

Céline PALLIER¹, Marc JARRY²,
François BON³, Hubert CAMUS⁴,
Manon RABANIT⁴ et
Laurent BRUXELLES⁵

(1) Inrap, TRACES – UMR5608 – ZA Actipolis,
Rue Acropole, 34 420 Villeneuve-lès-Béziers,
celine.pallier@inrap.fr

(2) Inrap TRACES – UMR5608 – ZI des Champs
Pinsons -13 rue du négoce - 31650 Saint-
Orens-de-Gameville, marc.jarry@inrap.fr

(3) TRACES - UMR5608 Université de Toulouse
Jean Jaurès - Maison de la Recherche
5, allée Antonio Machado 31058 Toulouse
Cedex 9/ Centre de recherche français à
Jérusalem, UMFRE 7 CNRS-MEAE,
francois.bon@univ-tlse2.fr

(4) Protée Expert – 1 allée Frédéric Mistral,
30250 Sommières, camus.hubert@laposte.net,
manon.rabanit@gmail.com

(5) Inrap, Institut Français d'Afrique du Sud
(IFAS, Johannesburg) et GAES, Université du
Witwatersrand, Afrique du Sud,
laurent.bruxelles@inrap.fr

Évolution karstique, enregistrements sédimentaires et occupations humaines de la grotte du Mas d'Azil (Ariège, France)

RÉSUMÉ : La grotte du Mas d'Azil est un phénomène géologique imposant par ses dimensions et la complexité de son réseau ; elle est aussi un haut-lieu de la Préhistoire. Sous le porche sud, en rive gauche de la rivière, une terrasse recèle encore plusieurs niveaux d'occupation de la fin de la dernière période glaciaire jusqu'à l'âge du Bronze intercalés avec des limons d'inondation. Le réseau karstique qui se développe en rive droite, quant à lui, était réputé vidé de son contenu archéologique. En complément d'une série d'interventions d'archéologie préventive, un programme de recherche destiné à faire un état des lieux cartographique et archéologique de la cavité est en cours depuis 2013. L'étude des vestiges de coupes stratigraphiques en place permet de proposer une nouvelle histoire de la grotte en lien avec les occupations humaines, notamment pendant la dernière glaciation. En effet, des sédiments d'origine fluviatile couvrent les niveaux aurignaciens sur plusieurs mètres d'épaisseur. Les populations humaines ne réinvestissent la grotte qu'à partir du Solutréen / Badegoulien, puis massivement durant le Magdalénien, dont

plusieurs niveaux d'occupation résiduels ont été retrouvés.

L'importante dynamique d'aggradation sédimentaire au cours de la dernière période glaciaire permet de discuter la question de l'accès à la cavité ou à certaines de ses galeries tout au long de cette période et de faire le lien entre conditions climatiques, dynamiques sédimentaires et occupations préhistoriques.

MOTS-CLÉS : grotte du Mas d'Azil, Dernier maximum glaciaire, aggradation, colmatage/décolmatage, Paléolithique supérieur, dynamique sédimentaire, occupations préhistoriques

ABSTRACT: KARSTIC EVOLUTION, SEDIMENTARY RECORDS AND HUMAN SETTLEMENTS IN THE MAS D'AZIL CAVE (ARIÈGE, FRANCE). The Mas d'Azil cave is a geological phenomenon which is imposing both by its size and the complexity of its topography. It is also a famous place for Prehistory. Under the southern porch, in the left bank of the river, a terrace still shows several levels of occupation from the end of the last glacial period to the Bronze Age, with some flood silts interbedded. The karstic network which develops in the right

bank was considered to be emptied from its archaeological content. In addition to a series of preventive archaeology operations, a research program aimed at making a cartographic and archaeological inventory of the cavity is under way since 2013. The study of stratigraphic remains now allows us to draw up a new picture of the cave, which is connected with human occupation, notably during last glaciation. So, fluvial sediments cover Aurignacian levels over several meters thick. Human populations started to settle back in the cave in the Solutrean/Badegoulian period, and then massively flooded into it during the Magdalenian period as several residual signs of occupation suggest it. This substantial dynamic of sedimentary aggradation during the last glacial period allows to discuss the question of the access to the cavity or to some of its galleries throughout this period and to make the link between climatic conditions, sediment dynamics and prehistoric occupation.

KEY WORDS: Mas d'Azil cave, Last glacial Maximum, aggradation, filling/declugging, Upper Palaeolithic, sediment dynamic, prehistoric settlements.

Introduction

La grotte du Mas d'Azil est un site naturel, exceptionnel par son empreinte dans le paysage et son histoire géologique. Elle est également un site capital de la Préhistoire européenne, classée aux Monuments Historiques depuis 1942. Ce site archéologique, éponyme de l'Azilien et référence majeure pour le Magdalénien,

a apporté récemment des informations inédites sur la période aurignacienne (Jarry et al., 2013a b), permettant une révision des dynamiques d'occupation des espaces à la veille du Dernier Maximum Glaciaire.

Mais la grotte du Mas d'Azil est aussi un objet karstique important et complexe et un enregistreur privilégié

des archives sédimentaires, témoins des changements environnementaux de plusieurs phases glaciaires. Il n'est désormais plus à démontrer que les dépôts endokarstiques sont particulièrement performants dans l'étude des paléoenvironnements (Perrette, 2000) et des paléoclimats (Couchoud, 2006; Wainer, 2009; Genty et al., 2010). Ces dépôts

souterrains sont également considérés comme d'excellents enregistreurs de l'évolution des cavités (par exemple Quinif et Maire, 1998). Pourtant les études des sédiments de grotte appliquées à un contexte archéologique sont plus rares, mais tendent à se développer (Ferrier, 1997 ; Debard *et al.*, 2016). Longtemps restreintes aux entrées de grottes, porches et abris-sous-roches, de plus en plus d'études montrent également des résultats probants dans les parties plus profondes des réseaux souterrains comme à Chauvet (Ferrier *et al.*, 2005 ; Delannoy *et al.*, 2012) ou à Isturitz (Vanara, 2016), pour ne prendre que des exemples en France. Dans la grotte du Mas d'Azil, en complément de découvertes archéologiques réalisées lors d'opérations préventives liées au réaménagement touristique du site, un programme de recherche interdisciplinaire a été engagé depuis 2013 afin de renouveler les connaissances sur l'occupation de la grotte au cours du Pléistocène récent et de l'Holocène.

