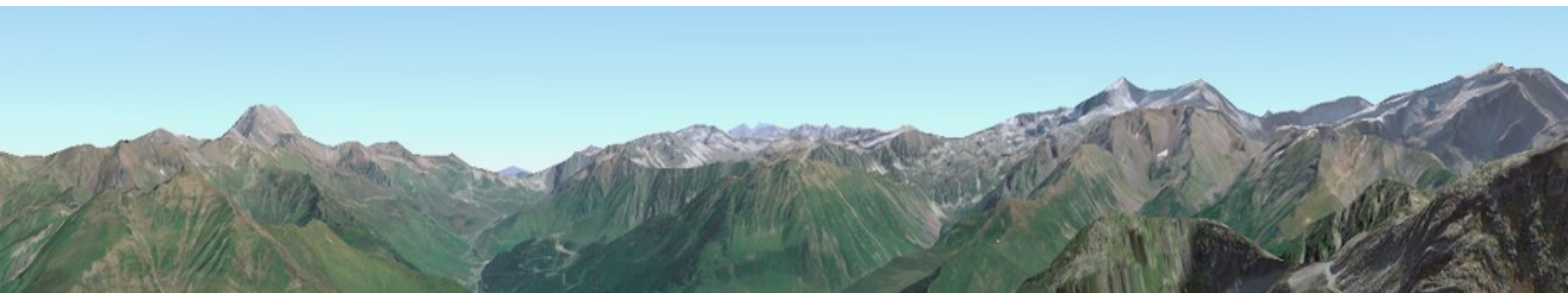


Année universitaire 2021-2022



La transition Magdalénien inférieur et moyen dans les Pyrénées centrales : Des dynamiques de sédimentation des sites à la taphonomie des occupations humaines



Présenté par Maxime Olivo

-

Sous la direction de François Bon, professeur des universités (TRACES UMR 5608), et Céline Pallier, géomorphologue (INRAP, TRACES UMR 5608)

Mémoire présenté le 06/07/2022 devant un jury composé de :

François Bon – Professeur des universités, archéologue préhistorien (TRACES UMR 5608)

Céline Pallier – Géomorphologue (INRAP, TRACES UMR 5608)

Sandrine Costamagno – Directrice de recherche, archéozoologue (CNRS, TRACES UMR 5608)

Magali Delmas – Maître de conférence, géomorphologue (HNHP-PAST UMR 7194)

Mémoire de **Master 2** mention **Histoire, Arts et Archéologie**
Spécialité *Arts et Cultures de la Préhistoire et de la Protohistoire : Europe, Afrique*

Remerciements

Je souhaite adresser mes premiers remerciements à François Bon et Céline Pallier. Je les remercie de tout cœur d'avoir accepté de m'encadrer durant cette année de Master 2, riche en projets et en apprentissage, et pour leurs conseils, leur soutien et leur écoute. Merci François, pour m'avoir épaulé deux années durant, et de m'avoir donné cette énergie dans mes projets de recherche en Préhistoire. Cela a été un plaisir, et avant tout un honneur, de travailler sous ta direction. Merci Céline, pour le temps que tu as consacré au suivi de ce présent mémoire, pour ton expertise et tes conseils avisés qui ont su me donner le goût des sciences de la Terre et du terrain. Je te suis également reconnaissant de m'avoir pris sous ta tutelle lors du stage en géomorphologie que j'ai effectué au sein de l'Inrap.

Je remercie également les chercheuses et chercheurs que j'ai rencontrés cette année, et qui m'ont aidé dans mes recherches universitaires. J'adresse mes remerciements aux membres de l'équipe enseignante du Master ASE2P, pour leur pédagogie et leur intérêt porté à mes thématiques de recherche tout au long de ma formation au sein de l'université. Un très grand merci à Marc Jarry, qui m'a donné la chance d'effectuer un stage de géoarchéologie à la base Inrap de Saint-Orens, stage qui m'a passionné et que j'ai fait avec un immense plaisir en parallèle de mon cursus Master. Cette opportunité m'a permis de découvrir le monde de l'archéologie préventive et du terrain, pour lequel j'ai développé une forte affinité. Je remercie au passage Didier Cailhol, pour les conversations que nous avons eues et ses précieux conseils, ainsi que toute l'équipe des professionnels de la base Inrap Saint-Orens pour m'avoir accueilli dans leurs locaux, ce fut un plaisir de passer du temps avec eux, ainsi que mes camarades stagiaires.

J'adresse un très grand merci à Jean-Marc Pétilion, qui m'a également apporté une aide précieuse dans la réalisation de ce mémoire, sur le bassin d'Arudy et sur le Magdalénien pyrénéen en général. Je remercie également Léa Jobart et Xavier Muth, pour leur intérêt porté à mon travail et de m'avoir permis de travailler sur les grottes d'Arudy.

Un grand merci à Michel Barbaza, qui m'a offert l'opportunité de travailler sur les relevés de structures de Troubat dans un projet de monographie collective. Je le remercie également de son intérêt pour mon travail de mémoire et son savoir qu'il m'a prodigué sur la préhistoire du monde pyrénéen. Je remercie Thomas Perrin, pour ses conseils et pour m'avoir permis de travailler sur son projet de base de donnée *BDA*.

Un chaleureux merci à Delphine Barthe, du Service Régional de l'Archéologie de Toulouse, pour son temps (et sa patience!) lorsque j'ai dû consulter des rapports de travaux pour un bon nombre de sites magdaléniens pyrénéens.

Je remercie également Magali Delmas et Sandrine Costamagno, d'avoir accepté de faire partie de mon jury de soutenance et de m'apporter leur expertise dans leur domaine.

Je remercie naturellement et du fond du cœur ma famille, qui m'a soutenu sans faille dans ce projet, et mes proches, qui ont su m'épauler et m'accompagner durant cette longue aventure : mon colocataire et ami de longue date Lenny, Léo et Mathilde, Manon, Eugénie, Giuseppe, Valentina, Justin, Sixtine, Sarah, Nathan, Camille, Gaëtan, Louis, Adrian, Gildas, Christine, Loïck, et Vincent.

Table des matières

Remerciements.....	1
Introduction générale.....	3
Cadres généraux.....	4
1. Contexte chronoculturel et paléoenvironnemental.....	4
2. Contexte géographique.....	9
Protocole d'étude.....	12
1. Inventaire des stratigraphies et démarche comparative.....	12
2. Bases de données.....	14
3. L'utilisation des SIG.....	15
De l'amont vers l'aval : étude des stratigraphies de huit sites du Magdalénien nord-pyrénéen.....	16
1. Les occupations des anciennes vallées glaciaires : les grottes de Tarascon-sur-Ariège et d'Arudy.....	16
1.A. Le bassin de Tarascon-sur-Ariège :.....	16
1.B. Le bassin d'Arudy :.....	19
2. Les occupations du piémont nord-pyrénéen.....	24
2.A. La rive droite du Mas d'Azil :.....	25
2.B. Les cavernes du Volp, l'exemple d'Enlène :.....	27
3. Les Petites Pyrénées : un contexte d'occupation particulier.....	29
3.A. La grotte des Scilles :.....	30
3.B. L'abri des Harpons :.....	31
Synthèse.....	33
Conclusion.....	36
Annexes.....	38
Annexe 1 : Tableau des datations ¹⁴ C des niveaux MI, MMA et MMR des gisements étudiés.....	38
Annexe 2 : Nomenclature des échantillons.....	39
Bibliographie.....	40
Table des illustrations.....	50

Introduction générale

La présente étude s'inscrit dans le droit fil d'un mémoire réalisé en Master 1, abordant de manière synthétique les modalités d'occupation des groupes magdaléniens dans le piémont pyrénéen ariégeois (Olivo, 2021). Ce précédent travail a permis de poser les bases théoriques et méthodologiques de l'étude exposée ici, et de tracer le lien entre la structuration des Pyrénées ariégeoises et la répartition des sites magdaléniens, conditionnée par un certain nombre de facteurs géomorphologiques et paléoenvironnementaux (*ibid.*). La question des modalités d'occupation du territoire ariégeois par les groupes magdaléniens s'est posée par rapport aux « vides » archéologiques constatés dans ce même secteur. Il a été vu que les cavités karstiques constituent des emplacements stratégiques d'occupation et des pièges sédimentaires favorables à leur conservation. Au regard des résultats obtenus et des hypothèses formulées au terme de ce premier travail, l'intérêt de reproduire cet exercice à l'échelle des Pyrénées centrales, du bassin d'Arudy à celui de Tarascon-sur-Ariège, s'est avéré pertinent afin d'obtenir une vision plus globale et cohérente des occupations du piémont nord-pyrénéen. Ce vaste espace, au nombre important de sites magdaléniens, a permis d'interroger la présence du Magdalénien inférieur, sa disparité au sein des stratigraphies ainsi que sa transition avec le Magdalénien moyen. En d'autres termes, comment justifier le passage d'un piémont quasi-inoccupé à un espace de vive effervescence humaine sur un intervalle de 5000 ans ?

Par leur richesse archéologique et patrimoniale, les gisements magdaléniens nord-pyrénéens ont capté l'attention savante française depuis le XIXe siècle, et nombres de ces sites sont devenus difficilement exploitables dans le cadre de recherches actuelles. Une grande partie du corpus étudié ici souffre d'une documentation issue de fouilles anciennes, souvent lacunaire et difficile d'accès. Il sera donc question de transposer la question des lacunes archéologiques, abordées par C. Pallier dans le cadre de sa thèse sur les occupations humaines de la grotte du Mas d'Azil (Pallier, 2021), ainsi que dans le précédent travail de Master 1 (Olivo, 2021), à l'échelle des Pyrénées centrales. En mobilisant des champs disciplinaires issus des sciences de la Terre, comme la géologie, la géomorphologie et la sédimentologie, il est possible d'apporter une première réponse au sujet de ces « vides » en analysant la nature et la constitution des stratigraphies disponibles dans la bibliographie, afin de questionner l'impact du milieu et des processus érosifs sur les niveaux d'occupation humaine.

Par souci de représentativité, le choix de recouvrir un secteur aussi vaste que cette portion des Pyrénées s'avère adapté à l'étude. Il permet une approche multiscalaire en prenant en compte la singularité de chaque site dans leur contexte environnemental. Il sera question, à travers cet angle d'approche, de faire un état des lieux sur la stratigraphie des gisements les mieux documentés, et de questionner leurs dynamiques de remplissage dans l'objectif d'identifier des étapes de transition entre Magdalénien inférieur et moyen. À défaut, lorsque la phase inférieure du Magdalénien est absente, il sera question de caractériser les niveaux sous-jacents au Magdalénien moyen (ancien ou récent) et de formuler des hypothèses sur cette absence.

1. Contexte chronoculturel et paléoenvironnemental

La période magdalénienne, qui clôture les huit derniers millénaires du Paléolithique supérieur, soit entre environ 21000 et 13000 cal. BP, trouve son origine dans les travaux d'É. Lartet sur le gisement éponyme de la Madeleine à la fin du XIXe siècle (Taborin *in* Garanger, 1992). La reconnaissance de cette culture a été permise par l'identification d'un équipement lithique et osseux abondant, ainsi qu'une culture artistique et iconographique foisonnante. La première définition du Magdalénien, effectuée entre les XIXe et XXe siècles, d'après les travaux réalisés des Pyrénées au Périgord, suit un schéma se déroulant en six stades proposés par l'abbé Breuil (1913). Ce modèle, géographiquement très restreint, résulte d'une synthèse stratigraphique de sites-clés : Le Placard en Charente, Laugerie-Haute et La Madeleine en Dordogne, le Mas d'Azil en Ariège ou encore Isturitz dans les Pyrénées-Atlantiques (Breuil, 1954). Des années plus tard, la construction de Breuil se voit bouleversée par la mise en place d'une méthode d'analyse novatrice des assemblages, la typologie quantitative sous forme de listes-types développée par François Bordes, Denise de Sonneville-Bordes et Jean Perrot (Langlais, 2007, 2010). Les synthèses sans cesse enrichies du Magdalénien ont donné naissance, suite notamment aux travaux de D. de Sonneville-Bordes et de J. Kozłowski, à la notion de « faciès » culturels, suivant un schéma d'évolution chronologique plus ou moins commun, exprimant des disparités territoriales sur la base d'un type de production matérielle (Kozłowski, 1984 *cité par* Langlais, 2007 ; Sacchi, 2003 ; Langlais, 2007, 2010).

