: comme indiqué plus haut, la nature lacunaire du remplissage a favorisé la migration verticale de certains objets par gravité, sans compter que le matériel a également pu être remobilisé par les occupants du lieu ou par d'autres phénomènes (ruissellement, piétinement, solifluxion ?) dont l'impact reste difficile à évaluer précisément sur la faible surface fouillée. Quoiqu'il en soit, les résultats de ces datations ¹⁴C confirment qu'il reste possible de dresser ici un cadre stratigraphique cohérent à condition de conserver un « grain » chronologique relativement grossier ; ce cadre sera celui adopté dans l'étude du mobilier archéologique.

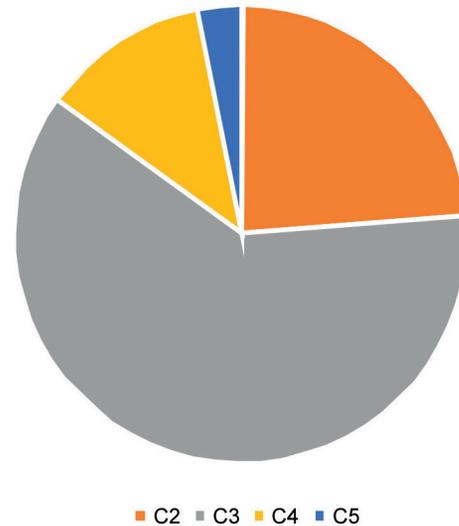


Fig. 10 – Distribution par couche des éléments lithiques analysés.

Distribution per layer of analyzed lithic industry.

couche	NR lithique analysé	NR total lithique	% analysé/total	% couche/corpus analysé
C5	15	19	78,9	3,1
C4	58	278	20,9	12,0
C3	298	1041	28,6	61,4
C2	114	168	67,9	23,5
Total	485	1506	32,2	100,0

Tabl. IV – Les éléments lithiques analysés : distribution par couche et représentativité par rapport à l'ensemble du matériel.

Analyzed lithic elements: Distribution per layer compared with the whole of the material.

L'INDUSTRIE LITHIQUE

CARACTÉRISATION ET PROVENANCE DES MATIÈRES PREMIÈRES LITHIQUES (M. S., C. N.)

CORPUS ÉTUDIÉ ET OUTILS D'ANALYSE

L'analyse des matières premières lithiques recueillies pendant les fouilles de Laa 2 a porté sur 485 pièces provenant des couches C5 à C2. Ces pièces représentent moins d'un tiers de l'ensemble total, mais le reste est constitué d'éléments de trop faibles dimensions pour être déterminés sans risque de confusion. Les pièces de la couche C3 prédominent, suivies par celles des couches C2 et C4. Seules quinze pièces sont attribuées à la couche C5 (fig. 10 ; tabl. IV).

L'analyse a été réalisée à l'échelle de caractérisation mésoscopique à l'aide d'une loupe binoculaire LEICA modèle MZ 95 et d'une source d'alimentation de lumière complémentaire selon les échantillons modèle SCHOTT KL 1500 compact. Les images ont été prises avec un appareil photo couplé ProgRes C3.

RÉSULTATS

La grande majorité de l'industrie lithique a été réalisée sur silex, qui constitue 98 % de l'ensemble étudié. À cela s'ajoute un cortège d'autres matières lithiques utilisées en proportion plus réduite: 12 éléments en lydienne, 14 en cristal de roche, deux en calcaire, un en roche métamorphique et un en jaspe. L'analyse texturale et micropaléontologique du silex a permis de distinguer quatre variétés siliceuses (fig. 11).

Silex du type 1: variété type flysch

C'est le type de silex le plus représenté, avec 240 pièces (49 % du total analysé) ; il est présent dans toutes les couches magdaléniennes avec des pourcentages variant entre 35 % (couche C2) et 60 % (couche C4). Il s'agit d'une variété à grain plutôt fin et à surface lisse, avec une aptitude à la taille généralement très bonne. Il présente de nombreuses tachetures. Sa texture est de type *packstone* avec d'abondantes inclusions d'oxydes métalliques, des cristaux de quartz détritiques, de

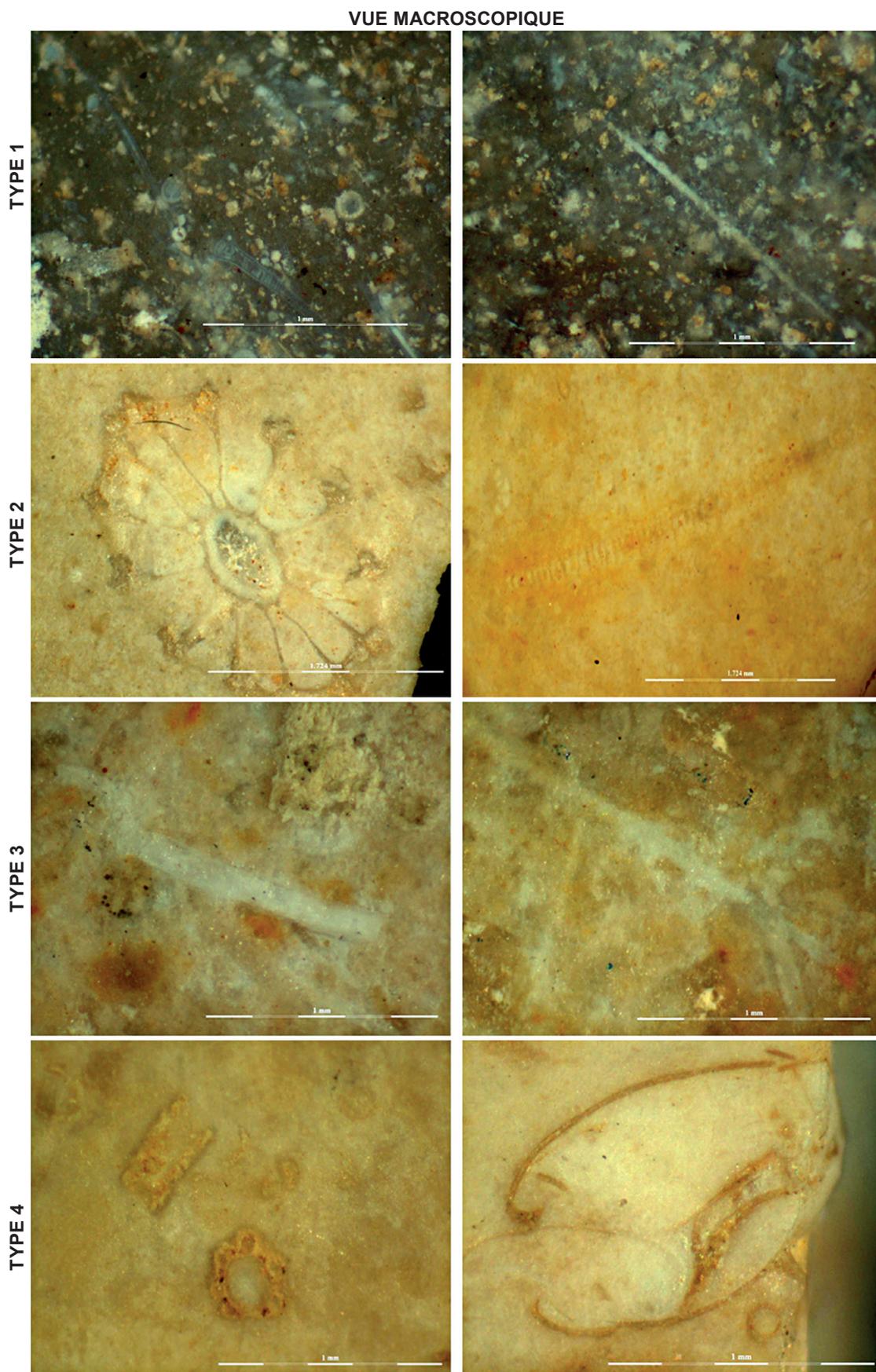


Fig. 11 – Vues macroscopiques avec le principal contenu micropaléontologique des quatre types de silex identifiés. Clichés M. S.
Macroscopic view with the more representative micropalaeontological content of the four analyzed cherts. Pictures M. S.

possibles matières organiques et, dans une moindre mesure, des cristaux rhomboédriques de calcite ou de dolomite. Le contenu micropaléontologique est d'origine marine avec des spicules d'éponge et de petits foraminifères (globigérines). Des bioclastes indéterminés ont été repérés dans quelques pièces. Le cortex, présent sur seulement 12 % des pièces, est calcaire et généralement plus ou moins roulé, ce qui indique une possible collecte en gîte subprimaire ou secondaire. Des altérations ont été reconnues : des patines blanches, observées sur 48 % des pièces, et très sporadiquement (5 %) des altérations thermiques.

Silex du type 2: variété type Chalosse

Trente et une pièces, soit un peu plus de 6 % du corpus étudié, ont été attribuées au silex du type 2. On le trouve dans les couches C4, C3 et C2 avec des pourcentages variables, entre 4 et 10 %. Il s'agit de silex de tonalité claire, du marron au beige, avec une distribution homogène de la couleur. Ils présentent un grain fin et des surfaces lisses, avec une très bonne aptitude à la taille. La texture est de type *wackestone*, parfois *packstone*, avec des inclusions d'oxydes métalliques et quelques débris carbonatés. Le contenu micropaléontologique, également marin, est représenté par des *Lepidorbitoides* sp., *Siderolites* sp. et des algues vertes (possibles dasycladacés). Seules deux pièces (6 %) présentent une surface corticale. Ces cortex sont calcaires et roulés, indiquant un approvisionnement dans des gîtes subprimaires ou secondaires. La patine blanche est la seule altération identifiée ; elle affecte 94 % des pièces.

Silex du type 3: variété type Montgaillard / Montsaunès

Dix-sept pièces (3 %) ont été attribuées au silex du type 3. Cette variété siliceuse, de coloration marron orangé et à la couleur tachetée, possède un grain fin et des surfaces lisses, avec une très bonne aptitude à la taille. La texture, du type *wackestone* à *packstone*, montre des inclusions très abondantes d'oxydes métalliques et des cristaux de quartz détritique. Le contenu micropaléontologique est marin, représenté exclusivement par des spicules d'éponge et d'autres bioclastes d'attribution généralement inconnue (possibles grands foraminifères). La patine blanche affecte 82 % des pièces. Seule une pièce présente une surface corticale, calcaire, non roulée.

Silex du type 4: variété type lacustre

Quinze pièces, soit 3 % du total, ont été attribuées au silex du type 4. Ces silex ont des colorations plutôt marron mais distribuées de façon variée, entre homogène et tachetée. Les grains sont fins et les surfaces lisses, avec une très bonne aptitude à la taille. La texture est de type *wackestone* avec des inclusions d'oxydes métalliques et, dans quelques cas, des recristallisations. Le contenu micropaléontologique, d'origine lacustre, se compose d'algues charophytes et de gastéropodes. Aucune pièce ne montre de surface corticale, ce qui pourrait indiquer un apport sur le site de pièces quasiment finies, sinon finies. Les altérations, sous la forme d'une patine blanche parfois épaisse, affectent 73 % des éléments, soit 11 pièces.

BILAN

Distribution des silex selon les couches

Si l'on observe la distribution de l'industrie lithique par couche (fig. 12, tabl. V) et plus spécifiquement la répartition des quatre types de silex identifiés (fig. 13, tabl. V), le type 1 (flysch) peut être considéré comme le « fonds commun », car il est présent dans les quatre couches dans des proportions toujours supérieures à 60 % du NR. Les autres types sont toujours minoritaires mais la proportion des types 2 (cf. Chalosse), 3 (Montgaillard / Montsaunès) et 4 (lacustre) semble augmenter dans les phases les plus récentes : voir les couches C3 et plus particulièrement C2. Notons toutefois que près de la moitié de l'industrie lithique de la couche C2 (45 %) n'a pas pu être attribuée à un type de silex spécifique à cause d'une profonde patine blanche.

Les « autres roches » mentionnées dans le tabl. V sont un cristal de roche dans la couche C5, un jaspe dans la couche C4 et une lydienne dans la couche C2.

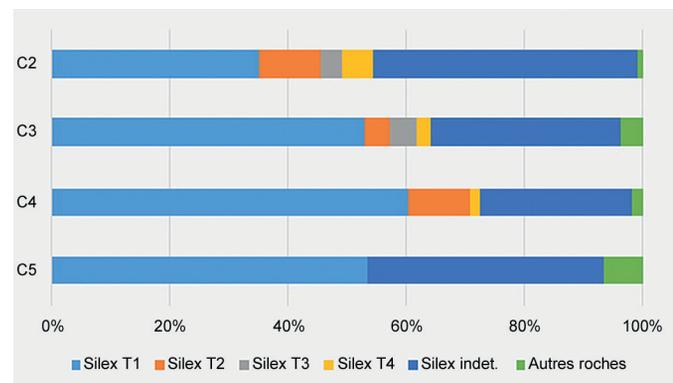


Fig. 12 – Distribution, en pourcentage par couche, de l'industrie lithique analysée après caractérisation.

Distribution, in percentage per layer, of the analyzed lithic industry after characterization.

matière	C5	C4	C3	C2	total
Silex T1	8	35	156	40	239
Silex T2	0	6	13	12	31
Silex T3	0	0	13	4	17
Silex T4	0	1	7	6	14
Silex indet.	6	15	98	51	170
Autres roches	1	1	11	1	14
total	15	58	298	114	485

Tabl. V – Distribution par couche de l'industrie lithique analysée, après caractérisation.

Distribution per layer of analyzed lithic industry, after identification.

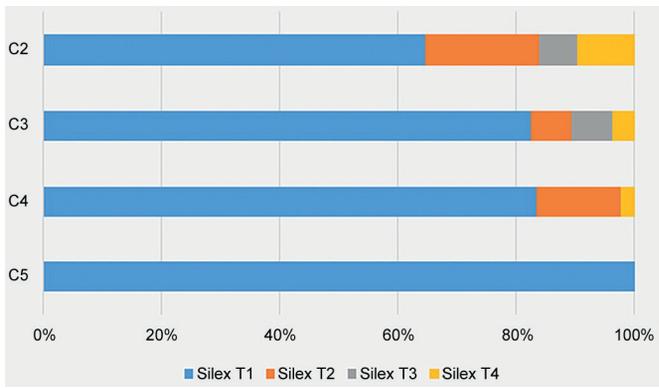


Fig. 13 – Décompte des supports en silex par couche.

Flint count per blank and per layer.

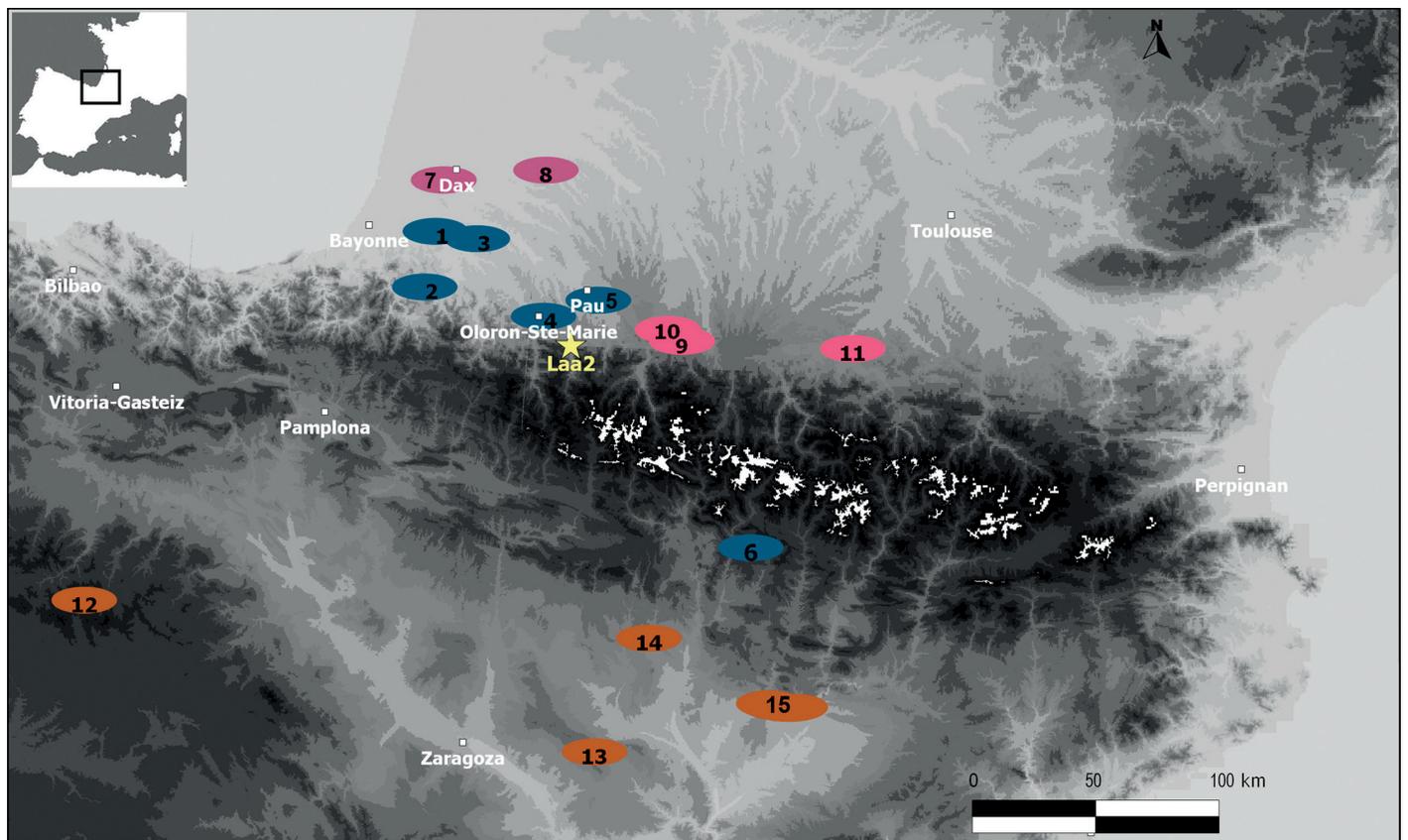
Fig. 14 – Principaux gîtes des silex ayant des parallèles archéologiques à Laa 2. Bleu : type flysch ; lilas : type Chalosse ; rose : type Montgaillard / Montsaunès ; marron : type lacustre. 1 : Bidache. 2 : Iholdy. 3 : Salies-de-Béarn. 4 : Précilhon. 5 : Meillon. 6 : Turbón. 7 : Tercis. 8 : Audignon. 9 : Hibarette. 10 : Montgaillard. 11 : Montsaunès. 12 : Treviño. 13 : « Monegros ». 14 : Peraltilla. 15 : Serra Llarga.

Main flint outcrops with similarities in the archaeological assemblage of Laa 2. Blue: flysch type; lilac: Chalosse type; pink: Montgaillard / Montsaunès type; brown: lacustrine type. 1: Bidache. 2: Iholdy. 3: Salies-de-Béarn. 4: Précilhon. 5: Meillon. 6: Turbón. 7: Tercis. 8: Audignon. 9: Hibarette. 10: Montgaillard. 11: Montsaunès. 12: Treviño. 13: "Monegros". 14: Peraltilla. 15: Serra Llarga.

Premières pistes sur les provenances des matériaux siliceux

Les quatre types de silex identifiés dans les couches magdaléniennes de Laa 2 montrent un contenu micropaléontologique et des inclusions caractéristiques qui permettent de les associer à certaines formations géologiques plus ou moins proches du site (fig. 14).

Les silex du type 1 présentent des parallèles directs avec les formations du flysch crétacé. Celui-ci constitue une surface d’affleurement pratiquement continue depuis les falaises côtières de Bidart jusqu’au contact des Pyrénées centrales. Il s’agit de silicifications du Crétacé supérieur, notamment du Coniacien, mais elles sont aussi documentées au Cénomaniens, au Turonien et possiblement au Campanien et au Maastrichtien (C. N., obs. pers.). Les silex du flysch montrent donc une distribution très vaste dans les Pyrénées occidentales. Il y a toutefois un grand décalage entre cette extension importante et la disponibilité de matières premières ayant une bonne disposition à la taille. De fait, seuls quelques gîtes, correspondant généralement à des olistostromes, ont été repérés (Normand, 2002). D’une façon générale, ceux-ci affleurent dans la partie nord du Pays basque, notamment à l’est et au sud-est de Bayonne (Ibarbide, Bidache, Iholdy...). En Béarn, aux alentours d’Oloron-Sainte-Marie, des silex sont présents dans le flysch du Coniacien mais sans doute aussi dans le Campanien (Précilhon). Au nord de Salies-de-Béarn, plusieurs variétés de silex ont été observées. Les silex les plus anciens se trouvent dans l’Albien et les plus récents au sein des calcaires intercalés dans la formation dolo-



mitique cénomano-turonienne (Fernandes, 2012). D'après l'analyse macroscopique des silex du flysch des différentes couches géologiques repérées depuis Bidart jusqu'à Oloron-Sainte-Marie, les silex du type 1 de Laa 2 présentent plus de similarités avec les silex du Sénonien inférieur (C. N., obs. pers.). Cependant, quelques exemplaires rappellent des silex de la formation Agua-Salenz (Coniacien), dont les gîtes se trouvent au sud du massif du Turbón, en Espagne (Sánchez de la Torre, 2015). Étant donné la forte variabilité des silex issus des différents flyschs et la probabilité que des gîtes très peu étendus, tel celui de Meillon (fig. 14), n'aient pas été repérés, nous ne proposons pas, en l'état des travaux, de gîte précis comme source potentielle d'approvisionnement.

En ce qui concerne le type 2, on trouve des parallèles avec les silex dits de « Chalosse ». Il s'agit d'affleurements situés au nord d'Arudy, en rive gauche de l'Adour. Dans ce contexte, depuis Audignon à l'est et jusqu'à Tercis à l'ouest, les silicifications sont associées à plusieurs structures géologiques de type anticlinal (Audignon, Saint-Lon-les-Mines et Tercis) ou diapir (Bastennes-Gaujacq et Bénese : Bon *et al.*, 1996). Ce sont des gîtes groupés dans un espace géographique assez restreint et constituant un ensemble homogène (Normand, 1986 ; Lacombe, 1998, p. 98). Les formations géologiques contenant ces silicifications concernent le Crétacé et plus particulièrement le Campanien et le Maastrichtien. Le groupement des *Lepidorbitoides* et des *Siderolites* que l'on observe sur les pièces de Laa 2 se rattacherait plutôt aux gîtes de Bastennes-Gaujacq, distants d'un peu plus de 60 km au nord du site.

Le type 3 présente des caractéristiques macroscopiques comparables à celles des silex du Crétacé supérieur qui affleurent aux alentours d'Hibarette et Montgaillard, dans les Pyrénées centrales, et des silex maastrichtiens existant à Montsaunès. Ces deux formations des Pyrénées centrales sont situées à un peu plus de 40 km à l'est de Laa 2. Cependant, on ne peut pas écarter l'hypothèse d'une possible convergence avec certaines variétés de flysch plus proches de Laa 2 et dont les gîtes restent inconnus à ce jour. Une poursuite de la recherche reste donc indispensable pour pouvoir établir plus précisément le type d'approvisionnement pour cette variété siliceuse.

Les pièces attribuées au type 4 ne présentent pas de parallèle avec les formations à accidents siliceux affleurant aux alentours de Laa 2. En revanche, de tels silex se rencontrent dans le bassin de Miranda-Treviño (Tarriño, 2006), à presque 200 km au sud-ouest de Laa 2. Cependant, tout au long du bassin de l'Èbre, on trouve des formations à accidents siliceux avec des caractéristiques similaires à celles des silex de Treviño et du type 4 de Laa 2 (cf. Monegros et Serra Llarga : fig. 14). C'est pourquoi, dans l'état actuel de nos connaissances, il ne nous est pas possible de proposer une formation précise comme source potentielle de ce type de silex.

Pour les roches autres que le silex, nous pouvons envisager un approvisionnement local, car la présence de lydienne, de calcaires, de cristal de roche et de roches métamorphiques est attestée à proximité de Laa 2 (voir carte géologique d'Oloron-Sainte-Marie, BRGM). En revanche l'origine du jaspe reste inconnue dans l'attente d'analyses plus précises.

CONCLUSION : TRAVAUX À VENIR

Cette première approche pétroarchéologique des industries lithiques de Laa 2 a permis d'apporter de nouvelles données sur la gestion des ressources lithiques par les groupes magdaléniens qui ont séjourné dans cette grotte, même si ces résultats doivent être considérés comme très provisoires au regard de la faible surface représentée par le sondage. D'une part, nous avons détecté la présence majoritaire de silex des flyschs nord-pyrénéens. La proximité des gîtes par rapport au site nous conduit à proposer, pour ce type, une acquisition locale à régionale, avec différentes sources potentielles dans un territoire compris entre le nord et l'ouest du site. Un approvisionnement régional peut également être proposé pour le silex du type 2, avec un territoire ouvert au nord, très probablement la Chalosse centrale. La présence des silex des Pyrénées centrales (silex du flysch d'Hibarette-Montgaillard et silex des calcaires Nankin de Montsaunès) dans l'ensemble archéologique témoigne, de même, d'un approvisionnement régional, cette fois-ci orienté vers l'est. Enfin, l'existence, bien que très sporadique, de silex lacustres dont les équivalents se rencontrent dans le bassin de l'Èbre prouve l'existence de contacts avec le versant sud des Pyrénées. Ces silex du type 4 seraient arrivés dans le site sous forme d'outils ou de supports finis, comme indique l'absence de surfaces corticales. Faute de données suffisantes, il n'est pas possible pour le moment de définir précisément les modalités d'approvisionnement (direct, ou indirect par voie d'échanges entre groupes). Dans l'avenir, des analyses pétrographiques et géochimiques devraient permettre de préciser les formations et les gîtes qui furent exploités, et ainsi de mieux connaître la relation que les groupes magdaléniens de Laa 2 ont eue avec l'espace géographique pyrénéen.

LES ÉQUIPEMENTS LITHIQUES : APPROCHE TECHNOLOGIQUE (M. L.)

PRÉSENTATION DU MATÉRIEL PAR COUCHE

Couche C5

Cet ensemble n'a pas livré suffisamment de matériel lithique pour en faire une diagnose approfondie (NR = 22 ; soit 1,4 % de l'ensemble). Outre trois esquilles en cristal de roche, on trouve 19 éléments en silex (ce chiffre, ainsi que ceux indiqués ci-dessous pour les autres couches, est différent de celui indiqué dans le tabl. V car le décompte a porté ici sur l'ensemble de la série et non sur une sélection). Ils se répartissent en différents types de supports (tabl. VI-VII). La composante lamellaire ne déparerait pas dans du Magdalénien *sensu lato*. Toutefois, l'absence d'éléments diagnostiques, notamment d'outils et d'armatures, gêne une attribution plus précise de cet ensemble qui nécessiterait un retour sur le terrain.

Couche C4

Cet ensemble comprend 282 restes, soit 18,4 % du corpus. Parmi les roches débitées, on note la présence de 3 esquilles en

cristal de roche et d'une esquille en lydienne. L'essentiel est composé par des vestiges en silex (NR = 278) qui se répartissent en différents supports (tabl. VI-VII). La microfraction (esquilles) est abondante et la composante lamellaire est bien documentée. Les supports laminaires sont documentés par quelques outils (2 fragments de lame retouchée et 1 burin : fig. 15, n° 7). À côté d'une seule lamelle à dos large de 6 mm, l'ensemble des armatures lamellaires est composé de 18 lamelles à dos plutôt étroites (fig. 16). Ces lamelles présentent des gabarits calibrés autour de 2-3 mm de large pour 1 mm d'épaisseur. Elles proviennent d'une production « sur tranche » d'éclat et de lame, également documentée par la présence de supports à pan revers (extractions antéro-latérales d'entretien du cintre et de nervuration). La présence de deux tablettes de ravivage du plan de frappe témoigne cependant d'un second mode de production lamellaire, plus enveloppant, résultant de la succession de séquences frontales adjacentes (voir Langlais, 2010, fig. 153).

Couche C3

Cet ensemble est le plus abondant de la séquence (NR = 1 058 ; soit 69,1 % du corpus). Il a livré 10 pièces en lydienne (1 éclat lamellaire, 1 lamelle à néocrête, 7 fragments dont 4 nucléus et 1 esquille) qui témoignent d'une exploitation de roches locales pour des supports lamellaires d'appoint. On trouve également 4 esquilles et 3 fragments en cristal de roche.

support	couches				total
	C5	C4	C3	C2	
esquille	0	191	638	48	877
lamelle	4	35	124	21	184
fragment	7	26	111	21	165
éclat	5	10	58	25	98
éclat lamellaire	2	8	50	13	73
lame	0	6	34	26	66
éclat laminaire	1	2	22	14	39
rognon	0	0	4	0	4
total	19	278	1041	168	1506

Tabl. VI – Décompte des supports en silex par couche.

Flint count per blank and per layer.

outils	couches				total
	C5	C4	C3	C2	
lame retouchée -		2	3	4	9
grattoir -			3	4	7
pièce retouchée -			2	1	3
burin -		1		1	2
lame tronquée -			1	1	2
bec -				2	2
pièce tronquée -			1	1	2
pièce esquillée -				1	1
lamelles à dos -		19	51	4	74
pointes à dos -				2	2
total	0	22	61	21	104

Tabl. VII – Décompte des outils en silex par couche.

Flint count per tool type and per layer.

Les 1 041 silex se répartissent en différents types de supports (tabl. VI-VII). L'outillage laminaire est composé de trois lames retouchées, trois grattoirs et une lame tronquée (fig. 15, n°s 5-6). Il est complété par deux pièces retouchées et une pièce tronquée sur éclat. Des néocrêtes et une sous-crête témoignent d'une gestion soignée des volumes par des enlèvements transversaux permettant de favoriser un débitage de lames normalisées. Les talons montrent l'emploi d'un percuteur tendre organique.