L'étude des remplissages sédimentaires menée dans ce cadre a pour objectif de comprendre le lien entre l'oc-

cupation discontinue de cette grotte et les dynamiques morphosédimentaires. En outre, l'identification de troncatures entre les séquences sédimentaires pose un certain nombre de questions quant à la conservation des vestiges archéologiques.

Après avoir replacé la grotte dans son cadre géologique et géomorphologique, une rapide description morphokarstique précèdera celle des différents types de remplissages sédimentaires observés. Ceux-ci seront interprétés en termes de dynamiques de dépôt et d'évolution de la cavité. Nous dresserons alors un aperçu des implications que ces dynamiques ont pu avoir sur la fréquentation humaine et/ou animale de la grotte au cours du Pléistocène récent.

I. Cadres géologique et géomorphologique

A. Contexte géologique et géomorphologique

La grotte du Mas d'Azil est localisée dans le massif du Plantaurel, dans les Pyrénées ariégeoises, en avant du chevauchement frontal nord-pyrénéen, dans une

zone de terrains plissés (figure 1). Cette structuration appalachienne conditionne le tracé du réseau hydrographique. En effet, l'Arize, le cours d'eau qui traverse la grotte du Mas d'Azil du sud au nord, longe les structures géologiques orientées est-ouest ou les traverse perpendiculairement en fonction de la résistance à l'érosion des différentes roches recoupées. Dans les marnes du Crétacé supérieur, à l'amont de la grotte du Mas d'Azil, elle creuse une large vallée, puis bute contre les calcaires éocènes, à l'extrémité orientale du synclinal de Lézères-Pradals (figure 1). Elle passait initialement au niveau d'une ancienne cluse matérialisée par le col du Baudet, qui domine actuellement la vallée et le porche sud de la grotte d'environ 40 mètres. Au cours de son encaissement dans les calcaires, l'Arize a progressivement été absorbée par des pertes pour résurger quelques centaines de mètres plus au nord, de l'autre côté du synclinal. Cette percée hydrogéologique correspond à une auto-capture souterraine de l'Arize. Elle est responsable du creusement de la galerie principale de la grotte du Mas d'Azil qui est, encore actuellement, empruntée par la rivière.

B. Description morphokarstique et spéléogénèse

Le réseau est creusé dans les calcaires éocènes du Thanétien inférieur. C'est la couche de marnes sous-jacentes du Danomontien, affleurante en amont et en aval de la traversée, qui forme l'imperméable du réseau de la grotte du Mas d'Azil.

La galerie principale, dans laquelle coule actuellement l'Arize, est longue de 420 mètres et large d'une trentaine de mètres en moyenne. Un vaste réseau de salles et de conduits se développe en rive droite de cette galerie principale, en s'élevant progressivement en direction de l'est (figure 2). Les opérations de cartographie menées dans le cadre du programme de recherche engagé depuis 2013 ont permis de mettre en évidence la structuration du réseau et de proposer des hypothèses de creusement. Ainsi, ce réseau est structuré en boucles de recoupements souterrains de méandres (Nicod 1997 ; Camus, 1999 ; Bigot 2010 ; Mocochain *et al.*, 2010) présentant des tracés convexes vers l'est, en rive droite de la traversée de l'Arize, rappelant la structure géologique. Cette structuration étagée est acquise par enregistrement de stades successifs de comblement et d'incision de la vallée, notamment par

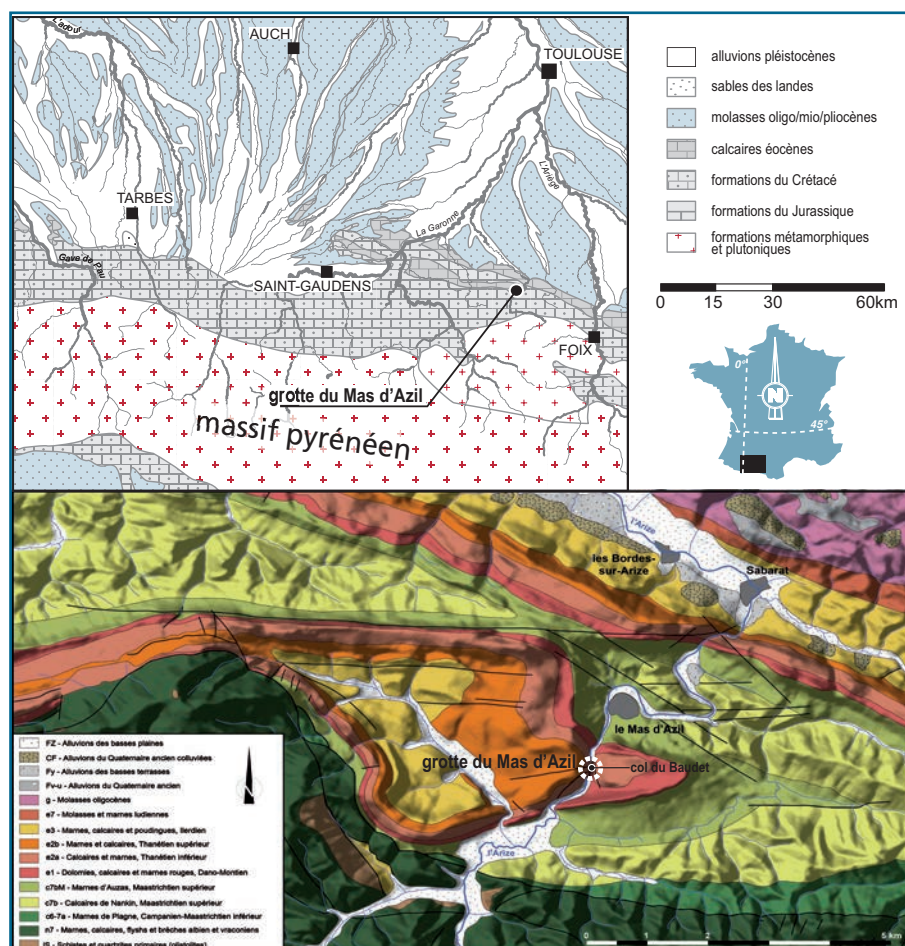


Figure 1 : Contexte géologique de la grotte du Mas d'Azil (d'après Bilotte *et al.*, 1988).
Geological context of the Mas d'Azil cave (after Bilotte *et al.* 1988).

engorgement de la perte de l'Arize. Chaque boucle de recoupement hydrogéologique correspond :

- à une alimentation par les pertes de la rivière en amont dont les eaux résurgent en aval après avoir décrit une boucle convexe ; cette morphologie est guidée par les pendages de la terminaison périclinal ; ce type de circulation est contrôlé par la dynamique de la rivière en période d'aggradation alluvionnaire ;
- à un second type d'alimentation correspondant au drainage de la surface du plateau qui rejoignait la boucle contemporaine par des galeries calées sur la fracturation (N140-150°E) ; ce type de circulation est contrôlé par l'hydrodynamique des infiltrations dans le sens du pendage selon de forts gradients hydrauliques et correspond donc particulièrement aux périodes d'incision.