Durant la seconde moitié du XXe siècle se développe une approche proposée par André Leroi-Gourhan. Cette approche novatrice est fondée selon les méthodes de la paléontologie, l'organisation sociale des groupes magdaléniens et son analyse spatiale. Ainsi, les gisements du bassin parisien, comme Pincevent, Étioilles ou Verberie, sont devenus des références en matière d'ethnologie préhistorique et d'étude spatiale de l'habitat magdalénien, au même titre que les gisements de Gönnersdorf en Allemagne et Kostienki en Russie (Leroi-Gourhan et Brézillon, 1966, 1972 ; Pigeot, 1987 ; Taborin, 1992, 1994). Le mode de vie magdalénien est marqué par une chasse saisonnière, marquée par la cyclicité des migrations des troupeaux, dont le renne, fournissant une grande quantité de matière première, consommable ou non (Sacchi, 2003 ; Kuntz, 2011). Concernant les matières premières lithiques, les productions magdaléniennes sont marquées par le débitage du silex, souvent d'une grande qualité, et témoignant de vastes réseaux de circulations et d'échanges (Simonnet, 1996). Un autre trait caractéristique du Magdalénien s'observe par la récurrence des occupations attestées sur l'ensemble de son aire de répartition. Pour le secteur concerné dans ce travail, une très nette multiplication des gisements archéologiques s'effectue dès la phase moyenne du Magdalénien, considéré comme un « âge d'or », une « première forme de civilisation », en parallèle d'une explosion dans la production symbolique et artistique (Sacchi, 2003). Aujourd'hui, les cadres chronoclimatiques du Magdalénien ont fait l'objet de nombreux travaux qui ont permis sa structuration précise (fig. 1). Les quelques millénaires séparant le DMG (Dernier Maximum Glaciaire) du Magdalénien moyen demeurent très lacunaires et mal connus (Langlais *et al.*, 2020). Cette indigence d'occupations questionne l'activité humaine et sa présence dans les Pyrénées, ainsi que la forme sous

laquelle ces potentielles occupations nous apparaissent aujourd'hui.

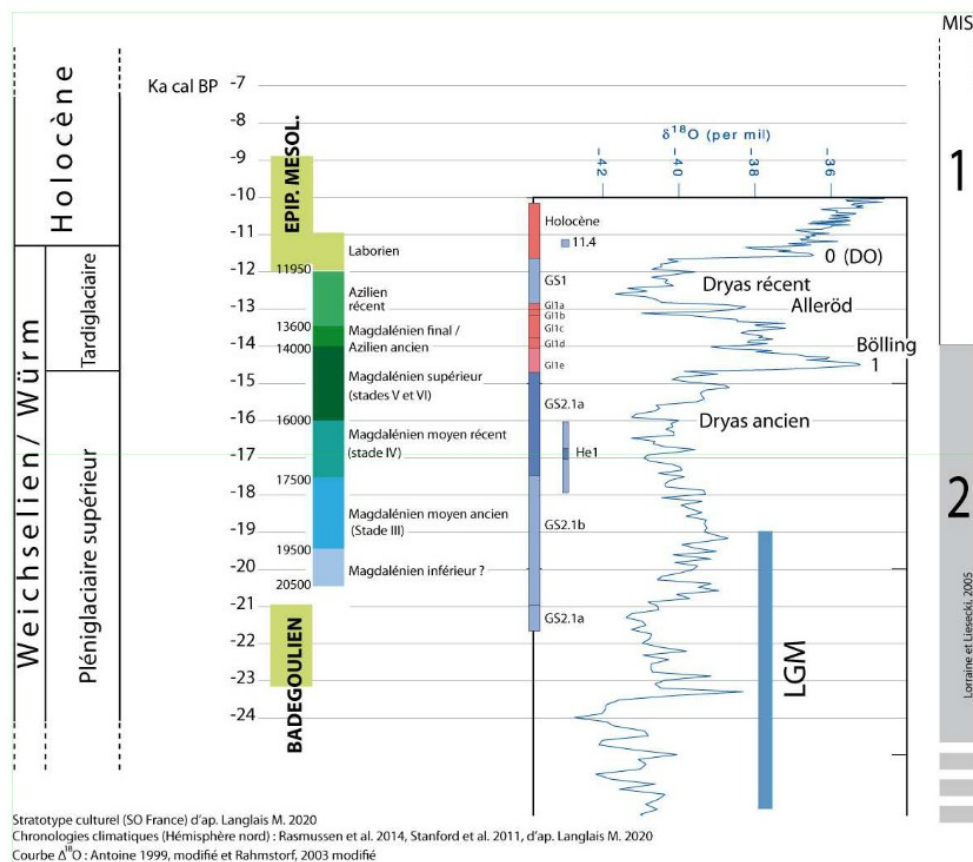


Figure 1 : Cadres chronologiques et climatiques du Magdalénien (d'après M. Langlais (2020), in Pallier 2021)

Il est important de signaler que la subdivision « Magdalénien moyen ancien et récent » (MMA et MMR) a été prise en compte dans ce travail (données MAGDATIS ; Langlais *et al.*, 2020). Le stade inférieur du Magdalénien apparaît aux alentours de 21000 – 20500 ans cal. BP (Langlais *et al.*, 2020 ; Pallier, 2021). Il recouvre la fin du Dernier Maximum Glaciaire (LGM pour *Late Glacial Maximum*) jusqu'à 19000 ans cal. BP (fig. 1), correspondant à la fin du Greenland Stadial 2.1 (GS-2.1b) de la chronologie glaciaire (Rasmussen *et al.*, 2014). Ce Magdalénien inférieur est souvent considéré comme une phase de transition entre Badegoulien et Magdalénien classique, caractérisée par un technocomplexe à lamelles à dos dextre marginal, identifié du Quercy jusqu'aux Scilles (Ducasse *et al.*, 2011 ; Langlais *et al.*, 2020). À l'échelle du monde pyrénéen, peu de sites ont été clairement attribués au Magdalénien inférieur. Nous comptons la couche B des Scilles (Langlais *et al.*, 2010), la couche C des Harpons (nous verrons qu'une complication demeure dans cette attribution) (Ducasse *et al.*, 2017), ainsi que la couche 5 de la grotte de Laa 2 dans le bassin d'Arudy (Pétillon *et al.*, 2017) (fig. 2). D'autres sites, comme Lassac dans l'Aude, Montlleó en Catalogne et Ekkain au Pays basque (Langlais, 2007) peuvent être affiliés à une phase inférieure, voire badegoulienne, du Magdalénien. Un changement s'opère autour de 19000 cal. BP, où le nombre de gisements archéologiques semble augmenter : nous entrons alors dans le Magdalénien moyen ancien (MMA), qui perdure jusqu'à 17500 cal. BP (Langlais *et al.*, 2015). Il se retrouve dans les grottes des Petites Pyrénées, aux Harpons, à Troubat, aux Espéluques et dans le bassin d'Arudy (fig.

3). Sur le plan matériel, les pointes de projectile de Lussac-Angles en sont le meilleur marqueur technoculturel (Pétillon et Averbouh, 2013). L'aire de répartition de ces industries s'étend des Pyrénées jusqu'au nord de l'Aquitaine, sur le site du Roc-aux-Sorciers. Ces pointes ont été découvertes notamment à Enlène, Marsoulas, aux Harpons et dans la grotte-abri du Moulin à Troubat, dont elles sont l'élément de diagnose principal (*ibid.*). La période suivante, le Magdalénien moyen récent (MMR), est beaucoup mieux représentée dans les séquences des gisements paléolithiques pyrénéens. Les occupations attribuées à cette phase s'étendent généralement entre 18000 à 16000 cal. BP (Langlais *et al.*, 2015), et sont réparties sur l'ensemble des Pyrénées centrales (fig. 4). Elle est contemporaine de la phase 2 de la péjoration climatique d'Heinrich 1 (Pétillon *et al.*, 2016).

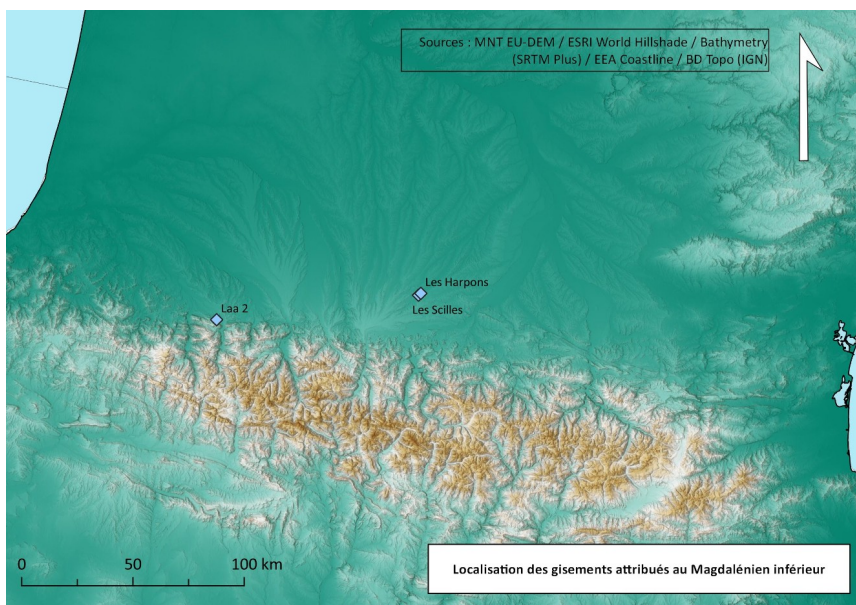


Figure 2 : Répartition des occurrences du Magdalénien inférieur dans les Pyrénées – SIG : M.Olivo

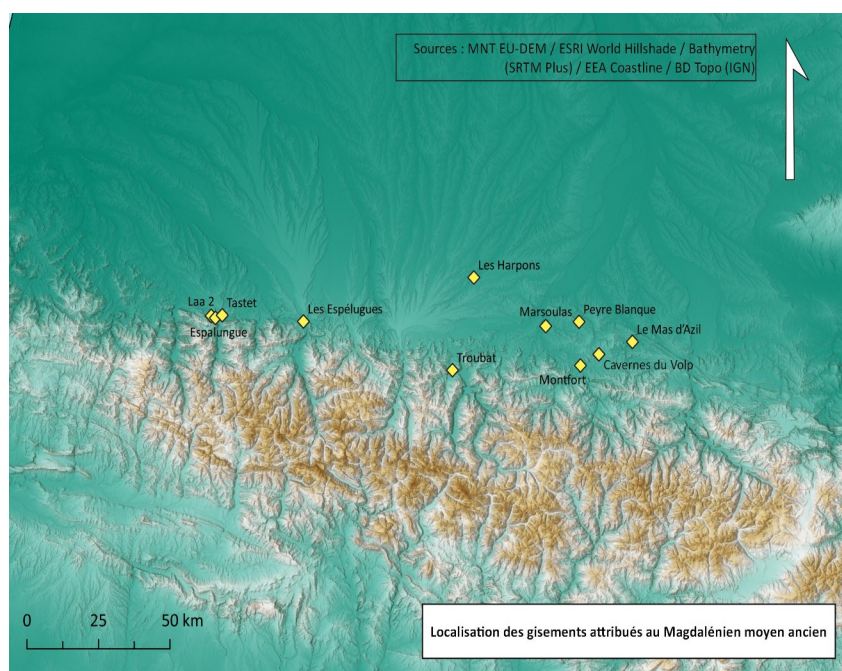


Figure 3 : Répartition des occurrences du Magdalénien moyen ancien dans les Pyrénées – SIG : M.Olivo

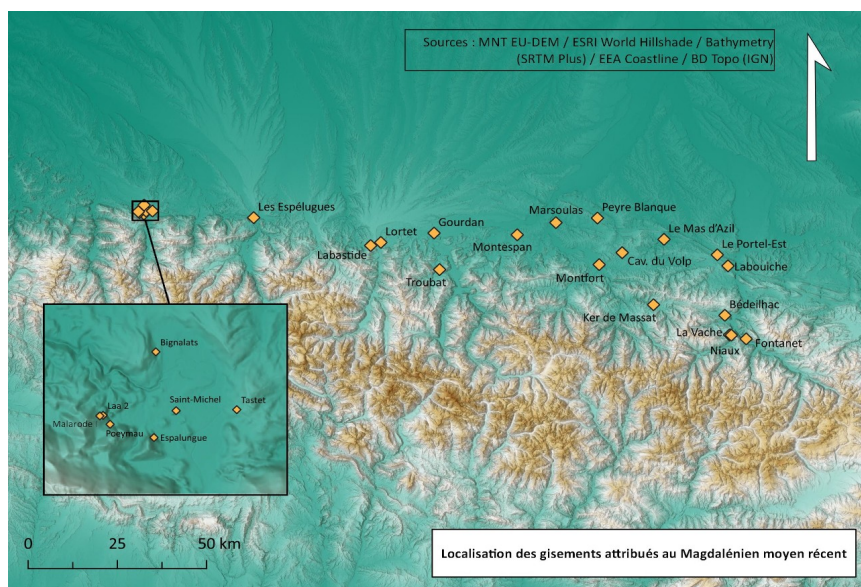


Figure 4 : Répartition des occurrences du Magdalénien moyen récent dans les Pyrénées – SIG : M.Olivo

La grande qualité de débitage des outils laminaires et la circulation à grande échelle des matières premières siliceuses sont des traits caractéristiques de cette phase du Magdalénien, en parallèle d'un fort développement de la sphère symbolique (Langlais *et al.*, 2020).