Les lamelles (NR = 30) et éclats lamellaires (NR = 11) à pan revers (fig. 17) comme quelques néocrêtes antéro-latérales sont associés à des nucléus à lamelles débités « sur tranche » d'éclat (NR = 4 : fig. 18, n°s 1-3). Ils documentent la production de supports de lamelles à dos étroites (NR = 33 : fig. 16). Elles présentent un gabarit normé autour de 2-3 mm de large pour 1 mm d'épaisseur. Le dos est plus fréquemment latéralisé à droite. Certaines pièces entières sont acuminées. Les autres lamelles à dos simples (NR = 18 : fig. 16, n°s 22-23) ont une largeur de 4 à 6 mm pour une épaisseur moyenne de 2 mm. Ces pièces proviennent d'un second schéma lamellaire, de type unipolaire sur rognon, à table plus enveloppante – d'architecture pyramidale ou prismatique – comme en témoignent les quatre nucléus (fig. 18, n°s 4-7) et sept tablettes de ravivage du plan de frappe. Entre les lames et les lamelles, une population de petites lames peut être mise à part (NR = 19). Elles pourraient provenir soit d'une réduction des volumes laminaires, soit des premières séquences de débitage lamellaire sur rognon.

Couche C2

Cet ensemble (NR = 170 ; soit 11,1 % de l'industrie lithique) a livré une esquille en cristal de roche et un éclat lamellaire en lydienne. Les 168 silex comprennent plusieurs types de supports (tabl. VI-VII). L'outillage sur lames comprend deux grattoirs, quatre lames retouchées, deux becs, une lame tronquée et un burin. Deux grattoirs sur éclat, deux fragments de pièces retouchées ou esquillées complètent l'équipement domestique (fig. 15, n°s 1-3). La présence de quelques néocrêtes et d'une lame sous-crête est un indice d'un débitage laminaire relativement soigné. Quelques pièces à pan revers et un possible burin ou nucléus « sur tranche » sont difficiles à caractériser. S'agit-il d'outils ou de ravivages d'outils, ou bien d'un entretien antéro-latéral de tables lamellaires sur tranche comme dans les couches sous-jacentes ? À moins qu'ils ne proviennent d'un contact avec la couche C3, au regard des armatures documentées dans la couche C2, on peut plutôt proposer l'hypothèse de déchets de l'équipement domestique. Seule une analyse fonctionnelle permettrait d'aller plus loin. Les lamelles à dos (NR = 4) correspondent à des supports larges de 4-6 mm pour 2-3 mm d'épaisseur provenant de l'exploitation de rognons à partir de tables enveloppantes, comme l'indiquent par ailleurs quatre tablettes de ravivage de plan de frappe. Deux pointes à dos sortent également du lot avec des largeurs centrées à 8 mm (fig. 16). Elles pourraient provenir de la transformation de petites lames (NR = 9) qui constituent un intermédiaire morphométrique entre les lames et les lamelles. Il demeure difficile de les replacer dans une même chaîne opératoire ou dans plusieurs (débitages autonomes).

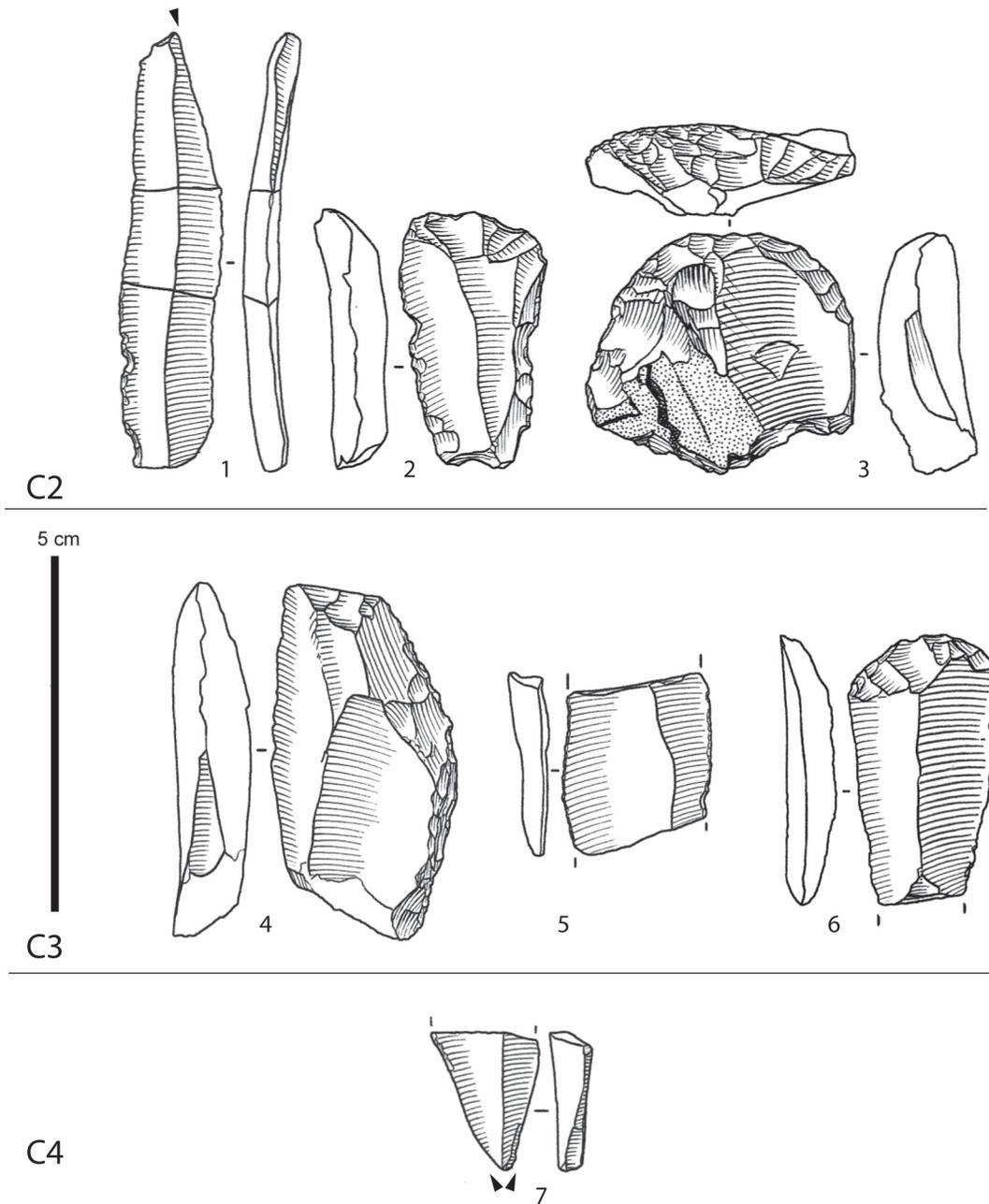


Fig. 15 – Exemples d'outils de la séquence de Laa 2. Couche C2 : 1, burin ; 2-3, grattoirs. Couche C3 : 4-5, lames retouchées ; 6, grattoir. Couche C4 : 7, burin. Dessins S. Pasty, DAO ML.

Examples of tools from the sequence of Laa2. Layer C2: 1, burin; 2-3, endscrapers. Layer C3: 4-5, blades with lateral retouch; 6, grattoir. Layer C4: 7, burin. Drawings S. Pasty, CAD ML).



Fig. 16 – Exemples de lamelles à dos de la séquence de Laa 2. Couche C4 : lamelles à dos étroites. Couche C3, en haut : lamelles à dos simples. Couche C3, au milieu et en bas : lamelles à dos étroites. Couche C2 : pointes et lamelle à dos simple. Silhouettes grisées : échelle 1; dessins : échelle 2. Dessins S. Pasty, DAO ML.

Examples of backed bladelets from the sequence of Laa2. Layer C4: narrow backed bladelets. Layer C3, top row: simple backed bladelets. Layer C3, middle and bottom rows: narrow backed bladelets. Layer C2: backed points and bladelet. Grey silhouettes: scale 1:1; drawings: scale 2:1. Drawings S. Pasty, CAD ML.

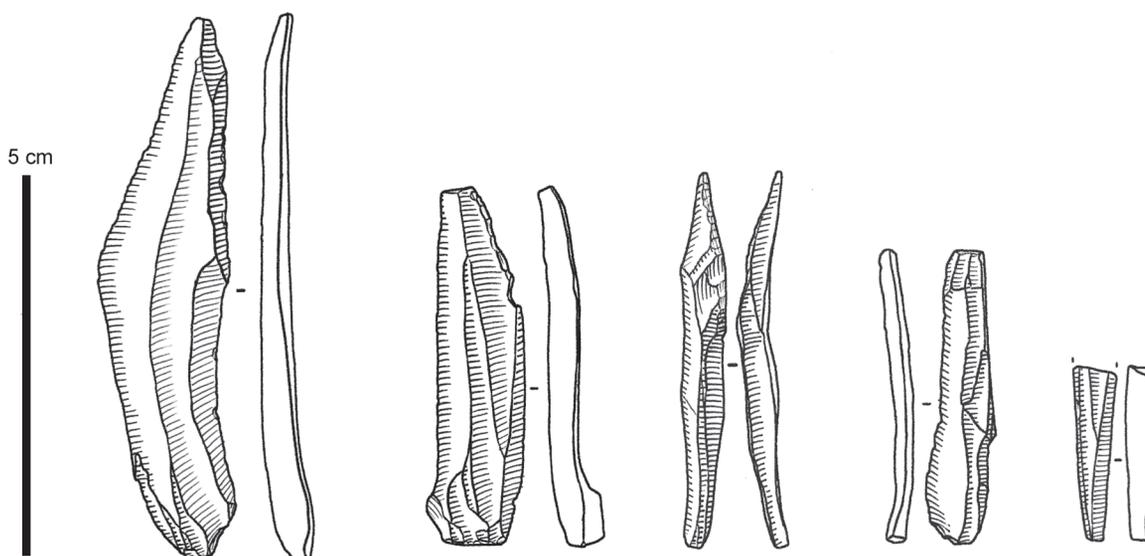


Fig. 17 – Couche C3 : exemples de sous-produits lamino-lamellaires issus de débitages sur rognon ou tranche d'éclat. Dessins S. Pasty.

Layer C3: examples of sub-products from blade and bladelet knapping on blocks or on the edge of a flake. Drawings S. Pasty.

BILAN ET INTERPRÉTATIONS

Le matériel de Laa 2 provient d'un sondage limité qui ne permet pas de comparer les quatre couches dans le détail et de manière équivalente. Si les tentatives de remontage ont permis de réaliser quelques raccords intra-couche, elles ont en revanche été infructueuses entre les couches. Toutefois, à l'exception de la couche C5, trop pauvre en éléments lithiques, l'attribution des trois autres peut tout de même être discutée. On peut ainsi distinguer deux tendances principales : d'une part, une préférence pour des supports lamellaires étroits issus de productions réalisées « sur tranche » d'éclat et, d'autre part, un élargissement morphométrique des supports lamino-lamellaires avec une production lamellaire plus enveloppante sur rognon et la présence de petites lames aux gabarits intermédiaires. Malgré des différences quantitatives assez importantes entre les couches, la comparaison des gabarits permet de souligner une évolution inverse de ces deux tendances de bas en haut de la séquence (fig. 16). La couche C4 présente des indices ténus de production lamellaire sur tranche et livre préférentiellement des armatures à dos étroits. L'absence de continuum lamino-lamellaire (petites lames notamment) et les types de lamelles à dos permettent d'envisager l'hypothèse d'un Magdalénien moyen. Toutefois, au regard de ce qui est connu régionalement pour cette période, il est difficile de préciser à laquelle des deux sous-phases, ancienne ou récente (telles que récemment définies : Langlais *et al.*, 2016), se rapporte la couche C4. Si, d'après les datations ¹⁴C, cette couche semble plutôt appartenir à la phase ancienne (voir ci-dessus), les données relatives au silex sont plus délicates à interpréter. À la différence du Bassin aquitain, où le Magdalénien moyen ancien est marqué notamment par la présence de lamelles à dos tronquées (dont des lamelles scalènes : Langlais *et al.*, 2017),

les Pyrénées ne présentent pas suffisamment de séries de comparaison pour cette sous-phase. Seul le site de la Cova Alonsé en Aragon semble, de par sa chronologie et son industrie lithique, constituer un parallèle (Langlais, 2013). En d'autres termes, la couche C4 pourrait témoigner, d'une part, de la variabilité du Magdalénien moyen ancien, et, d'autre part, d'une continuité technique entre ce dernier et la phase récente telle que matérialisée dans la couche C3. Cette dernière livre une abondante production lamellaire « sur tranche » destinée à des armatures particulières : des lamelles à dos étroites appointées ou non. Ces objets ont été reconnus ces dernières années dans plusieurs séries (finement tamisées à l'eau) attribuables au Magdalénien moyen récent, en particulier dans les Pyrénées (Langlais, 2010 ; Langlais *et al.*, 2012, 2014 ; Pétillon *et al.*, 2015). À partir de la couche C3 et dans la couche C2, nous avons noté un développement de supports d'armatures plus larges sur lamelles et petites lames. Ces éléments pourraient signer une transformation technique avec l'intégration progressive des productions laminaire et lamellaire au sein de la même chaîne opératoire, telle qu'elle nous apparaît aboutie dans le Magdalénien supérieur récent pyrénéen (Langlais, 2010).

En définitive, mise à part la couche C5, attribuable à un Magdalénien sans précision (plutôt inférieur d'après les dates radiocarbone), les couches C4 et C3 peuvent être attribuées à deux temps différents du Magdalénien moyen (ancien [?] et récent) et la couche C2 à un Magdalénien supérieur (plutôt récent). La séquence de Laa 2 montrerait donc une certaine dilatation du Magdalénien moyen-supérieur à travers une évolution technique progressive dans le mode de confection des équipements lithiques. En particulier, le changement dans le gabarit et le design des morphotypes d'armatures lamellaires demeure une piste de recherches à explorer.

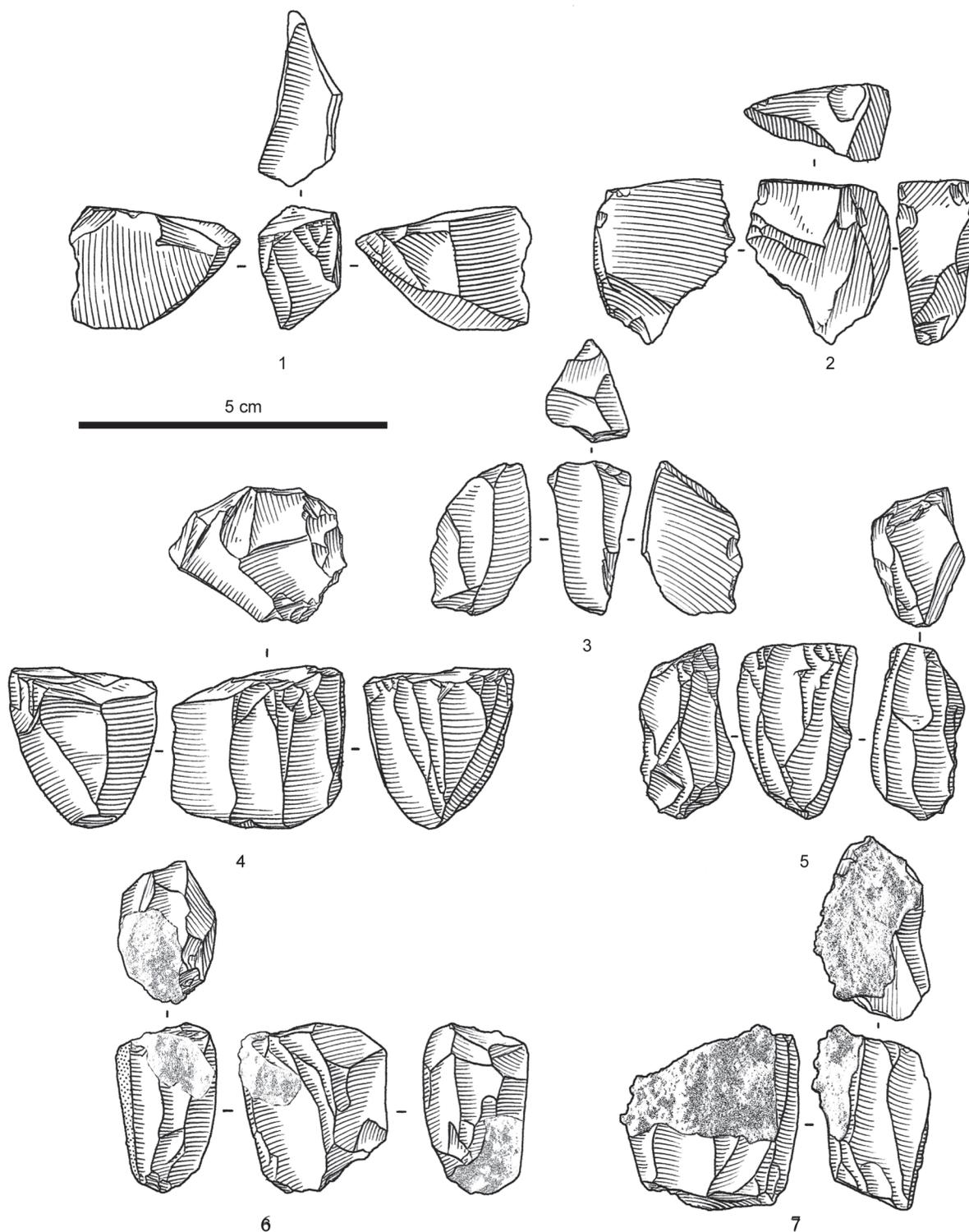


Fig. 18 – Couche C3 : exemples de nucléus à lamelles « sur tranche » d'éclat (1-3) et enveloppants sur rognon de types pyramidal (4-5) et prismatique (6-7). Dessins S. Pasty.

Layer C3: examples of bladelet cores on the edge of a flake (1-3) and "enveloppant" on block, pyramidal (4-5) and prismatic (6-7) types. Drawings S. Pasty.

L'INDUSTRIE OSSEUSE (J.-M. P., O. R.)

La fouille de Laa 2 a livré 27 pièces travaillées en matières osseuses (tabl. VIII), essentiellement découvertes dans les couches C3 (17 pièces) et C2 (9 pièces). Toutes ont été examinées à la loupe binoculaire, et les raccords entre fragments ont été systématiquement recherchés. Les objets sont globalement très bien conservés, sans altération importante de la matière ni traces d'activité de carnivores ou de végétaux. En revanche, beaucoup sont affectés par un concrétionnement qui masque localement certaines surfaces ; les fractures post-dépositionnelles sont également fréquentes. La parure, qu'elle soit sur dent ou sur coquillage, est absente.

		C4	C3/C4	C3	C2	total	
BdC	déchets de déb. de baguettes			2	2	4	
	déchets de faç. de baguettes			2		2	
	support (baguette)				1	1	
	objets finis sur baguette	baguette demi-ronde				1	1
		pointe				1	1
		pte mono-barbelée			1		1
ptes à base fourchue				2		2	
os	déchet de débitage longitudinal			1		1	
	objets finis	poinçon			1	1	
		lissoirs	1		1	1	3
		aiguille à chas		1			1
	outils sur éclat : retouchoir			2		2	
	os travaillés		1	3	2	6	
	os décoré			1		1	
total		1	2	15	9	27	

Tabl. VIII – Composition typo-technologique de l'industrie osseuse. Dans le texte, les pièces provenant de l'interface C3/C4 sont présentées avec la couche C3. BdC : bois de cervidé ; déb. : débitage ; faç. : façonnage ; pte : pointe.

Typological and technological composition of the osseous industry. In the text, the artifacts from the C3/C4 interface are included in layer C3.

COUCHES C5 ET C4

La couche C5 n'a pas livré d'industrie osseuse. L'unique pièce provenant de la couche C4 est un fragment mésio-proximal de lissoir façonné sur une hémicôte (fig. 19). Cette pièce, dont la partie distale est très fragmentée, devait être à l'origine longue de plus de 150 mm. Ses bords et sa face inférieure sont façonnés par raclage.

COUCHE C3

INDUSTRIE EN BOIS DE CERVIDÉ

La couche C3 a livré une pièce en bois de renne et six pièces en bois de cervidé indéterminé. Toutes renvoient au débitage du bois par double rainurage longitudinal pour la production de baguettes, supports d'armatures de projectile.

Ce schéma opératoire est notamment attesté par une pièce provenant vraisemblablement de la face médiale de la perche C d'un bois de renne droit de module moyen ou gros (fig. 20, n° 1). Elle présente deux pans de rainure convergents délimitant une extrémité en forme de « V ». Il s'agit là d'un déchet caractéristique d'une exploitation par rainurage longitudinal multiple, témoignant de la production d'au moins deux baguettes, une extraite de la face antérieure et une de la face postérieure du bois (Averbouh, 2000). L'extrémité opposée aux pans de rainure présente un émoussé très localisé évoquant un stigmate d'utilisation : ce déchet pourrait donc avoir été recyclé comme outil de fortune, en profitant de la morphologie adéquate d'un pan de fracture. Un second fragment, de petites dimensions (26 x 3,5 x 9 mm),

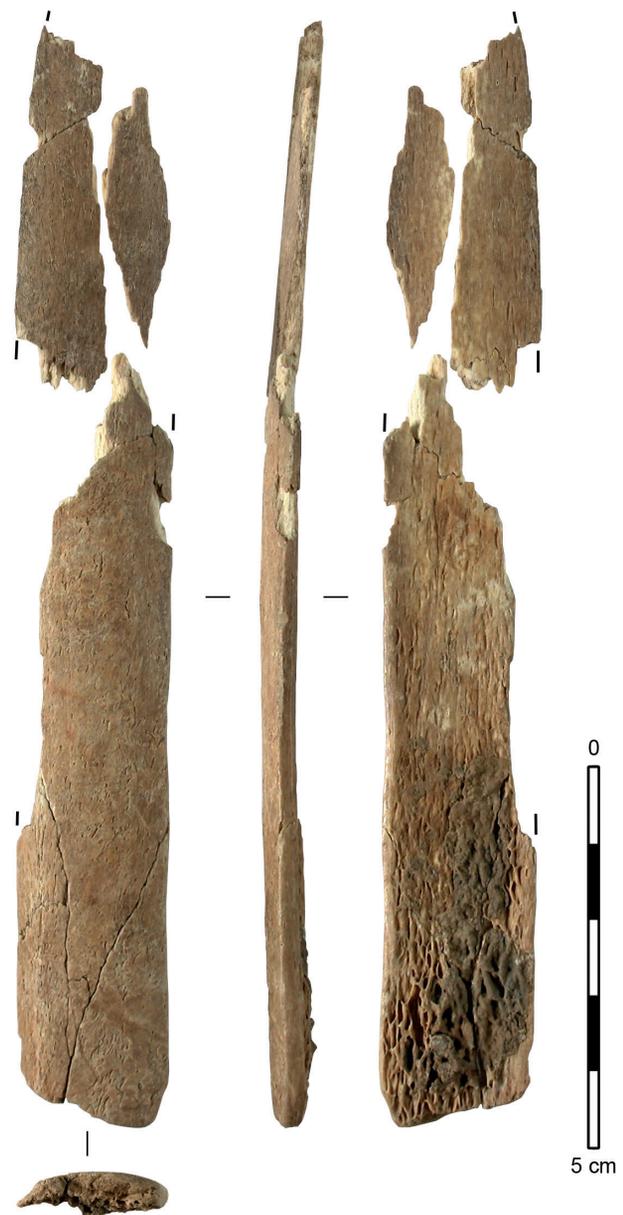


Fig. 19 – Couche C4, industrie en os : lissoir sur hémicôte. Clichés J.-M. P.
Layer C4, bone industry: spatula on half-section of rib. Pictures J.-M. P



Fig. 20 – Couche C3, industrie en bois de cervidé. 1 : déchet de production de baguettes par rainurage longitudinal multiple, avec indication de la provenance anatomique de la pièce et détail de l'émoussé à l'extrémité distale. 2 : déchet de façonnage sur baguette extraite par double rainurage. 3 : pointe mono-barbelée, avec détail des incisions sur la face inférieure et restitution de son emmanchement probable. 4 : pointe à base fourchue. 5 : fourchon de pointe à base fourchue. Pour les pièces 1 et 2, les flèches indiquent les pans de rainure. Clichés J.-M. P.

Layer C3, antler industry. 1: piece of manufacturing waste indicating splinter production with the groove and splinter technique (GST, multiple longitudinal grooving), with anatomical origin and detailed view of the blunting on the distal extremity. 2: piece of shaping waste on a splinter produced with the GST. 3: self-barbed point, with detailed view of the incisions on the lower side and reconstitution of its probable hafting. 4: fork-based point. 5: tine of fork-based point. For artifacts 1 and 2 the arrows indicate groove edges. Pictures J.-M. P.

pourrait provenir d'un déchet du même type, car ses bords sont constitués de deux pans de rainure convergents.

Deux fragments de baguette présentent, sur les bords, les traces de leur extraction par double rainurage ; une de leurs extrémités est fracturée par flexion (fig. 20, n° 2). Ces fragments de supports bruts ont été classés dans la catégorie des déchets de façonnage : ils résultent vraisemblablement d'un ajustement du support – mise à l'axe, élimination d'une longueur excédentaire, etc. – au cours de la fabrication d'un objet (Rigaud, 2006 ; Chauvière, Rigaud, 2008).

Les trois objets finis en bois de cervidé de la couche C3 sont des pointes de projectile. On compte un fragment mésio-proximal de pointe à base fourchue et un fourchon provenant d'une pointe du même type (fig. 20, n°s 4, 5). La fracture à l'extrémité distale de cette deuxième pièce relève manifestement d'un impact d'utilisation (Pétillon, 2006) ; ce fourchon est donc probablement revenu sur le site à l'extrémité d'une hampe de projectile, après que la partie mésio-distale de la pointe eut été fracturée et perdue sur le terrain de chasse. La troisième pointe de cet ensemble est un fragment mésial de section ovale présentant trois particularités (fig. 20, n° 3) : une incision longitudinale centrée sur la face supérieure ; un profil nettement courbe (face supérieure concave) ; et une série d'incisions obliques sur la face inférieure, sur une longueur d'environ

40 mm. L'incision longitudinale est généralement considérée comme un aménagement facilitant la fixation d'armatures lamellaires, et les deux autres caractères suggèrent pour cette pointe un fonctionnement en pointe mono-barbelée (au sens de Pokines et Krupa, 1997) : un emmanchement mésial, une partie mésio-distale alignée dans l'axe de la hampe et une extrémité proximale faisant saillie comme barbelure.

INDUSTRIE EN OS

Les dix pièces d'industrie en os de la couche C3 sont techniquement plus hétérogènes. Elles comprennent tout d'abord quatre pièces indéterminées : deux petits fragments d'os plat dont les deux faces sont raclées, un fragment d'os long portant une plage de raclage longitudinal, et un tronçon de côte de cheval dont les deux faces sont raclées. L'extrémité proximale de cette dernière pièce présente de plus, sur la face médiale, une série de trois incisions courtes et profondes de statut indéterminé (trop appuyées pour relever d'opérations de boucherie et trop peu organisées pour évoquer un décor).

L'unique déchet de débitage en os est un fragment d'hémicôte dont la face externe, entièrement raclée, présente une possible amorce de rainurage longitudinal (fig. 21, n° 1). Un des bords montre également des stries longitudinales évoquant



Fig. 21 – Couche C3, industrie en os. 1 : déchet de débitage par double rainurage sur hémicôte ; les flèches indiquent les sillons de rainurage. 2 : aiguille à chas. 3 : retouchoir sur éclat de radius, avec détail des deux plages d'utilisation. 4 : lisseur sur stylohyoïdeum de cheval. Clichés J.-M. P.

Layer C3, bone industry. 1: piece of GST manufacturing waste on a half-section of rib; grooves are indicated by arrows. 2: eyed needle. 3: retoucher on radius flake, with detailed view of the two used zones. 4: spatula on horse hyoid bone. Pictures J.-M. P.

un pan de rainure, ainsi qu'un petit relief qui pourrait être le vestige du fond de celle-ci. Il est donc possible que cet objet soit un fragment de déchet de débitage de côte par rainurage longitudinal ; auquel cas le petit calibre de la baguette produite et la faible épaisseur du tissu compact suggèreraient un lien avec la fabrication de supports d'aiguilles. La couche C3 a par ailleurs livré un fragment mésio-proximal d'aiguille, au chas intact, façonnée par raclage (fig. 21, n° 2).

À ces pièces s'ajoutent deux outils non façonnés : des éclats d'os présentant des plages de stigmates qui signalent une utilisation comme retouchoir (ou « affûtoir » au sens de Rigaud, 2007). L'une de ces pièces est complète et montre deux parties actives opposées (fig. 21, n° 3) ; l'autre est un fragment ne présentant qu'une plage d'utilisation. Les éclats utilisés proviennent de diaphyses d'os longs (le radius dans un cas) d'ongulés de taille moyenne.

La couche C3 a également livré un outil atypique, façonné sur stylohyoïdeum de cheval (fig. 21, n° 4). Cette pièce en forme de spatule, classée par défaut dans le groupe typologique des lissoirs, présente des traces de mise en forme par raclage sur une partie de chaque face. Mais elle se signale surtout par un lustre envahissant, dont l'origine (finition par polissage, utilisation sur une matière souple et/ou humide ?) devra être déterminée par une étude plus poussée. Enfin, la dernière pièce en os de la couche C3 est un fragment de scapula de cerf gravée dont l'analyse est détaillée ci-après.