La galerie des Silex ou la salle des Conférences et la salle Mandement illustrent remarquablement les morphologies de boucles souterraines de recoupements de méandres. Les différents étages sont reliés par des galeries inclinées dites de « raccordement », creusées dans le sens du pendage et souvent guidées par la fracturation N140°E-N150°E.

C. Les remplissages détritiques de la grotte

Toute une série de remplissages détritiques et chimiques a été observée dans les galeries de la grotte. Leurs relations géométriques, parfois complexes, témoignent de différentes étapes du fonctionnement de la cavité. L'essentiel des remplissages détritiques de la grotte du Mas d'Azil est allochtone, apporté par l'Arize. Les remplissages autochtones, quant à eux, sont issus de l'écaillement et de l'effondrement des parois et des voûtes mais aussi, dans un seul secteur, des cailloutis calcaires provenant directement de la surface du plateau.

Dans le conduit principal, l'Arize coule sur des blocs calcaires de taille variable, effondrés de la voûte. Elle charrie également des alluvions (sables, graviers et galets) provenant du versant nord des Pyrénées. On y reconnaît notamment des galets de roches cristallines (granites), des schistes, des quartzites etc., ainsi que des calcaires prélevés tout le long de son parcours.

II. Résultats : évolution morphosédimentaire de la grotte du Mas d'Azil

Le programme de études interdisciplinaires engagé dans la grotte du Mas d'Azil (cf. *supra*) a pour ambition de dresser un état des lieux archéologique, karstologique et géoarchéologique, afin d'avoir une vision globale de son

évolution. Dans ce cadre, les différents corps sédimentaires ainsi que les formes de parois associées sont systématiquement repérés et cartographiés. Des relevés de logs et de coupes stratigraphiques, en grande partie révélés par les multiples fouilles archéologiques et les aménagements touristiques dans la grotte depuis le XIX^e siècle, permettent de préciser leur géométrie, leur développement et leurs relations altitudinales. Des sondages archéologiques ciblés complètent ces observations.

Enfin, une série de datations, par différentes méthodes selon l'objet visé (OSL / 14C / U/Th), a été engagée sur différentes formations sédimentaires ou sur les *artefacts* qu'elles contiennent afin de proposer un cadre chronostratigraphique précis de leur mise en place.

Ainsi, plusieurs séquences fluviales ont été distinguées au sein de la cavité. Les plus importantes d'entre elles se situent dans les salles du Théâtre, du Temple et Mandement (figure 2). Elles diffèrent principalement par leur degré d'altération mais aussi par l'organisation des sédiments au sein du dépôt.

Figure 2 : Plan topographique de la grotte du Mas d'Azil (d'après les archives DRAC Occitanie/F. Rouzaud, Y. Le Guillou, X. Leclerc, Spéléo-club de l'Arize, complétées par les levés V. Arrighi, Inrap 2016). *Topographic plan of the Mas d'Azil cave (after DRAC Occitanie archives / François Rouzaud, Y. Le Guillou, X. Leclerc, Arize caving club completed in the mapping of V. Arrighi, Inrap 2016).*



A. Les remplissages fluviaux les plus anciens : salle Mandement et salle du Temple

Dans la salle du Temple, on retrouve des placages alluviaux sur quasiment toute sa hauteur (plus de 17 mètres) contre les parois nord et est (figure 3). Deux faciès principaux sont identifiés. Le premier (fenêtres A, B, C), dans la partie inférieure de la salle, correspond à des galets, des graviers, des sables et des limons lités qui présentent des figures sédimentaires nettes (tuilage et stratification entrecroisée). Certains éléments ont subi une altération assez marquée, comme les galets de schistes qui sont devenus tendres. Quelques blocs calcaires émoussés et présentant un cortex pulvéulent assez épais sont également présents. Ils sont souvent recouverts d'une pellicule ferro-manganique noirâtre liée elle aussi aux processus d'altération post-dépositionnels. Le second faciès (fenêtres D et E), observé dans la partie supérieure de la salle du Temple et dans la salle Mandement, correspond à des

blocs de quartz roulés, désordonnés, mêlés à des blocs calcaires, emballés dans une matrice sablo-gravillonneuse hétérogène, elle aussi très oxydée (photo 1).

La position de ces placages montre que cette partie de la cavité a été entièrement colmatée par les alluvions de l'Arize, certainement dans une période assez ancienne du Pléistocène.

Ces placages sont systématiquement associés à des morphologies de lapiaz de voûte et de parois (photo 2), témoins d'un fonctionnement paragénétique, ce qui permet de faire lien entre cette importante phase d'aggradation sédimentaire et la formation de certains conduits.

B. Les colluvions issues du plateau : salles des Conférences et Mandement

Dans les salles des Conférences et Mandement ainsi que dans la partie est de la galerie des Ours (figure 2), des cailloutis calcaires sub-anguleux, emballés dans une matrice argilo-limoneuse brune, sont emboîtés dans les dépôts fluviaux. Ils admettent aussi quelques galets et graviers allochtones. Au sein de ces dépôts, des ossements de grands mammifères (Ours, Rhinocéros, Proboscidiens...) ont été découverts lors des fouilles archéologiques anciennes. Ces cailloutis calcaires correspondent à des gélifractions formés à la surface du plateau sous l'action des agents climatiques en période froide, puis ont été secondairement introduits dans la grotte et sont déposés en discordance sur les remplissages fluviaux anciens. Les quelques alluvions mélangées à ces matériaux peuvent soit être remaniées à partir des remplissages fluviaux anciens de la grotte, soit provenir eux aussi de la surface et correspondre à d'anciennes alluvions de l'Arize, préservées au-dessus de la grotte, au niveau du col de Baudet.

Les processus d'arrivée de ces matériaux dans la grotte restent encore à déterminer (ruissellement, solifluxion, lave torrentielle...), mais ils ont été apportés via les galeries du Renne qui débouchent dans la salle des Conférences et dans la salle Mandement. On peut suivre ces dépôts jusque dans la partie orientale de la galerie des Ours où ils sont couverts par des limons d'origine fluviale.