La transition entre Magdalénien inférieur et Magdalénien moyen s'opère à la fin du DMG, autour de 23000 à 19000 ans cal BP (Mix *et al.*, 2001), à l'amorce d'une phase très progressive de réchauffement climatique, caractérisée par les données isotopiques des calottes glaciaires du Groenland, et dénommée Last Glacial-Interglacial Transition (LGIT) (Wohlfarth, 1996 ; Delmas, 2015). Ce réchauffement global, responsable de la fonte des glaciers (ou déprise glaciaire), est impacté par de ponctuels épisodes de refroidissement, dont celui d'Heinrich 1, provoqué par une diminution de la température de l'Océan Atlantique (Ivy-Ochs *et al.*, 2006). La chronologie retenue dans ce mémoire s'inscrit dans un important épisode de déprise progressive des glaciers pyrénéens, bien que nos connaissances sur ces rythmes de déglaciations soient encore incomplètes. Cependant, certaines vallées attestent de déprises rapides et précoces, comme le massif du Carlit dans les Pyrénées-Orientales, à travers l'étude des dépôts morainiques (Delmas, 2005, 2015). Lors du Pléniglaciaire, la chaîne pyrénéenne était englacée de la vallée du Saison à l'ouest jusqu'au Canigou à l'est (fig. 5). Les datations ^{14}C , réalisées dans la tourbière de la vallée de la Grave, à plus de 2000 mètres d'altitudes NGF démontrent un retrait total de la glace en amont de la vallée aux alentours de 16500 BP, soit entre 20000-19800 cal. BP¹ (*ibid.*). Cette date témoigne d'un recul extrêmement rapide des glaciers est-pyrénéens, en accord avec les données du versant sud (Jiménez Sanchez et Farias Arquer, 2002). L'instabilité de la déprise glaciaire trouverait son explication par des phases de progression/stationnement et de régression effectives dès la fin de l'englacement maximal (Andrieu-Ponel *et al.*, 1988). Les fronts glaciaires diminuent plus fortement dans les bassins terminaux de la Garonne et de l'Ossau avant de progressivement disparaître dans les hautes vallées, désertant la haute-montagne

1 Calibration OxCal 4.4, courbe IntCal20 (Bronk Ramsey, 2021), range at 95.4 %

(*ibid.*). Le milieu naturel durant cette dernière phase de déprise post-DMG est essentiellement froid, proche des steppes et toundras continentales ouvertes, dont les températures moyennes ne dépassent pas les 5°C (Kuntz, 2011). La morphologie des glaciers pyrénéens ainsi que la géométrie des vallées conditionnent non pas une phase de déprise glaciaire mais plusieurs, dont la régression varie à l'échelle locale.

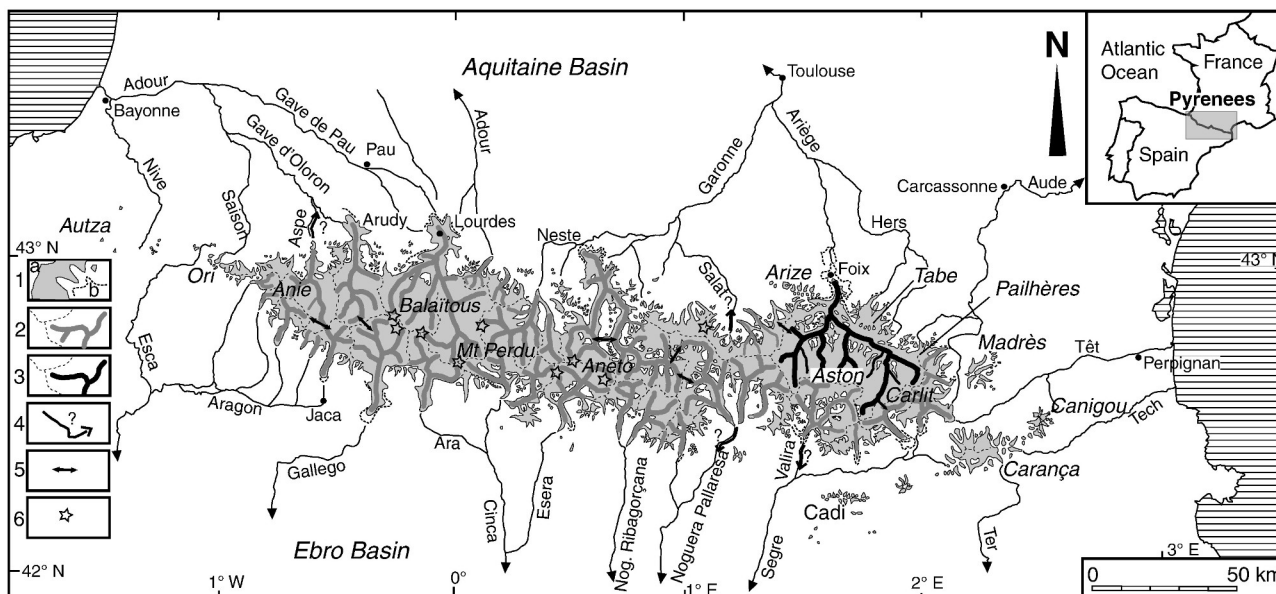


Figure 5 : Restitution de l'emprise maximale würmienne à l'échelle des Pyrénées (1a. Extension maximale würmienne, b. extension au Pleistocène moyen ; 2. Principales crêtes supraglaciaires et limite des bassins versants ; 3. Bassin glaciaire de l'Ariège ; 4. Possible voie d'évacuation des glaciers pléistocènes ; 5. Principaux cols de transfert ; 6. Massifs glaciaires actuels contenant des résidus de cirques glaciaires) (Calvet *et al.*, 2011)

2. Contexte géographique

Le choix d'un espace beaucoup plus étendu pour ce mémoire s'est basé sur des critères de cohérence archéologique, géographique et géologique. Lorsque le premier mémoire s'est circonscrit au cadre ariégeois, cette présente étude a été menée sur l'ensemble du front nord-pyrénéen, comptabilisant un effectif de 29 gisements, plus ou moins bien documentés. Par voie de conséquence, cette extension latitudinale a permis d'approfondir la réflexion sur certains aspects géoarchéologiques, fils directeurs du questionnement posé dans ce travail. Les raisons de ce choix sont les suivantes : i) un nombre plus important de gisements archéologiques permet une meilleure représentativité des processus géologiques observés ; ii) l'étude de ce corpus permet d'inventorier la qualité et la quantité des données de fouilles acquises depuis le XIXe siècle, et ainsi identifier les lacunes documentaires ; iii) discriminer des sites d'intérêt sur le plan géoarchéologique dans un cadre environnemental cohérent. Le raisonnement adopté dans ce mémoire a pour fonction d'articuler des observations sur la réalité géologique du sujet d'étude et son imbrication dans les thématiques chrono-culturelles paléolithiques définies par les travaux récents.

D'axe global est-ouest, l'orogénèse pyrénéenne résulte de la collision entre les plaques ibérique et eurasiatique, ayant engendré la formation d'une structure en éventail à double vergence asymétrique, plus connue sous le nom de « Pyrénées » (Mattauer, 1968 ; Clerc, 2012). Les grandes étapes de leur structuration orogénique découlent d'un processus hercynien ayant enclenché la surrection de la Zone Axiale par déformation des roches primaires (Clerc, 2012). Des mécanismes d'érosion interviennent dès le Mésozoïque, ces processus permettent la mise en place de plaines subissant des incursions marines responsables de la formation de dolomies, marbres jurassiques et calcaires à faciès urgo-aptiens (-174 à -113 Ma). La phase éocène de cette orogénèse, dite « pyrénéenne », remodèle la chaîne par une compression concentrique nord-sud (Fitzgerald *et al.*, 1999). La Zone Nord-Pyrénéenne acquiert son caractère plissé à l'Éocène inférieur, le plissement des calcaires a pour effet de creuser le karst et favoriser le creusement de cavités, et par conséquent de pièges sédimentaires. La subsidence collatérale à ce phénomène en aval de la chaîne a permis l'ouverture du bassin aquitain, progressivement comblé par des apports détritiques issus de l'érosion de la montagne, la molasse (Souquet *et al.*, 1977 ; Canérot, 2008 ; Calvet *et al.*, 2021).

Les Pyrénées sont divisées en cinq grands secteurs géomorphologiques distincts, délimités par des systèmes de failles. Du nord au sud ont été individualisés le bassin aquitain, la Zone Nord-Pyrénéenne (ZNP), la Zone Axiale (ou chaîne axiale), la Zone Sud-Pyrénéenne et le bassin de l'Èbre (Clerc, 2012 ; Pallier, 2021). Les plus hauts reliefs de la chaîne, formés dans les terrains métamorphiques primaires de la Zone Axiale, se retrouvent dans la portion centrale du massif orogénique. Parmi eux, les altitudes maximales peuvent atteindre plus de 3000 mètres, dont le massif de la Maladeta en Espagne (3400 mètres NGF), le massif du Vignemale entre les Hautes-Pyrénées et Huesca (3300 mètres), ou encore le pic Perdiguère, point culminant de la Haute-Garonne sur la frontière franco-espagnole (3220 mètres). Sur les extrémités occidentale et orientale, les altitudes diminuent nettement, le paysage prend une forme collinéenne, fortement incisée par les cours d'eau à l'ouest et marquée par certains pics à l'est (Canigou, pic du Carlit, Campcardos) (Averbouh, 2000).