ART MOBILIER SUR OS : SCAPULA GRAVÉE

Cette pièce (fig. 22) est gravée sur sa face plane d'un arrière-train de quadrupède indéterminé. Seules sont conservées la partie supérieure de la patte avant, la ligne du ventre, la partie supérieure de la patte arrière, la ligne du dos, une queue épaisse dont l'extrémité arrondie porte de petites hachures, et la ligne de la fesse. À l'extrémité droite de la ligne du dos, cinq traits courts ont été gravés, peut-être pour représenter le pelage. Les caractères formels de la représentation plaident pour une figure de boviné ou de félin. La queue a été représentée trop épaisse pour figurer un cheval, et la ligne cervico-dorsale est droite, une caractéristique des bovinés. La façon dont la queue se termine, en petites hachures, rappelle également d'autres représentations de bovinés de la même période provenant des gisements d'Isturitz et de la Garma. Les hachures sur la ligne du dos pourraient aussi être rapprochés des traits courts qui figurent assez fréquemment le pelage de la bosse des bisons. Néanmoins, l'arrondissement de l'extrémité de la queue est aussi une caractéristique des représentations de félins, comme on peut le distinguer sur les figures de lionnes de la côte dite « frise des lions » à La Vache (Buisson, Delporte, 2003).

La figure a été gravée sans préparation préalable de la surface de la scapula. En revanche, de nombreuses stries parasites, vraisemblablement liées aux activités de boucherie, sont sous-jacentes aux traits décoratifs. L'état actuel de la pièce et l'absence de superpositions ne permettent pas de reconstituer l'ordre d'exécution des différentes parties. Mais la direction du geste et d'autres indices techniques autorisent une reconstitution du sens de réalisation des gravures et de leur séquence probable.

La figure a été réalisée au moyen d'incisions de profil plat, parfois en U, à peine approfondies ; dans la plupart des cas, les passages destinés à approfondir le sillon ont glissé hors de ce dernier, ce qui crée des traits multiples visibles sur certains tracés. La ligne cervico-dorsale a été gravée de droite à gauche, avec au moins quatre passages de l'outil. La même incision continue pour dessiner la ligne supérieure de la queue. L'artiste a éprouvé des difficultés à réaliser un trait incurvé : des accrochages de l'outil sont visibles sur la partie supérieure de la queue. Le mouvement de la main a aussi entraîné un basculement de la partie active de l'outil et un changement du profil du trait ; on observe aussi des stries parasites à la fin de celui-ci. La ligne inférieure de la queue a probablement été gravée ensuite : la direction du geste est la même, de droite à gauche, et on constate les mêmes problèmes liés à la courbure du tracé (des dérapages de l'outil sont visibles tout au long du trait et sur la ligne supérieure : fig. 23, n° 1). La ligne de la croupe a été gravée de haut en bas avec trois passages légèrement décalés (fig. 23, n° 2), puis un quatrième trait court a été ajouté pour rapprocher cette ligne de la queue, car elle avait été placée trop bas par rapport à celle-ci. De la patte arrière ne reste que le début du trait, formé par quatre incisions réalisées de haut en bas (fig. 23, n° 3). La ligne du ventre n'est que très partiellement conservée, mais une trace d'accrochage de l'outil montre que l'incision a probablement été effectuée de gauche à droite, avec au moins cinq passages légèrement décalés. Les incisions de la patte avant ont été tracées de haut en bas, avec au moins deux passages dans la ligne droite et une strie parasite dans la gauche. Enfin, les traits courts figurant probablement le pelage du dos se superposent à la ligne cervico-dorsale et ont été gravés du bas vers le haut avec un seul passage de l'outil (fig. 23, n° 4). L'orientation inverse de ces traits montre que la pièce a été retournée pour les graver, le contrôle du geste étant sinon très difficile ; cela suggère que ces traits ont été réalisés après les autres parties (fig. 24).

Les caractéristiques techniques de cette figure indiquent qu'elle a été réalisée par un graveur inexpérimenté. Les nombreux accidents dans la réalisation prouvent que le graveur ne maîtrisait pas l'outil ni les gestes nécessaires. Les changements involontaires dans le profil du trait sont un autre indice de ce manque de soin pouvant refléter des lacunes dans le savoir-faire. L'aspect maladroit de la figure et son caractère indéterminé peuvent sans doute aussi être rapportés à l'inexpérience de l'auteur.

Du point de vue technique, les similitudes avec d'autres figures réalisées par des graveurs inexpérimentés sont très nettes : les accidents liés au manque d'expérience dans le maniement de l'outil sont communs à ce genre de représentations, ainsi que les caractéristiques du support, sans traces de préparation ni d'utilisation. Les œuvres d'art mobilier gravées par des débutants sont fréquentes dans les sites du Magdalénien moyen cantabro-pyrénéen, mais la plupart sont des chevaux (Rivero, 2010, 2011, 2015) ; les bovinés sont très rares (à Isturitz, une figure de bison gravée sur omoplate et une autre sur côte) et les félins sont inconnus. Du point de vue formel, le caractère incomplet de la figure ne permet pas de comparaisons avec d'autres représentations de la même période, à part les ressemblances déjà signalées dans le traitement de l'extrémité de la queue.

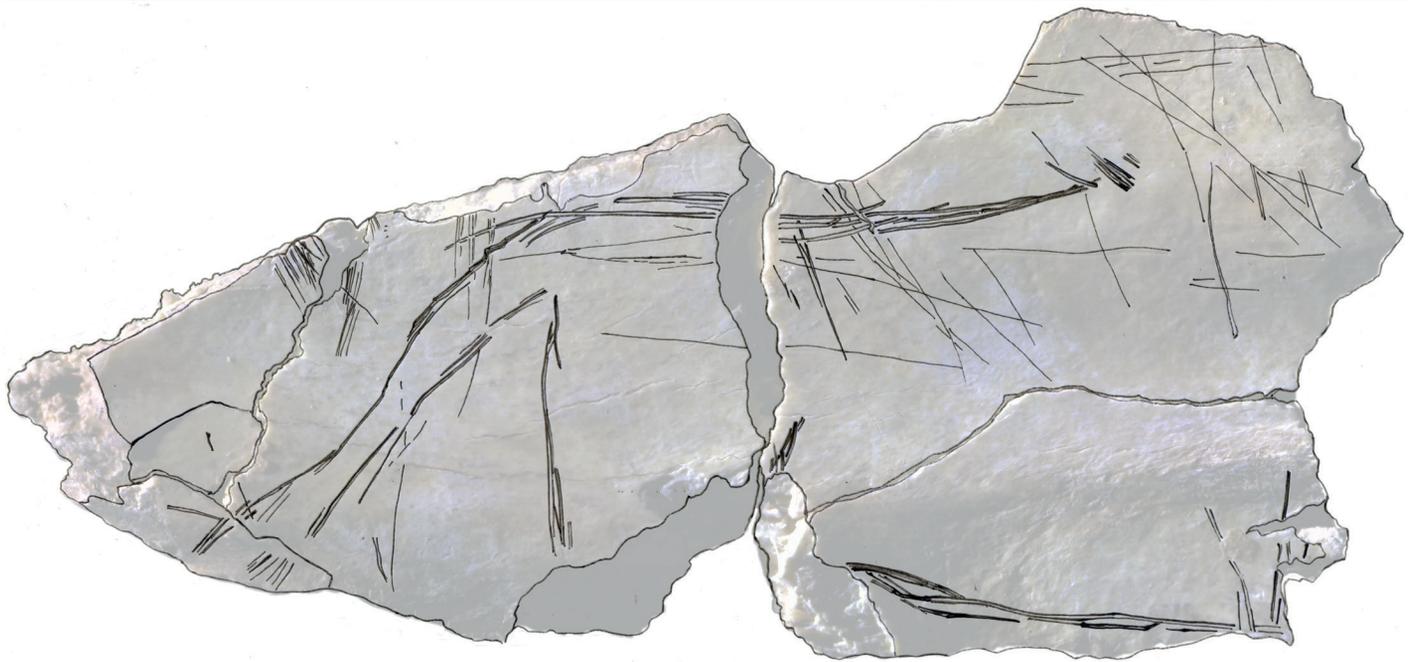
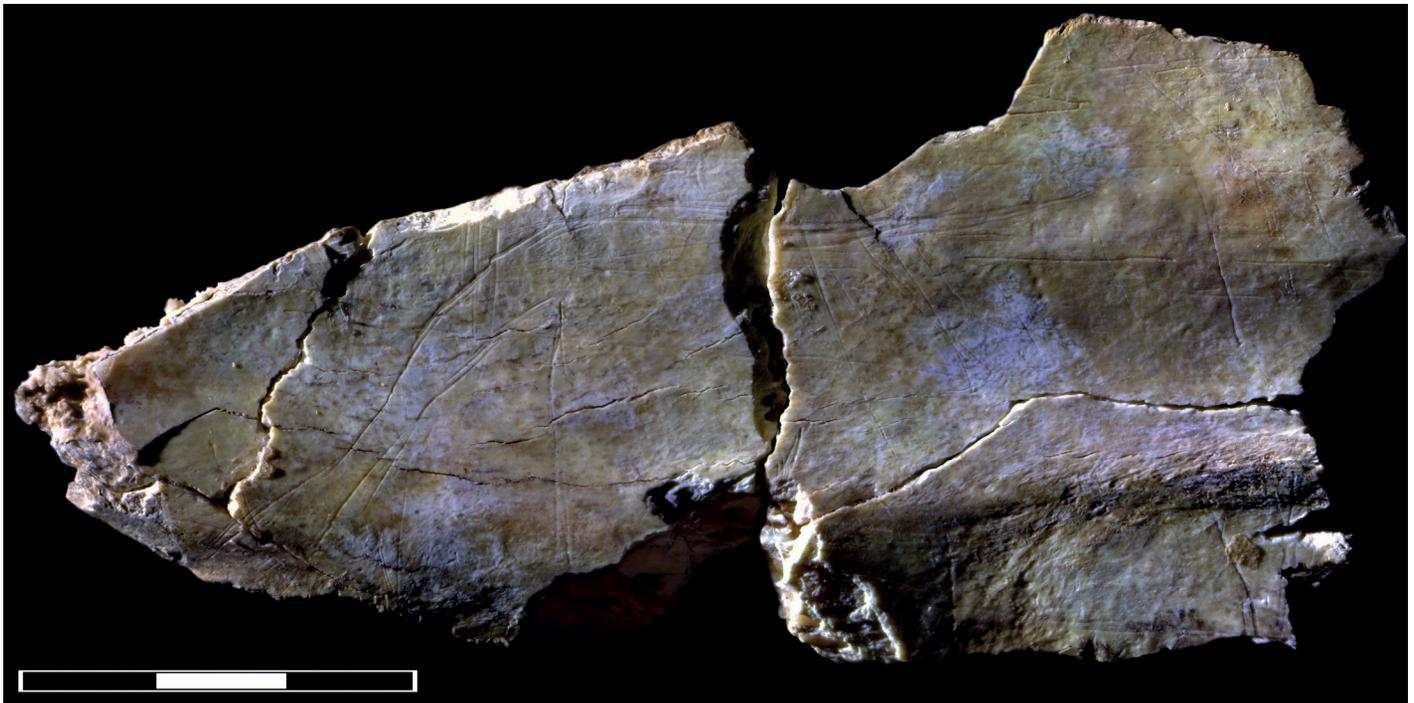
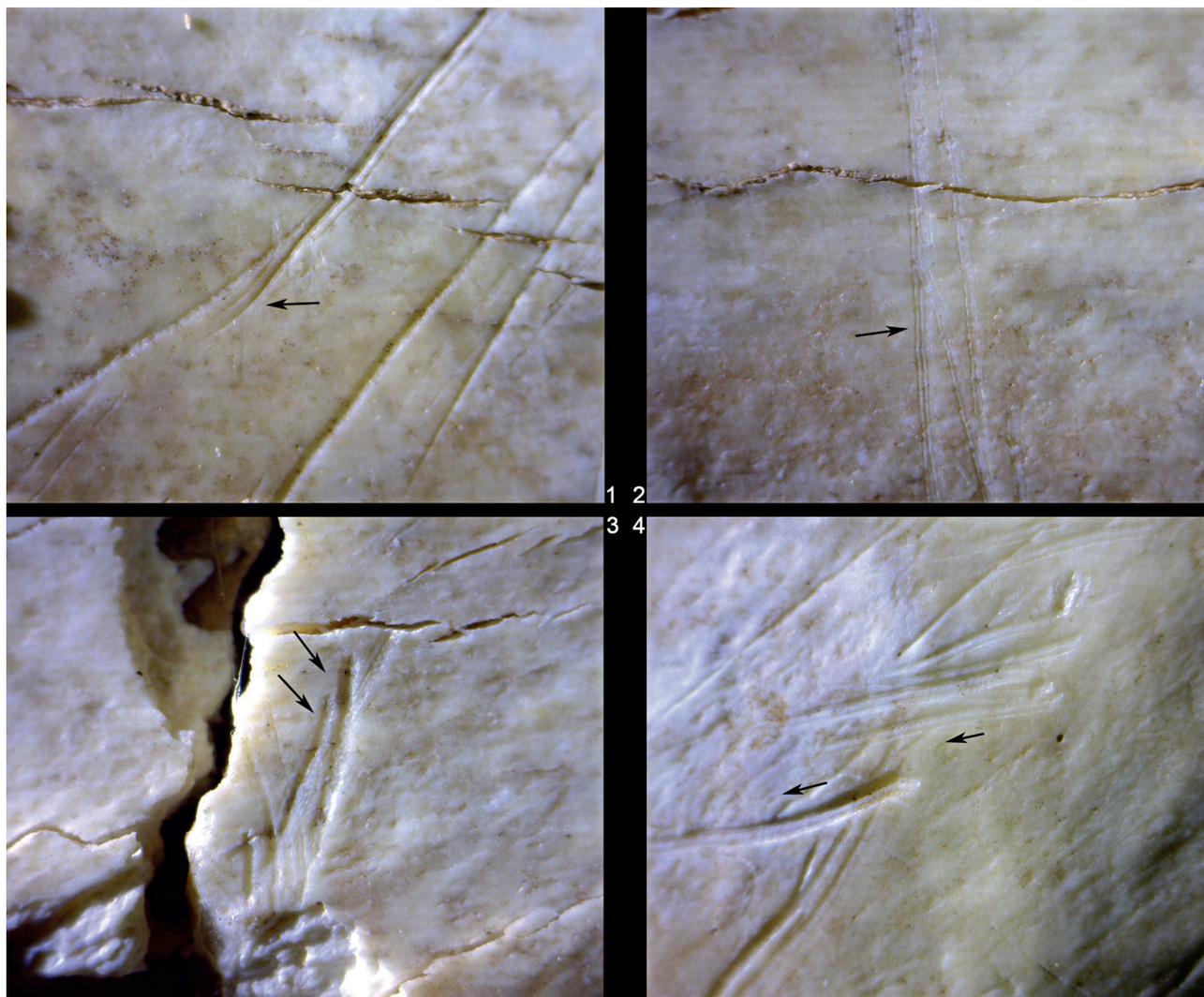


Fig. 22 – Couche C3 : scapula gravée. Photo (montage de micrographies à 20x) et relevé des motifs gravés et des traits parasites. Clichés et dessin O. R.
Layer C3: engraved scapula. Picture (assemblage of x20 microphotographs) and drawing of the engravings and parasite lines. Pictures and drawing: O. R.

Fig. 23 – Couche C3 : scapula gravée. Micrographies des aspects techniques signalés dans le texte (50x). 1 : sortie de l'outil dans la ligne supérieure de la queue. 2 : traits de profil plat, obtenus d'un seul passage de l'outil, dans la ligne de la fesse. 3 : incisions multiples du début de la patte arrière. 4 : traits figurant le pelage de la bosse, gravés de droite à gauche (ou du bas vers le haut). Les flèches indiquent la direction des tracés. Clichés O. R.

Layer C3: engraved scapula. Microphotographs (x50) of the technical details described in the text. 1: slipping of the tool in the upper line of the tail. 2: lines with flat section, made by a single stroke of the tool, in the buttock line. 3: multiple incisions at the top of the back leg. 4: strokes representing the hair on the hump, made from right to left (or from bottom to top). The arrows indicate the direction of the strokes. Pictures O. R.

Fig. 24 – Couche C3 : scapula gravée. Probable séquence de réalisation des parties de la figure à partir des données techniques identifiées. Dessin O. R. ►
Layer C3: engraved scapula. Probable chronology of the engraving of the different parts of the figure according to the technical analysis. Drawing O. R.



COUCHE C2

INDUSTRIE EN BOIS DE CERVIDÉ

La couche C2 a livré une pièce en bois de cerf, deux pièces en bois de renne et deux pièces en bois de cervidé indéterminé, se rapportant au même schéma opératoire que dans la couche C3 : la production de baguettes par double rainurage pour la fabrication d'armatures de projectile.

Découverte au sommet de la couche C2, la pièce en bois de cerf (fig. 25) est une base de bois de massacre droit de grande taille. Les faces latérale, médiale et postérieure du merrain montrent quatre pans ou extrémités de rainures longitudinales et trois languettes d'arrachement : ce déchet de débitage témoigne donc de l'extraction de trois baguettes parallèles par rainurage longitudinal multiple. Ces baguettes étaient larges d'environ 15 mm pour une longueur d'au moins 150 mm et un tissu compact épais de 6-7 mm.

Un second déchet provient de la face antérieure d'un bois de renne droit, de chute, de module moyen (fig. 26). L'andouiller a été sectionné par entaillage transversal et flexion ; une extrémité de rainure, associée à de probables traces de sectionnement par raclage en diabolo, est visible à l'extrémité distale de la pièce, tandis que les faces latérale et postérieure ont été détachées par éclatement. Il s'agit là d'un déchet d'exploitation longitudinale de la perche ; la présence d'un sillon de rainurage longitudinal évoque un schéma de production de baguettes.

La couche C2 a également livré un support brut en bois de renne : une baguette extraite de la perche d'un bois de module moyen (fig. 27, n° 1). L'un de ses bords est constitué d'un pan de rainure et l'autre montre les extrémités de deux rainures parallèles. Il s'agit donc là encore d'un produit de l'exploitation de la perche par rainurage longitudinal multiple.

Les objets façonnés en bois de cervidé sont au nombre de deux. Un fragment d'objet sur baguette (fig. 27, n° 2) présente, à son extrémité la plus large, une fracture en languette compa-



Fig. 25 – Couche C2, industrie en bois de cervidé : déchet de production de baguettes par rainurage longitudinal multiple sur base de bois de massacre de cerf, avec indication de la provenance anatomique de la pièce. Les flèches indiquent les pans de rainure. Clichés J.-M. P.

Layer C2, antler industry: piece of manufacturing waste on unshed red deer antler, showing splinter production with the GST (multiple longitudinal grooving). With indication of anatomical origin. The arrows indicate groove edges. Pictures J.-M. P.

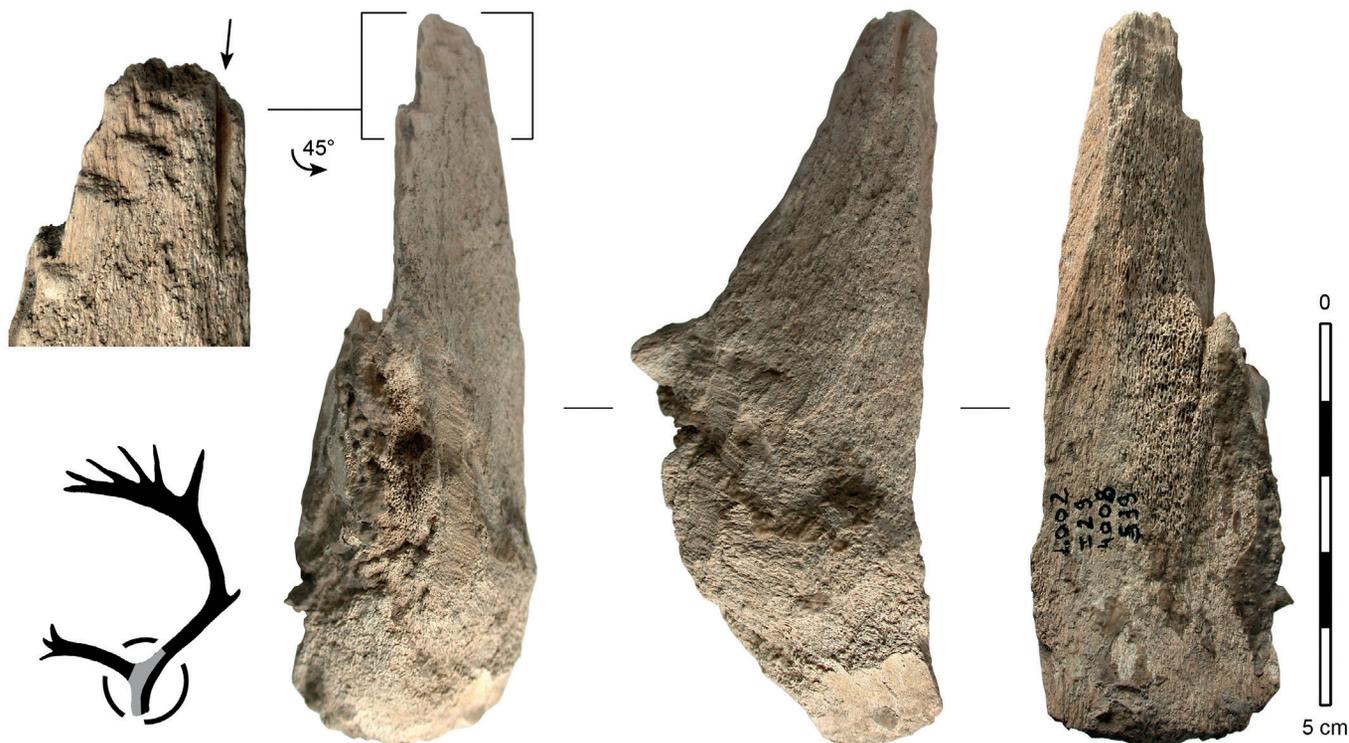


Fig. 26 – Couche C2, industrie en bois de cervidé : déchet de production de baguettes par rainurage longitudinal sur base de bois de chute de renne ; avec indication de la provenance anatomique de la pièce, et détail de la partie montrant l'extrémité de rainure (indiquée par une flèche) et les traces de sectionnement par raclage en diabolo. Clichés J.-M. P.

Layer C2, antler industry: piece of manufacturing waste on shed reindeer antler, showing splinter production with the GST. With indication of anatomical origin, and detailed view of the part showing a groove edge (indicated by an arrow) and traces of sectioning by scraping. Pictures J.-M. P.

tible avec une utilisation comme armature de projectile ; cette languette montre des traces de raclage suggérant un sectionnement par raclage en diabolo. Cette pièce peut être interprétée comme un déchet d'entretien : un fragment de pointe fracturé à l'usage, dont le détachement a été achevé par raclage, peut-être en vue d'une réfection de la partie restante (cf. Chauvière, Rigaud, 2008).

Le second objet façonné est un fragment de baguette demi-ronde découverte à la base de la couche C2 (fig. 27, n° 3). La face plane porte un minimum de 12 incisions « ascendantes de la droite vers la gauche » (sensu Feruglio, 1992). L'extrémité la plus étroite présente une fourche bifide aménagée par rainurage longitudinal à partir de la face supérieure. Il est admis que les baguettes demi-rondes ont été utilisées par paires, fixées dos à dos pour former un objet bivalve de section arrondie (Feruglio, Buisson, 1999 ; Rigaud, 2006) ; si on reconstitue un montage similaire pour la pièce de Laa 2, on obtient une baguette de section circulaire, d'environ 10 mm de diamètre, dont l'extrémité la plus étroite est une courte fourche bifide. Pour des objets de forme similaire, nous avons proposé une identification comme fragments de préhampes (éléments intermédiaires de hampe de projectile) utilisées en association avec des pointes à base fourchue (Pétillon, 2006, p. 64-66 et 95-97 ; Pétillon et Cattelain, 2004). Cette hypothèse est aussi la plus plausible pour la pièce de Laa 2 : il s'agirait d'un fragment de préhampe bivalve.

INDUSTRIE EN OS

Outre un petit fragment d'os indéterminé et un fragment d'ulna d'oiseau de grande taille (voir ci-dessous) montrant tous deux des traces de raclage, la couche C2 a livré un fragment de diaphyse de métapode de renne qui présente une incision longitudinale évoquant une amorce de rainurage (fig. 28, n° 1). Sur ce type d'os, le débitage par rainurage longitudinal est généralement associé à la fabrication d'aiguilles ; on peut donc probablement rattacher la pièce de Laa 2 à cette catégorie de production, bien que le rainurage ait ici été interrompu et l'os fracturé sans qu'aucun support n'en soit extrait.

L'industrie en os de la couche C2 comprend aussi deux objets finis. Le premier est un poinçon dont le support a été extrait par éclatement de la face médiale d'une côte (fig. 28, n° 2). Cet objet n'est pas façonné mais une de ses extrémités présente un contour elliptique, un aspect mousse et un lustre sur une longueur d'environ 7 mm – caractères qui évoquent une pointe émoussée par l'utilisation. Cette pièce a donc été classée parmi les poinçons dits « d'économie » (Camps-Fabrer, 1990).

Le second objet fini (fig. 28, n° 3) a été fabriqué sur un support provenant de la face latérale d'une côte. La face spongieuse et les bords ont été régularisés par raclage sur la plus grande partie de la longueur de l'objet. L'une des extrémités présente un contour ogival, correspondant à l'extrémité distale anatomique de la côte ; à ce niveau, le façonnage des bords et

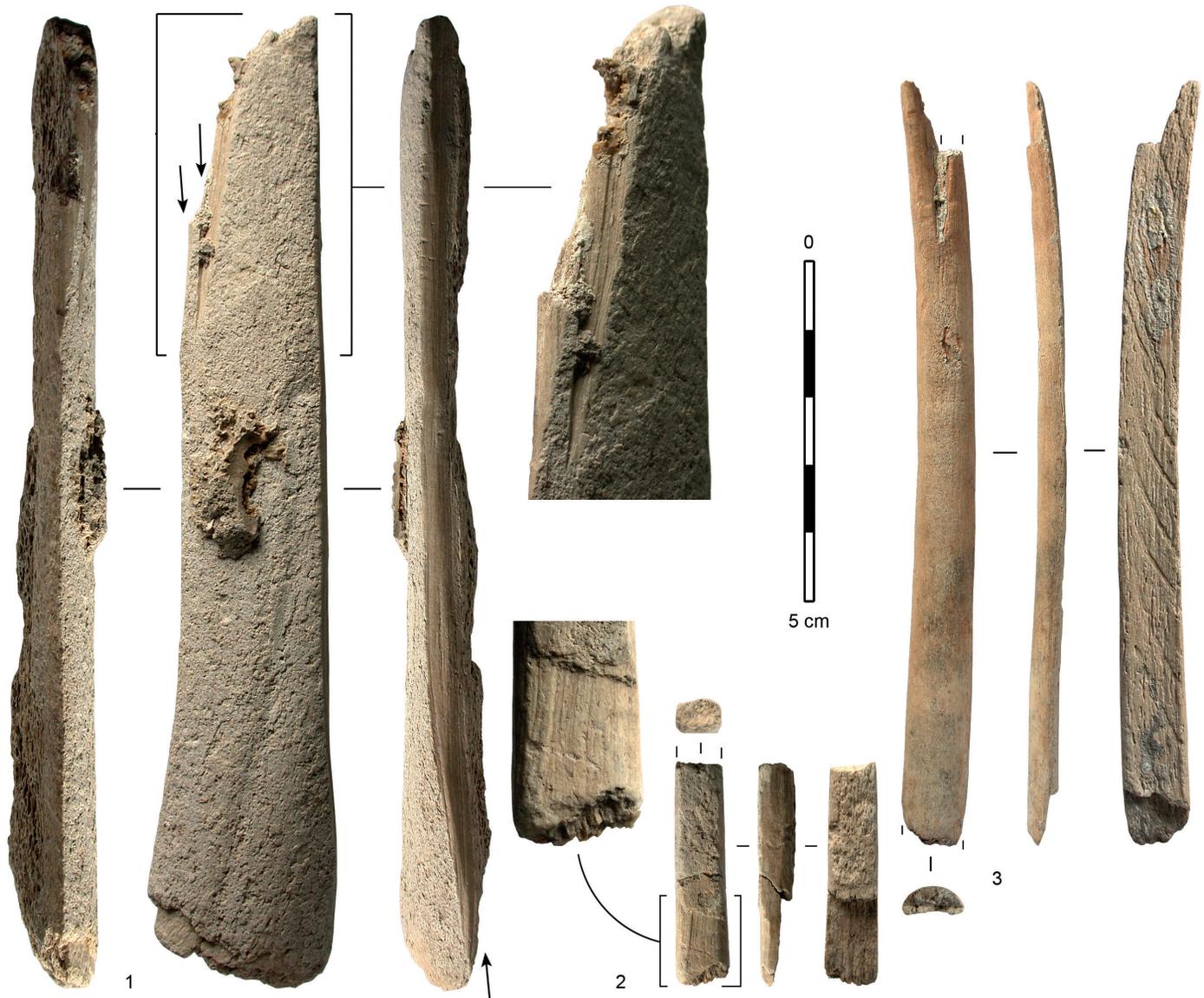


Fig. 27 – Couche C2, industrie en bois de cervidé. 1 : baguette extraite par double rainurage, avec détail d'une extrémité ; les flèches indiquent les pans de rainure. 2 : fragment d'objet sur baguette, avec détail des traces de raclage sur la languette de fracture. 3 : baguette demi-ronde à extrémité fourchue: fragment de préhampe bivalve. Clichés J.-M. P.