Les témoins de la dernière période glaciaire : la stratigraphie des salles Théâtre / Rotonde / Stérile / Piette :

La dernière séquence fluviale, qui a colmaté une partie de la grotte du Mas d'Azil, se situe principalement dans la salle Théâtre / Rotonde (figure 2). Elle est très bien calée chronologiquement depuis la découverte inédite de niveaux d'occupation aurignaciens qu'elle recouvre (Jarry et al., 2013a et b).

Figure 3 : Les différents faciès de remplissage fluvial dans la salle du Temple.

Cliché : M. Renda, Spéléo-Club de Béziers, 3D International Team / Levé et DAO : C. Pallier, Inrap.

The various fluvial filling facies in the Temple room.

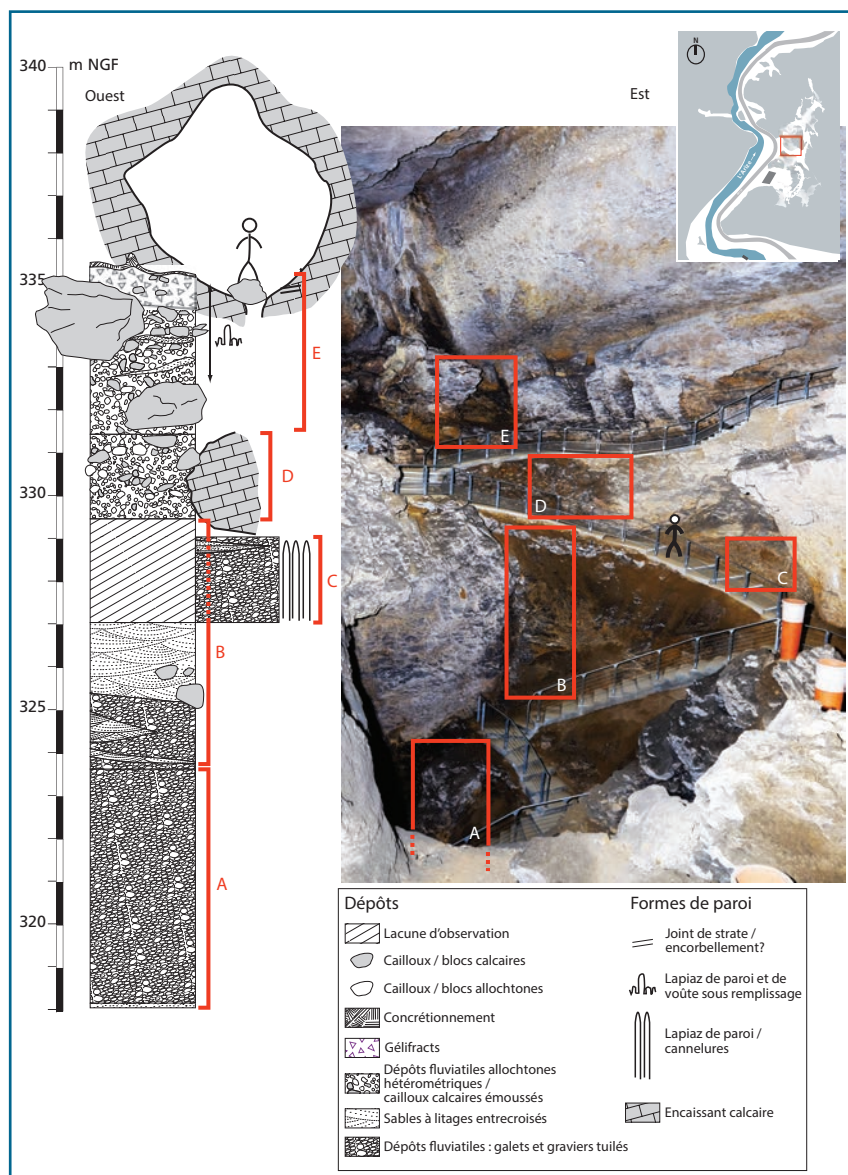




Photo 1 : Galets allochtones hétérométriques altérés à matrice sableuse oxydée dans la salle du Temple, fenêtre d'observation E de la figure 2. Cliché C. Pallier, Inrap.
Altered heterometric allochthonous pebbles with an oxidized sandy matrix in the Temple room, observation window E of the figure 2.



Photo 2 : Cannelures de dissolution de paroi formées sous remplissage dans la salle du Temple. Cliché D. Gliksman, Inrap.
Wall dissolution grooves caused by filling process in the Temple room.

De la base vers le sommet, on distingue (figure 4) :

- sur les calcaires encaissants, un éboulis (I) de blocs et cailloux calcaires anguleux à petites cannelures de dissolution paragenétique, emballés dans une matrice d'argile ocre infiltrée postérieurement à l'ébouilisation ;
- en discordance sur cet éboulis et sur/contre les calcaires encaissants, une brèche (II) de cailloux calcaires jointifs entre lesquels s'insèrent des lentilles ou des niveaux discontinus de limons rosâtres légèrement indurés, à charbons, ossements brûlés ou non, et silex attribués à l'Aurignacien. Cette brèche est englobée dans une matrice d'argile ocre, à indurations ferrugineuses noirâtres dans la partie supérieure ; ces argiles contiennent quelques ossements de faune. Cette brèche correspond à un léger remaniement ou à une déformation de niveaux d'occupation aurignaciens, totalement inédits à cet endroit de la cavité avant le diagnostic en archéologie préventive de 2011 ;
- au-dessus, une série de sous-séquences sédimentaires alluviales à galets, graviers et sables (III et IV). Les structures sédimentaires à litages entrecroisés sont très nettes. Un niveau plus riche en blocs calcaires souligne la base des sous-séquences. Ces blocs émoussés ont été soumis à un régime d'écoulement épinoyé. Au-dessus, les alluvions reposent en nette discordance angulaire sur les blocs calcaires sous-jacents qu'elles fossilisent. Le sommet est souvent tronqué par la sous-séquence suivante. Ces