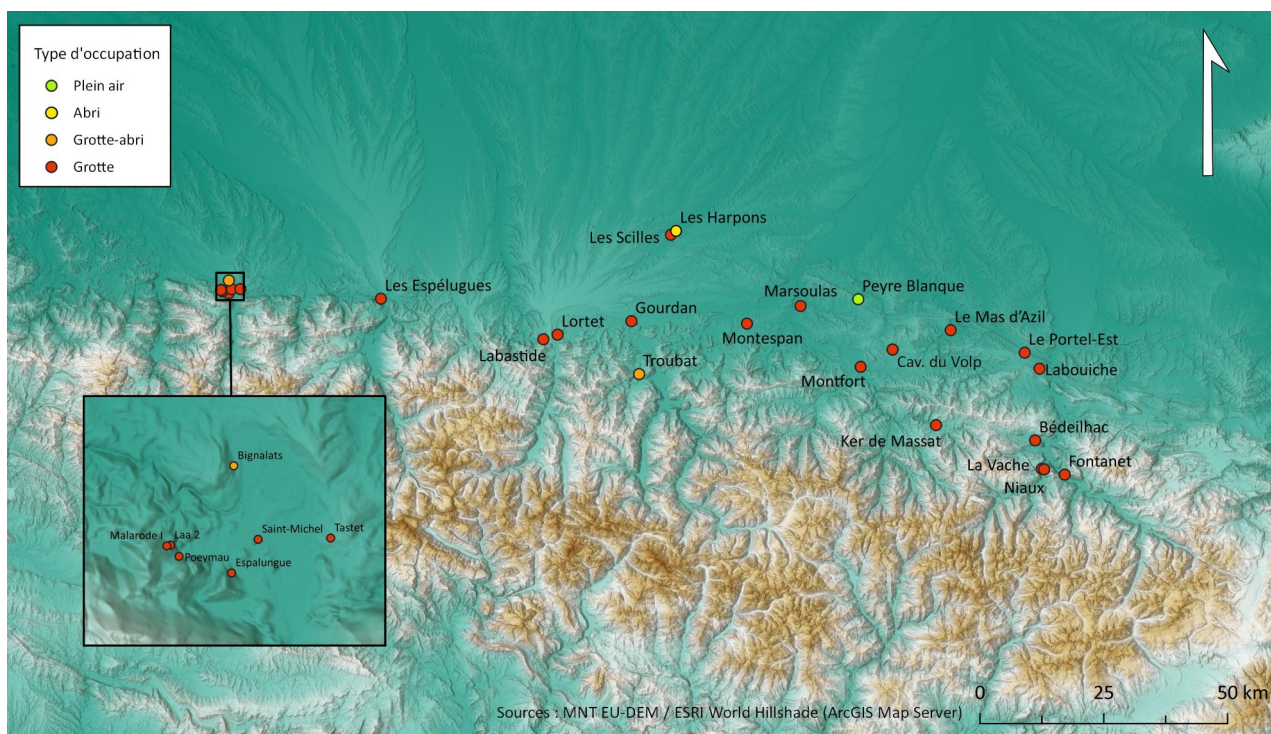


Figure 6 : Nature des gisements occupés – SIG : M. Olivo

Le cadre géographique du corpus étudié englobe le versant nord du massif pyrénéen, circonscrit aux Pyrénées centrales. Les gisements sont répartis sur les départements des Pyrénées-Atlantiques (64), Hautes-Pyrénées (65), Haute-Garonne (31) et Ariège (09). Ces occupations sont principalement concentrées dans la section de piémont des Pyrénées, à des altitudes comprises entre 300 et 770 mètres. L'étendue du corpus englobe des secteurs s'étendant du bassin de Tarascon-sur-Ariège, situé au débouché de la vallée de pénétration de l'Ariège vers la haute chaîne, jusqu'au bassin glaciaire d'Arudy dans les Pyrénées-Atlantiques, situé à l'entrée de la vallée d'Ossau. Parmi ces gisements, 27 se situent dans des cavités, en comptant les grottes-abris du Bignalats et de Troubat. Les deux autres sites se situent en contexte d'abri, les Harpons, et de plein air, Peyre Blanque (fig. 6). Les occupations humaines sont essentiellement concentrées sur la portion du piémont nord-pyrénéen, s'étendant des anciennes vallées glaciaires de l'Ariège et de l'Ossau aux terrains néogènes et quaternaires du plateau de Lannemezan (fig. 7). Les gisements se situent dans des formations qui s'échelonnent du Kimméridgien (Jurassique supérieur, -155 à -150 Ma) au Thanétien (Paléocène, -58,7 à -55,8 Ma) (charte BRGM, Callec *et al.* 2006), dans des calcaires marins à Toucasia, annélides et algues. Les grottes des bassins de Tarascon-sur-Ariège et d'Arudy sont réparties dans des systèmes de vallées glaciaires, entre l'étage collinéen et les chaînons calcaires du Chevauchement Frontal Nord-Pyrénéen (ou CNFP) (Auly, 1999), puissamment creusées par d'importants fleuves (respectivement l'Ariège et l'Ossau).

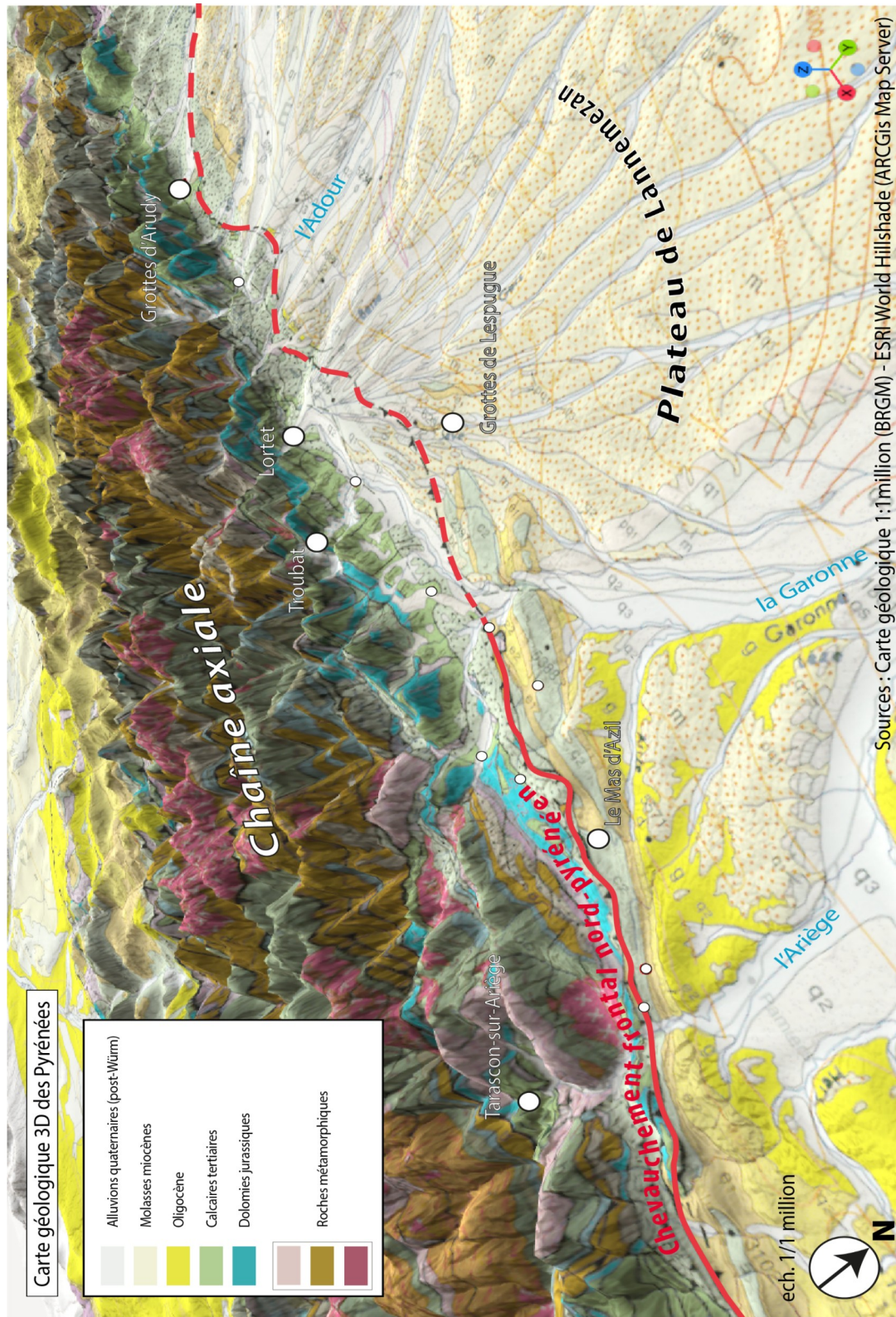


Figure 7 : Géologie du versant nord pyrénéen – SIG et DAO : M. Olivo

Dans le cadre de ce mémoire de M2, et dans la continuité du travail effectué en M1, l'approche bibliographique d'inventaire des données archéologiques a été privilégiée. Le cadre géographique étant plus étendu, il est apparu nécessaire de trier, classer et normaliser des informations relatives aux stratigraphies des sites parfois très disparates et difficilement accessibles. En premier lieu, la consultation d'archives de fouille au Service Régional d'Archéologie de Toulouse et à la bibliothèque de l'INRAP Saint-Orens a permis d'enrichir le corpus et, à défaut, confirmer l'existence ou non d'informations liées aux processus de remplissage des sites et leur degré de préservation.

1. Inventaire des stratigraphies et démarche comparative

Les niveaux archéologiques concernés par le cadre chronoculturel de cette étude ont été analysés et confrontés aux niveaux sous-jacents, afin de suivre l'évolution de la stratigraphie sur le plan morphosédimentaire et chronoculturel.

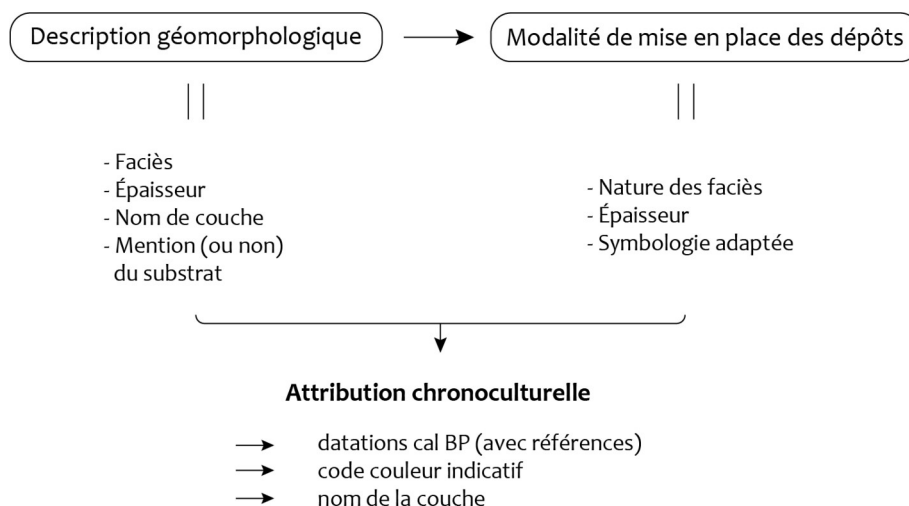
En ce qui concerne les gisements aux recherches récentes et fournies, comme la grotte Tastet ou les cavernes du Volp, des secteurs stratégiques d'occupation ont été sélectionnés afin d'apporter plus de concision à l'analyse générale.

Pour Enlène, les niveaux de la Salle du Fond ont été retenus, de par l'importante stratigraphie qui y a été décrite et l'étendue matérielle de ses occupations (Bégouën *et al.*, 2019). En revanche, pour Marsoulas, où les interventions archéologiques se sont multipliées du XIXe siècle jusqu'au diagnostic INRAP de 2010, le peu d'informations archéologiques disponibles a contraint la lecture de l'ensemble des sondages menés dans la cavité depuis Cau-Durban au XIXe siècle (Cau-Durban, 1885 ; Jarry *et al.*, 2011).

Le choix d'une démarche comparative permet une meilleure visibilité de l'état des stratigraphies étudiées, il s'agit de recenser les contextes d'occupation afin de discriminer des dynamiques (communes ou non) de remplissage, et des paramètres de conservation taphonomique. Au total, neuf logs de référence ont été réalisés à l'aide de la suite *Adobe Illustrator®* : le Mas d'Azil (secteur Théâtre-Rotonde), la Vache (salle Monique), Enlène (Salle du Fond), Troubat, les Scilles, les Harpons, la grotte Tastet, et Laa 2 (*voir partie 3*). Pour chaque log, les informations suivantes ont été renseignées : les faciès sédimentaires, l'identité des couches, les attributions chronoculturelles avec une chronologie calibrée BP (si disponible), des informations sur les modes de dépôts des horizons représentés par des symboles, ainsi qu'un plan de site et la localisation de la surface sondée (fig. 8). L'épaisseur maximale pour chaque couche a été prise en compte, pour la bonne lisibilité des figures, ainsi que pour rendre compte de la puissance stratigraphique des gisements. Lorsque cette valeur n'est pas connue, la dimension des logs concernés est arbitraire, ne rendant pas compte de la puissance stratigraphique.

Ces informations sont organisées en deux colonnes : une pour la description stratigraphique, et la seconde pour l'archéostratigraphie, dont chaque phasage chronoculturel est renseigné par un code couleur spécifique pour chaque période (de l'Aurignacien à l'Holocène). En ce qui concerne les chronologies indiquées pour les couches datées, seules

les datations en cohérence avec l'attribution chronoculturelle ont été indiquées, certaines ont été conservées pour souligner des imprécisions, voire des contradictions. L'ensemble des datations prises en compte ici, souvent anciennes, ont été calibrées sur OxCal 4.4 (Bronk Ramsey, 2021), suivant la courbe IntCal 20 (cf. annexe 1), toutes les datations anciennes ont été réactualisées. Les abréviations correspondant aux échantillons sont expliquées en annexe 2.



⊕ Localisation de la stratigraphie sur plan (ou coupe)

Figure 8 : Schéma conceptuel de l'exploitation des données stratigraphiques

Ce protocole de comparaison a pour objectif de caractériser l'évolution différenciée de chaque site par rapport aux autres, sur le plan des rythmes de formations des couches sédimentaires et leur corrélation aux occupations humaines. **Il est toutefois essentiel de rappeler que chacune des stratigraphies invoquées dans ce travail ne représente qu'une fenêtre de lecture très limitée des événements par rapport à la réalité géoarchéologique de l'ensemble des cavités.** Les résultats proposés ne sauraient rendre compte de réponses absolues, mais contribuent à l'apport d'hypothèses supplémentaires sur le questionnement de l'étude.