Layer C2, antler industry. 1: splinter produced with the GST, with detailed view of one extremity; the arrows indicate groove edges. 2: fragment of object on splinter, with detailed view of the scraping marks on the fracture surface. 3: half-round rod with forked extremity: fragment of bivalve foreshaft. Pictures J.-M. P.

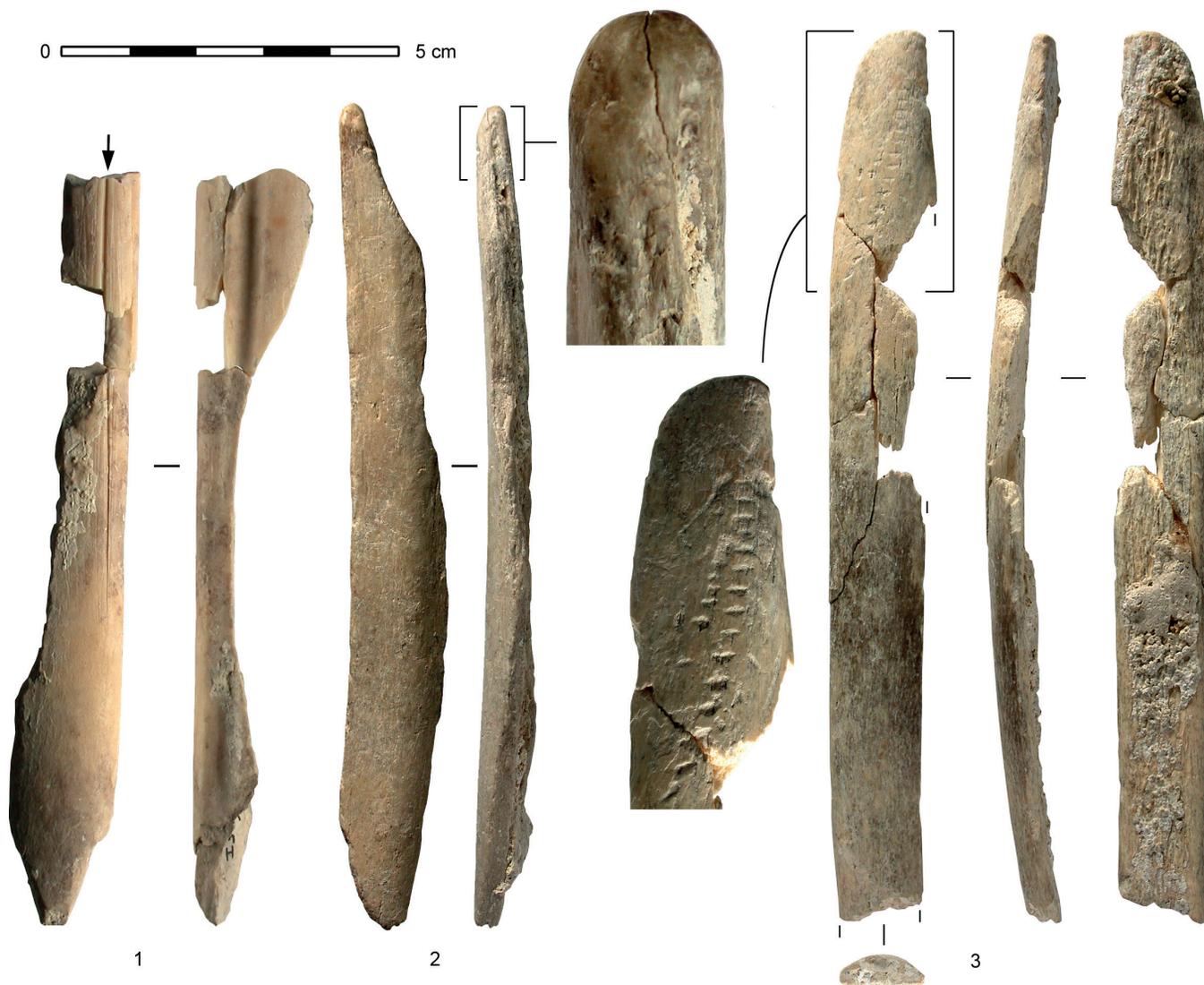


Fig. 28 – Couche C2, industrie en os. 1 : métapode de renne avec amorce de rainurage (indiquée par la flèche). 2 : poinçon d'économie sur côte, avec détail de l'extrémité distale. 3 : lissoir sur héli-côte, avec détail des incisions transversales. Clichés J.-M. P.

Layer C2, bone industry. 1: reindeer metapodial with incipient longitudinal grooving (shown by the arrow). 2: crude awl on rib, with detail of the distal extremity. 3: spatula on half-section of a rib, with detail of the transversal incisions. Pictures J.-M. P.

de la face spongieuse est moins poussé. Au même niveau mais sur la face compacte se trouvent deux séries de 5 et 16 incisions transversales courtes et profondes (décor ?). Cette pièce peut être typologiquement classée dans le groupe des lissoirs, mais il n'est pas certain que l'extrémité ogivale corresponde à la partie active de l'objet : le faible degré de façonnage de sa face spongieuse contraste avec ce qui a été observé par exemple sur les lissoirs magdaléniens de La Vache (Averbouh, Buisson, 2003, fig. 232-233).

BILAN ET INTERPRÉTATION

Les couches C5 et C4 ayant livré peu ou pas d'industrie osseuse, la discussion concerne uniquement les couches C3 et C2.

TECHNOLOGIE DE L'ARMEMENT : LES ARMATURES EN BOIS DE CERVIDÉ

Les 12 pièces en bois de cervidé se rapportent à la sphère de l'armement et témoignent de toutes les étapes de la chaîne technique : fabrication et réparation des armatures, entretien des projectiles. La production des supports d'armature suit un schéma opératoire largement attesté au Magdalénien moyen et supérieur (Averbouh, 2000 ; Pétillon, 2016) : l'exploitation de bois de renne de module moyen et gros, en général de chute, dont la perche est débitée par rainurage longitudinal multiple pour extraire de chaque bloc plusieurs baguettes qui sont ensuite calibrées en longueur, mises à l'axe et façonnées par raclage. Le seul élément moins courant – mais pas exceptionnel – est l'exploitation d'un grand bois de massacre de cerf, trouvé au sommet de la couche C2. L'effectif de la série est cependant trop réduit pour qu'on puisse dire si l'apparition de cette nouvelle matière est un fait significatif, traduisant une adaptation à un changement de conditions environnementales, ou un simple hasard d'échantillonnage.

La typologie des armatures fournit aussi des informations importantes. Sur une surface réduite, Laa 2 a livré trois éléments fourchus : deux pointes à base fourchue et une baguette demi-ronde à extrémité fourchue, ce dernier type étant très peu fréquent (seuls sont connus un exemplaire à Gourdan et neuf dans le Magdalénien supérieur d'Isturitz : Pétillon, 1999, p. 39 ; Pétillon, 2006, p. 38 et 217). Ces pièces suggèrent la présence à Laa 2 d'un ensemble d'armatures à forte proportion d'éléments fourchus, situation connue dans plusieurs sites cantabro-pyrénéens (Pétillon, 2006). À Laa 2, leur position stratigraphique (couche C3 et base de la couche C2) permet de préciser la chronologie de ce type d'armature, confirmant leur situation « transitionnelle » à la charnière entre la fin du Magdalénien moyen et le début du Magdalénien supérieur, vers 16600-16200 cal BP (Pétillon *et al.*, 2015, p. 131-132).

La couche C3 a également livré un fragment de pointe mono-barbelée à emmanchement mésial. Cette catégorie de pointe, qui représente le plus ancien type d'élément barbelé connu au Paléolithique supérieur, est peu documentée au Magdalénien moyen. La pièce de Laa 2 vient donc enrichir

l'inventaire des jalons chronologiques entre les éléments mono-barbelés connus dans la zone franco-cantabrique du Solutrén au Magdalénien inférieur (Pokines, Krupa, 1997 ; Pétillon, Ducasse, 2012 ; Bourdier *et al.*, 2014) et les pointes multi-barbelées (« harpons ») qui se développeront au Magdalénien supérieur (voir discussion in Pétillon, 2016). L'absence de ce dernier type de pointe dans la couche C2, absence a priori surprenante pour un ensemble attribué au Magdalénien supérieur, pourrait résulter d'un biais d'échantillonnage lié au faible effectif de la série.

D'AUTRES SPHÈRES D'ACTIVITÉ : L'INDUSTRIE EN OS

À côté de l'équipement de chasse, l'outillage en os fournit des témoignages d'autres sphères d'activité : les lissoirs, poinçon et aiguille à chas évoquent la transformation des matières souples, et les retouchoirs le travail des matières lithiques. L'un des intérêts de la série de Laa 2 est la variété de l'outillage – incluant des pièces inhabituelles, comme le lissoir sur stylohyoïdeum de cheval – allié à la très bonne conservation des matières osseuses qui pourrait rendre possible une étude microtracéologique. Cette piste reste à explorer et devra s'appuyer sur un corpus plus important. Les techniques de fabrication de l'outillage restent en revanche peu documentées, seules deux pièces pouvant évoquer la production de supports d'aiguilles par double rainurage. Enfin, la découverte d'une scapula décorée fournit un indice de la présence de graveurs inexperts parmi les occupants de la grotte au Magdalénien moyen. Cette pièce rattache également Laa 2 à l'univers des traditions graphiques du Magdalénien cantabro-pyrénéen.

LES RESTES FAUNIQUES (M. B-M, D. K., V. L., J.-B. M., V. M.)

Les quelques milliers d'ossements trouvés à la fouille ont été analysés par différents spécialistes en vue de livrer des informations relatives à l'évolution de l'environnement, à la mise en place des dépôts et à l'exploitation du monde animal par les hommes. Cette analyse a bénéficié du travail préalablement effectué par D. Armand (2006), S. Costamagno (2009) et C. Birouste (2010).

MÉTHODES

Les vestiges ont été déterminés grâce aux collections de comparaison des laboratoires TRACES, université de Toulouse Jean-Jaurès, et PACEA, université de Bordeaux. Pour les rongeurs, une collection privée a également été utilisée. Différents ouvrages ont aussi été mobilisés : Koby (1959a), Poplin (1976a), Altuna (2004), Monchot et Gendron (2010) pour les renards ; Boudadi-Maligne (2010) pour les grands canidés ; Koby (1959b, 1960) et Morel et Müller (1997) pour les lièvres ; Huguenet (1975) et des mesures non publiées (J.-B. M.) pour les belettes et les hermines. Pour les rongeurs et les insectivores, les ouvrages de Chaline (1972), Chaline *et al.* (1974) et

Erome et Aulagnier (1982) ont été consultés. Les crocidurinés ont été déterminés d'après les critères de Catalan et Poitevin (1981). Ceux de Vigne (1996) ont été appliqués aux restes post-crâniens des rongeurs de grande taille (gliridés et *Arvicola*). S'agissant des oiseaux, Erbersdobler (1968), Kraft (1972) ainsi que Tomek et Bocheński (2000) ont servi de référence respectivement pour les galliformes et les corvidés.

Pour la grande faune, toutes les pièces coordonnées, ainsi que les restes déterminables issus des refus de tamis, ont fait l'objet d'observations taphonomiques et archéozoologiques. Le nombre minimum d'individus (NMI de combinaison : Grayson, 1984) a été calculé pour chaque espèce, ainsi que l'âge des individus, lorsque le matériel s'y prêtait. Pour les couches C2 et C3, qui renferment une quantité plus importante de matériel, le nombre minimum d'éléments (NME) a été estimé pour les principales espèces (cheval et renne), pour lesquelles nous abordons les questions de conservation différentielle et d'utilité nutritive. Les stries de découpe et les impacts de percussion ont été étudiées (à l'aide d'une loupe grossissante x20 et parfois d'une loupe binoculaire) afin de caractériser les chaînes opératoires de boucherie. Pour les ongulés principaux, ces traces de boucherie ont été reportées sur des schémas synthétiques. Quelques indices de saisonnalité ont pu être obtenus.

Pour la mésofaune, les informations taphonomiques susceptibles de nous renseigner sur les causes de la présence des restes dans le gisement (traces de prédation humaine et/ou animale) ont été systématiquement recherchées (Laroulandie, 2000 ; Mallye, 2007). Chaque pièce a été observée à l'aide d'une loupe binoculaire (grossissement x10 à x40). L'âge relatif de la mort des oiseaux a été enregistré en tenant compte de l'état de maturité de l'os, sachant que l'os est globalement « mature » à environ deux mois d'existence (Serjeantson, 2009).

Afin d'interpréter les gestes réalisés lors de l'exploitation des carcasses et déterminer ainsi les produits recherchés, la localisation et l'orientation des stries de découpe ont été comparées aux référentiels actualistes mis en place pour différents taxons (Binford, 1981 ; Laroulandie, 2000 ; Lloveras *et al.*, 2009 ; Mallye, 2011 ; Val et Mallye, 2011 ; Costamagno, 2012 ; Pedergnana et Blasco, 2016 ; Romandini *et al.*, 2016). Les comparaisons avec les données ethnoarchéologiques et archéologiques ont aussi été prises en compte (Vigne *et al.*, 1981 ; Vigne et Marinval-Vigne, 1983 ; Henshilwood, 1997 ; Medina *et al.*, 2012).

Pour les micromammifères, la détermination de l'agent d'accumulation se fonde classiquement sur l'utilisation conjointe de différentes analyses (Andrews, 1990 ; Fernandez-Jalvo, 1995 ; Denys *et al.*, 1995) parfois difficilement applicables au matériel fossile (Mistrot, 2001). La quantification des traces de digestion relevées sur les dents et le degré d'attaque étant les marqueurs les plus fins pour identifier l'origine d'une coprocérose (Fernandez-Jalvo et Andrews, 1992), nous avons focalisé notre attention sur ce critère. La quantification des traces de digestion a été faite sur les molaires de microtidés et sur les incisives de rongeurs de petite taille qui réagissent de la même manière chez les microtidés et les muridés. Ces données sont comparables aux référentiels d'Andrews (1990) qui définit cinq classes de digestion.

LES ESPÈCES EN PRÉSENCE

Les fouilles de Laa 2 ont livré, toutes couches confondues, près de 40 taxons de vertébrés se rapportant à des oiseaux et à des mammifères de tailles variées.

Les micromammifères, rongeurs et insectivores, sont nombreux, particulièrement dans les couches C3 et C5, et les NMIa obtenus (nombre minimal d'individus en tenant compte des impossibilités d'appariement : Poplin, 1976b) surpassent largement les valeurs obtenues pour les autres mammifères (tabl. IX). Ce cortège est accompagné de mésomammifères qui sont, par ordre d'importance décroissante, le renard roux, l'isatis, le lièvre et l'hermine (tabl. IX). Trois incisives appartenant vraisemblablement à un même individu (C3) et une première prémolaire inférieure (C3/C4) ont une morphologie qui renvoie indubitablement à un canidé de taille modeste. Leurs mensurations, confrontées à leurs homologues chez le renard roux, le chien et le loup, ne nous permettent pas véritablement de statuer sur leur attribution spécifique. Dans le cas des incisives, il peut s'agir d'un renard roux de grande taille. Bien que très peu de données publiées soient disponibles pour les mensurations des incisives de vulpinés, celles d'individus des zones scandinaves fournies par Poplin (1976a) vont dans ce sens. Toutefois, les données ostéométriques acquises sur les vulpinés sub-contemporains de Laa 2 et provenant de gisements du grand quart sud-ouest de la France sont nettement moins importantes et ne nous permettent donc pas d'exclure la possibilité que ces trois incisives appartiennent à un chien de petit gabarit. Dans le cas de la prémolaire inférieure (fig. 29), ses dimensions sont plus importantes que celles qui sont observées sur les populations modernes et fossiles de renard roux et d'isatis. Les petites dimensions (DMD et DVL) de la dent sont incompatibles avec l'intervalle de variation connu pour les loups fossiles et modernes. En revanche, ses proportions pourraient correspondre à celles qui sont observées chez les chiens. Toutefois, la grande variabilité notée chez les chiens modernes et le peu de références disponibles pour les chiens paléolithiques ne nous permettent pas de statuer de manière définitive sur son attribution spécifique.

Plusieurs espèces d'ongulés ont également été déterminées (tabl. IX) : cheval, renne, bouquetin et chamois sont globalement bien représentés mais selon des proportions variables en fonction des couches et les unités de décomptes considérées (tabl. X). Ils sont accompagnés de cerf, de Bovinés et de chevreuil.

Les vestiges aviaires déterminés au-delà de cette classe appartiennent à 7 ordres (tabl. IX) et à au moins 14 espèces.

ÉLÉMENTS DE TAPHONOMIE

Une étude taphonomique a été conduite afin de sérier, au sein de ce spectre varié, ce qui est attribuable aux chasseurs-collecteurs du Magdalénien ou à d'autres facteurs d'accumulation et de modification. Le matériel osseux de Laa 2 présente un état de fraîcheur exceptionnel. La recherche des traces résultant de l'activité des prédateurs humains et non-humains s'en trouve facilitée car elle est peu gênée par des altérations postdépositionnelles.

	C5	C4/C5	C4	C3/C4	C3	C2/C3	C2	Total
<i>Talpa</i> sp.	(3)		(1)		(4)		(3)	(11)
<i>Sorex</i> sp.	(26)		(8)		(49)		(3)	(86)
<i>Sorex minutus</i>	(1)				(2)			(3)
<i>Neomys</i> sp.	(3)		(2)		(5)		(1)	(11)
<i>Crocidura</i> sp.	(1)				(1)			(2)
<i>Glis glis</i>							(2)	(2)
<i>Eliomys quercinus</i>					(2)			(2)
<i>Clethrionomys glareolus</i>							(2)	(2)
<i>Arvicola</i> sp.	(11)		(9)		(19)		(3)	(42)
<i>Microtus arvalis</i>	(70)		1(9)		(94)		(2)	(185)
<i>Microtus agrestis</i>			(1)		10		(1)	(12)
<i>Microtus oeconomus</i>	(27)		(7)		(41)		(2)	(77)
<i>Microtus gregalis</i>					(1)			(1)
<i>Terricola</i> sp.	(9)		(5)		(18)		(2)	(34)
<i>Chinomys nivalis</i>	(6)		(4)		(18)		(6)	(34)
<i>Apodemus</i> sp.	(1)				5		12	(18)
Total micromammifères	(158)		(56)		(269)		(39)	(522)
<i>Vulpes vulpes</i>	1 (1)		6 (2)	1	14 (2)		3 (2)	24
<i>Alopex lagopus</i>					2 (1)		2 (1)	4
<i>Vulpes/Alopex</i>	3		1		26		9	43
Canidé indéterminé				1	3 (1)			4
<i>Mustela erminea</i>					1 (1)			1
<i>Mustela erminea/nivalis</i>					1 (1)			1
<i>Lepus</i> sp.	1 (1)				1 (1)		1 (1)	3
Mésomam. indéterminée					2			2
Total mésomammifères	5		7	2	50		15	82
<i>Equus caballus</i>	37 (3)	1	7 (2)		173 (6)		193 (5)	415
<i>Rangifer tarandus</i>	2 (1)		1 (1)	3	117 (6)	1	81 (4)	206
<i>Capra pyrenaica</i>	12 (2)	1	16 (2)	2	76 (3)	2	24 (2)	133
<i>Rupicapra rupicapra</i>	8 (1)	1	26 (2)	1	34 (2)		9 (2)	79
Capriné	4							4
<i>Cervus elaphus</i>			3 (1)		23 (3)		39 (2)	69
Cervidé	1				3		2	6
<i>Bison priscus</i>	4 (2)		5 (1)		8 (3)		1 (1)	18
<i>Capreolus capreolus</i>							2 (1)	2
Total Ongulés	68	3	58	6	434	3	351	932
Mam. très petite taille	1				8		15	26
Mam. petite taille					4		4	8
Mam. petite/moy. taille	5		14		80		147	251
Mam. moy. taille	21		28		142	2	134	328
Mam. grande/moy. taille	26		21		87		88	224
Mam. grande taille	7		16	1	34		32	91
Total mam. indéterminés	60	0	79	1	355	2	420	928
Total grande faune	128	3	137	7	789	5	771	1860
<i>Anser</i> sp.			4 (1)					4
cf. <i>Aquila</i>							1 (1)	1
<i>Falco</i> sp.	1 (1)		1 (1)		6 (1)			8
<i>Perdix perdix</i>							2 (1)	2
<i>Lyrurus tetrix</i>							2 (1)	2
<i>Lagopus mutus</i>					1 (1)			1
<i>Lagopus</i> sp.			1 (1)		7 (1)		1 (1)	9
Galliformes			1		4			5
<i>Columba</i> sp.					4 (1)		3 (1)	7
<i>Bubo</i> sp.			1 (1)					1
Strigiformes					9 (1)		1 (1)	10
<i>Pyrhacorax</i> cf. <i>pyrhacorax</i>			1 (1)					1
<i>Pyrhacorax graculus</i>	1 (1)		1 (1)		5 (3)			7
Corvidés (taille Chocard)	12		8		17	1	3	41
<i>Corvus corax</i>					1 (1)			1
Passériformes (petits)	13 (5)	3	12 (4)	3	30 (4)			61
Aves indéterminés	7		8	3	33	1	1	53
Total oiseaux	34	3	38	6	117	2	14	214

Tabl. IX – Spectre faunique par couches exprimé en Nombre de restes déterminés (NRD) ou indéterminés (NID) ; les NMI figurent entre parenthèses.

Faunal spectrum per layer expressed in the number of identified (NRD) or unidentified (NID) remains; the minimal number of individuals appear in parentheses.

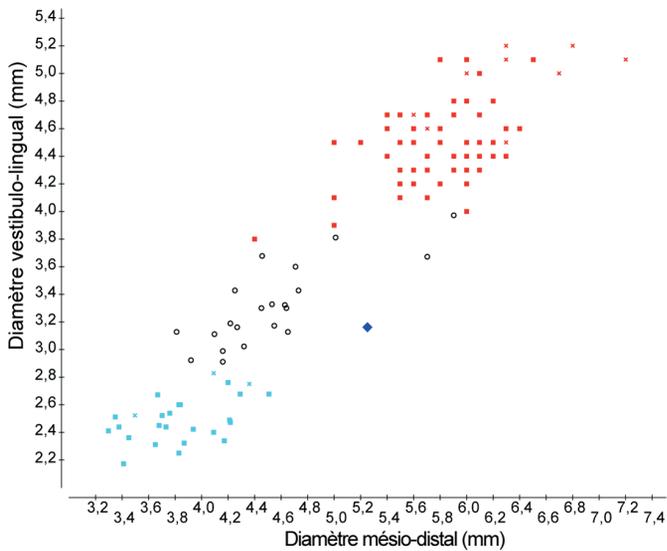


Fig. 29 – Dispersion des mesures des premières prémolaires inférieures chez les renards (bleu clair), les chiens (ronds noirs) les loups (rouge) et mesures de l'individu de Laa 2 (losange bleu). Les croix mentionnent les individus du Pléistocène supérieur.

Measurements of the first lower premolar in foxes (light blue), dogs (black dots), wolf (red) and measurements of the individual from Laa 2 (blue diamonds). The crosses indicate the individuals from late Pleistocene deposits.

ORIGINE DES ACCUMULATIONS OSSEUSES ET PERTURBATIONS PRÉ-ENFOUISSEMENT

Des stries de boucherie et des encoches de percussion s'observent sur plusieurs centaines de restes d'ongulés provenant des différentes couches analysées. Elles attestent que l'accumulation de ce matériel est liée aux chasseurs du Magdalénien. Les marques d'activité humaine sont également visibles sur des restes de petits vertébrés : des traces de découpe ont été identifiées sur cinq restes de vulpinés de la couche C3 et un reste de la couche C2. Des traces de combustion se rapprochant, par leur localisation, des brûlures distales *sensu* Vigne *et al.* (1981) ou Vigne et Marival-Vigne (1983) ont été observées sur un reste de vulpiné en couche C3 et un en couche C2. Enfin, deux ossements appartenant à des oiseaux de grande taille portent des stigmates de l'activité humaine : stries sur un reste d'oie en couche C4 et traces de raclage sur un ossement rapproché d'un aigle en couche C2.

L'impact des carnivores est à souligner, particulièrement dans la couche C3 (voir tabl. XVI ci-après). Au total, 31 restes d'ongulés (1,9 % du NRD total : fig. 30) portent des traces allant de simples *pits* (petites dépressions circulaires peu profondes présentes sur des zones compactes de l'os) à des *punctures* (dépressions circulaires profondes, enfoncement de l'os sous la dent au niveau des épiphyses) et jusqu'aux traces de digestion (surfaces lissées, bords émoussés avec parfois la présence de perforations, provenant de l'attaque acide de l'os par les sucs gastriques ; définitions d'après Costamagno, 1999). Ces traces concernent le bouquetin – surtout des phalanges –, le cerf, le cheval, le renne et le chamois ; cinq restes portent à la fois des enfoncements et des stries. Des traces de manducation se trouvent également sur des os de petits vertébrés de la couche C3 : trois vestiges de vulpinés (fig. 31, n° 8), dont un portant également des stries, et un reste de lagopède (fig. 32, n° 2). Des traces de digestion de forte intensité pourraient également se rapporter à l'activité des carnivores. Elles s'observent dans la couche C5 sur un reste de lièvre, un de renard roux et trois de vulpiné (fig. 31, nos 1, 2, 3, 5 et 6). Ces marques affectent également quatre restes de vulpiné (fig. 31, n° 4,7 et 9) dans la couche C3 et l'unique reste de lièvre de la couche C2 (fig. 31, n° 10). Reste à préciser l'identité du ou des carnivores impliqués et leur rôle dans la constitution ou la perturbation de l'accumulation osseuse. La longueur des éléments portant des traces de digestion est comprise entre 6 et 35 mm. Or les travaux menés sur les tanières de petits carnivores comme le blaireau ou le renard (Mallye, 2007 ; Mallye *et al.*, 2008 ; Castel *et al.*, 2011) ont montré que la longueur des restes digérés trouvés dans ce type de contexte n'excédait pas 20 mm ; ici, il faut donc se tourner vers un prédateur de taille plus importante. Dans ce contexte chronologique, l'Hyène, ayant disparu du continent depuis près de 10 000 ans, doit être écartée (Stuart et Lister, 2007 ; Discamps, 2011). Quant au loup, les restes semi-digérés trouvés dans ses fèces peuvent atteindre 50 mm de longueur, ce qui est compatible avec ce qui est observé à Laa 2. Toutefois, si son comportement de prédation peut être tourné de manière occasionnelle vers des proies de petite taille comme le lièvre et le renard, les accumulations qu'il produit sont rarement trouvées en grotte (Fosse *et al.*, 2012). Un charognage des restes osseux résultant de l'activité humaine, notamment ceux des ongulés, est avéré par la présence de six restes portant à la fois des stries de boucherie et des traces de manducation. Dans ce cas, soit le carnivore a chapardé les résidus des activités des humains une fois que

	C5			C4			C3			C2			TOTAL
	NRD	%NRD	NMI										
cheval	37	58,7	3	7	12,1	2	173	40,1	6	193	55,3	5	410
renne	2	3,2	1	1	1,7	1	117	27,1	6	81	23,2	4	201
bouquetin	12	19,0	2	16	27,6	2	76	17,6	3	24	6,9	2	128
isard	8	12,7	1	26	44,8	2	34	7,9	2	9	2,6	2	77
cerf	0	0,0	0	3	5,2	1	23	5,3	3	39	11,2	2	65
bovinés	4	6,3	2	5	8,6	1	8	1,9	3	1	0,3	1	18
chevreuil	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	2	0,6	1	2
total	63	100	9	58	100	9	431	100	23	349	100	17	901

Tabl. X – Nombre de restes d'ongulés déterminés et NMI par taxon pour chaque couche.

Number of identified ungulate remains and MNI per taxon for each layer.

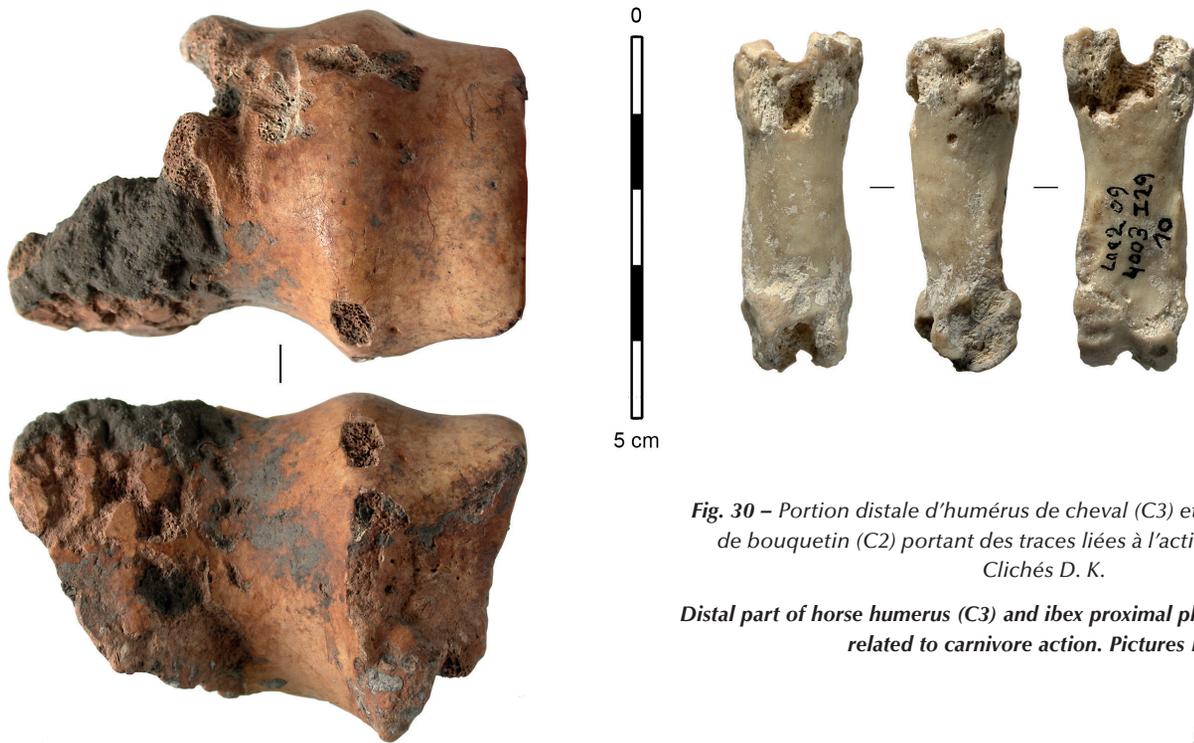


Fig. 30 – Portion distale d’humérus de cheval (C3) et phalange proximale de bouquetin (C2) portant des traces liées à l’action des carnivores. Clichés D. K.