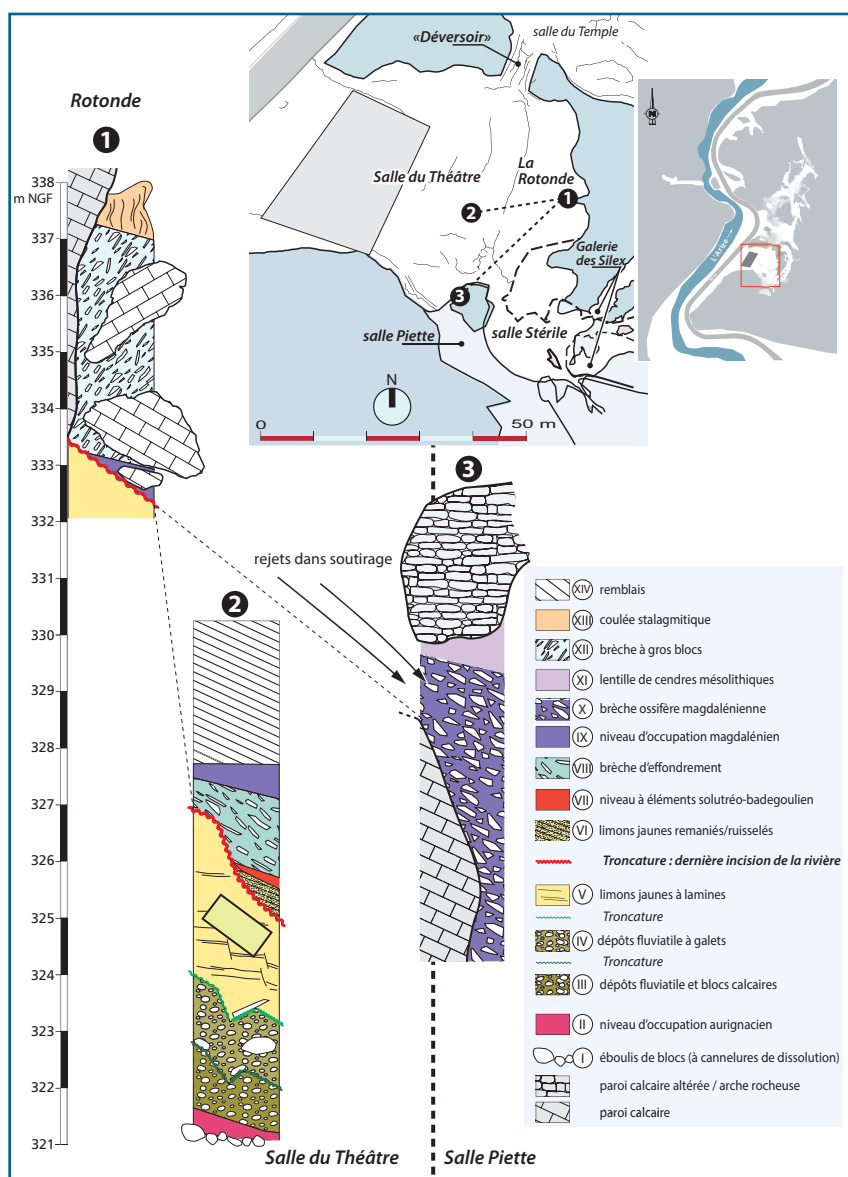


Figure 4 : Stratigraphie de la dernière période glaciaire dans les salles du Théâtre/Piette.
Stratigraphy of the last glacial period in the Theater/Piette rooms.

alluvions, originaires de l'Arize, sont épaisses de plusieurs mètres (jusqu'à 5 m). Ce dépôt traduit une aggradation sédimentaire qui recouvre progressivement le niveau incliné de blocs ainsi que le matériel archéologique aurignacien (II) ;

- cette séquence alluviale est scellée en *onlap* par une épaisse accumulation de limons jaunâtres (V) de plusieurs mètres d'épaisseur, jusqu'au « Déversoir », ouverture en hauteur qui débouche sur la salle du Temple. Cette formation massive et relativement homogène présente un litage régulier, concordant et horizontal. Chaque lamine débute par un petit niveau sableux fin et passe progressivement à des limons beiges. Elle correspond à une dynamique de décantation, en lien avec l'obstruction du conduit principal qui empêche l'écoulement et provoque la formation d'une retenue d'eau en amont. Ce dépôt de limons est présent dans l'ensemble des salles Théâtre/Rotonde et se poursuit dans la galerie des Silex, jusqu'à sa jonction avec la salle du Temple ;
- le toit de ces limons correspond à une discordance majeure, induite par l'érosion de cette formation lors du retour à une dynamique d'incision de la rivière dans la grotte. La réactivation d'un important soutirage entre la salle du Théâtre et la salle Piette a créé une topographie très différenciée : une partie de la surface est restée relativement plane dans la partie nord et est de la salle de la Rotonde, à proximité de la paroi, alors que dans la partie sud de la salle, les limons ont été soutirés créant ainsi un pendage assez important vers le sud (environ 30°) ; d'ailleurs, à proximité de ce talus, les lits de limons et de sables très fins sont affectés par des systèmes de micro-failles et des déformations ductiles. Ces limons sont parfois totalement déstructurés et on ne retrouve plus les litages ;
- au-dessus, des limons fins beige clair (VI), plus sableux, ont été remaniés par des ruissellements sur la surface d'érosion. Ils emballent de rares petits cailloux calcaires et contiennent un lit de sables fins grisâtres, lités, à petits galets mous, preuve de la remobilisation du sédiment depuis l'amont ; une nouvelle troncature affecte cette formation, qui se biseaute vers le nord ; sur cette surface d'érosion, à la base des éboulis sus-jacents, on observe des vestiges ténus de fréquentation humaine

(VII) (ossements d'oiseau, de canidé, charbons et coquillage percé) datés de la fin du Solutréen et du Badegoulien (Beta-445879 : Cal BP 24 420 - 24 075 / Beta-421733 : Cal BP 21850 - 21550) ;

- une brèche localisée (VIII), d'environ 3 mètres de puissance maximum, vient sceller une partie de cette surface d'érosion. Elle est constituée de blocs et cailloux calcaires jointifs, très altérés. Les cailloux calcaires correspondent certainement à des blocs plus gros altérés et fragmentés *in situ*. Cette brèche se biseaute rapidement vers le nord ;
- au-dessus, des niveaux correspondant aux vestiges de l'occupation magdalénienne (IX et X) se développent dans l'ensemble des salles Théâtre/Rotonde/Stérile, dans la galerie des Silex, ainsi que dans la salle Piette. Au cours des XIX^e et XX^e siècles, de nombreux préhistoriens de renom sont venus fouiller cette partie de la grotte ; c'est pourquoi nous ne retrouvons aujourd'hui que des lambeaux de cette vaste occupation, à l'occasion de l'ouverture de quelques sondages ciblés ;
- d'importants effondrements de paroi et de plafond ont couvert une partie de ces niveaux d'occupation (XII). Ces brèches stériles sont localisées dans des zones de fragilité comme la faille N010°E (brèche de la salle Stérile et brèches au-dessus de la salle Piette) et dans les zones de fissures où des ruissellements récurrents ont favorisé l'altération *in situ* de la paroi, et l'ont ainsi sensibilisée à l'action du gel (brèche de la Rotonde et salle Piette). Ces processus semblent particulièrement actifs à partir du Magdalénien supérieur (Beta-322955 : Cal BP 13 580 - 13 360) et se poursuivent au moins jusqu'au Néolithique, comme en témoigne la brèche de la salle Stérile (Beta-421734 : Cal BP 6 660 - 6 495) ;
- au niveau de ces mêmes zones de fragilité, des spéléothèmes (XIII) couvrent une partie des brèches, marquant le retour à un contexte climatique plus tempéré.