Le lien entre « vides » et « pleins » archéologiques trouverait sa signification par la lecture des stratigraphies et l'identification des dépôts sédimentaires, responsables ou non de la qualité de préservation des entités archéologiques. L'autre intérêt de cette démarche est également de montrer les lacunes en matière de documentation des sites pyrénéens du Magdalénien inférieur et moyen. La qualité, et quantité, des données exploitables diffèrent selon l'ancienneté des fouilles effectuées sur les sites, le degré d'intérêt des archéologues porté sur les questions géomorphologiques et l'accessibilité, parfois très limitée, de ces informations. Ces critères, pris en compte les uns avec les autres, soulignent de fortes disparités en matière de connaissance des gisements de la fin du Pléistocène supérieur, essentiellement basée sur les industries lithiques et osseuses ainsi que des représentations pariétales et l'art mobilier. Concernant le Magdalénien inférieur, il peut être rajouté à ce constat une véritable absence d'occurrences archéologiques, des attributions chronoculturelles erronées ou la fouille non intégrale de certains sites (Pétillon *et al.*, 2020), ce qui surligne une difficulté supplémentaire dans l'identification de cette période. La lecture géomorphologique actuellement proposée dans ce travail est d'ouvrir une fenêtre interprétative plus large sur les

contextes d'occupation humaine post-DMG et des lacunes constatées pour le Magdalénien inférieur, tout en ayant conscience du peu de matière à travailler sur cette chronoculture et son passage vers le Magdalénien moyen.

2. Bases de données

À l'aide du logiciel Filemaker Pro 17, il a été possible de classer un certain nombre d'informations en fonction de différents critères. Premièrement, seuls les sites avec une quantité suffisante de documentation y ont été enregistrés. Dans le cadre des occupations humaines, les informations liées à la stratigraphie générale du gisement, à la taphonomie, aux datations et au contexte géographique ont été privilégiées (fig. 9). Lorsque nécessaire, un point est fait sur l'historique des recherches, notamment pour les gisements fouillés dès le XIXe siècle, où les données relatives aux processus de remplissage sédimentaire sont inexistantes. La fenêtre d'étude est, par défaut, limitée, à la fois dans le temps et dans l'espace. Cependant, elle permet de répondre de manière nette et univoque à une problématique centrale de ce travail, à savoir les « vides » et « pleins » archéologiques.

Les Scilles		Commune	Lespugue	Dépt	31
Localisation	Massif calcaire de Lespugue-Montmaurin, en rive droite de la gorge de la Save				
Contexte du site	Grotte				
Substrat	Calcaire danien				
Orientation	Nord				
Surface fouillée	20 à 30m ²				
Altitude	306m				
Datation calBP	19.400				
Echantillon daté	élément appointé sur baguette				
Attribution	Magdalénien inférieur				
Historique des recherches		<p>Découverte par le comte René et Suzanne de Saint-Périer dans le cadre de prospections et fouilles des gorges de la Save (1911). Fouille intégrale entre 1923 et 1924, puis publiée en 1926. Collection conservée au château de Morigny (Essonne) puis au MAN dans les années 1980 (qq pièces à St-Gaudens et Montmaurin). Remblaiement du site à date inconnue, comblement au niveau de la couche B (travaux d'élargissement de la route).</p>			
Structures en place		"four polynésien" en couche 2			
Strati archéologique		couche B			
Autres occupations attestées		n			
Biblio		Langlais M., Pétilion J.-M., de Beaune S.A., Cattelain P., Chauvière F.-X., Letourneux C., Szmidi 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, 1, p. 5-51.			
Illustration		<p>vers la salle supérieure</p> <p>0 5 m</p> <p>Stratigraphie</p> <p>Remplissage sédimentaire étendu sur 5/6m pour 4m d'épaisseur. Les observations ont été faites par les St-Périer.</p> <p>De bas en haut :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) terre végétale de 20/30cm d'épaisseur 2) couche argileuse rouge de 120/150cm d'épaisseur, déposée par ruissellement via la salle sup, présence de galets de quartzite altérés, présence d'une structure de combustion (?) 3) couche sableuse de 1m d'épaisseur, constituée de "sable grossier à petits éléments roulés" déposés par la Save 4) couche d'éboulis de 90cm d'épaisseur, accumulés par émiettement de la voûte sur le substrat (pas d'archéologie) <p>A) couche noire de 8/10cm d'épaisseur, étendue sur toute la largeur de la grotte</p> <p>B) couche noire de 35/40cm d'épaisseur, étendues dans les anfractuosités de la grotte (couche archéo principale)</p> <p>C) couche argileuse rouge de 120/150cm d'épaisseur, déposée par ruissellement via la salle sup, présence de galets de quartzite altérés, présence d'une structure de combustion (?)</p> <p>Taphonomie</p> <p>Mauvaise conservation des éléments osseux</p>			

Figure 9 : Données relatives à la grotte des Scilles

Une description détaillée de la stratigraphie de chaque site a été effectuée sous forme de tableurs, où sont respectivement renseignés l'identité du niveau, son faciès géologique, sa profondeur, sa culture d'appartenance et, si renseignées, ses datations. Ces observations, synthétiques, ont posé la base de l'outil d'analyse invoqué dans ce travail, à savoir une reconstitution de logs stratigraphiques prenant en compte l'entièreté des informations sélectionnées (cf. *supra*). En ce qui concerne les datations, leurs données ont été rassemblées sous la même forme de tableur. Il est important de rappeler que seules les datations concernant le Magdalénien inférieur et moyen ont été enregistrées. Il a été renseigné : le nom du site, la couche de provenance, le matériau daté, le code de laboratoire, la date brute, puis la date calibrée (à 95.4%) (cf. annexe 1).

3. L'utilisation des SIG

Les cartes réalisées via SIG ont eu pour but de restituer les sites dans leur contexte topographique et géologique. Parmi elles, des restitutions en trois dimensions ont été réalisées, une à l'échelle de la chaîne pyrénéenne (fig. 7), et deux à l'échelle des bassins d'Arudy et de Tarascon-sur-Ariège (voir partie 3), à l'aide de l'extension *Qgis2threejs*. Ces cartes ont été réalisées à partir de la carte géologique issue du BRGM et de la BD CHARM©, leur association avec un modèle numérique 3D permet une meilleure lisibilité des dynamiques de morphogénèse des terrains pré-montagnards associées au relief. La liste des données utilisées dans ce travail est résumée dans la figure suivante (tab. 1).

Données	Mode	Format	SCR	Date	Résolution	Source
EU-DEM v1.1 (E30N20)	Raster	GeoTIFF	ETRS89, LAEA	2016	25m	Copernicus Land Monitoring Service (EEA)
BD Alti	Raster	ASC	Lambert-93	2020	25m	Géoservices (IGN)
BD Topo	Vecteur	Shapefile	Lambert-93	2020	-	Géoservices (IGN)
Bathymetry	Vecteur	Shapefile	WGS 84 / Pseudo-Mercator	2009	10m	Natural Earth Data (SRTM Plus)
World Hillshade	Raster	PNG	WGS 84 / Pseudo-Mercator	2021	230 à 3m	ArcGIS Map Server
OpenStreetMap	Raster	PNG	WGS 84 / Pseudo-Mercator	2022	-	OpenStreetMap (OdbL)
Google Satellite	Raster	TMS	WGS 84 / Pseudo-Mercator	2016	-	Google Maps
Carte géologique	Raster	PNG	Lambert-93	2005	10m	Géoservices (Infoterre BRGM)
BD Charm-50	Vecteur	Shapefile	Lambert-93	2019	50m	Géoservices (Infoterre BRGM)
Carte des Départements	Vecteur	Shapefile	WGS 84 / Pseudo-Mercator	2019	-	OpenStreetMap (OdbL)
BD CARTHAGE	Vecteur	Shapefile	Lambert-93	2019	50m	Sandre
EEA Coastline	Vecteur	Shapefile	ETRS89, LAEA	2018	10m	European Environment Agency
Elevation Map Of Europe	Raster	GeoTIFF	ETRS89, LAEA	2016	1km	European Environment Agency

Tableau 1 : Tableau des données rasters et vecteurs utilisées

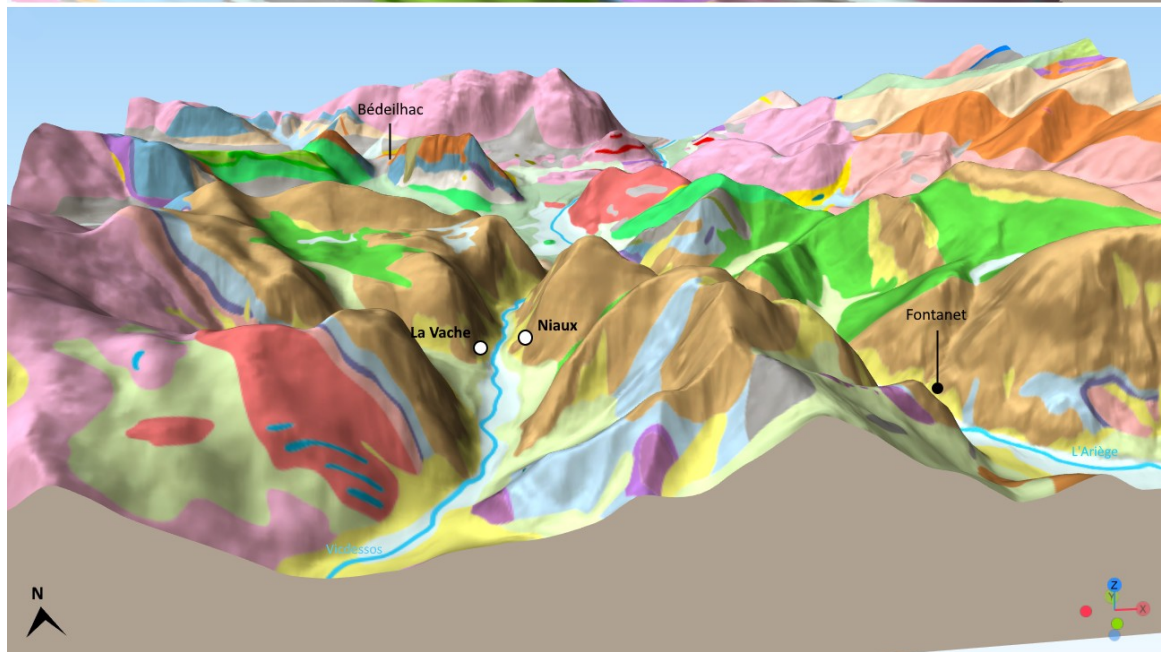
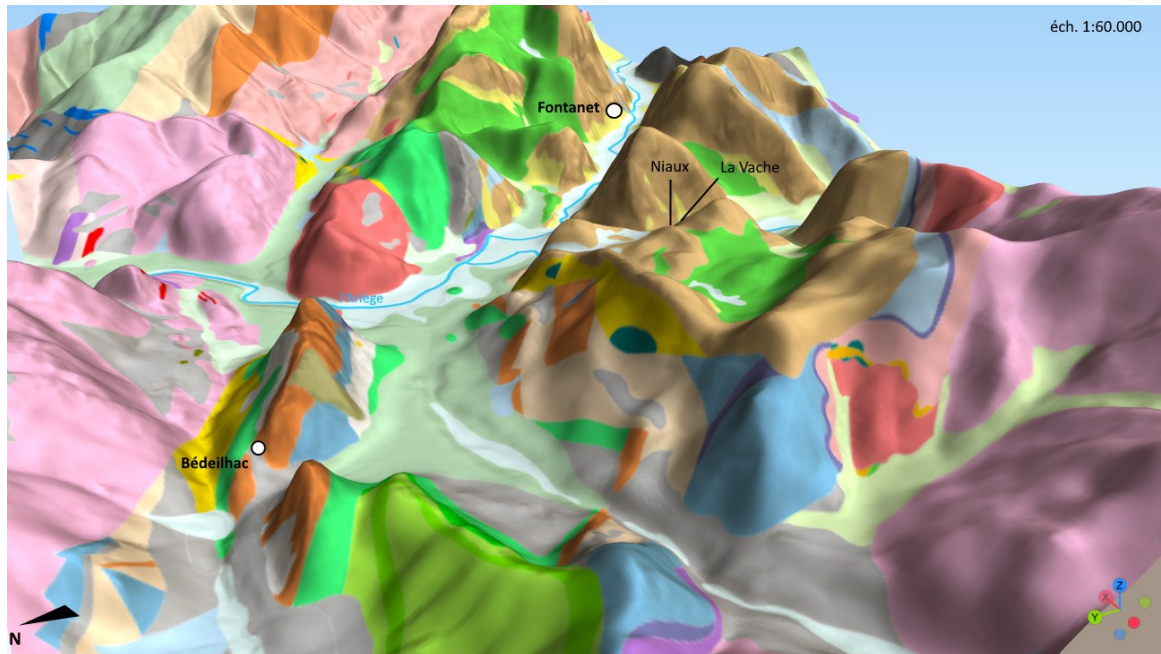
Les cartes en deux dimensions du versant nord-pyrénéen ont été réalisées à partir d'un MNT au pas de 25m, en libre accès, dispensé par l'organe « Copernicus » de l'*European Environment Agency* (EEA). La sélection des dalles par secteur, en jouant sur la résolution plus ou moins fine des modèles a facilité la variation d'échelle géographique.