Distal part of horse humerus (C3) and ibex proximal phalanx (C2) with marks related to carnivore action. Pictures D. K.



Fig. 31 – Traces de manducation et de digestion. 1 : troisième phalange de vulpiné semi-digérée. 2 : talus gauche de vulpiné présentant des attaques acides. 3 : troisième incisive supérieure gauche de renard roux semi-digérée. 4 : première phalange de vulpiné présentant des traces de digestion. 5 : portion distale de tibia gauche de vulpiné semi-digérée. 6 : première phalange de lièvre avec attaques acides. 7 : tête fémorale de vulpiné avec traces de digestion. 8 : calcanéum gauche de vulpiné portant des traces de manducation. 9 : tête fémorale de vulpiné semi-digérée. 10 : deuxième phalange de lièvre semi-digérée. Clichés J.-B. M.

Chewing and digestion marks. 1: partially digested third phalange of a fox. 2: left talus of a fox with acid attacks. 3: semi-digested third upper incisor of a fox. 4: first phalange of a fox with digestion marks. 5: distal part of a left tibia of a fox with digestion marks. 6: semi digested first phalange of a hare. 7: femoral head of a fox with digestion marks. 8: left calcaneus of a fox with chew marks. 9: femoral head of a fox with digestion marks. 10: second phalange of a hare with digestion marks.

ces derniers avaient quitté le site, soit ce carnivore vivait au côté des chasseurs-collecteurs et trouvait sa pitance dans les déchets de boucherie. Le contexte de la domestication du loup rend possible cette hypothèse. En effet, si l'émergence de ce phénomène reste ouverte au débat (Germonpré *et al.*, 2009, 2012, 2013, 2015 ; Morey, 2010, 2014 ; Ovodov *et al.*, 2011 ; Crockford et Kuzmin, 2012 ; Napierala et Uerpmann, 2012 ; Boudadi-Maligne *et al.*, 2012 ; Boudadi-Maligne et Escarguel, 2014), des restes de chien en contexte magdalénien ont été identifiés dans des régions proches, notamment en Espagne dans le niveau V d'Erralla (Altuna *et al.*, 1985 ; Vigne, 2005). Rappelons qu'à Laa 2, quatre restes dentaires pourraient appartenir à un chien de petit gabarit. Cette attribution, bien que restant à confirmer, ne ferait que renforcer cette hypothèse.

Des traces de digestion ont également été observées sur les dents de rongeurs. Le nombre d'observations varie de 117 pour la couche C2 à 875 pour la couche C3. Si la prudence s'impose pour la couche C2, les autres couches présentent un nombre de restes représentatif (tabl. XI et XII). Pour les quatre couches étudiées (fig. 33), le taux 0 représente entre 78 % et 95 % des traces observées, ce qui place ces ensembles dans le groupe des accumulations par un rapace nocturne. On remarque cependant que la couche C3 se comporte différemment, avec un taux 0 de 95 %. Dans la première catégorie d'Andrews (1990) se retrouvent les chouettes harfang et effraie ainsi que le hibou des marais, la chouette hulotte et le hibou moyen-duc. Le hibou des marais est un prédateur spécialisé sur le campagnol des champs (*Microtus arvalis*) et le spectre de faune large découvert ici ne lui correspond pas. Le hibou moyen-duc peut être éliminé : il est inféodé aux milieux boisés, avec des taux de capture d'*Apodemus* beaucoup plus importants que dans cette séquence. La chouette hulotte pourrait être l'agent d'accumulation de la couche C2 : les milieux boisés sont à plus de 40 %, ce qui ne cadre pas avec les habitudes des chouettes effraie et harfang. Nous proposons comme agent d'accumulation préférentiel la chouette harfang pour les couches C4 et C5 (elle digère de façon plus forte que l'effraie) et la chouette effraie pour la couche C3. Quelques micromammifères ont vraisemblablement été accumulés par des petits carnivores ou des rapaces diurnes (taux de digestion 3 ou 4), mais ces apports restent négligeables pour la composition de l'accumulation de micromammifères. Les chouettes effraie et harfang sont des chasseurs opportunistes qui fréquentent tous les milieux présents sur leur territoire, ce qui fait de leurs accumulations de pelotes de bons marqueurs paléoclimatiques et paléoenvironnementaux. La chouette hulotte peut légèrement surreprésenter les milieux boisés.

Des traces de digestion plus ou moins intense ont également été observées sur des vestiges d'oiseau. Ces pièces proviennent de toutes les couches et appartiennent à divers taxons de petite et moyenne taille (tabl. XIII ; fig. 32, n° 1). Le faible nombre de restes impliqué ne permet pas de préciser le prédateur mais les données contextuelles présentées ci-dessus permettent de s'orienter vers un apport mixte par les rapaces nocturnes et les carnivores.



Fig. 32 – Exemples de traces de prédation non humaine observées sur les restes aviaires. 1 : digestion légère sur fragment proximal d'humérus de pigeon, couche C2. 2 : traces de manducation sur tibiotarse de Lagopède, couche C3. 3 : traces de grignotage au niveau de la crête deltoïde d'un humérus de tétras lyre, couche C2. Clichés V. L.

Example of non-human predator marks observed on bird bones. 1: Light digestion on a pigeon humerus proximal fragment, layer C2. 2: Chew marks on a ptarmigan tibiotarsus, layer C3. 3: Gnaw marks on the crest of a humerus from a black grouse, layer C2. Pictures V. L.

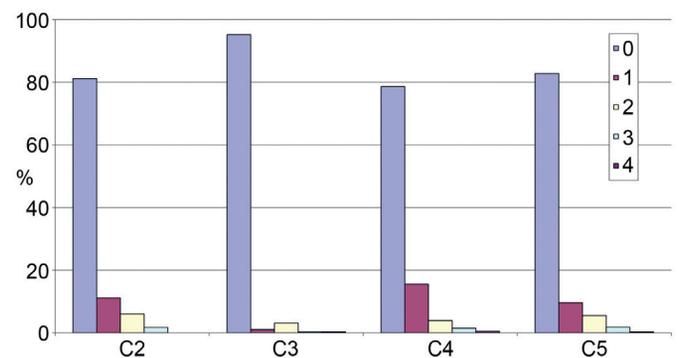


Fig. 33 – Taux de digestion des assemblages de micromammifères (en %).

Digestion rate of the micromammal assemblages (%).

Couche	Digestion (NR)					Total
	0	1	2	3	4	
C2	95	13	7	2	0	117
C3	833	9	27	3	3	875
C4	162	32	8	3	1	206
C5	509	59	34	11	2	615
Total	1599	113	76	19	6	1813

Tabl. XI – Taux de digestion des assemblages de micromammifères (en NR).

Digestion rate of the micromammal assemblages (number of remains).

Couche	Digestion (%)					Total
	0	1	2	3	4	
C2	81,2	11,1	6,0	1,7	0,0	100
C3	95,2	1,0	3,1	0,3	0,3	100
C4	78,6	15,5	3,9	1,5	0,5	100
C5	82,8	9,6	5,5	1,8	0,3	100
Total	88,2	6,2	4,2	1,1	0,3	100

Tabl. XII – Taux de digestion des assemblages de micromammifères (en %).

Digestion rate of the micromammal assemblages (%).

Couche	Taxon	NR digéré
C2	<i>Columba</i> sp.	2
C3	<i>Lagopus</i> sp.	1
C3	Strigiformes	1
C3	Passériformes	1
C3	Oiseaux indet.	4
C3/C4	Passériformes	1
C3/C4	Oiseaux indet.	1
C4	Passériformes	2
C5	Passériformes	2
C5	Oiseaux indet.	1

Tabl. XIII – Décompte par couche et taxon des restes aviaires présentant des traces de digestion.

Number of bird bones with digestion marks, per layer and taxon.

Couche	Taxon	NR grignoté
C2	<i>Lyrurus tetrix</i>	1
C3	Falconiformes	1
C3	Passériformes	1
C4	<i>Pyrrhocorax</i> cf. <i>Pyrrhocorax</i>	1

Tabl. XIV – Décompte par couche et taxon des restes aviaires grignotés.

Number of bird bones with chew marks, per layer and taxon.

Par ailleurs, de minuscules marques de grignotage résultant de l'activité d'un acteur inconnu mais vraisemblablement de très petite taille s'observent sur quatre ossements d'oiseaux (tabl. XIV ; fig. 32, n° 3). Certains des ossements affectés font près de 5 cm de long et ont plus probablement été charognés qu'introduits dans la cavité par l'auteur de ces traces.

Notons enfin, que, parmi la cinquantaine de pièces se rapportant au chocard et aux corvidés de la taille du chocard, aucun ne porte de traces de prédation. Ce lot se caractérise par une abondance (80 %) d'ossements de jeunes individus représentant différents stades de maturité. Ces ossements appartiennent possiblement à des individus morts sur place sans intervention de prédateurs. Cette hypothèse est soutenue par les données éthologiques. Cet oiseau, qui établit son nid à l'intérieur des cavités, connaît en effet une mortalité importante avant l'envol des jeunes aux alentours de deux mois (e.g., Delestrade et Stoyaniv, 1995 ; Laroulandie, 2010).

Pour conclure, les études taphonomiques indiquent que plusieurs agents ont participé à l'introduction de l'ensemble osseux exhumé à Laa 2. Si les ongulés ont de toute évidence été transportés par les chasseurs tout au long du Magdalénien, la situation apparaît plus complexe pour les petits vertébrés. Les petits gibiers issus d'une activité humaine sont rares mais présents dans au moins trois couches. L'intervention de carnivores, petits ou grands, dans l'apport ou la modification des ossements est visible dans toutes les catégories de vestiges considérées. Les rapaces nocturnes ont apporté la majorité des restes de micromammifères et probablement quelques oiseaux. Enfin, une mort naturelle sans intervention de prédateurs semble expliquer la présence du chocard.

LES PERTURBATIONS POST-DÉPOSITIONNELLES

Cet aspect est abordé uniquement pour les ongulés. L'enfouissement des vestiges a dû être relativement rapide, comme en témoigne la très bonne conservation des surfaces osseuses des restes d'ongulés : près de 75 % des ossements présentent des surfaces lisibles entièrement ou aux trois quarts (tabl. XV).

Sur 1 860 restes osseux d'ongulés observés, 1 640 altérations post-dépositionnelles ont été enregistrées (tabl. XVI). Des phénomènes climato-édaphiques, et dans une moindre mesure biologiques, ont modifié la composition de l'ensemble osseux. La principale altération qui affecte – parfois fortement – les surfaces osseuses est le concrétionnement (62 % des restes observés), c'est-à-dire un encroûtement en lien avec une circulation d'eau chargée en carbonate de calcium (Auguste, 1994). Ce concrétionnement s'est mis en place postérieurement aux occupations magdaléniennes et fut alimenté par un pilier et des stalactites (voir ci-dessus). Viennent ensuite les fissurations longitudinales, rectilignes, parallèles à l'axe d'allongement de l'os, qui résultent principalement de la dégradation de la composante organique de celui-ci (Behrensmeyer, 1978). La desquamation, qui affecte environ 15 % des pièces, correspond au détachement de la partie superficielle de l'os en fines pellicules (Behrensmeyer, 1978 ; Shipman, 1981). Certaines pièces, particulièrement dans les niveaux supérieurs (C2), présentent



un aspect crayeux. D'autres, plus rares, portent des traces d'abrasion, de racines et de dissolution.

Au sein de l'ensemble osseux, des raccords, des appariements et des restitutions articulaires ont été réalisés. Le plus spectaculaire a été réalisé à partir de côtes et de vertèbres thoraciques de bouquetin (fig. 34). Sur 23 remontages de vestiges coordonnés, 17 correspondent à des liaisons dont les distances sont comprises entre 0 et 5 cm, trois entre 5 et 10 cm, et trois entre 10 et 13 cm. Ces distances attestent globalement d'un faible déplacement post-dépositionnel des vestiges osseux. La majorité des remontages provient de la couche C3 qui est contenue dans un ensemble formé par éboulis gravitaire, mode de mise en place relativement favorable à la conservation spatiale, tout au moins pour les vestiges de grande taille.

Fig. 34 – Couche C3 : restitution articulaire de deux vertèbres thoraciques et de deux extrémités de côtes de bouquetin retrouvées en connexion anatomique (z = -955 à -960). Clichés D. K.

Layer C3: articular restitution of two thoracic vertebrae and two extremities of ibex ribs found in anatomical connection (z=-955 to -960). Pictures D.K.

	0	1	2	3	4	
	entièrement lisible	3/4 lisible	1/2 lisible	1/4 lisible	illisible	total
C2	258	239	135	67	72	771
C2/C3	5	0	0	0	0	5
C3	422	207	90	38	32	789
C3/C4	5	1	1	0	0	7
C4	110	10	7	5	5	137
C4/C5	3	0	0	0	0	3
C5	117	8	2	1	0	128
Total	920	465	235	111	109	1840
%	50,0	25,3	12,8	6,0	5,9	100

Tabl. XV – Lisibilité des surfaces osseuses des restes d'ongulés, par couche.

Readability of the bone surfaces of the ungulate remains, per layer.

	Concrétion	Fissures longit.	Desquam.	Crayeux	Délitement	Carniv.	Abrasion	Racines	Dissol.	Total
C2	499	122	160	33	19	4	2			839
C2/C3	1									1
C3	462	106	53	2	18	16	5	1	2	665
C3/C4	2					1				3
C4	28	8	14		1	6	6	1		64
C4/C5										0
C5	5	9	6			4	3	1	1	29
Total	997	245	233	35	38	31	16	3	3	1601
%	62,3	15,3	14,6	2,2	2,4	1,9	1,0	0,2	0,2	100

Tabl. XVI – Principales altérations taphonomiques sur les restes osseux d'ongulés.

Main taphonomic alterations on the ungulate skeletal remains.

INTERPRÉTATION CLIMATIQUE ET ENVIRONNEMENTALE

ÉVOLUTION CLIMATIQUE ET PAYSAGÈRE À PARTIR DES MICROMAMMIFÈRES (V. M.)

Trois grandes divisions paysagères sont utilisées dans cette étude (fig. 35). Les milieux ouverts sont documentés par *Microtus arvalis*, *M. oeconomus*, *M. gregalis*, *Arvicola* sp. et *Chionomys nivalis*. Les espaces fermés sont représentés par *Microtus agrestis*, *Clethrionomys glareolus*, *Apodemus* sp., *Eliomys quercinus* et *Glis glis*. Enfin, *Sorex* sp., *S. minutus*, *Neomys* sp. et *Microtus oeconomus* caractérisent les milieux humides. D'autres espèces donnent des indications de température: le froid intense avec *Microtus gregalis*, le froid avec *M. oeconomus*, le tempéré chaud avec *Crocidura* sp. et *Glis glis*. Les autres espèces sont de climat tempéré sans plus de précision. Deux espèces fouisseuses donnent des indications sur l'état des sols (plus ou moins gelés): *Talpa* sp. et *Terricola* sp.

Les taxons présents dans la couche C5 sont *Talpa* sp. (Taupe), *Sorex* sp. (Musaraigne), *S. minutus* (Musaraigne pygmée), *Neomys* sp. (Musaraigne aquatique), *Crocidura* sp. (Crocidures), *Terricola* sp. (Campagnol souterrain), *Microtus arvalis* (Campagnol des champs), *M. oeconomus* (Campagnol nordique), *Arvicola* sp. (Rat taupier), *Chionomys nivalis* (Campagnol des neiges), et *Apodemus* sp. (Mulet). Le paysage apparaît largement découvert, avec 72 % d'espèces de milieux ouverts et seulement 0,6 % d'espèces de milieux fermés. L'humidité est forte (36,1 %). Les sols sont peu favorables aux espèces fouisseuses (7,6 %). Le climat est tempéré et frais. Le paysage se rapproche de prairies entrecoupées de marécages, ruisseaux ou tourbières.

Dans la couche C4 sus-jacente disparaissent *Sorex minutus*, *Crocidura* sp. et *Apodemus* sp. *Microtus agrestis* apparaît avec seulement un individu. Les variations du climat et des paysages sont faibles, avec des variations situées entre 0,5 et 6 % selon

les marqueurs étudiés. Le climat semble être plus sec et les espèces de milieux humides régressent légèrement au profit notamment de *Chionomys nivalis*, espèce rupicole. Le paysage est toujours très humide, mais avec des pentes au couvert végétal plus disparate.

Dans la couche C3, le spectre s'enrichit avec l'identification de *Microtus gregalis*, espèce de climat très froid. Cependant, il n'est présent que par une seule molaire. Les trois espèces disparues dans la couche C4 réapparaissent. Le lérot (*Eliomys quercinus*) n'est présent que dans cette couche avec deux individus. Les indicateurs paléoenvironnementaux sont très proches de ceux de la couche C5. Seule différence notable, *Chionomys nivalis* reste très présent. Le paysage apparaît donc très ouvert, avec très peu de milieux boisés, mais des pentes plus rocailleuses que dans la couche C5.

La couche supérieure C2 est très différente des couches sous-jacentes avec l'apparition de *Clethrionomys glareolus*, l'explosion des *Apodemus* sp. et l'apparition de *Glis glis*. Les milieux fermés deviennent majoritaires avec 43,6 % de l'ensemble. Les milieux ouverts ne représentent plus que la moitié de leur surface antérieure avec 33,4 % de l'ensemble (dont 15,4 % pour *Chionomys nivalis*, espèce rupicole). Le climat semble légèrement se réchauffer et le milieu s'assécher et se fermer. Le paysage est celui d'une forêt claire entrecoupée de milieux humides. Le couvert herbacé des pentes se raréfie.

Les couches C3, C4 et C5 font partie de la même biozone (2a, 2b et 2c), celle d'un climat tempéré frais et humide à paysage très ouvert, à rapporter à la fin de la dernière période glaciaire. La couche C2 constitue la biozone 1, celle d'un climat tempéré à paysage plutôt fermé, se plaçant dans une phase ancienne du réchauffement climatique postglaciaire. Rappelons que l'accumulateur envisagé peut accentuer le côté fermé et tempéré de ce tableau. La comparaison avec d'autres séquences de la partie occidentale des Pyrénées permettra de mieux connaître l'évolution des paysages et des climats du Tardiglaciaire.

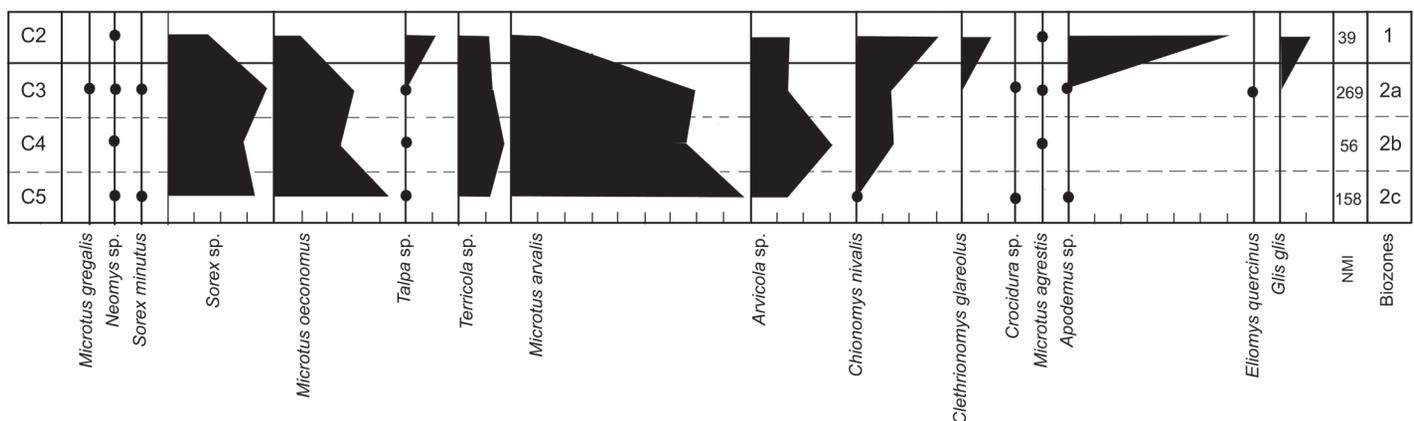


Fig. 35 – Cortège de micromammifères des couches C2 à C5 (en NMI).

Micromammals of layers C2 to C5 (minimum number of individuals).

AUTRES INDICATEURS PALÉOENVIRONNEMENTAUX (V. L., D. K., J.-B. M.)

La situation de la grotte de Laa 2, à proximité directe de plusieurs niches écologiques distinctes (montagne, plaine, vallée, etc.), est probablement à l'origine de la biodiversité d'ongulés représentés dans le spectre faunique (Delpéch, 1983) : espèces de milieu steppique (cheval et bison), de milieu arctique (renne), de milieu montagnard (bouquetin et isard) et de milieu plus ou moins fermé (cerf et chevreuil). Les espèces de milieu steppique et arctique (principalement cheval et renne) sont majoritaires dans l'ensemble des couches, excepté dans la couche C4 où les bouquetins et isards sont les mieux représentés. La proximité de massifs escarpés a probablement facilité la traque de ces derniers. Le cerf et le chevreuil sont totalement absents de la couche C5. Le cerf tend progressivement à devenir plus fréquent et paraît mieux attesté au sommet de la séquence. Le chevreuil fait sa première apparition en C2 (fig. 36).

La reconnaissance de renard polaire en C2 et C3 indique, par comparaison avec sa répartition géographique actuelle, un environnement plutôt froid et ouvert. La présence conjointe du renard roux est néanmoins à signaler.

Les lagopèdes, identifiés dans les couches C4, C3 et C2, se rencontrent actuellement sous des climats rudes avec des hivers rigoureux et, selon Vilette (1983), sont des espèces indicatrices « d'espaces découverts froids ». Les deux espèces de ce genre ne partagent toutefois pas le même biotope. Le lagopède des saules apprécie les habitats au couvert modéré, bas et lacunaire, avec une bonne proportion d'arbrisseaux. Il fréquente les tourbières et ne pénètre pas les forêts compactes. Sa limite supérieure est celle des domaines nus où vit son cousin, le lagopède alpin. Cette dernière espèce, identifiée dans la couche C3, apprécie les lieux les plus froids, les environnements de pierres, de rocaillies où la végétation est discontinue et basse (étage alpin et nival : Gérodet, 1978), ce qui correspond bien à l'image du paysage découlant de l'analyse des microvertébrés.

Le chocard, identifié dans les couches C5, C4 et C3, vit actuellement en montagne au-dessus des forêts. Il appartient également à la catégorie des espèces « d'espaces découverts froids » (Vilette, 1983). Comme les lagopèdes, il est fréquent dans les listes avifauniques du Pléistocène supérieur (e.g., Mourer-Chauviré, 1975 ; Tyrberg, 1998).

Le tétras lyre est présent uniquement dans la couche C2. Ce galliforme qui a disparu des montagnes pyrénéennes fréquente actuellement les zones forestières de transition, présentant des clairières, des tourbières, un boisement de conifères, d'aulnes et de bouleaux et une abondance d'arbrisseaux à baies dont il se nourrit. Il apprécie également les marais aux lisières des forêts. La diversité des milieux, un climat humide et froid apparaissent importants pour son développement. L'étage forestier supérieur à la limite de la lande alpine est son domaine préféré (Gérodet, 1978). Il appartient à la catégorie des « espèces de la forêt boréale » définie par Vilette (1983), catégorie dont il est indicateur.

La perdrix grise, représentée dans la même couche, vit aujourd'hui principalement dans les régions cultivées présentant des haies. Elle se rencontre dans des zones climatiques

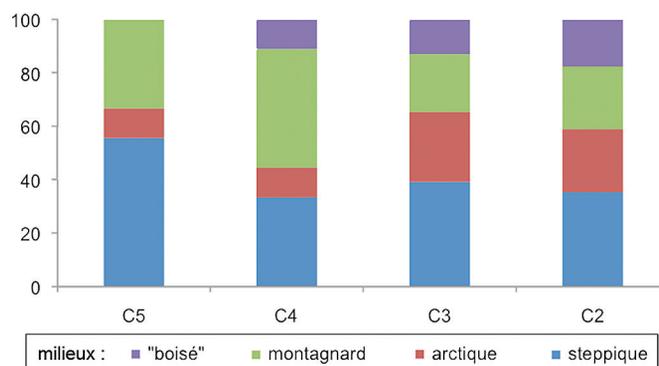


Fig. 36 – Groupes écologiques dans chaque couche, en %MNI.

Ecological groups in each layer, in %MNI.

variées (boréale, tempérée, méditerranéenne, steppique). Elle résiste bien aux basses températures ainsi qu'à l'humidité. Elle supporte un manteau neigeux de faible épaisseur, pourvu qu'elle puisse rechercher sa nourriture. Avant l'expansion des cultures, elle devait fréquenter les lisières des forêts, les steppes herbeuses, les landes et les tourbières (Gérodet, 1978).

Ainsi, si l'avifaune documentée entre C5 et C3 indique un environnement plutôt froid et découvert, la présence de la perdrix grise et du tétras lyre dans la couche C2 marque le développement d'un couvert forestier, ce qui fait écho aux données livrées par les ongulés et les micromammifères.

EXPLOITATION DU MONDE ANIMAL

LES OISEAUX (V. L.)

Le faible nombre de pièces aviaires modifiées par les chasseurs-collecteurs n'autorise qu'une reconstruction très partielle de la chaîne opératoire de traitement et une interprétation limitée concernant les produits recherchés. Néanmoins, il apparaît que les manifestations de l'activité humaine, clairement visibles sur deux pièces, ne sont pas liées à la sphère alimentaire.

Sur le carpométacarpe d'oie de la couche C4, deux séries de fines stries de découpe s'observent dans le tiers proximal du corps, sur la face antérieure (fig. 37, n° 1). Cet os provient de la partie maigre de l'extrémité distale de l'aile et les traces de découpe ne peuvent pas s'expliquer par le prélèvement de muscles. La recherche des plumes pourrait avoir occasionné ces traces, selon les quelques référentiels expérimentaux disponibles (Pedergrana et Blasco, 2016 ; Romandini *et al.*, 2016).

L'ulna rapprochée d'un aigle, dans la couche C2, a été préparée par raclage sur une partie de sa surface (fig. 37, n° 2). Les bords de la pièce coupent nettement des stries de raclage, indiquant que la fracturation s'est produite après l'opération de nettoyage de la pièce. Des traces de découpe situées au-dessus de l'extrémité articulaire indiquent vraisemblablement la désarticulation. Elles ne recoupent pas les traces de raclage et ne permettant pas d'établir une chronologie des gestes. Cette pièce



Fig. 37 – Os d’oiseau portant des traces d’activité humaine.

1 : strie sur carpométacarpe d’Oie, couche C4. 2 : ulna travaillée de cf. Aigle, couche C2. Clichés V. L.

Bird bones with marks resulting from human activity.

1: Cutmarks on a goose carpometacarpus, layer C4. 2: Worked ulna from cf. Eagle, layer C2. Pictures V. L.

atteste de l’utilisation de l’os d’oiseau comme matière première, comportement connu tout au long du Paléolithique supérieur (e.g., Laroulandie, 2004).

La part des ressources aviaires dans l’économie des chasseurs-collecteurs apparaît relativement faible, tout au moins lorsqu’ils fréquentaient Laa 2. Les oiseaux ont néanmoins fourni des matières premières spécifiques: plumes d’oie dans l’ensemble du Magdalénien moyen, os long de grand rapace comme support technique dans le Magdalénien supérieur. La consommation d’oiseaux n’est pas clairement documentée.

En l’état des connaissances, ce désintérêt apparent caractérise également les sites contemporains du bassin d’Arudy (Pétillon *et al.*, 2015). En revanche, à l’est comme à l’ouest de cette vallée, les oiseaux, notamment les lagopèdes, le chocard ou la chouette Harfang, ont été chassés, parfois en grand nombre, pour leur viande et d’autres produits (e.g., Laroulandie, 2009, 2016). Les causes de ces différences (disponibilité environnementale, saison d’occupation, fonction du site, etc.) restent largement à explorer, ce qui nécessitera une base documentaire plus fine que celle actuellement à notre disposition.