III. Discussion : une nouvelle histoire de la grotte

Les faciès sédimentaires distingués dans la grotte du Mas d'Azil permettent de restituer différentes dynamiques de dépôt ou d'érosion et de comprendre la mise en place de chaque corps sédimentaire. Les relations géométriques de ces

derniers, très complexes, permettent de proposer une chronologie nouvelle de l'évolution morphosédimentaire de la grotte, qui a conditionné son accessibilité à l'Homme mais aussi à la faune tout au long du Quaternaire.

A. Évolution de la grotte : aggradation et décolmatage des salles du Temple / Mandement / du Guano

La phase d'aggradation sédimentaire la plus ancienne identifiée est représentée par un important colmatage alluvial, sans doute synchrone de la formation de la plupart des conduits paragénétiques. Puis l'Arize a repris une dynamique d'écoulement libre et a recreusé ce remplissage, aujourd'hui altéré. C'est alors qu'elle a vidé une partie des salles et galeries de la grotte, comme le montrent les morphologies de banquettes et de coups de gouges sur les parois de la galerie de raccordement entre la salle du Temple et la galerie principale, où coule la rivière.

Dans la partie supérieure du réseau (secteur Mandement / Conférences), ces galeries nouvellement vidées ont permis des soutirages depuis la surface. Ce processus a entraîné un recolmatage partiel de certaines galeries, cette fois par l'arrivée de gélifractions calcaires ou de coulées boueuses venues du plateau, emballant parfois des vestiges paléontologiques. Malgré cela, une partie des galeries a été rendue accessible aux animaux. C'est ainsi, dans ces vides disponibles, que les Ours des cavernes ont pu accéder à la galerie des Ours pour s'en servir de refuge.

Lorsque cette phase de décolmatage s'est achevée et que la rivière a établi son cours actuel, au fond de la galerie principale, des populations humaines ou de la faune ont alors pu accéder à la grotte. C'est dans ce contexte que les Aurignaciens ont occupé une partie de la cavité.

B. Histoire de la séquence du dernier glaciaire et occupation de la cavité

La seconde phase d'aggradation sédimentaire est enregistrée dans les salles Théâtre/Rotonde et dans la galerie des Silex. Bien calée chronologiquement, elle commence au début de la dernière période glaciaire au cours de l'OIS3, après l'Aurignacien, peut-être au cours du Gravettien comme semble en témoigner un charbon daté d'environ 31 000 cal BP (Beta-315505 : cal BP 31 070 - 30 670)

dans les sédiments remaniés issus de l'érosion des sols archéologiques. Ces dépôts fluvio-lacustres scellent les niveaux d'occupation aurignaciens, sur environ 15 m d'épaisseur en plusieurs temps. L'Arize, dans une dynamique globale d'aggradation, exhausse peu à peu son lit en déposant plusieurs sous-séquences d'alluvions grossières (galets et sables lités). Lorsque l'exhaussement du lit de l'Arize est suffisant pour obstruer le conduit principal en aval, l'écoulement est bloqué et une retenue d'eau se forme à l'amont. Celle-ci enregistre alors un dépôt lacustre de limons lités avec de fins niveaux sableux, qui ennoie une grande partie de la salle du Théâtre ainsi que la galerie des Silex. Pendant cette période, la grotte devient inaccessible à toute incursion humaine.

Un nouvel épisode érosif majeur intervient alors que le cours de l'Arize regagne la galerie principale. Les dépôts fluviaux sont partiellement érodés et localement soutirés lors de la réactivation de conduits sous-jacents. Sur la surface d'érosion des limons lacustres, les vestiges ténus d'une fréquentation humaine de la fin du Solutréen et du Badegoulien marquent alors le retour dans la grotte des populations humaines à partir du tout début du Dernier Maximum Glaciaire (OIS2). Ces vestiges ont été préservés localement grâce à une brèche d'effondrement.

À partir de ce moment, la rivière n'a plus jamais atteint ces espaces et les populations humaines ont alors investi toutes les parties de la cavité qui sont redevenues accessibles, certains secteurs étant restés colmatés. C'est particulièrement le cas au Magdalénien moyen, pendant lequel la grotte a été densément occupée comme en témoignent les très abondants vestiges recueillis lors des nombreuses fouilles aux XIX^e et XX^e siècles. Les quelques lambeaux d'occupations qui restent permettent toutefois de cerner la paléotopographie de cette occupation. Celle-ci se développait au toit du dépôt de limons présents depuis la paroi est de la salle de la Rotonde jusqu'au conduit principal, où la surface de cette formation limoneuse formait un vaste talus (Pouech, 1859) ; elle se développait également sur la pente créée par le soutirage de la salle Piette. Vers le sud, dans la salle Stérile, il reste des vestiges d'occupation au débouché des deux ouvertures de la galerie des Silex.