1. Les occupations des anciennes vallées glaciaires : les grottes de Tarascon-sur-Ariège et d'Arudy

À l'entrée de la haute chaîne, les plus hautes occupations magdaléniennes se situent à plusieurs centaines de mètres d'altitude, entre environ 450 et 770 mètres NGF. Elles se répartissent à différents niveaux des vallées de pénétration de l'édifice pyrénéen.

1.A. Le bassin de Tarascon-sur-Ariège :

Situé entre les massifs des Trois-Seigneurs et Saint-Barthélémy, en Ariège, le bassin de Tarascon-sur-Ariège s'ouvre au sein des formations jurassiques et crétacées de la couverture post-hercynienne (Bilotte *et al.*, 1988). Cette portion très encaissée des hauts étages pyrénéens est drainée par l'Ariège et son affluent le Vicdessos, qui se rejoignent au niveau de la commune de Tarascon-sur-Ariège. La morphologie de ces vallées a fortement été impactée par l'installation de langues glaciaires lors des périodes froides (Lelouvier *et al.*, 2018). Les dynamiques d'écoulements fluvio-glaciaires, dont les formations würmiennes sont toujours visibles au sud de Bédeilhac (Gy), ont contribué au creusement du réseau karstique du bassin, ayant servi de drains d'évacuation (*ibid.*) (fig. 10). Ces nappes würmiennes ont comblé le fond de vallée, elles sont mêlées à des alluvions récentes de basse plaine, prenant la forme d'une dépression entre les massifs de Saint-Barthélémy et des Trois-Seigneurs. Les interfluves entre Saurat et Courbière, Courbière-Vicdessos et Vicdessos-Ariège s'élèvent en puissants reliefs calcaro-marneux crétacés. D'importants dépôts de pente (éboulis) sont accumulés sous ces escarpements (Casteras *et al.*, 1969). La question des occupations humaines et de la conservation des dépôts mérite d'être approfondie sur ce secteur particulier du versant nord-pyrénéen, de par les dynamiques de creusement des grottes et leur remplissage en contexte glaciaire. La grotte de La Vache, située dans la commune d'Alliat (09), est étudiée dès la fin du XIXe siècle par F. Garrigou jusqu'aux travaux récents de diagnostic archéologique précédant l'aménagement du parcours touristique opérés par l'INRAP Grand Sud-Ouest (Clottes et Delporte, 2003 ; Lelouvier *et al.*, 2018). L'étude des stratigraphies de la cavité, en particulier celle de la salle Monique, a livré une accumulation documentée d'environ un mètre de profondeur, sans mention de substrat, dans un sondage creusé au fond de la salle (colonne VI) (Marguerie, *in* Clottes et Delporte, 2003). Les sondages M et N étudiés en 2017 lors de l'opération INRAP ont permis de compléter les données stratigraphiques déjà existantes (Pallier et Cailhol, *in* Lelouvier *et al.*, 2018). Ces trois sondages ont été pris en compte dans la construction des logs stratigraphiques de la cavité, où les attestations d'occupations magdaléniennes sont les mieux renseignées (fig. 11).



- EF, Éboulis, cône de déjection, alluvions des vallées, dépôts de remaniements, colluvions, limons soliflués
- J, Cônes de déjection, cônes d'avalanches, franges d'ébouils vifs, formations de versants
- Fz(1), Actuel et moderne : alluvions des basses plaines, ruisseaux et rivières, graviers et limons, coulée boueuse, loupes de glissement
- E, Périglaciaire à Actuel : ébouils lités périglaciaires et ébouils récents, dépôts de pentes périglaciaires
- Gy(1), Würm : fluvio-glaciaire de la phase de progression et des stades finaux, formations fluviatiles, nappes alluviales, cônes proglaciaires
- Gy, Würm ou plus ancien : cordons morainiques, et dépôts d'obturation glaciaire, alluvions anciennes du niveau principal du plateau de Sault
- Gx(2), Riss : fluvio-glaciaire, terrasses alluviales, galets siliceux, graviers, argiles sableuses
- Gx(1), Riss : moraines et dépôts d'obturation glaciaire
- G, Formations glaciaires indifférenciées, moraines
- C2-3(2), Turonien et Coniacien : grès micacés
- C2-3(1), Turonien à Coniacien : marnes de Pechiquelle, à Marginatrunca indica, M.difformis, Hedbergella flandrini
- C2-3Br, Turonien - Sénonien inférieur : flysch à Fucoides d'Uchentein, brèches des Bordes-sur-Lez, Complexe marno-gréseux
- c1(1), Cénomaniens : calcaires à Préalveolina cretaea et Caprines de Rabat et Coumescure, Calcaires à Radiolites et Préalvéolines de Raynaud
- n6c(1), Albien supérieur et Vraconien : marnes noires schisteuses à spicules de Spongiaires et Orbitolines, brèches, calcaires à floridées
- n6aC, Albien inférieur : calcaires à Floridées
- n5-6a, Aptien à Albien inférieur : marnes de Fougax, à Deshayesites et Aconeceras nissus
- n5bU, Aptien supérieur : clansayésien : calcaires à Floridées encroûtantes (faciès urgonien), Mesorbitolina texana, calcaires subréo-faux à Toucasia
- n5, Aptien : marnes et marmo-calcaires
- n4b-n5, Barrémien supérieur : calcaires à annélides, Trocholina aptiana, Palorbitolina lenticularis, calcaires marmorisés
- n4, Barrémien : marbres clairs du Tuc de l'Adosse, calcaires à Palaedictyoconus cuvillieri (faciès urgonien)
- n1-4, Néocomien-Barrémien : calcaires à Trocholines et calcaires urgoniens à Orbitolinidés, marnes, brèches, terrains métamorphiques
- J3c-7, Bathonien supérieur à Portlandien : dolomies du bassin de Tarascon-sur-Ariège
- J, Jurassique (Malm et Dogger?) : dolomies, intercalations calcaires
- Jm, Jurassique : dolomies marmorisées

Sources : BD Charm 50 (carte géologique départementale BRGM) - ESRI World Hillshade (ArcGIS Map Server) / VE : 2.0 / M. Olivo

Figure 10 : Restitution 3D de la géologie du Bassin de Tarascon-sur-Ariège

Le sondage des fouilles anciennes fait environ 1 mètre de profondeur sans avoir atteint le substrat. Une épaisse couche de sables argileux fluvio-glaciaires généralement beiges, à éléments concrétionnés en partie supérieure, se développe de la base de la stratigraphie sur une vingtaine de centimètres. Elle est divisée en une couche C5 à la base, vierge d'occupation, de 5 centimètres d'épaisseur, et la couche sus-jacente C4, de 15 centimètres, probablement attribuée au Magdalénien moyen récent, sans datation. La couche C3 est constituée d'éléments concrétionnés jaunâtres à galets, sans occupation, se développant sur 20 centimètres maximum.

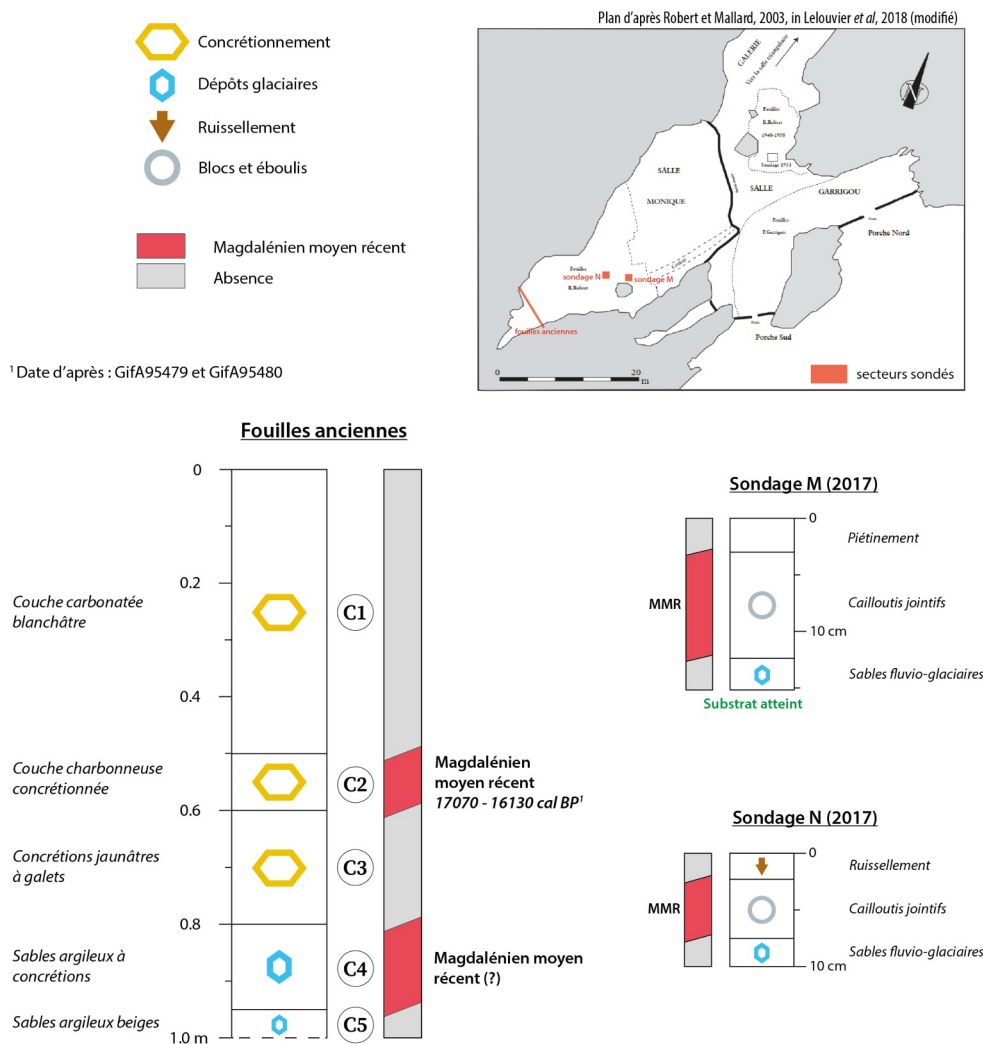


Figure 11 : Logs stratigraphiques de la salle Monique, grotte de La Vache (d'après Marguerie in Clottes et Delporte, 2003 ; Pallier et Cailhol in Lelouvier *et al.*, 2018)

La couche C2, de 10 centimètres environ, est un horizon concrétionné à forte composition carbonneuse, témoignant d'une occupation humaine attribuée au MMA (17070-16130 cal. BP) à partir de la datation d'ossements. Enfin, une très épaisse couche carbonatée jaunâtre à blanchâtre, à forte densité ossifère à la base, se développe sur une cinquantaine de mètres maximum jusqu'au sommet du sondage, également vierge d'occupation. La grotte de La Vache est principalement reconnue pour ses occupations du Magdalénien supérieur, délivrant des informations importantes sur l'intensification du peuplement de l'ancienne vallée glaciaire de l'Ariège (Pailhaugue, 1998 ; Clottes et Delporte,

2003). Néanmoins, les attestations du Magdalénien moyen, de mieux en mieux datées, et leur mise en place dans la stratigraphie de la grotte, démontrent des fréquentations dès la déprise glaciaire post-DMG. Les observations faites à partir des sondages M et N confortent l'hypothèse d'une réelle absence d'occupation avant la mise en place des dépôts fluvio-glaciaires (Lelouvier *et al.*, 2018). Comme mentionné plus haut, la cavité s'est en partie creusée sous l'impulsion des écoulements fluvio-glaciaires du dernier Pléniglaciaire, obstruant l'entrée de la grotte par un important apport de dépôts de versant et d'éboulis. Le retrait du torrent a permis aux groupes humains d'investir la grotte de manière durable jusqu'au Tardiglaciaire, avant la formation de concrétionnements par d'importantes précipitations carbonatées rendant la cavité inhabitable (*ibid.*).

Les carrés K26 et 27 de la galerie Vidal, dans la grotte de Bédeilhac, démontrent des modalités de dépôt relativement similaires, bien que les données géomorphologiques pour ce gisement soient lacunaires (Ferrier, *in* Barbaza *et al.*, 1996). La couche 3, constituée d'argiles à blocs, est attribuée au MMR (17000-16300 cal. BP²). La couche 2 sus-jacente, formation stalagmitique résultant d'écoulement d'eau, scelle l'ensemble anthropisé, avant une nouvelle mise en place de dépôts argileux charbonneux, possiblement occupés (*ibid.*). Il serait utile de questionner ici le rôle conservateur des mécanismes de concrétionnement par rapport aux niveaux anthropisés.