LES PETITS CARNIVORES (J.-B. M)

Dans la couche C3, deux des cinq restes de vulpinés portant des stries de découpe sont des hémi-mandibules qui appartiennent à un même individu (fig. 38, n^{os} 1, 2). Sur l'hémi-mandibule droite, on note des stries obliques et transversales sur le bord inférieur du ramus horizontal, à l'aplomb des racines de la quatrième prémolaire et de la canine. Une autre strie d'abord longitudinale puis transverse est située sur le bord vestibulaire du ramus, sous les alvéoles de la carnassière et de la quatrième prémolaire. Par comparaison avec les référentiels de boucherie existants, ces stries peuvent être assignées au dépouillement de la carcasse (Mallye, 2007, 2011 ; Val et Mallye, 2011). De plus, quelques stries sont observées sur le bord lingual du ramus horizontal à proximité du foramen mylo-hyoïdien. Dans ce cas, il s'agit d'actions de décharnement qui ont pour but de prélever la langue. Sur l'hémi-mandibule gauche, les stries sont situées

sur la face linguale du ramus horizontal. Elles sont obliques et transverses et localisées à l'aplomb des alvéoles des troisièmes et quatrième prémolaires. Ces stries renvoient également au prélèvement de la langue.

Une série de stries est observable sur la face plantaire du corps d'un cinquième métatarsien de vulpiné (fig. 38, n^o 4). Ces traces sont transversales par rapport à l'axe longitudinal de l'os et présentes depuis la partie proximale jusqu'à la partie distale de l'os. Elles correspondent à l'étape de dépouillement des pattes. Une strie de découpe probable a été observée sur la face antéro-latérale d'un fragment proximal de radius gauche. Très courte, elle est transverse par rapport à la diaphyse et pourrait correspondre à la désarticulation du bras et de l'avant-bras.

Enfin, sur l'hémi-mandibule de renard polaire, de fines stries transversales sont présentes sur le bord antérieur de la symphyse, à l'aplomb de l'alvéole de la canine (fig. 38, n^o 3). Elles peuvent être rapportées au dépouillement de la tête.

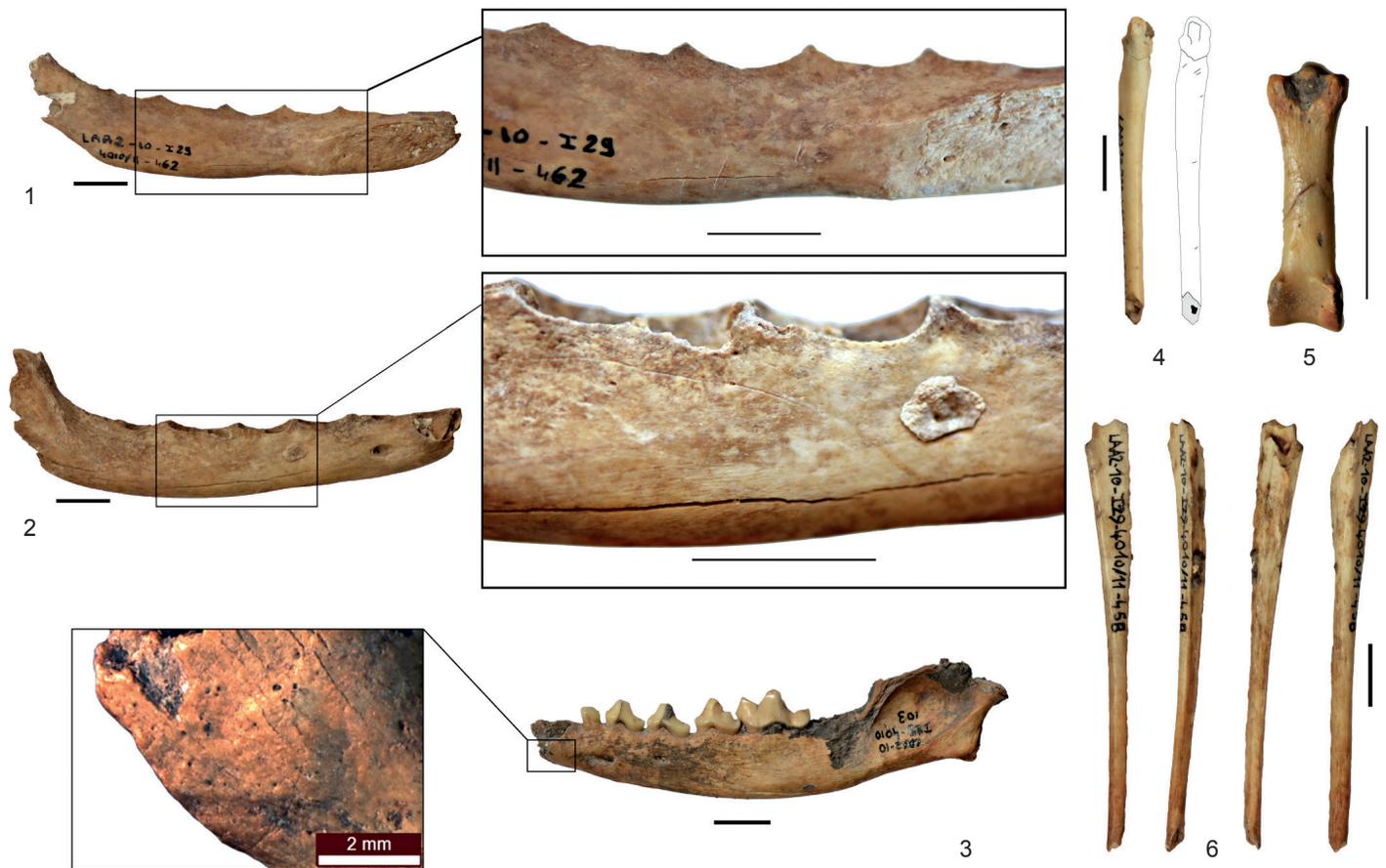


Fig. 38 – Traces anthropogéniques identifiées sur les restes de vulpinés. 1 : hémi-mandibule gauche de vulpiné ; noter les stries en face linguale. 2 : hémi-mandibule droite de vulpiné ; noter les stries en face vestibulaire. 3 : hémi-mandibule de renard polaire ; noter les stries sur la face antérieure de la symphyse. 4 : cinquième métatarsien de vulpiné et schéma de localisation des stries de dépouillement. 5 : première phalange de vulpiné avec traces de chauffe sur la partie distale. 6 : diaphyse d'ulna gauche présentant des traces de brûlure dans sa portion distale. Barre d'échelle : 1 cm. Clichés J.-B. M.

Anthropogenic marks on fox remains. 1: left half of a fox mandible with cut marks on the medial border. 2: right half of a fox mandible with cut marks on the lateral border. 3: half mandible of an arctic fox with cut marks on the symphysis. 4: fifth metatarsal of a fox and schematic drawing of the location of the marks (skinning). 5: first phalanx of a fox with heating marks on the distal part. 6: shaft fragment of a fox ulna with burn marks on the distal part. Scale bar is 1 cm. Pictures J.-B. M.

Dans cette couche, une brûlure, vraisemblablement de cuisson, se situe au niveau de la partie distale d'une ulna de vulpiné (fig. 38, n° 6).

Dans la couche C2, une canine inférieure gauche de renard roux porte une série de stries obliques sur le bord mésio-vestibulaire de la couronne. Elles témoignent du retrait de la peau de la tête de la carcasse. De plus, une extrémité distale d'une deuxième phalange de vulpiné porte une brûlure (fig. 38, n° 5).

Ainsi, bien que peu nombreuses, les traces d'activité humaine sur les vulpinés de Laa 2 attestent clairement du dépouillement de carcasses de renard, du prélèvement de parties charnues comme la langue et de la cuisson à proximité d'une source de chaleur.

LES ONGULÉS (D. K.)

Profils de mortalité et saisons de chasse

L'identification du sexe des individus apparaît délicate en raison de données ostéométriques peu nombreuses. L'existence de restes de fœtus de bison, de cheval et d'un cervidé, mais aussi de très jeunes individus, indiquent toutefois la présence de femelles. L'âge de certains individus a pu être déterminé sur la base des restes dentaires. Pour les chevaux, il a été calculé à partir de la hauteur de la couronne des dents jugales (Bignon, 2008) ; pour les rennes, nous avons eu recours au référentiel de Miller (1974), et à celui de Pérez-Barberia et Mutuberría (1996) pour l'isard.

Dans la couche C5, une mandibule complète appartiendrait à un isard âgé de moins de 22-25 mois (M_3 en cours d'éruption). Dans la couche C3, parmi les six chevaux identifiés, nous avons pu déterminer un âge pour quatre d'entre eux : un individu de moins de 3,5 ans, un individu de 5-10 ans, un de 10-15 ans et un de plus de 15 ans. Pour les rennes, l'âge des six individus a pu être évalué : un de moins de 10 mois, un de 17-24 mois et enfin trois individus adultes dans la force de l'âge. Les trois bouquetins sont des adultes. Pour le cerf, ont été identifiés un jeune, un adulte et un vieil individu. Dans la couche C2, les chevaux chassés sont deux adultes et trois individus très âgés, autour de 18-20 ans. Les quatre rennes, les deux bouquetins et les deux cerfs sont des adultes dans la force de l'âge.

Les données de saisonnalité sont sporadiques ; ce sont surtout les restes de fœtus qui livrent des indications. Nous en avons identifié quatre pour les ongulés : un tibia de cheval dans la couche C4, un fémur de cervidé (cerf ou renne) et un fémur de bison dans la couche C3 et une phalange proximale de grand ongulé (cheval ou bison) dans la couche C2. Les mises bas ayant généralement lieu au printemps (et d'avril à septembre pour le bison : Rendu, 2007), les femelles gestantes auraient donc été abattues, du moins pour ces ongulés, au cours de la mauvaise saison (hiver et/ou début du printemps). La présence d'une côte d'un cheval nouveau-né irait également dans le sens d'un abattage à cette période. Des incisives déciduales de renne (en C3) attestent de la présence d'un jeune de moins de 10 mois (Banfield, 1954 ; Miller, 1972, 1974). Si l'on considère que cet individu a été abattu entre 6 et 8 mois, la saison correspondante

serait l'hiver. La rareté des bois de rennes est à signaler (y compris dans l'industrie osseuse) ; les mâles en sont dépourvus au cours de la saison hivernale et les femelles après la mise bas printanière. Un bois de massacre de cerf débité (en couche C2, voir ci-dessus) ne permet pas de préciser la période de l'année pour ce taxon. Nous ne disposons pas d'informations sur les saisons de chasse du bouquetin et de l'isard. La réalisation d'analyses cémentochronologiques pourrait y remédier.

Transport des carcasses

Les représentations squelettiques des espèces les plus abondantes dans chaque couche sont analysées à partir des %MAU (*Minimum Animal Unit*: Binford, 1978) et sont testées grâce aux indices de densité osseuse afin d'analyser la destruction et le transport des éléments osseux. Les indices établis par Lam *et al.* (1999) pour le cheval et le renne sont utilisés. Afin d'évaluer les stratégies nutritives mises en œuvre par les groupes du Magdalénien moyen et supérieur, nous avons sollicité deux indices : le sFUI (*standardized food utility index*) et l'indice de moelle osseuse (*marrow index*). Pour le cheval, les indices sFUI et de moelle proviennent des travaux de Outram et Rowley-Conwy (1998). Pour le renne, les valeurs du sFUI sont issues des travaux de Metcalf et Jones (1988) et celles de la moelle des travaux de Morrison (1997). Nos résultats sont comparés à ceux de ces référentiels à partir de la corrélation du rang de Spearman (logiciel PAST version 1.95 : Hammer *et al.*, 2001).

La fig. 39, n°s 1-2, présente l'abondance squelettique du cheval et du renne en termes de %MAU au sein de la couche C3. Pour le cheval, le squelette axial post-crânien est bien représenté (y compris les vertèbres caudales), de même que les éléments crâniens, particulièrement les mandibules. Les os du stylo-pode (humérus et fémur), du zeugopode (radio-ulnaire et tibia) et des ceintures sont bien attestés. Les ossements des bas de pattes présentent des %MAU assez faibles. Pour le renne, les éléments crâniens sont bien représentés, contrairement aux éléments axiaux. Les côtes sont absentes de cette couche. Comme pour le cheval, les os des ceintures et les os longs sont relativement abondants. Les métapodes et les phalanges sont présents mais dans des proportions moindres que les os longs. La recherche de viande ne paraît pas avoir déterminé prioritairement les stratégies de transport des carcasses, comme l'indique l'absence de corrélation entre le sFUI et le %MAU pour les répartitions anatomiques des chevaux ($r_s = 0,11$; $p = 0,7$) et des rennes ($r_s = 0,15$; $p = 0,56$). Toutefois, des problèmes de conservation différentielle pour les deux taxons pourraient expliquer ce résultat. En revanche, la recherche de moelle osseuse semble avoir été une priorité. En effet, pour les deux taxons, les coefficients de Spearman sont forts, avec une relation significative pour le cheval ($r_s = 0,90$; $p = 0,01$) et hautement significative pour le renne ($r_s = 0,80$; $p = 0,001$).

Dans la couche C2, les crânes de cheval paraissent mieux représentés que les mandibules (fig. 39, n° 3) ; c'est le contraire pour le renne (fig. 39, n° 4), pour lequel les mandibules enregistrent, ici encore, un %MAU très élevé. Les bois de renne sont toujours rares, seules quelques pièces ont été isolées dans l'industrie osseuse (voir ci-dessus). Pour ces deux espèces, les

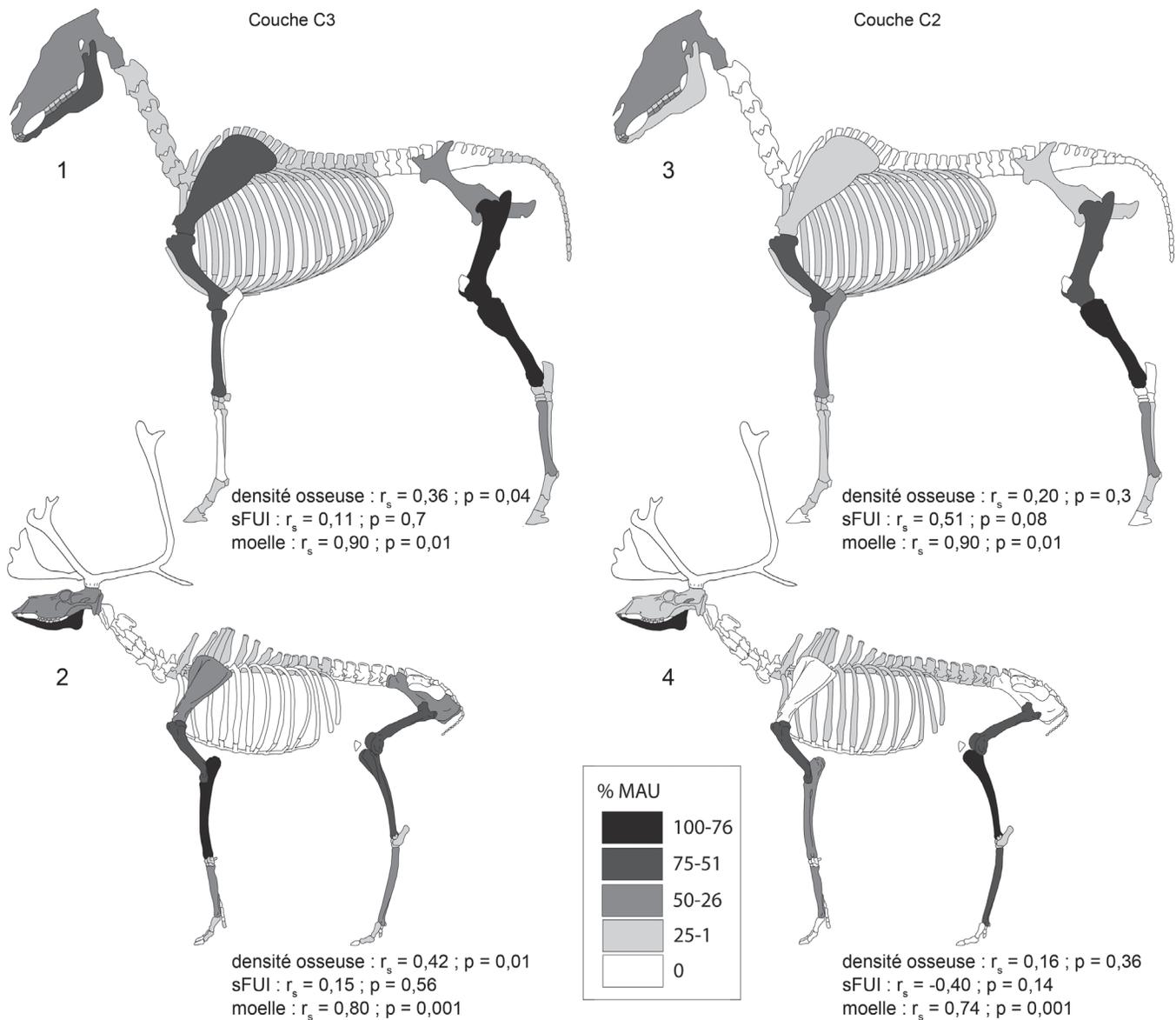


Fig. 39 – Couches C3 et C2 : représentation squelettique des chevaux et rennes avec résultats des tests de corrélation des rangs de Spearman pour la densité osseuse, le sFUI et les indices de moelle. 1 : cheval, couche C3. 2 : renne, couche C3. 3 : cheval, couche C2. 4 : renne, couche C2. DAO D. K.

Layers C3 and C2: skeletal representation of horse and reindeer with test results of Spearman correlation for bone density, sFUI ranks and marrow indices. 1: horse, layer C3. 2: reindeer, layer C3. 3: horse, C2 layer. 4: reindeer, C2 layer. CAD D. K.

éléments du squelette axial post-crânien (côtes et vertèbres) sont rares, voire absents. Les vertèbres de cheval sont inexistantes, contrairement à ce qui se passe dans la couche C3. Les os des ceintures (scapula et coxal) sont manquants chez le renne et peu nombreux pour le cheval, ce qui diffère là aussi de la couche C3. Les os du stylo-pode et du zeugopode sont les plus fréquents, particulièrement ceux du membre postérieur. Dans les deux cas, le tibia enregistre un %MAU très élevé. Les os de l'autopode, qui constituent les bas de pattes, sont moins abondants pour le cheval et le renne: seuls les métapodes, particulièrement les métatarses, enregistrent des %MAU plus élevés. Aucune phalange de renne n'a été déterminée dans la

couche C2 alors qu'elles étaient identifiées dans la couche C3. Il est donc possible que, dans le cas de la couche C2, les peaux aient été abandonnées sur le site d'abattage. Certaines parties fragiles comme les côtes, les vertèbres (de renne), les fémurs et les humérus sont plus nombreuses que d'autres plus denses, comme les scapulas, le basipode et l'acropode. Dans les deux cas, les coefficients de Spearman proches de 0 et l'absence de signification (cheval : $r_s = 0,20$; $p = 0,3$ et renne : $r_s = 0,16$; $p = 0,36$) indiquent qu'il n'y aurait pas de relation entre la densité osseuse et l'abondance des ossements. Un problème de conservation différentielle peut ainsi être écarté. Comme dans la couche C3, l'acquisition préférentielle des parties les plus

charnues ne semble pas avoir strictement guidé le transport des carcasses. En effet, les éléments les plus riches d'un point de vue nutritif peuvent être rares, comme ceux du tronc ou du pelvis, ou fréquents, comme les fémurs et tibias. Les humérus, radius et métapodes, pourtant moins charnus, apparaissent relativement bien représentés. L'absence de corrélation entre le sFUI et le %MAU ne permet donc pas d'expliquer les représentations squelettiques des chevaux ($r_s = 0,51$; $p = 0,08$) et des rennes ($r_s = -0,40$; $p = 0,14$). Contrairement à la viande, la recherche de moelle osseuse apparaît comme un facteur déterminant dans le choix des ossements emportés sur le site. En effet, comme dans la couche C3, les coefficients de Spearman sont forts pour les deux taxons, avec une relation significative pour le cheval ($r_s = 0,90$; $p = 0,01$) et hautement significative pour le renne ($r_s = 0,74$; $p = 0,001$). Pour le cheval, les éléments les plus riches en moelle (fémur, humérus, tibia et radius) sont ceux qui enregistrent les plus forts %MAU. Il en est de même pour le renne avec le tibia, le fémur, le métatarse et l'humérus.

En dépit de quelques différences dans les représentations squelettiques des chevaux et des rennes au sein des deux couches, on peut envisager, sous réserve d'une répartition spatialement homogène des vestiges dans la grotte, que les groupes magdaléniens ont emporté dans la grotte des carcasses incomplètes. Ils semblent avoir privilégié les parties riches en moelle et délaissé, peut-être sur le site d'abattage, tout ou partie du squelette axial post-crânien, ainsi que les os des ceintures dans le cas du renne de la couche C2. Les résultats statistiques sur la moelle sont quasi équivalents pour les deux couches et les deux taxons. De ce point de vue, les stratégies de transport des carcasses ne paraissent pas avoir différé entre le Magdalénien moyen et le Magdalénien supérieur.

Activités de boucherie

Les traces en lien avec les actes de boucherie sont nombreuses (tabl. XVII). Les restes avec des stries et des impacts de percussion paraissent plus nombreux au sein de la couche C3 : pour les trois principaux taxons (cheval, renne et bouquetin),

les fréquences de restes avec des stries de découpe sont équivalentes à celles des restes portant des impacts de percussion.

Dans la couche C5, de nombreuses stries transverses sur côtes de cheval ont été identifiées, y compris sur un très jeune individu (probablement un nouveau-né) ; certaines de ces côtes portent des traces de percussion. L'activité de décharnement a aussi été pratiquée sur des diaphyses de tibia. Cet os a par ailleurs été intensivement fracturé. Pour le bison, seule une diaphyse d'humérus porte des traces de décharnement. Pour les espèces rupicoles, des stries de dépouillement sont visibles sur des phalanges proximales de bouquetin ainsi que sur une mandibule de jeune isard. Pour résumer, il apparaît qu'au sein de cette couche, les hommes ont pratiqué le décharnement des os longs et des plats de côtes des gros ongulés ainsi que le prélèvement des peaux des espèces rupicoles.

Dans la couche C4, les stries sont particulièrement abondantes sur les restes d'isard (NMI = 2). Le dépouillement a été pratiqué en incisant les mandibules au niveau des incisives ainsi que sur un métatarse. L'activité de désarticulation a été mise en évidence sur le crâne, au niveau du condyle occipital ainsi que des extrémités proximale et distale de l'humérus. Quelques traces de décharnement des os longs (diaphyses de fémur et de radius) ont également été enregistrées. Enfin, la récupération de la moelle est attestée sur les os longs et les mandibules.

Pour le bouquetin (NMI = 2), seuls 3 restes portent des stries en lien avec le dépouillement et le décharnement. Des impacts de percussion sont visibles sur métapode, tibia et mandibule.

Le seul ossement de renne déterminé (un os hyoïde) porte des stries en lien avec le retrait de la langue. Pour le bison (NMI = 1), des traces de décharnement sont présentes sur les os longs et l'os coxal ainsi que quelques impacts de percussion sur humérus, radius et coxal. Enfin, des traces de décharnement (sur radius) et de percussion (sur radius et métacarpe) ont été enregistrées sur les restes de chevaux (NMI = 2).

Dans la couche C3, les traces de boucherie sont nombreuses. Pour le cheval (NMI = 6), des incisions caractéris-

	Couche 5		Couche 4		Couche 3		Couche 2	
	% NR stries	% NR impacts						
Cheval	46	43	14	28,5	29	29	8,3	15
Renne	0	0	100	0	38,5	38,5	25	10
Bouquetin	33	50	19	25	33	34	17	8
Isard	25	12,5	42	35	29	15	22	0
Cerf	0	0	0	0	32	32	26	2,6
Bovins	25	25	80	60	25	62,5	0	0

Tabl. XVII – Pourcentage du nombre de restes d'ongulés portant des traces de boucherie (stries et impacts de percussion) par taxon et par couche. En gras, espèces pour lesquelles le nombre de restes déterminés initial (NRD) est supérieur à 30.

Percentage of ungulate remains with butchery marks (cutmarks and percussion impact marks) per taxon and layer. Bold: species for which the number of identified remains (NRD) is greater than 30.



Fig. 41 – Couche C3 : impacts de percussion sur une mandibule de cheval. Clichés D. K.

Layer C3: percussion impact on a horse mandible. Pictures D. K.

culation a été pratiquée en différents points des membres antérieurs et postérieurs (fig. 40, n° 2). Une désarticulation par percussion du bloc tarsien est à envisager en raison de la présence d'un calcanéum portant un impact de percussion. Des stries de décharnement sont visibles sur la mandibule (prélèvement de la langue), les os des ceintures ainsi que ceux du stylo-pode et du zeugopode. Des traces de raclage sont présentes sur deux fragments de diaphyse d'humérus. La fracturation pour la récupération de la moelle touche tous les os longs ainsi que la scapula et la mandibule. Les trois phalanges de renne présentes dans cette couche sont incomplètes mais ne portent pas de trace diagnostique d'une fracturation anthropique.

Pour le bouquetin (NMI = 3), des traces de dépouillement sont présentes sur la mandibule ainsi que sur des fragments de métatarsien (fig. 40, n° 3). La mandibule a été séparée du crâne au niveau du processus condyloïde. La segmentation du membre antérieur, à l'aide d'un tranchant, a été pratiquée au niveau du coude (fig. 42), du poignet, mais également entre le métacarpien et la phalange proximale ainsi qu'entre les phalanges proximale et médiale. Pour le membre postérieur, le tibia a été détaché du bloc tarsien et la phalange proximale de la phalange médiale. Comme pour le renne, une désarticulation par percussion est possible entre le tibia et le bloc tarsien. Les stries de décharnement sont moins abondantes que pour le renne et touchent les os longs les plus riches en viande. La langue a aussi été prélevée. Comme pour les autres ongulés, la fracturation a été intensive, touchant également les phalanges, dont l'une est brisée longitudinalement. Un fragment de diaphyse de tibia porte des traces de raclage.

Concernant l'isard (NMI = 2), des stries de dépouillement ont été identifiées sur les mandibules et les phalanges. Aucune strie de désarticulation n'a été repérée. De la viande a été prélevée sur une vertèbre thoracique, une scapula, deux fragments de radius, une ulna et un tibia. Enfin, la fracturation a été réalisée sur mandibule, radius, tibia et phalange (fig. 40, n° 4).

Pour les autres ongulés, sept restes de cerf présentent des stries de dépouillement (métatarse) ou de décharnement (scapula, radius, fémur et tibia). Une extrémité distale d'humérus portant un impact de percussion paraît avoir été fendue. Deux diaphyses de bison (fémur et tibia) montrent des traces de décharnement.

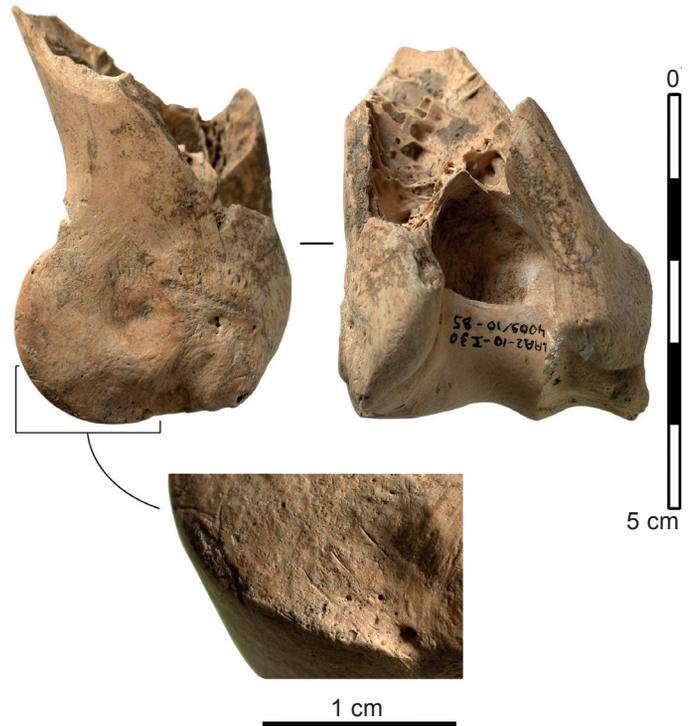


Fig. 42 – Couche C3 : extrémité distale d'humérus de bouquetin portant des stries de désarticulation et des impacts de percussion. Clichés D. K.

Layer C3: distal end of an ibex humerus with disarticulation cutmarks and percussion impact marks. Pictures D. K.

Dans la couche C2, pour les chevaux (NMI = 5), aucune trace de dépouillement n'a été identifiée (fig. 43, n° 1). Seule l'extrémité distale de l'humérus indique une activité de désarticulation. Les stries les plus fréquentes sont celles relatives au décharnement, au niveau des mandibules, de quelques côtes et des principaux os longs. Des stries pouvant être assimilées au prélèvement des tendons ont été observées sur un fragment de métatarse. Tous les os longs (hormis le métatarse) portent des traces caractéristiques du prélèvement de la moelle (impacts de percussion, éclat d'os et bords de fracture sur os frais), ainsi que des mandibules et des dents isolées (fig. 44), comme

dans la couche C3. Deux fragments distaux de radius et de tibia présentent, en association avec des points d'impact, des fracturations longitudinales très nettes au niveau de leurs extrémités articulaires. Cette fracturation pourrait avoir été réalisée afin de faciliter l'extraction de la graisse contenue dans la partie spongieuse de l'os. Mais pour l'heure, nous ne disposons pas d'autres éléments diagnostiques (fracturation des os courts, présence d'os spongieux de petite taille dans les refus de tamis, etc.) pour étayer cette hypothèse. Enfin, un retouchoir sur fragment de diaphyse de radius a été isolé (voir ci-dessus).