Le faciès de cette occupation magdalénienne, composé de limons fortement thermorubéfiés emballant de nombreux charbons, *artefacts* et ossements de faune dans la partie supérieure de la salle Théâtre-Ronde, se modifie significativement au niveau du soutirage. Les dépôts deviennent alors grossiers, sous forme de brèches ossifères constituées de blocs calcaires anguleux et d'ossements dans une proportion pouvant atteindre environ 50 %, liés par un ciment calcaire. Ces brèches ont notamment comblé la salle Piette en grande partie, sous forme de plusieurs cônes de débris coalescents, la rendant inaccessible. Cette salle a d'ailleurs été totalement vidée par les ouvriers d'E. Piette à la fin du XIX^e siècle (Delporte, 1987). Il ne reste donc aujourd'hui que des lambeaux de cette brèche, plaqués contre la paroi. Ce faciès correspond vraisemblablement à une zone de rejets depuis des occupations situées au-dessus dans la Rotonde et à l'entrée sud de la galerie des Silex. Une datation radiocarbone sur os indique une mise en place d'une partie de ces dépôts au Magdalénien moyen (Beta-315510 : Cal BP 16 890 - 16 790). La répartition de ces faciès sédimentaires et leurs relations géométriques commencent à dessiner une organisation de l'espace occupé au cours du Magdalénien, avec des zones d'occupation et des zones de rejets, peu à peu comblées. Les zones ornées apportent un complément d'information sur l'occupation de l'espace, dans la mesure où l'on peut constater que les Magdaléniens sont allés dans toutes les parties accessibles de la grotte.

À partir du Tardiglaciaire ou du début de l'Holocène, les brèches d'effondrements de plafond et de paroi couvrent localement de façon importante le Magdalénien. Mais quelques vestiges, comme une lentille cendreuse datée du Mésolithique (Beta-322954 : Cal BP 10 680 - 10 410) (Jarry et al., 2017) ou des lentilles de matière organique végétale insérées dans les brèches datées du Néolithique, témoignent de la persistance de l'occupation, bien qu'elle soit beaucoup moins extensive et présente qu'auparavant.

Ces ensembles de brèches sont partiellement scellés par des coulées stalagmitiques, qui marquent là encore un retour à des conditions plus tempérées. L'une d'elles a obstrué l'entrée paléolithique de la galerie Breuil à partir de l'Allerød (Jarry et al., à paraître).

Conclusion et perspectives

La grotte, par sa morphologie et ses dépôts, a directement enregistré une partie de l'histoire de l'Arize. En fonction des conditions environnementales quaternaires, le cours d'eau a connu plusieurs phases de remblaiement alluvial puis d'incision. À chaque fois, la cavité en a préservé d'importants témoins dont nous avons pu reconnaître la géométrie et la succession.

Dans une partie du réseau, d'importants remplissages d'alluvions siliceuses sont associés à des morphologies pariétales caractéristiques d'une évolution paragénétique (lapiaz de paroi et chenaux de voûte). C'est donc par ce processus que les galeries latérales en forme de « boucle » ont été creusées, selon le pendage des couches calcaires. Lorsque l'Arize revient à une dynamique d'incision, elle recrée ce remplissage et reprend un écoulement libre dans une galerie inférieure ou dans la galerie initiale. Une partie des galeries est alors peu à peu décolmatée, entièrement ou partiellement, conférant à la grotte une topographie complexe de salles d'effondrement raccordées entre elles par plusieurs conduits.

Pendant cette phase, des jonctions avec la surface permettent, localement, l'apport de sédiments du plateau qui emballent parfois des vestiges paléontologiques.

La grotte du Mas d'Azil a de cette façon connu une alternance de phases de colmatage et de décolmatage. D'un point de vue géomorphologique, la phase d'aggradation, entraînée par un accroissement massif de la charge sédimentaire charriée par l'Arize, est liée à l'érosion des versants montagneux en amont, en contexte périglaciaire, et constitue donc un marqueur climatique.

La grotte recèle l'enregistrement d'au moins deux de ces phases. La première, dont les témoins résident dans la partie nord du réseau, correspond à une période ancienne du Pléistocène. Un os de faune de chiroptère, situé dans les dépôts qui scellent les sédiments fluviaux, aurait été estimé à 300 ka (OIS 7) (comm. orale J. G. Astruc, détermination B. Sigé).

La seconde phase, exprimée dans la partie sud du réseau, est bien calée chronologiquement par l'intercalation des dépôts fluviaux entre deux niveaux archéologiques datés, à la base de l'Aurignacien, au sommet du Solutréen-Badegoulien.

Ce dernier épisode d'aggradation/décolmatage, intervenu pendant la dernière période glaciaire, apporte plusieurs informations géoarchéologiques. À l'échelle de la grotte du Mas d'Azil, il a empêché tout accès aux populations humaines pendant plusieurs milliers d'années, entre le Gravettien et le Solutréen. Ce n'est qu'après le retour de la rivière dans la galerie principale, au cours duquel elle a évacué une partie de ses sédiments, que les populations humaines ont pu à nouveau entrer dans la grotte, à partir de la fin du Solutréen, puis l'occuper de façon massive au Magdalénien.

Cet épisode d'aggradation/décolmatage a totalement remodelé la physionomie de la grotte. En effet, l'accumulation de sédiments fluviaux qui ont envahi les salles et galeries après l'Aurignacien, a certainement obstrué certains conduits, les rendant alors inaccessibles ou contrai-

gnant leur accès (comme à la galerie Breuil par exemple). Cette sédimentation a ainsi modifié totalement les conditions de circulation et d'occupation au sein même de la grotte. En outre, des niveaux ou d'éventuelles traces d'occupations antérieures ont pu être oblitérés par ces dynamiques fluviales.

À l'échelle de la vallée, à l'extérieur de la grotte, le détail de cette dernière phase d'aggradation n'est pas perceptible avec la même précision géométrique ni la même résolution chronologique. Les archives sédimentaires présentes dans cette cavité ont ainsi permis un enregistrement de haute résolution, que l'on pourra corréliser avec l'édification des terrasses alluviales et de leurs couvertures limoneuses en aval de la grotte. Elles constituent un référentiel de l'évolution géomorphologique de la vallée de l'Arize à la fin du Pléistocène.

Remerciements

Cette contribution a été réalisée dans le cadre de la prospection thématique et du programme collectif de recherche « Les archives d'une grotte : des archives historiographiques aux archives sédimentaires » dirigés par Marc Jarry, Céline Pallier, Laurent Bruxelles et François Bon. Ce programme est soutenu par le Ministère de la Culture et de la Communication, l'Inrap (Institut national de recherches archéologiques préventives), le laboratoire Traces UMR5608, l'Université de Toulouse Jean Jaurès et l'association Grottes&Archéologies. Nous remercions également les relecteurs Gregory Dandurand, Stéphane Jaillet, Benoît Losson pour leurs précieuses remarques, et Claire-Hélène Jalade pour les traductions en anglais.