1.B. Le bassin d'Arudy :

Le bassin glaciaire d'Arudy s'ouvre au débouché de la vallée d'Ossau, à environ 400 mètres d'altitude et entouré de collines au relief modéré (150 mètres environ), dans le département des Pyrénées-Atlantiques. Il est ceint, dans sa bordure méridionale, par les calcaires subécifaux aptiens du flanc nord du pli-faille de Bielle-Lurbe, premiers affleurements calcaires de la Zone Nord-Pyrénéenne (Casteras, 1970) (fig. 12, n5b). Affleurant à ces calcaires, des formations marno-schisteuses à spicules de l'Albien-Aptien s'étendent du nord au sud du front nord-pyrénéen, de l'accident de Pic de Rébénacq-Bélaïr à l'anticlinal de Bielle-Lurbe (*ibid.*) (n6-c1). Les caractéristiques topographiques du complexe d'Arudy, par rapport à l'étagement nival de l'orogène, sont très similaires à celles du bassin de Tarascon-sur-Ariège, dans le sens où la morphologie du bassin a été conditionnée par les phénomènes glacio-karstiques inhérents à son positionnement dans la vallée d'Ossau. Le cartographe Teddy Auly décrit une structuration du relief glaciaire en deux types : les morphologies d'ablation et les accumulations, ayant transporté une masse considérable de matériaux résiduels depuis les hauts reliefs (Auly, 1999). Plus récemment, une étude menée par Théo Reixach et Magali Delmas sur les dépôts des marges glaciaires du secteur Arudy et Castet, dans le cadre du PCR PAVO (2018-2021), a permis de restituer l'emprise des stades d'englacement du Maximum et post-Maximum würmien. Les résultats de ces travaux ont démontré la mise en place de « l'amphithéâtre morainique » de Buzy-Bescat, constitué d'une dizaine de cordons de moraines, par fluctuations du front glaciaire durant le DMG dans cette zone. Les obstructions en place ont permis de réduire la surface d'englacement de la vallée et de concentrer la mise en place de moraines au coeur du bassin dès le post-Maximum würmien (Gx). Les datations ¹⁰Be des échantillons granitiques prélevés dans la vallée d'Ossau attestent de la formation des moraines de Buzy-Bescat pendant le MIS-2, entre -29000 et -20000 ans. Dans ces terrains d'accumulations glaciaires s'élèvent des monticules calcaires aptiens à faciès urgonien, en rive gauche et droite du gave

2 Lyon-427 et Lyon-428, carré K26 (Barbaza *et al.*, 1996)

d'Oloron, dans lesquels ont été creusé un nombre important de cavités aux riches occupations humaines.

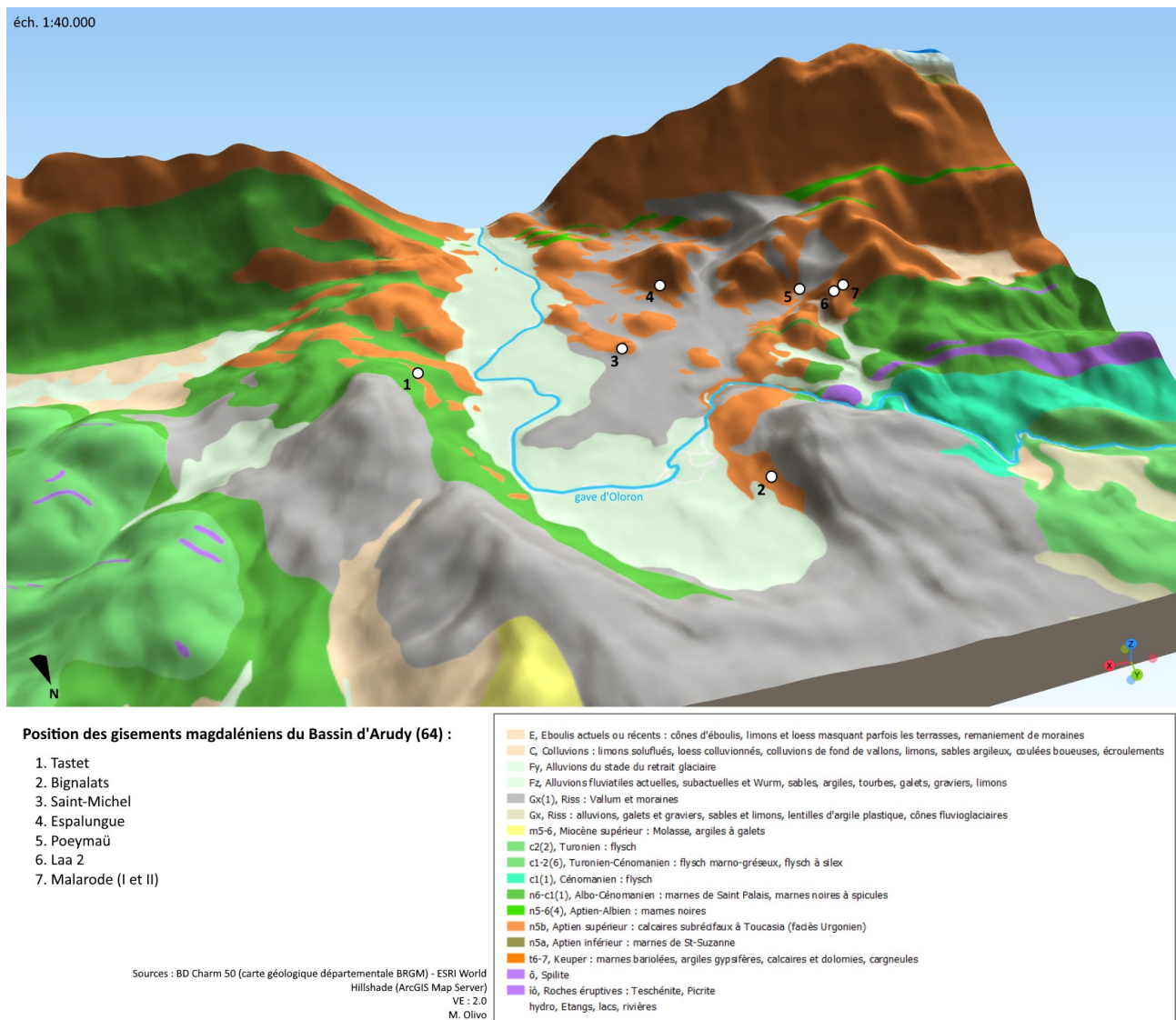


Figure 12 : Restitution 3D de la géologie du Bassin d'Arudy

Les gisements paléolithiques du bassin d'Arudy, fouillés dès le début du XXe siècle, ont livré de riches témoignages d'occupations humaines, du Magdalénien moyen à l'Azilien. Les travaux récents initiés dans le cadre de programmes de recherche (Magdatis, PAVO) et de fouilles programmées (Laa 2 et Tastet : Pétilion *et al.*, 2017 ; Langlais et Pétilion, 2019) ont permis de renouveler les cadres chronologiques de ce secteur pyrénéen, mettant en avant l'existence d'un Magdalénien moyen ancien et d'un potentiel Magdalénien inférieur (Pétilion *et al.*, 2020). L'ancienneté de certaines fouilles a laissé un contexte géomorphologique intrasite très inégal, bien que les données issues des travaux cités plus haut sur Laa 2 et Tastet ont contribué à une meilleure connaissance des dynamiques de remplissage de ces cavités. Ces données ont été synthétisées dans deux logs stratigraphiques : un log réalisé d'après la séquence du sondage 4 de Laa 2 (fig. 13), fouillé entre 2009 et 2010 ; et un log compilant les différents sondages ouverts dans la partie extérieure de la grotte Tastet durant la campagne 2019 (fig. 14).

La grotte de Laa 2 se situe dans un petit massif calcaire, le Garli, à l'ouest de la commune d'Arudy, à proximité des gisements de Malarode et de l'abri « Houn de Laa ». La cavité n'est explorée qu'à partir de 1955, dans le cadre des fouilles Laplace (Laplace, 1984 *cité par* Pétilion *et al.*, 2017). Ce n'est que dans les années 1980 que la grotte est topographiée par une équipe de spéléologues de la SSPPO³, avant les campagnes de fouille 2006-2010 dirigées par Patrice Dumontier (Pétilion *et al.*, 2017). Le sondage 4, d'une surface de 2,5 m², se situe dans la salle 4 du réseau, long de 43 mètres sur 7 mètres de large, au fond de la galerie principale juste avant son rétrécissement vers l'entrée sud-est (Laa 3) (*ibid.*). Le sondage a atteint 1,30 mètre de profondeur, divisé en cinq couches archéostratigraphiques. La base du sondage est constituée de dépôts limono-sableux à blocaille calcaire, qui se développe sur 30 centimètres. La mise en place de ces limons alluviaux résulte de probables écoulements fluvio-glaciaires. Ce niveau C5 peut être attribué à une phase ancienne du Magdalénien, daté de 20000-19500 cal. BP. Ce niveau, avec la partie basale du niveau suivant,

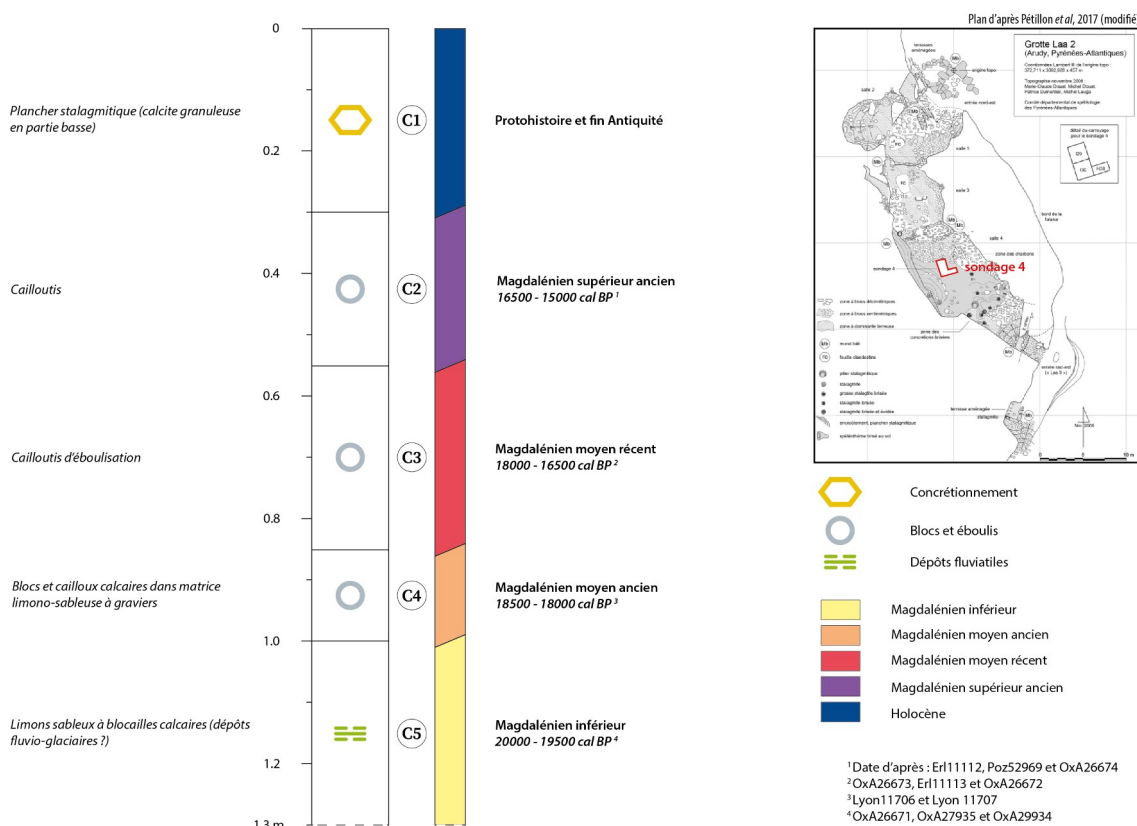


Figure 13 : Log stratigraphique du sondage 4 de Laa 2 (d'après Pétilion *et al.*, 2017)

fait partie de l'ensemble stratigraphique 1. La nature de l'accumulation sus-jacente change et prend un aspect d'éboulis, d'amas caillouteux, se développant sur environ 70 centimètres maximum ; ce remplissage trouverait son origine depuis les entrées latérales de la cavité, les processus gravitaires entraînant une altération de la voûte en complément d'apports de blocs extérieurs. Trois niveaux archéologiques y ont été identifiés, d'une épaisseur moyenne de 15, 30 et 25 centimètres de bas en haut. La couche C4 est attribuée au MMA, soit entre 18500-18000 cal. BP ; la

couche C3 au MMR, datée aux alentours de 18000-16500 cal. BP ; et la couche C2, attribuée au Magdalénien supérieur ancien, daté entre 16500 et 15000 cal. BP. Ces niveaux font partie de l'ensemble stratigraphique 2. Enfin, la couche C1, se développant sur 25 centimètres, correspond à un épais plancher stalagmitique, alimenté par des écoulements, dont la base se confond avec la partie sommitale de la couche sous-jacente. Ce niveau correspond aux occupations holocènes de la cavité.