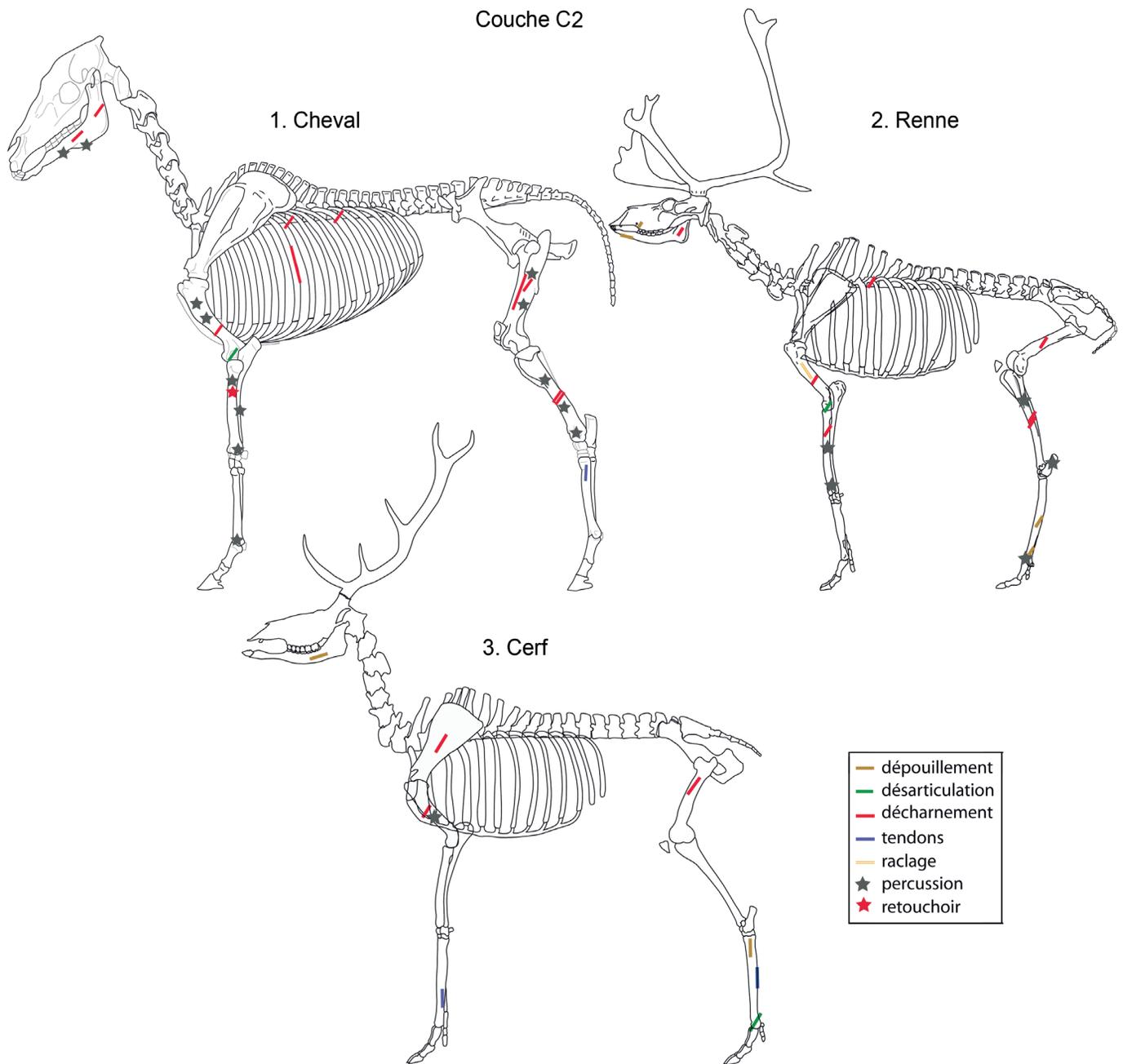


Fig. 43 – Couche C2 : représentation schématique des activités de boucherie sur les principaux ongulés. DAO D. K.

Layer C2: schematic representation of the butchery activities on the main ungulates. CAD D. K



Fig. 44 – Couche C2 : dents de cheval au fût fendu, résultant de la fracturation des mandibules. DAO D. K.

Layer C2: split barrel horse teeth, resulting from the fracturing of the mandibles. CAD D. K.

Les carcasses de renne (NMI = 4) ont été dépouillées au niveau des crânes et des métapodes (fig. 43, n° 2). Comme pour le cheval, seule la désarticulation de l'extrémité distale de l'humérus a pu être identifiée. Des traces de décharnement sont visibles sur une mandibule, sur une côte ainsi que sur les os du stylo-pode (humérus/fémur) et du zeugopode (radius-ulna/tibia). Une diaphyse d'humérus porte en outre des traces de raclage, correspondant probablement à l'enlèvement du périoste en vue de la fracturation pour la récupération de la moelle. La fracturation touche principalement les radius, tibias et métatarses, ossements particulièrement riches en moelle. Des traces de percussion sont également visibles sur un calcanéum et pourraient davantage correspondre à une désarticulation du bloc tarsien, entre le tibia et le métatarse, comme dans la couche C3.

Pour le cerf (NMI = 2), les activités de boucherie relevées sur les ossements sont plus discrètes. Le dépouillement, la désarticulation et le décharnement sont attestés (fig. 43, n° 3). Le prélèvement des tendons a été pratiqué au niveau des métapodes. Seul un reste d'humérus porte un impact de fracturation en vue de la récupération de la moelle.

Les traces sur les espèces rupicoles sont également peu nombreuses : pour le bouquetin (NMI = 2) ont été identifiées des stries de dépouillement sur un fragment de métatarse, de décharnement sur tibia et radius et de fracturation sur métatarse et tibia. Pour l'isard (NMI = 2), seuls deux restes (diaphyses de fémur et de tibia) portent des stries de décharnement.

Bilan de l'exploitation des ongulés

En termes de stratégie de chasse, il ressort que les groupes magdaléniens ont abattu des ongulés plutôt jeunes et dans la force de l'âge, hormis quelques chevaux très vieux (particulièrement dans la couche C2 où trois individus sur cinq avaient autour de 18-20 ans). Au vu de la saison jusqu'ici documentée dans l'ensemble de la stratigraphie (hiver et début du printemps), les carcasses devaient, d'une manière générale, être pauvres en viande et donc d'un faible rendement nutritif. C'est probablement l'une des raisons pour lesquelles les chasseurs du Magdalénien moyen et supérieur ont emporté dans la grotte des carcasses incomplètes, en favorisant les portions riches en moelle. Les traces de raclage sur les diaphyses de plusieurs ongulés ainsi que les nombreux impacts de percussion sur les ossements riches en moelle témoignent de cette récupération systématique de la moelle, y compris dans les mandibules. Il paraît surprenant que les quelques phalanges de renne et de cheval n'aient pas été fracturées alors que celles de bouquetin et d'isard de la couche C3 ont subi ce traitement. Mais il faut garder à l'esprit que l'ensemble osseux de Laa 2 constitue un échantillon issu d'une surface de fouille très réduite ; toute interprétation sur les stratégies de chasse doit donc être tempérée.

SYNTHÈSE ET DISCUSSION

LA SÉQUENCE PALÉOLITHIQUE DE LAA 2 DANS SON CONTEXTE LOCAL ET RÉGIONAL

La grotte de Laa 2 a livré une séquence très rare à l'échelle du Magdalénien nord-pyrénéen. Les données géologiques de la couche C5 (abondance de galets exogènes d'origine alluviale, possiblement fluvio-glaciaire) convergent avec les données radiocarbone (dates autour de 20000-19500 cal BP) pour suggérer que le matériel de cette couche témoigne des toutes premières occupations de la cavité après la déglaciation de la fin du DMG. Ce sont là les plus anciennes dates connues pour le peuplement humain du bassin d'Arudy. Le matériel de la couche C5 est trop pauvre pour être caractérisé du point de vue chronoculturel, mais les dates ¹⁴C indiquent sa contemporanéité avec le Magdalénien inférieur tel qu'il est défini dans l'aire franco-cantabrique (voir discussion et références in Langlais, 2010). Or, bien que cette période soit bien représentée dans le nord de l'Espagne, elle est très peu documentée sur le versant nord des Pyrénées : dans cette dernière région, en dehors de la grotte des Scilles, unique ensemble nord-pyrénéen attribué au Magdalénien inférieur (Langlais *et al.*, 2010), seules quelques dates ¹⁴C issues de contextes mal caractérisés se rapportent à la même fourchette chronologique (Lassac : Pétillon, Ducasse 2012 ; les Harpons : Ducasse *et al.*, 2017). Même explorée sur une surface très limitée, la base de la séquence de Laa 2 apporte ainsi une contribution importante à la connaissance des dynamiques de peuplement de l'extrême fin du DMG dans le massif pyrénéen.

La couche C4 a livré un matériel lithique suffisamment caractéristique pour qu'on puisse proposer son attribution au

Magdalénien moyen *sensu lato*. Les dates ¹⁴C (autour de 18500-18000 cal BP) aident à préciser ce diagnostic : elles placent les occupations de cette couche dans la fourchette chronologique du Magdalénien moyen ancien, tel que celui-ci a été défini dans le sud-ouest de la France (Kuntz *et al.*, 2015 ; Langlais *et al.*, 2015, 2016, 2017 ; Barshay-Szmidt *et al.*, 2016 ; Pétillon, 2016). Là encore, en dehors de Laa 2, les indices de cette phase sont rares dans le bassin d'Arudy : la fouille de la grotte Tastet, à Sainte-Colome, a livré un ensemble daté autour de 19000 cal BP mais encore mal caractérisé ; à Espalungue, la présence de pointes de Lussac-Angles – type d'armature osseuse chronologiquement associé, dans tout le sud-ouest, au Magdalénien moyen ancien – signale probablement la présence de cette phase, même si la datation directe de ces pièces n'a pas été possible (Pétillon *et al.*, 2015). Ailleurs dans les Pyrénées, le Magdalénien moyen ancien se signale essentiellement par la présence de ces mêmes pointes de Lussac-Angles : elles ont été identifiées dans une dizaine de sites depuis Isturitz à l'ouest jusqu'à Gazel à l'est (voir synthèse in Pétillon, 2016). Toutefois, peu de pointes de Lussac-Angles pyrénéennes proviennent de contextes bien caractérisés et seuls deux ont été directement datées (Szmidt *et al.*, 2009 : deux exemplaires d'Isturitz, ayant livré des dates autour de 18500-18000 cal BP). C'est néanmoins de cet ensemble de sites pyrénéens « à pointes de Lussac-Angles » que l'on peut, en première hypothèse, rapprocher l'ensemble C4 de Laa 2.

La couche C3, attribuée au Magdalénien moyen récent (avec des dates autour de 18000-16500 cal BP) et la couche C2, attribuée au Magdalénien supérieur (dates autour de 16500-15000 cal BP), renvoient à des phases mieux documentées, tant dans le bassin d'Arudy qu'à l'échelle régionale. Cette période est en effet celle du plein développement de l'occupation magdalénienne des Pyrénées (*e.g.*, Clottes, 2004 ; Dachary, 2009). En particulier, dans ces deux couches, les panoplies d'armatures – éléments les plus caractéristiques des industries lithiques et osseuses – signalent des rapports étroits avec d'autres sites du Magdalénien pyrénéen. Ainsi, malgré le fait que leur identification dans les collections anciennes soit souvent compromise par l'absence de tamisage, les lamelles à dos étroites issus de supports « sur tranche » découvertes dans la couche C3 se retrouvent localement au Poeymaü (couche BI), au Bignalats (fouilles Laplace, couches njsb et nsbh) et à Saint-Michel (fouilles Laplace : Langlais in Pétillon *et al.*, 2015). Ailleurs dans les Pyrénées, on les connaît notamment à Isturitz, à Labastide et au Tuc d'Audoubert (Langlais, 2010, p. 200-201). De même, les éléments fourchus (pointe, fourchon et baguette demi-ronde) découverts à l'interface C3/C2 sont présents dans plusieurs sites d'Arudy (Espalungue, Saint-Michel, Malarode I : Pétillon *et al.*, 2015) et dans une douzaine d'autres sites nord-pyrénéens (Pétillon, 2006, 2016).

ÉVOLUTION ENVIRONNEMENTALE, CYNÉGÉTIQUE, TECHNO-ÉCONOMIQUE

L'un des intérêts de la séquence paléolithique de Laa 2 est de témoigner d'évolutions conjointes dans les conditions environnementales et dans les choix cynégétiques, techniques et économiques des groupes humains. En matière d'environne-

ment, les données de la faune des couches C5 à C3 s'accordent pour décrire un milieu ouvert, frais et humide, tandis que des indices de fermeture (développement des zones boisées) apparaissent dans le cortège faunique de la couche C2. L'attribution chronoculturelle de cette couche et sa datation absolue – en particulier la date la plus récente, autour de 15000-14500 cal BP – suggèrent de rapporter cette évolution environnementale au début de l'interstade GI-1e (Bølling).

En parallèle, des changements apparaissent dans certaines pratiques d'exploitation du monde animal. Certes, ces changements ne touchent pas tous les domaines et plusieurs comportements restent stables tout au long de la séquence : l'usage non alimentaire de certains oiseaux est documenté par de rares éléments dans les couches C4 et C2 ; l'exploitation des carcasses de renard est attestée dans les couches C3 et C2 ; la question de la présence possible de chiens se pose au moins pour ces deux mêmes couches ; du côté de la saisonnalité, les quelques indices identifiés sur les ongulés des différentes couches renvoient à des chasses d'hiver et/ou de printemps. Toutefois, parmi ces mêmes ongulés, une évolution du tableau de chasse est perceptible. Dans les couches les plus profondes, les ongulés de milieu montagnard (bouquetin et isard) sont très bien représentés, particulièrement dans la couche C4, mais dans les couches C3 et C2 ils perdent de l'importance au profit des ongulés steppiques et arctiques (cheval et renne principalement). Parallèlement, le cerf semble se faire de plus en plus présent au fil de la séquence – avec, peut-être, un rôle plus marqué dans l'industrie osseuse de la couche C2. À l'inverse, les bovinés, toujours rares à Laa 2, disparaissent presque entièrement dans la couche C2. Bien que ces variations puissent théoriquement résulter de choix purement anthropiques (réorientation des expéditions de chasse vers un milieu plutôt qu'un autre – une hypothèse envisageable pour un site se trouvant, comme ici, à proximité directe de plusieurs niches écologiques distinctes), il est bien sûr tentant d'y voir, au moins en partie, un reflet des fluctuations environnementales concomitantes, dont témoignent localement les micromammifères.

Dans les industries lithique et osseuse, seules les couches C3 et C2 ont livré des assemblages suffisamment riches pour discuter d'éventuelles transformations techno-économiques. Du côté des matières premières lithiques, bien que le silex de type 1 (flysch) constitue le fonds commun de toute la séquence, l'assemblage de la couche C2 semble marqué par une plus forte diversification des approvisionnements, la proportion des types 2 à 4 (Chalosse, Montgaillard / Montsaunès et silex lacustres) augmentant nettement par rapport à la couche sous-jacente. Simultanément, le passage de C3 à C2 est marqué par une augmentation du gabarit des supports d'armatures lithiques, indice possible d'une intégration progressive des productions laminaire et lamellaire qui étaient plus clairement dissociées dans l'assemblage de la couche C3. L'évolution du design des armatures est également l'élément le plus marquant dans l'industrie osseuse, avec en particulier la présence d'armatures fourchues uniquement à la transition C3/C2 et l'identification, dans la couche C3, d'une pointe monobarbelée qui n'a pas d'équivalent dans la couche C2.

REMARQUES FINALES

L'ensemble de ces résultats doit, bien sûr, être apprécié en tenant compte de la faible représentativité de la zone fouillée par rapport à l'ensemble du site. De superficie réduite, le sondage pratiqué dans les niveaux paléolithiques de Laa 2 est placé dans un secteur à mi-chemin des deux entrées actuelles. Certaines données clés de l'occupation de la grotte – par exemple la morphologie des porches à l'époque de la présence magdalénienne, la nature des installations à l'aplomb de ceux-ci, etc. – restent donc inconnues, et le matériel livré par ce sondage ne peut pas représenter tous les aspects des activités des occupants de la cavité. C'est peut-être là l'explication de la rareté de certains types de mobilier – telle la parure, totalement absente, et l'art mobilier, réduit à une pièce réalisée par un graveur inexpérimenté.

Quoi qu'il en soit, malgré ses limitations, la fouille de Laa 2 a apporté des éléments de réflexion importants pour la connaissance du Paléolithique du bassin d'Arudy, et plus géné-

ralement des dynamiques de repeuplement du massif pyrénéen après le DMG. Cette fouille a ainsi mis en évidence l'ancienneté insoupçonnée des premiers épisodes de fréquentation humaine, suivant sans doute de près la déglaciation de la basse vallée, dans un milieu alors très ouvert, frais et humide. Elle a montré que les groupes humains sont ensuite venus se réinstaller à plusieurs reprises au cours de quelque cinq millénaires dans cet espace de piémont, manifestement attractif pour des chasseurs-collecteurs ; un espace qui enregistre progressivement l'impact environnemental des changements climatiques globaux (fermeture du paysage, recomposition des populations animales). L'analyse du matériel montre enfin comment, par leur intégration à l'univers technique et symbolique du Magdalénien pyrénéen (sources d'approvisionnement en silex, mode de confection de l'équipement lithique et osseux, style de l'art mobilier...), les groupes ayant fréquenté Laa 2 offrent un reflet local des évolutions qui affectent les sociétés de chasseurs-collecteurs dans les derniers millénaires du Paléolithique supérieur.

Remerciements

Nous remercions vivement les fouilleurs bénévoles pour leur implication tout au long des opérations de terrain, et le service régional d'archéologie d'Aquitaine pour son soutien constant dans ce dossier. Les fouilles de Laa 2 ont été financées par la DRAC Aquitaine (2006-2010) et par le conseil général des Pyrénées-Atlantiques (2006-2008). Les analyses et l'étude du matériel ont été soutenues par les laboratoires TRACES (UMR 5608) et PACEA (UMR 5199), ainsi que par le projet Fyssen « Chasseurs-cueilleurs-collecteurs des plaines et des montagnes du Sud-Ouest de la France » (coord. S. Costamagno) et par le projet ANR Magdatis (ANR 2011 BSH3 0005 ; coord. J.-M. Pétillon et V. Laroulandie). Nous remercions également la rédaction de la revue *Gallia Préhistoire* ainsi que les trois rapporteurs anonymes pour leurs commentaires qui ont amélioré la qualité du manuscrit, ainsi que Sarita Jannin pour la correction des textes anglais.

BIBLIOGRAPHIE

- ALTUNA J.**
2004 : « Estudio biométrico de *Vulpes vulpes* L y *Alopex lagopus* L. Contribución a su diferenciación en los yacimientos paleolíticos cantábricos », *Munibe*, 56, p. 45-59.
- ALTUNA J., BALDEÓN A., MARIEZKURRENA K.**
1985 : « Cazadores Magdalenienses en la Cueva de Erralla (Cestona - País Vasco) », *Munibe*, 37, 206 p.
- ANDREWS P.**
1990 : *Owls, caves and fossils*, Londres, British Museum of Natural History, 231 p.
- ANDRIEU V.**
1987 : « Le paléoenvironnement du piémont nord-pyrénéen occidental de 27 000 BP au Postglaciaire : la séquence d'Estarrès (Pyrénées Atlantiques, France) dans le bassin glaciaire d'Arudy », *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 304 (série II), p. 103-108.
- ARMAND D.**
2006 : « Le sondage 2 : la faune », in DUMONTIER P. (dir.), *Grotte de Laa 2. Commune d'Arudy (Pyrénées-Atlantiques). Rapport de fouilles programmées*, Bordeaux, SRA Aquitaine, p. 26-28.
- AUGUSTE P.**
1994 : « Actions climatiques et édaphiques : synthèse générale, in PATOU-MATHIS M. (dir.), *Outillage peu élaboré en os et bois de cervidés IV: Taphonomie / Bone Modification*, Treignes, CEDARC (coll. Artefacts, 9), p. 17-27.
- AVERBOUH A.**
2000 : *Technologie de la matière osseuse travaillée et implications paléolithologiques*, thèse de doctorat, université Paris I, 2 vol., 500 p.
- AVERBOUH A., BUISSON D.**
2003 : « Les lissoirs », in CLOTTES J., DELPORTE H. (dir.), *La grotte de la Vache (Ariège)*, t. I, *Les occupations du Magdalénien*, Paris, CTHS et RMN, p. 309-324.
- BANFIELD A.W.F.**
1954 : *Preliminary investigation of the barren-ground caribou*, Ottawa, Canadian Wildlife Service (coll. Wildlife Management Bulletin, 10), 79 p.
- BARSHAY-SZMIDT C., COSTAMAGNO S., HENRY-GAMBIER D., LAROLANDIE V., PÉTILLON J.-M., BOUDADI-MALIGNE M., KUNTZ D., LANGLAIS M., MALLYE J.-B.**
2016 : « New extensive focused AMS ¹⁴C dating of the Middle and Upper Magdalenian of the western Aquitaine/Pyrenean region of France (ca. 19-14 Ky cal BP). Proposing a new model for its chronological phases and for the timing of occupation », *Quaternary International*, 416, p. 62-91.
- BEHRENSMEYER A.K.**
1978 : « Taphonomic and ecologic information from bone weathering », *Paleobiology*, 4, 2, p. 150-162.
- BERTRAN P., FRANCOU B., TEXIER J.-P.**
2004 : « Éboulement, éboulement », in BERTRAN P. (dir.), *Dépôts de pente continentaux. Dynamique et faciès*, Paris, Maison de la géologie (coll. Quaternaire hors-série, 1), p. 29-43.
- BESSON J.-P., DEMASURE M.C., VOGRIG S.**
1994 : *Toute la lumière sur quarante ans d'obscurité (1952-1992)*, Pau, Société de spéléologie et de préhistoire des Pyrénées occidentales (coll. SSPPO News, numéro spécial), 280 p.
- BIGNON O.**
2008 : *Chasser les chevaux à la fin du Paléolithique dans le Bassin parisien. Stratégie cynégétique et mode de vie au Magdalénien et à l'Azilien ancien*, Oxford, Archaeopress (coll. British Archaeological Reports International Series, 1747), 170 p.
- BINFORD L.R.**
1978 : *Nunamiut ethnoarchaeology*, New York, Academic Press, 509 p.
1981 : *Bones: Ancient Men and Modern Myths*. New York, Academic Press, 320 p.
- BIROUSTE C.**
2010 : *Étude archéozoologique de la macrofaune du sondage de Laa 2 (Arudy, Pyrénées-Atlantiques)*, mémoire de master 1, université Toulouse II, 96 p.
- BON F., CHAUBAUD D., DARTIGUEPEYROU S., GARDÈRE P., MENSAN R.**
1996 : « La caractérisation du silex de Chalosse », *Antiquités nationales*, 28, p. 33-38.
- BOUDADI-MALIGNE M.**
2010 : *Les Canis pléistocènes du sud de la France: approche biosystématique, évolutive et biochronologique*, thèse de doctorat, université Bordeaux 1, 446 p.
- BOUDADI-MALIGNE M., ESCARGUEL G.**
2014 : « A biometric re-evaluation of recent claims for Early Upper Palaeolithic wolf domestication in Eurasia », *Journal of Archaeological Science*, 45, p. 80-89.
- BOUDADI-MALIGNE M., MALLYE J.-B., LANGLAIS M., BARSHAY-SZMIDT C.**
2012 : « Des restes de chiens magdaléniens à l'abri du Morin (Gironde, France). Implications socio-économiques d'une innovation zootechnique », *Paléo*, 23, p. 39-54.
- BOURDIER C., CHEHMANA L., PÉTILLON J.-M., VALLADAS H.**
2014 : « L'abri sous roche orné de Reverdit (Sergeac, Dordogne) : l'apport d'une approche pluridisciplinaire à l'élaboration d'un nouveau cadre chronoculturel », in JAUBERT J., FOURMENT N., DEPAEPE P. (dir.), *Transitions, ruptures et continuité en Préhistoire, Volume 2, Paléolithique et Mésolithique*, Paris, Société préhistorique française, p. 431-447.
- BRONK RAMSEY C.**
2009 : « Bayesian analysis of radiocarbon dates », *Radiocarbon*, 51, p. 337-360.
- BUISSON D., DELPORTE H.**
2003 : « Côte dite "la frise des lions" », in CLOTTES J., DELPORTE H. (dir.), *La Grotte de la Vache (Ariège), II: l'art mobilier*, Paris, CTHS/RMN, p. 310-311.
- CALVET M., DELMAS M., GUNNELL Y., BRAUCHER R., BOURLÈS D.**
2011 : « Recent advances in research on Quaternary glaciations in the Pyrenees », in EHLERS J., GIBBARD P. L., HUGHES P. D. (dir.), *Quaternary Glaciations, Extent and Chronology, a Closer Look, Part IV*, Elsevier, Amsterdam, p. 127-139.
- CAMPS-FABRER H.**
1990 : « Fiche poinçon d'économie », in CAMPS-FABRER H., RAMSEYER D., STORDEUR D. (dir.), *Fiches typologiques de l'industrie osseuse préhistorique, Cahier III: Poinçons*,

- pointes, poignards, aiguilles, Aix-en-Provence, Publications de l'université de Provence, 2 p.
- CASTEL J.-C., MALLYE J.-B., OPLIGER J.**
2011: « Les petits carnivores dans leur abris temporaires: choix des espèces et caractéristiques taphonomiques. Implications pour l'archéologie », in LAROULANDIE V., MALLYE J.-B., DENYS C. (dir.), *Taphonomie des petits vertébrés: référentiels et transferts aux fossiles*, Oxford, Archaeopress (coll. British Archaeological Reports International Series, S2269), p. 77-91.
- CASTERAS M.**
1971: *Carte géologique au 1/50 000, Oloron-Sainte-Marie, XV-46, notice explicative*, Orléans, Bureau des recherches géologiques et minières, 19 p.
- CATALAN J., POITEVIN F.**
1981: « Les crocidures du midi de la France: leurs caractéristiques génétiques et morphologiques; la place des populations corses », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 292, 3^e série, p. 1017-1020.
- CHALINE J.**
1972: *Les rongeurs du Pléistocène moyen et supérieur de France*. Paris, CNRS (coll. Cahiers de paléontologie), 474 p.
- CHALINE J., BAUDVIN H., JAMMOT D., SAINT-GIRONS M.C.**
1974: *Les proies des rapaces*, Paris, Doin, 141 p.
- CHAUVIÈRE F.-X., RIGAUD A.**
2008: « Le travail du bois de renne à la Garenne (Saint-Marcel, Indre): entre conceptions préhistoriennes et techniques magdaléniennes ou comment séparer ébauches et déchets des pointes vraies ? », *Préhistoire du Sud-Ouest*, 16, p. 173-183.
- CLOTES J.**
2003: « Contexte géographique et archéologique », in CLOTES J., DELPORTE H. (dir.), *La Grotte de La Vache (Ariège), 1: les occupations du Magdalénien*, Paris, CTHS-RMN, p. 12-28.
- COSTAMAGNO S.**
1999: *Stratégies de chasse et fonction des sites au Magdalénien dans le Sud de la France*, thèse de doctorat, université Bordeaux I, 2 vol., 495 p.
2009: « Salle 4, le Paléolithique supérieur, la macrofaune », in DUMONTIER P. (dir.), *Grotte de Laa 2, commune d'Arudy (Pyrénées-Atlantiques), 2009, Fouilles programmées. Rapport de synthèse 2007-2009*, Bordeaux, SRA Aquitaine, p. 155-157.
- 2012: *Des stries de boucherie aux sous-systèmes techniques de transformation et de consommation des ressources animales: apports de l'approche expérimentale*, thèse d'habilitation à diriger des recherches, université Bordeaux 1, 146 p.
- CROCKFORD S.J., KUZMIN Y.V.**
2012: « Comments on Germonpré et al., Journal of Archaeological Science 36, 2009 "Fossil dogs and wolves from Palaeolithic sites in Belgium, the Ukraine and Russia: osteometry, ancient DNA and stable isotopes", and Germonpré, Lázkičková-Galetová, and Sablin, Journal of Archaeological Science 39, 2012 "Palaeolithic dog skulls at the Gravettian Předmostí site, the Czech Republic" », *Journal of Archaeological Science*, 39, p. 2797-2801.
- DACHARY M.**
2009: « Les Magdaléniens des Pyrénées occidentales: réflexions sur l'exploitation d'un territoire », in DJINDJIAN F., OOSTERBEEK L. (dir.), *Symbolic Spaces in Prehistoric Art: Territories, Travels and Site Locations*, Oxford, Archaeopress (coll. BAR International Series 1999), p. 39-45.
- DELESTRADE A., STOYANOV, G.**
1995: « Breeding biology and survival of the Alpine Chough *Pyrrhocorax graculus* », *Bird Study*, 42, p. 22-231.
- DELPECH F.**
1983: *Les faunes du Paléolithique supérieur dans le Sud-ouest de la France*, Paris, CNRS (coll. Cahiers du Quaternaire, 6), 453 p.
- DENYS C., SANCHEZ V., FERNANDEZ-JALVO Y.**
1995: « Prédation et fossilisation des micro-mammifères. Présentation d'un des aspects d'une discipline récente: la taphonomie », *Arvicola*, 7, 1, p. 7-13.
- DISCAMPS E.**
2011: *Hommes et Hyènes face aux recompositions des communautés d'Ongulés (MIS 5-3)*, thèse de doctorat, université Bordeaux 1, 437 p.
- DUCASSE S., RENARD C., PÉTILLON J.-M., COSTAMAGNO S., FOUCHER P., SAN JUAN-FOUCHER C., CAUX S.**
2017: « Les Pyrénées au cours du Dernier Maximum glaciaire: un no man's land badegoulien? Nouvelles données sur l'occupation du piémont pyrénéen à partir du réexamen des industries solutréennes de l'abri des Harpons (Lespugue, Haute-Garonne) », *Bulletin de la Société préhistorique française*, 114, p. 257-294.
- DUMONTIER P. (DIR.)**
2006: *Grotte de Laa 2, commune d'Arudy (Pyrénées-Atlantiques), rapport de fouilles programmées*, Bordeaux, service régional de l'archéologie d'Aquitaine, 65 p.
2009: *Grotte de Laa 2, commune d'Arudy (Pyrénées-Atlantiques), fouilles programmées, rapport de synthèse 2007-2009*, Bordeaux, service régional de l'archéologie d'Aquitaine, 172 p.
2010: *Grotte de Laa 2, commune d'Arudy (Pyrénées-Atlantiques), rapport de fouilles programmées*, Bordeaux, service régional de l'archéologie d'Aquitaine, 129 p.
- EHLERS J., GIBBARD P., HUGHES P.**
2011: *Quaternary Glaciations, Extent and Chronology, a Closer Look, Part IV*, Amsterdam, Elsevier, 1126 p.
- ERBERSDOBLER K.**
1968: *Vergleichend morphologische Untersuchungen an Einzelknochen des postcranialen Skelettes in Mitteleuropa vorkommender mittelgrosser Hühnervögel*, München, Inaugural-Dissertation, Institut für Palaeoanatomie, Domestikationsforschung und Geschichte der Tiermedizin. Universität München.
- EROME G., AULAGNIER S.**
1982: « Contribution à l'identification des proies des rapaces », *Le Bièvre*, 4, 2, p. 129-135.
- FABRE M.**
2010. *Environnement et subsistance au Pléistocène supérieur dans l'Est de la France et au Luxembourg. Étude ostéologique des gisements de la Baume de Gigny (Jura), Vergisson II (Saône-et-Loire) et Oetrange (Luxembourg)*, thèse de doctorat, université Aix-Marseille I, 396 p.
- FERNANDES P.**
2012: *Itinéraires et transformations du silex: une pétroarchéologie refondée, application au Paléolithique moyen*, thèse de doctorat, université de Bordeaux, 623 p.
- FERNANDEZ-JALVO Y.**
1995: « Small mammal taphonomy at La Trinchera de Atapuerca (Burgos, Spain). A remarkable example of taphonomic criteria used for stratigraphic correlations and palaeoenvironment interrelations », *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 114, p. 167-195.
- FERNANDEZ-JALVO Y., ANDREWS P.**
1992: « Small mammal taphonomy of Gran