Bibliographie

BIGOT J.-Y., 2010 - Les captures subverticales et subhorizontales, quelques exemples. *Actes de la 20ème Rencontre d'Octobre, Labastide-Murat*.
BILOTTE M., CASTERAS M., PEYBERNÈS B., REY J., SOULA J.-C., et TAILLEFER F., 1988 - Notice de la carte géologique du Mas d'Azil au 1/50000, BRGM, Orléans.
CAMUS H., 1999 - L'organisation des réseaux de drainage à différents stades de l'évolution du paysage karstique de la bordure carbonatée sub-cévenole (de l'Aigoual à la basse vallée de l'Hérault). In Perrette et Delannoy, eds. *Des paysages du karst au géosystème karstique, Dynamiques, structures et enregistrements karstiques*. Laboratoire de géographie de l'Université de Savoie, Le Bourget du Lac (France), p. 55-74.
COUCHOU D. I., 2006 - Étude pétrographique et isotopique de spéléothèmes du sud-ouest de la France formés en contexte archéologique : contribution à la connaissance des paléoclimats régionaux du stade isotopique 5. Thèse, université Bordeaux 1, 346 p.
DEBARD É., FERRIER F. et KERVAZO B., 2016 - Grotte Chauvet-Pont d'Arc (Ardèche) : évolution morphosédimentaire de l'entrée. Implication sur les occupations et sur la conservation des vestiges. *Quaternaire*, 27, p. 3-14.
DELANNAY J.-J., GENESTE J.-M., DAVID B., KATHERINE M., GUNN R.G. et WHEAR R.I., 2012 - Apports de la géomorphologie dans l'aménagement et la construction sociale de sites préhistoriques. Exemples de la grotte Chauvet-Pont d'Arc (France) et de Nawarla Gabarnmang (Australie). *PALEO*, 23, p. 85-104.
DELPORTE H., 1987 - *Piette, pionnier de la préhistoire*, Picard, Paris, « Les classiques français de l'histoire de l'art », 182 p.
FERRIER C., 1997 - Apports d'une Étude micro-régionale à la compréhension des paléoenvironnements préhistoriques : le karst de Karlukovo et la grotte Temnata (Bulgarie). *Quaternaire*, 8, p. 129-141.

FERRIER C., DÉBARD É., KERVAZO B., PERROUX A.-S., DELANNAY J.-J. et PERRETTE Y., 2005 - Grotte Chauvet-Salle Hillaire et salle du Crâne : contexte sédimentologique des vestiges d'origine humaine et animale, in *Recherches pluridisciplinaires dans la grotte Chauvet*, Karstologia-Mémoires n° 11, p. 35-42.
GENTY D., COMBOURIEU-NEBOUT N., PEYRON O., BLAMART D., WAINER K., MANSURI F., GHALEB B., ISABELLO L., DORMOY I., GRAFENSTEIN VON U., BONELLI S., LANDAIS A. and BRAUER A., 2010 - Isotopic characterization of rapid climatic events during OIS3 and OIS4 in Villars Cave stalagmites (SW-France) and correlation with Atlantic and Mediterranean pollen records. *Quaternary Science Reviews* 29, 2799-2820.
JARRY M., BON F., BRUXELLES L., FRITZ C., LACOMBE S., LELOUVIER L.-A., MARTIN H., RABANIT M., SIMONNET R. & WATTEZ J., 2013A - La grotte du Mas d'Azil, Tranche 2.1 : parcours de visite – parois nord et sur secteur Théâtre. Rapport d'opération, diagnostic archéologique, INRAP GSO, 128 p.
JARRY M., PALLIER C., BON F. et BRUXELLES L. (DIR.), 2013B - La grotte du Mas d'Azil, cartographie archéologique et géoarchéologie. Prospection thématique, rapport d'activités pour l'année 2013, 148 p.
JARRY M., PALLIER C., BRUXELLES L., BON F., LEJAY M., ANDERSON L., POTIN Y., PETILLON J.-M., LACOMBE S., LELOUVIER L.-A., MARTIN H., RABANIT M., SIMONNET R. & WATTEZ J., 2017 - L'Aurignacien de la grotte du Mas d'Azil, résultats des opérations 2011-2015. Actualités, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, p. 575-579.
JARRY M., PALLIER C., BRUXELLES L., BON F., ANDERSON L., ARRIGHI V., CAMUS H., COMMELONGUE M., FRITZ C., GHALEB B., LEJAY M., POTIN Y., RABANIT M., SALMON C. et TOSELLO G., à paraître - The secret entrance of the "galerie Breuil" into the cave of the Mas

d'Azil (Ariège, France). Colloque « Ostensible ou caché : la question de la visibilité dans la compréhension de l'art pariétal/rupestre préhistorique/Conspicuous or hidden: the issue of visibility in the understanding of prehistoric Rock Art / Ostensible u oculto: la cuestión de la visibilidad en la comprensión del arte parietal/rupestre paleolítico », IFRAO Cacerès 2015.
MOCOCHAIN L., AUDRA Ph., BIGOT J.-Y., CLAUZON G., BELIER O. et MONTEIL Ph., 2010 - Quel est l'âge du canyon de l'Ardèche (Ardèche, France) ? *Actes du colloque « Le karst, indicateur performant des environnements passés et actuels »*, La Pierre Saint-Martin 2007. Journées de l'AFK. Karstologia Mémoires n° 17, p. 201-213.
NICOD J., 1997 - Les recoupements karstiques de méandres encaissés. *Karstologia*, n° 30, p. 41-48.
PERRETTE Y., 2000 - Étude de la structure interne des stalagmites : contribution à la connaissance géographique des évolutions environnementales du Vercors (France) : développement et application d'une approche multiparamètre des archives stalagmitiques. Thèse, université de Savoie, 324 p.
POUECH J.-J., 1859 - Sur les terrains tertiaires de l'Ariège dans les environs du Mas d'Azil. *Bulletin de la société géologique de France*, 2^{ème} série, t. 16, p. 381-341.
QUINIF Y. and MAIRE R., 1998 - Pleistocene deposits in Pierre Saint-Martin cave, French Pyrenees. *Quaternary Research* 49, 37-50.
VANARA N. (coord), 2016 - Karstologie de la colline de Gaztelu. In Garate D., *Les grottes ornées de la colline de Gaztelu (Saint-Martin-d'Arberoue, Pyrénées-Atlantiques)*. Étude de l'art pariétal paléolithique : Isturitz, Oxocelhaya-Haristoya et Erberua. Projet programme. Rapport. Service régional de l'archéologie d'Aquitaine, 23 p.
WAINER K., 2009 - Reconstruction climatique des derniers 200 ka à partir de l'étude isotopique et géochimique des spéléothèmes du sud de la France. Thèse, université Paris 11, 232 p.