- Dolina, Atapuerca (Burgos), Spain », *Journal of Archaeological Science*, 19, p. 407-428.
- FERUGLIO V.**
1992: « Fiche baguettes demi-rondes », in CAMPS-FABRER H. (dir.), *Fiches typologiques de l'industrie osseuse préhistorique, Cahier V: Bâtons percés, baguettes*, Treignes, CEDARC, p. 71-83.
- FERUGLIO V., BUISSON D.**
1999: « Accolements de pièces à section demi-ronde », in JULIEN M., AVERBOUH A., RAMSEYER D. (dir.), *Préhistoire d'os, recueil d'études sur l'industrie osseuse préhistorique offert à Henriette Camps-Fabrer*, Aix-en-Provence, publications de l'université de Provence, p. 143-149.
- FOSSE P., WAJRAK A., FOURVEL J.-B., MADELAINE S., ESTEBAN-NADAL M., CÁCERES I., YRAVEDRA J., BRUGAL, J.-P., PRUCCA, A., HAYNES G.**
2012: « Bone modification by modern wolf (*Canis lupus*): a taphonomic study from their natural feeding places », *Journal of Taphonomy*, 10, p. 197-217.
- FOUCHER P., SAN JUAN-FOUCHER C., FERRIER C., COUCHOU D., VERCOUTÈRE C.**
2008: « La grotte de Gargas (Aventignan, Hautes Pyrénées): nouvelles perspectives de recherche et premiers résultats sur les occupations gravettiennes », in JAUBERT J., BORDES J.-G., ORTEGA I. (dir.), *Les sociétés du Paléolithique dans un grand Sud-Ouest de la France. Nouveaux gisements, nouveaux résultats, nouvelles méthodes*, Paris, Société préhistorique française (mémoires de la SPF, 47), p. 301-324.
- GERBE M., COSTAMAGNO S., COUMONT M.-P., PROVENZANO N.**
2008: « Caractérisation des activités de fracturation sur os », in THIÉBAULT C. (dir.), *Des Traces et des Hommes*, Rapport de projet collectif de recherche, Toulouse, SRA Midi-Pyrénées, p. 147-156.
- GERMONPRÉ M., SABLIN M.V., STEVENS R.E., HEDGES R.E.M., HOFREITER M., STILLER M., DESPRÉS V.R.**
2009: « Fossil dogs and wolves from Palaeolithic sites in Belgium, the Ukraine and Russia: osteometry, ancient DNA and stable isotopes », *Journal of Archaeological Science*, 36, p. 473-490.
- GERMONPRÉ M., LÁZNIČKOVÁ-GALETOVÁ M., SABLIN M.V.**
2012: « Palaeolithic dog skulls at the Gravettian Předmostí site, the Czech Republic », *Journal of Archaeological Science*, 39, p. 184-202.
- GERMONPRÉ M., SABLIN M.V., DESPRÉS V.R., HOFREITER M., LÁZNIČKOVÁ-GALETOVÁ M., STEVENS R.E., STILLER M.**
2013: « Palaeolithic dogs and the early domestication of the wolf: a reply to the comments of Crockford and Kuzmin (2012) », *Journal of Archaeological Science*, 40, p. 786-792.
- GERMONPRÉ M., LÁZNIČKOVÁ-GALETOVÁ M., LOSEY R.J., RÄIKÖNEN J., SABLIN M.V.**
2015: « Large canids at the Gravettian Předmostí site, the Czech Republic: The mandible », *Quaternary International*, 359-360, p. 261-279.
- GÉROUDET P.**
1978: *Grands échassiers, Gallinacés, Râles d'Europe*, Neuchâtel, Delachaux et Niestlé, 429 p.
- GRAYSON D.K.**
1984: *Quantitative Zooarchaeology Topics in the Analysis of Archaeological Faunas*, New York, Academic Press, 202 p.
- HAMMER Ø., HARPER D.A.T., RYAN P.D.**
2001: « PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis », *Palaeontologia Electronica*, 4, 1, 9 p. <http://folk.uio.no/ohammer/past/>
- HENSHILWOOD C.S.**
1997: « Identifying the collector: evidence for human processing of the Cape Dune Mole-Rat, *Bathyergus suillus*, from Blombos Cave, Southern Cape, South Africa », *Journal of Archaeological Science*, 24, p. 659-662.
- HUGUENEY M.**
1975: « Les Mustélidés (Mammalia, Carnivora) du gisement Pléistocène moyen de La Fage (Corrèze) », *Nouvelles archives du muséum d'histoire naturelle de Lyon*, 13, p. 29-46.
- JALUT G., ANDRIEU V., DELIBRIAS G., FONTUGNE M., PAGÈS P.**
1988: « Palaeoenvironment of the valley of Ossau (Western French Pyrenees) during the last 27,000 years », *Pollens et spores*, 30, p. 357-394.
- JALUT G., MONTERRAT J., FONTUGNE M., DELIBRIAS G., VILAPLANA J. M., JULIA R.**
1992: « Glacial to interglacial vegetation changes in the northern and southern Pyrenees: deglaciation, vegetation cover and chronology », *Quaternary Science Reviews*, 11, p. 449-480.
- KOBY F.-E.**
1959a: « Les Renards magdaléniens de la Vache », *Bulletin de la société préhistorique de l'Ariège*, 14, p. 2-10.
- 1959b: « Contribution au diagnostic ostéologique différentiel de *Lepus timidus* Linné et *L. europaeus* Pallas », *Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel*, 70, p. 19-44.
- 1960: « Contribution à la connaissance des lièvres fossiles, principalement de ceux de la dernière glaciation », *Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel*, 71, p. 149-173.
- KRAFT E.**
1972: *Vergleichend morphologische Untersuchungen an Einzelknochen Nord- und Mitteleuropäischer Kleinerer Hühnervögel*, München, Inaugural-Dissertation, Institut für Palaeoanatomie, Domestikationsforschung und Geschichte der Tiermedizin, Universität München.
- KUNTZ D., SÉCHER A., COSTAMAGNO S., MALLYE J.-B., PÉTILLON J.-M., PESCHAUX C., PUBERT É., RENDU W., BOUDADI-MALIGNE M., LAROULANDIE V., BARSHAY-SZMIDT C., LANGLAIS M.**
2015: « Le Roc de Marcamps 2 (Prignac-et-Marcamps, Gironde): nouvelles données sur la subsistance et les traditions techniques au début du Magdalénien moyen », *Bulletin de la Société préhistorique française*, 112, p. 475-516.
- LACOMBE S.**
1998: *Préhistoire des groupes culturels au Tardiglaciaire dans les Pyrénées centrales. Apports de la technologie lithique*, thèse de doctorat, université de Toulouse, 385 p.
- LAM Y.M., CHEN X., PEARSON O.M.**
1999: « Intertaxonomic Variability in Patterns of Bone Density and the Differential Representation of Bovid, Cervid, and Equid Elements in the Archaeological Record », *American Antiquity*, 64, 2, p. 343-362.
- LANGLAIS M.**
2010: *Les sociétés magdaléniennes de l'isthme pyrénéen*, Paris, CTHS (coll. Documents préhistoriques, 26), 336 p.
- 2013: Productions et équipements lithiques de la cova Alonsé, in MONTES L., DOMINGO R. (dir.), *El asentamiento magdaleniense de la Cova Alonsé (Estadilla, Huesca)*, Zaragoza, universidad de Zaragoza (Monografías Arqueológicas 48), p.79-89.
- LANGLAIS M., PÉTILLON J.-M., DE BEAUNE S.A., CATTELAÏN P.,**

- CHAUVIÈRE F.-X., LETOURNEUX C., SZMIDT C., BELLIER C., BEUKENS R., DAVID F.**
2010: « Une occupation de la fin du dernier maximum glaciaire dans les Pyrénées: le Magdalénien inférieur de la grotte des Scilles (Lespugue, Haute-Garonne) », *Bulletin de la Société préhistorique française*, 107, p. 5-51.
- LANGLAIS M., COSTAMAGNO S., LAROULANDIE V., PÉTILLON J.-M., DISCAMPS E., MALLYE J.-B., COCHARD D., KUNTZ D.**
2012: « The evolution of Magdalenian societies in South-West France between 18,000 and 14,000 cal BP: Changing environments, changing tool kits », *Quaternary International*, 272-273, p. 138-149.
- LANGLAIS M., LAROULANDIE V., PÉTILLON J.-M., MALLYE J.-B., COSTAMAGNO S.**
2014: « Évolution des sociétés magdaléniennes dans le sud-ouest de la France entre 18500 et 14000 cal BP: reconstitution des environnements, reconfiguration des équipements », in JAUBERT J., FOURMENT N., DEPAEPE P. (dir.) *Transitions, ruptures et continuités en Préhistoire, volume 2: Paléolithique et Mésolithique*, Paris, Société préhistorique française, p. 417-430.
- LANGLAIS M., LAROULANDIE V., COSTAMAGNO S., PÉTILLON J.-M., MALLYE J.-B., LACRAMPE-CUYAUBÈRE F., BOUDADI-MALIGNE M., BARSAY-SZMIDT C., MASSET C., PUBERT É., RENDU W., LENOIR M.**
2015: « Premiers temps du Magdalénien en Gironde: réévaluation des fouilles Trécolle à Saint-Germain-la-Rivière (France) », *Bulletin de la Société préhistorique française*, 112, p. 5-58.
- LANGLAIS M., SÉCHER A., CAUX S., DELVIGNE V., GOURC L., NORMAND C., SÁNCHEZ DE LA TORRE M.**
2016: « Lithic tool kits: A metronome of the evolution of the Magdalenian in Southwest France (19,000-14,000 cal BP) », *Quaternary International*, 416, p. 92-107.
- LANGLAIS M., PÉTILLON J.-M., SÉCHER A.**
2017: « Les débuts du Magdalénien moyen dans le Sud-Ouest français. Témoignages croisés des équipements lithiques et osseux », in CHEHMANA L., MALGARINI R., POLTOWICZ-BOBAK M., BOURDIER C. (dir.), *L'Essor du Magdalénien: aspects culturels, symboliques et techniques des faciès à navettes et à Lussac-Angles*, Paris, Société préhistorique française, p. 209-234.
- LAPLACE G.**
1984: « Sépultures et rites funéraires préhistoriques en vallée d'Ossau (Ursari) », in: *Hil Harriak, actes du colloque international sur la stèle discoïdale*, Musée Basque – Bayonne, Bayonne, Société des amis du Musée basque, p. 21-70.
- LAROULANDIE V.**
2000: *Taphonomie et archéozoologie des Oiseaux en grotte: applications aux sites paléolithiques du Bois-Ragot (Vienne), de Combe-Saunière (Dordogne) et de la Vache (Ariège)*, thèse de doctorat, université Bordeaux I, 396 p.
2004: « Exploitation des ressources aviaires durant le Paléolithique en France: bilan critique et perspectives », in BRUGAL J.-P., J. DESSE J. (dir.), *Petits animaux et sociétés humaines. Du complément alimentaire aux ressources utilitaires*, actes des 24^e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire, Antibes, 23-25 octobre 2003, Antibes, APDCA, p. 163-172.
2009: « De la plume à l'œuf: exploitation des ressources aviaires au Magdalénien dans le Sud de la France », in FONTANA L., CHAUVIÈRE F.-X., BRIDAULT A. (dir.), *In search of total animal exploitation. Cases studies from the Upper Palaeolithic and Mesolithic*, Oxford, Archaeopress (coll. BAR International Series, 2040), p. 71-89.
2010: « Alpine chough *Pyrhocorax graculus* from Pleistocene sites between Pyrenees and Alps: natural versus cultural assemblages », in PRUMMEL W., BRINKHUIZEN D., ZEILER J. (dir.), *Birds in Archaeology, Proceedings of the 6th meeting of the ICAZ Bird Working Group*, Groningen, Barkhuis (Groningen Archaeological Studies, 12), p. 219-232.
- LEESCH D., MÜLLER W., NIELSEN E., BULLINGER J.**
2012: « The Magdalenian in Switzerland: Re-colonization of a newly accessible landscape », *Quaternary International*, 272-273, p. 191-208.
- LENOBLE A.**
2005: *Ruissellement et formation des sites préhistoriques. Référentiel actualiste et exemples d'application au fossile*, Oxford, Archaeopress (coll. BAR International Series, 1363), 216 p.
- LLOVERAS L., MORENO GARCÍA M., NADAL J.**
2009: « Butchery, cooking and human consumption marks on Rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) bones: An experimental study », *Journal of Taphonomy*, 7, p. 179-201.
- MALLYE J.-B.**
2007: *Les restes de Blaireau en contexte archéologique: taphonomie, archéozoologie et éléments de discussion des séquences préhistoriques*, thèse de doctorat, université Bordeaux I, 547 p.
2011: « Réflexion sur le dépouillement des petits carnivores en contexte archéologique: apport de l'expérimentation », *Archaeofauna*, 20, p. 7-25.
- MALLYE J.-B., LAROULANDIE V., COCHARD D.**
2008: « Accumulations osseuses en périphérie de terriers de petits carnivores: les stigmates de prédation et de fréquentation », *Annales de paléontologie*, 94, p. 187-208.
- MARSAN G.**
1979: « L'occupation humaine à Arudy (Pyrénées-Atlantiques) pendant la Préhistoire et le début de la Protohistoire », in: *7^e Rencontre d'historiens sur la Gascogne méridionale et les Pyrénées occidentales tenue à Pau le 1^{er} octobre 1977*, Pau, université de Pau, p. 51-98.
1996: « Préhistoire de la vallée d'Ossau: éléments de réflexion et de discussion sur l'occupation de la montagne ouest-pyrénéenne au Tardiglaciaire et au début du Postglaciaire », in DELPORTE H., CLOTTES J. (dir.), *Pyrénées préhistoriques, arts et société*, Paris, CTHS, p. 473-486.
- MEDINA M.E., TETA P., RIVERO D.**
2012: « Burning damage and small-mammal human consumption in Quebrada del Real 1 (Cordoba, Argentina): an experimental approach », *Journal of Archaeological Science*, 39, p. 737-743.
- METCALFE D., JONES K.T.**
1988: « A reconsideration of animal body part utility indices », *American Antiquity*, 53, p. 486-504.
- MEVEL L., AFFOLTER J.**
2016: « Premier de cordée ? De l'origine des matières premières à la caractérisation des peuplements préhistoriques. L'exemple du repeuplement des Alpes du Nord pendant le Magdalénien », in TOMASSO A., BINDER D., MARTINO G., PORRAZ G., SIMON P., NAUDINOT N. (dir.), *Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée*, Paris, Société préhistorique française (coll. Séances de la Société préhistorique française, 5), p. 207-228.
- MILLER F.L.**
1972: Eruption and attrition of mandibular teeth in barren-ground caribou, *Journal of Wildlife Management*, 36, 2, p. 606-612.

- 1974: *Biology of the Kaminuriak population of Barren Ground Caribou. Part 3: Taiga winter range relationships and diet*, Ottawa, Canadian Wildlife Service, 42 p.
- MISTROT V.**
2001: *Contribution des micromammifères de la Balma de l'Abeurador à la connaissance de l'évolution des climats et des paysages du Tardiglaciaire à l'Holocène en Languedoc-Roussillon*, thèse de doctorat, université Paris I, 355 p.
- MONCHOT H., GENDRON D.**
2010: « Disentangling long bones of foxes (*Vulpes vulpes* and *Alopex lagopus*) from arctic archaeological sites », *Journal of Archaeological Science*, 37, p. 799-806.
- MOREL P., MÜLLER W.**
1997: *Hauterive-Champréveyres, un campement magdalénien au bord du lac de Neuchâtel. Étude archéozoologique*. Neuchâtel, Musée cantonal d'archéologie (coll. Archéologie neuchâteloise, 23), 149 p.
- MOREY D.F.**
2010: *Dogs: Domestication and the development of a social bond*, New York, Cambridge University Press, 356 p.
2014: « In Search of Paleolithic dogs: A quest with mixed results », *Journal of Archaeological Science*, 52, p. 300-307.
- MORRISON D.A.**
1997: *Caribou hunters in the western Arctic: zooarchaeology of the Rita-Claire and Bison Skull Sites*, Hull, Canadian Museum of Civilization, 88 p.
- MOURER-CHAUVIRÉ C.**
1975: *Les oiseaux du Pléistocène moyen et supérieur de France*, Lyon, université Claude-Bernard - Lyon I (coll. Documents des laboratoires de géologie de la faculté des sciences de Lyon, 64), 624 p.
- NAPIERALA H., UERPMANN H.-P.**
2012: « A "new" Paleolithic dog from Central Europe », *International Journal of Osteoarchaeology*, 22, p. 127-137.
- NORMAND C.**
1986: « Les gîtes à silex de Chalosse », *Bulletin de la Société de Borda*, 402, p. 133-140.
2002: « Les ressources en matières premières siliceuses dans la basse vallée de l'Adour et ses affluents. Quelques données sur leur utilisation au Paléolithique supérieur », in CAZALS N. (dir.), *Comportements techniques et économiques des sociétés du Paléolithique supérieur dans le contexte pyrénéen*, Rapport de projet collectif de recherche, Toulouse, SRA Midi-Pyrénées, p. 26-38.
- OUTRAM A., ROWLEY-CONWY P.**
1998: « Meat and marrow utility for horse (*Equus*) », *Journal of Archaeological Science*, 25, p. 839-849.
- OVODOV N.D., CROCKFORD S.J., KUZMIN Y.V., HIGHAM T.F.G., HODGINS G.W.L., VAN DER PLICHT J.**
2011: « A 33,000-year-old incipient dog from the Altai Mountains of Siberia: Evidence of the earliest domestication disrupted by the Last Glacial Maximum », *PLoS one*, 6, p. 1-7.
- PEDERGNANA A., BLASCO R.**
2016: « Characterising the exploitation of avian resources: An experimental combination of lithic use-wear, residue and taphonomic analyses », *Quaternary International*, 421, p. 255-269.
- PÉREZ-BARBERIA F.J., MUTUBERRIA G.**
1996: « Teeth eruption pattern in Cantabrian chamois *Rupicapra pyrenaica parva* », *Acta Theriologica*, 41, 2, p. 217-221.
- PÉTILLON J.-M.**
1999: *Les pointes à base fourchue de Gourdan (Gourdan-Polignan, Haute-Garonne)*, mémoire de maîtrise, université Paris I, 103 p.
2006: *Des Magdaléniens en armes. Technologie des armatures de projectile en bois de cervidé du Magdalénien supérieur de la grotte d'Isturitz (Pyrénées-Atlantiques)*, Treignes, CEDARC (coll. Artefacts 10), 302p.
2016: « Technological evolution of hunting implements among Pleistocene hunter-gatherers: osseous projectile points in the Middle and Upper Magdalenian (19–14 ky cal BP) », *Quaternary International*, 416, p. 108-134.
- PÉTILLON J.-M., CATTELAÏN P.**
2004: « Nouvel examen de l'armature composite magdalénienne du Tuc d'Audoubert (Montesquieu-Avantès, Ariège) », *Bulletin de la Société préhistorique française*, 101 (1), p. 45-53.
- PÉTILLON J.-M., DUCASSE S.**
2012: « From flakes to grooves: a technical shift in antlerworking during the Last Glacial Maximum in southwest France », *Journal of Human Evolution*, 62, p. 435-465.
- PÉTILLON J.-M., LANGLAIS M., KUNTZ D., NORMAND C., BARSHAY-SZMIDT C., COSTAMAGNO S., DELMAS M., LAROULANDIE V., MARSAN G.**
2015: « The human occupation of the north-western Pyrenees in the Late Glacial: new data from the Arudy basin, lower Ossau valley », *Quaternary International*, 364, p. 126-143.
- POKINES J. T., KRUPA M.**
1997: « Self-barbed antler spearpoints and evidence of fishing in the late Upper Paleolithic of Cantabrian Spain », in KNECHT H. (dir.), *Projectile technology*, New York, Plenum press (coll. Interdisciplinary contributions to archaeology), p. 241-262.
- POPLIN F.**
1976a: *Les grands vertébrés de Gönnersdorf, fouille 1968*, Wiesbaden, Franz Steiner, 212 p.
1976b: « À propos du nombre de restes et du nombre d'individus dans les échantillons d'ossements », *Cahier du Centre de recherche préhistorique de l'université de Paris I*, 5, p. 61-74.
- RASMUSSEN S.O., BIGLER M., BLOCKLEY S.P., BLUNIER T., BUCHARDT S.L., CLAUSEN H.B., CVIJANOVIC I., DAHL-JENSEN D., JOHNSEN S.J., FISCHER H., GKINIS V., GUILLEVI, M., HOEK W.Z., LOWE J.J., PEDRO J.B., POPP T., SEIERSTAD I.K., STEFFENSEN J.P., SVENSSON A.M., VALLELONGA P., VINTHER B.M., WALKER M.J., WHEATLEY J.J., WINSTRUP M.**
2014: « A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy », *Quaternary Science Reviews*, 106, p. 14-28.
- REIMER P.J., BARD E., BAYLISS A., BECK J.W., BLACKWELL P.G., BRONK RAMSEY C., GROOTES P.M., GUILDENSON T.P., HAFLIDASON H., HAJDAS I., HATTÉ C., HEATON T.J., HOFFMANN D.L., HOGG A.G., HUGHEN K.A., KAISER K.F., KROMER B., MANNING S.W., NIU M., REIMER R.W., RICHARDS, D.A., SCOTT E.M., SOUTHON J.R., STAFF R.A., TURNEY C.S.M., VAN DER PLICHT J.**
2013: « IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50,000 Years cal BP », *Radiocarbon*, 55, p. 1869-1887.
- RENDU W.**
2007: *Planification des activités de subsistance au sein du territoire des derniers Moustériens. Cémento-chronologie et approche archéozoologique de gisements du Paléolithique moyen (Pech-de-l'Azé I, La Quina, Mauran) et Paléolithique supérieur ancien (Isturitz)*, thèse de doctorat, université Bordeaux I, 362 p.

RIGAUD A.

- 2006: « Étude technologique des baguettes demi-rondes de Labastide (Hautes-Pyrénées) », *Archéologie des Pyrénées occidentales et des Landes*, 25, p. 229-246.
- 2007: « Retouchoirs sur éclats diaphysaires ou "affûtoirs" de Labastide (Hautes-Pyrénées). Du barbarisme scientifique à la rigueur artisanale au travers de l'expérimentation », *Archéologie des Pyrénées occidentales et des Landes*, 26, p. 193-200.

RIVERO O.

- 2010: *La movilidad de los grupos humanos del Magdaleniense Medio de la Región Cantábrica y los Pirineos: Una visión a través del arte*, thèse de doctorat, université de Salamanca.
- 2011: « La noción de aprendizaje en el arte mobiliario del Magdaleniense Medio cántabro-pirenaico: la contribución del análisis microscópico », *Trabajos de Prehistoria*, 68 (2), p. 275-295.
- 2015: *Art mobilier des chasseurs magdaléniens de la façade atlantique*, Liège, université de Liège (coll. ERAUL, 146), 170 p.

ROMANDINI M., FIORE I., GALA M., CESTARI M., GUIDA G., TAGLIACCOZZO A., PERESANI M.

- 2016: « Neanderthal scraping and manual handling of raptors wing bones: Evidence from Fumane Cave. Experimental activities and comparison », *Quaternary International*, 421, p. 154-172.

SÁNCHEZ DE LA TORRE M.

- 2015: *Las sociedades cazadoras-recolectoras del Paleolítico superior final pirenaico: territorios económicos y sociales*, Barcelone, universitat de Barcelona (coll. Monografies del SERP, 11), 314 p.

SERJEANTSON D.

- 2009: *Birds*, Cambridge, Cambridge University Press (coll. Cambridge Manuals in Archaeology), 512 p.

SHIPMAN P.

- 1981: *Life history of a fossil, an introduction to Taphonomy and Paleoecology*, Harvard, Harvard University Press, 220p.

SOULIER M.-C.

- 2013: *Entre alimentaire et technique: l'exploitation animale aux débuts du Paléolithique supérieur. Stratégies de subsistance et chaînes opératoires de traitement du gibier à Isturitz, La Quina aval, Roc-de-Combe et Les Abeilles*, thèse de doctorat, université de Toulouse, 2 vol., 548 p.

STUART A.J., LISTER A.M.

- 2007: « Patterns of Late Quaternary megafaunal extinctions in Europe and northern Asia », *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 259, p. 287-297.

SZMIDT C., PÉTILLON J.-M., CATTELAÏN P., NORMAND C., SCHWAB C.

- 2009: « Premières dates radiocarbone pour le Magdalénien d'Isturitz (Pyrénées-Atlantiques) », *Bulletin de la Société préhistorique française*, 106, p. 588-592.

TARRIÑO A.

- 2006: *El sílex en la Cuenca Vasco-Cantábrica y Pirineo navarro: caracterización y su aprovechamiento en la Prehistoria*, Madrid, Museo nacional y centro de investigaciones de Altamira (coll. Monografías, 21), 263 p.

TOMEK T., BOCHĘŃSKI Z. M.

- 2000: *The comparative osteology of European corvids (Aves: Corvidae), with a key to the identification of their skeletal elements*, Kraków, Wydawnictwa Instytutu Systematyki i Ewolucji Zwierząt, 102 p.

TYRBERG T.

- 1998: *Pleistocene Birds of the Palearctic: a Catalogue*, Cambridge, Nuttall

Ornithological Club, 720 p.

VAL A., MALLYE J.-B.

- 2011: « Small carnivore skinning by professionals: Skeletal modifications and implications for the European Upper Palaeolithic », *Journal of Taphonomy*, 9, p. 221-243.

VIGNE J.-D.

- 1996: *Détermination ostéologique des principaux éléments du squelette appendiculaire d'Arvicola, d'Eliomys, de Glis et de Rattus*, Juan-les-Pins, APDCA (coll. Fiches d'ostéologie animale pour l'archéologie, série B, 6), 12 p.
- 2005: « L'humérus de chien magdalénien de Erralla (Gipuzkoa, Espagne) et la domestication tardiglaciaire du loup en Europe », *Munibe*, 57, p. 279-287.

VIGNE J.-D., MARINVAL-VIGNE M.-C.

- 1983: « Méthode pour la mise en évidence de la consommation du petit gibier », in CLUTTON-BROCK J., GRIGSON C. (dir.), *Animals and Archaeology. I: Hunters and their prey*, Oxford, Archaeopress (coll. British Archaeological Reports International Series, 163), p. 239-242.

VIGNE J.-D., MARINVAL-VIGNE M.-C., DE LANFRANCHI F., WEISS M.-C.

- 1981: « Consommation du "lapin-rat" (*Prolagus sardus* Wagner) au Néolithique ancien méditerranéen. Abri d'Araguina-Sennola (Bonifacio, Corse) », *Bulletin de la Société préhistorique française*, 78, p. 222-224.

VILETTE P.

- 1983: « Avifaunes du Pléistocène final et de l'Holocène dans le Sud de la France et en Catalogne », *Atacina*, 11, p. 1-190.

VILLA P., MAHIEU E.

- 1991: « Breakage patterns of human long bones », *Journal of Human Evolution*, 21, p. 27-48.