La grotte Tastet, ou de Sainte-Colome, est située à l'est du bassin d'Arudy, à 512 mètres d'altitudes NGF. La cavité, qui se développe sur une quinzaine de mètres, est creusée au sein d'une barre calcaire orientée NO-SE, dans les étages marno-schisteux en contrebas du relief de Sévignacq (Langlais et Pétilion, 2019). Elle est connue dès la fin du XIXe siècle, mentionnée par Gabriel de Mortillet dans un chapitre de son ouvrage « Le Préhistorique » (Pétilion *et al.*, 2021). Diverses fréquentations y sont faites au XXe siècle, notamment par Georges Laplace dès 1950, et Pierre Minvielle qui y identifie les premières traces pariétales, avant les travaux lancés par Jacques Omnès sur les figures rupestres dans les années 1980. Depuis 2010, la grotte fait l'objet de fouilles dirigées par P. Dumontier (*ibid.*). L'entrée de la grotte, haute de 50 centimètres pour un mètre de large, donne sur une salle d'une superficie d'environ 10m², bénéficiant d'une importante luminosité naturelle (Langlais et Pétilion, 2019). Un étroit couloir rectiligne et long d'une quinzaine de mètres se développe vers le sud-est de la cavité (*ibid.*) Les occupations magdaléniennes identifiées sont réparties à l'intérieur de la salle et sous un abri extérieur vers l'ouest de l'entrée, abri assuré par une proéminence de la barre rocheuse (*ibid.*). La stratigraphie de référence étudiée pour cette cavité, ainsi que son interprétation, est tirée de l'étude géomorphologique réalisée par Philippe Gardère durant la campagne 2019 (in Pétilion *et al.*, 2019) (fig. 14). Neuf logs stratigraphiques, de profondeur variable, ont été réalisés à l'extérieur de la cavité, sur un terrain présentant une légère déclivité régulière vers l'ouest, délivrant trois ensembles géologiques distincts. À la base apparaît un ensemble A, constitué de dépôts morainiques contemporains de la déglaciation. Ces dépôts correspondent à une accumulation de galets de dimensions variables emballés dans une matrice argilo-sableuse jaunâtre ; ils ont été identifiés comme étant une accumulation de moraine d'ablation et vierges d'occupation humaine. La couche du dessus est caractérisée par des accumulations cryoclastiques d'éboulis, l'ensemble B. Cet ensemble se trouve dans l'axe du porche, à proximité de l'entrée, et semble dépourvu de matrice fine et d'altération chimique. Les occupations magdaléniennes du site sont contemporaines de ces formations, elles sont datées du MMA et MMR (19000-17000 cal. BP). L'ensemble C supérieur est constitué de colluvions brunâtres holocènes, présentes sur toutes les séquences, également sans indices d'occupation anthropique. Les forts dépôts glaciaires et cryoclastiques témoignent de puissantes dynamiques liées à la déprise glaciaire post-Maximum würmien (*ibid.*). L'absence d'occupation humaine antérieure au Magdalénien moyen ancien est sans doute justifiée par une totale obstruction de la cavité par la surface d'englacement de la vallée. Ce faciès, présent dans la totalité des sondages, a été directement recouvert par une accumulation en bas de versant de débris provenant d'un même gîte, formant ainsi un talus à pente régulière.

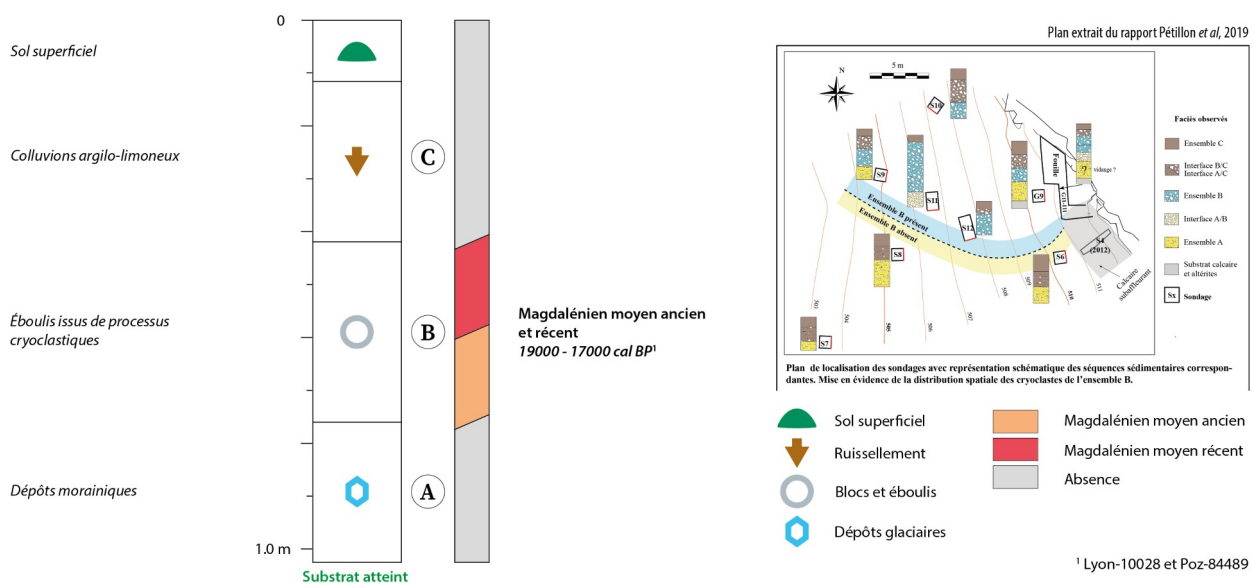


Figure 14 : Log stratigraphique du secteur extérieur de la grotte Tastet (d'après Gardère, in Pétillon *et al.*, 2019)

Les occupations magdaléniennes sont contemporaines de ces dépôts, mis en place durant l'Heinrich 1. Le recouvrement de ce cône de débris par des colluvions pédogénésées s'est effectué tardivement, à partir du Moyen Âge. L'absence de séquence attribuable à la fin du Tardiglaciaire et au début de l'Holocène pourrait résulter d'une forte érosion, mais sans indice concret.

À travers la lecture des stratigraphies des gisements de La Vache, Laa 2 et Tastet, les enjeux autour des mécanismes d'englacement/désenglacement des bassins d'Arudy et Tarascon-sur-Ariège sont d'une grande importance pour quantifier les occupations humaines des hautes vallées. Un premier constat demeure : les phases d'englacement maximal des glaciers pyrénéens correspondent au récent cadre chronologique établi du Magdalénien inférieur. Les datations ¹⁰Be obtenues dans le cadre du projet PAVO, sur les moraines frontales du bassin d'Arudy, attestent de l'inaccessibilité des cavités à cette période, rendant toute occupation humaine hautement improbable dans cet étage des Pyrénées. L'exemple de la couche C5 de Laa 2 contredit cependant cet état de fait, par l'âge relativement reculé de son occupation. Néanmoins, ce niveau demeure mal caractérisé et pourrait suivre les premières phases du recul des glaciers dans la vallée d'Ossau (Pétillon *et al.*, 2017). Il serait possible d'envisager le rôle des flux d'écoulements fluvioglaciers sur la préservation des occupations, magdaléniennes et anté-magdaléniennes, ainsi que la forte érosion que ces gisements ont subie.

Située dans la vallée de l'Ourse à 770 mètres d'altitude NGF, la grotte-abri du Moulin, à Troubat, dans les Hautes-Pyrénées, témoigne des mêmes dynamiques. Les séquences attribuées au MMA et début MMR, datés autour de 17840-17040 cal. BP (Barbaza, comm. pers.), sont contemporaines d'une accumulation d'origine fluvioglacière, déposée à plus de deux mètres de profondeur dans la stratigraphie générale (fig. 15) (Ferrier, in Barbaza *et al.*, 2002 ; Barbaza et Valdeyron, 2021). Sur environ 2 autres mètres, des couches d'éboulis de castine renferment des occupations de la fin du MMR jusqu'au Tardiglaciaire ; bien que la couche 11, attribuée au « Magdalénien moyen

pyrénéen », ait révélé une datation calibrée correspondante à un Magdalénien supérieur très récent⁴. La matrice argileuse présente dans ses accumulations caillouteuses ne permet cependant pas de déterminer l'origine de ces dépôts, par lacune bibliographique ; bien que les escargotières (couches 5 à 3), témoignant d'une occupation anthropique très dense, constituent une portion non négligeable du remplissage de la cavité (Barbaza et Valdeyron, 2021).

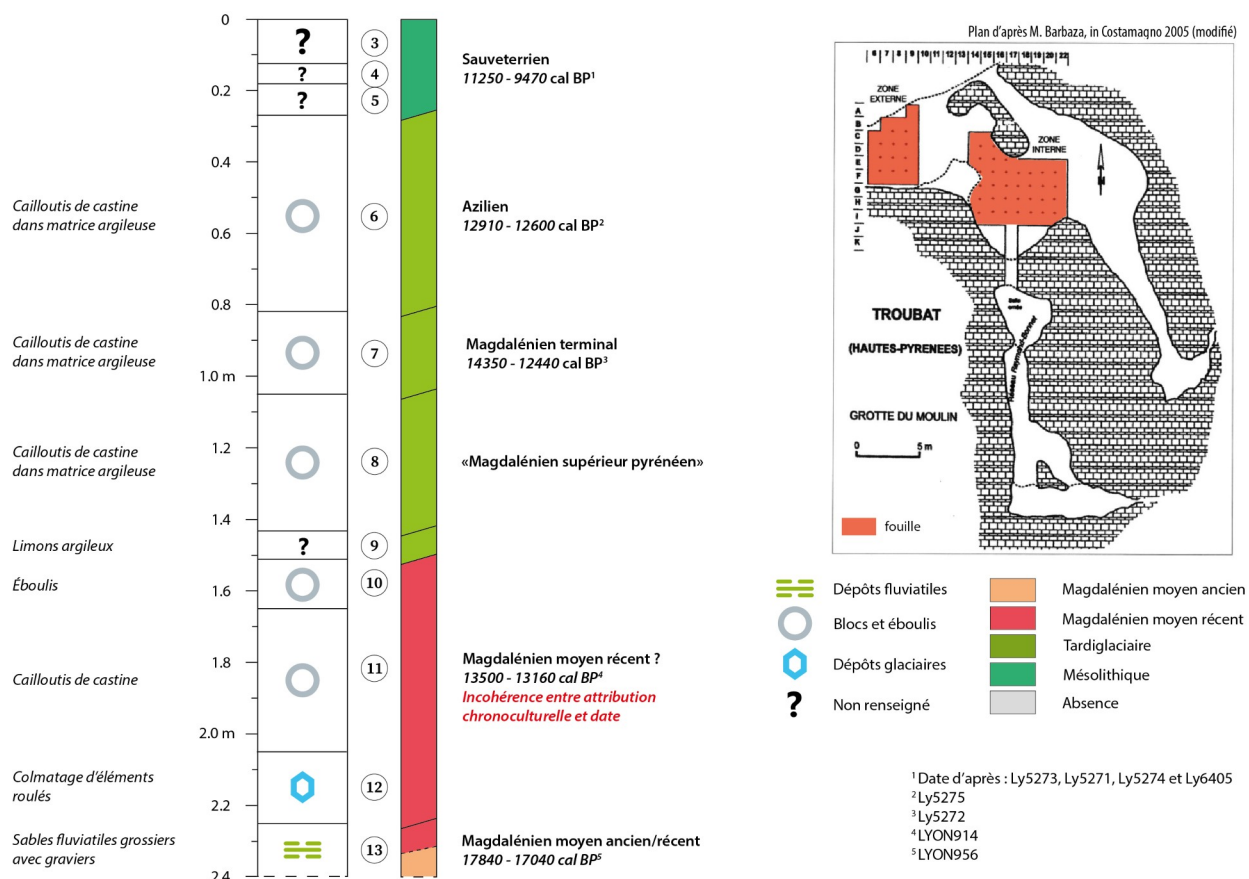


Figure 15 : Log stratigraphique de la grotte-abri du Moulin à Troubat (d'après Barbaza *et al.*, 2002 et Barbaza et Valdeyron, 2021)

2. Les occupations du piémont nord-pyrénéen

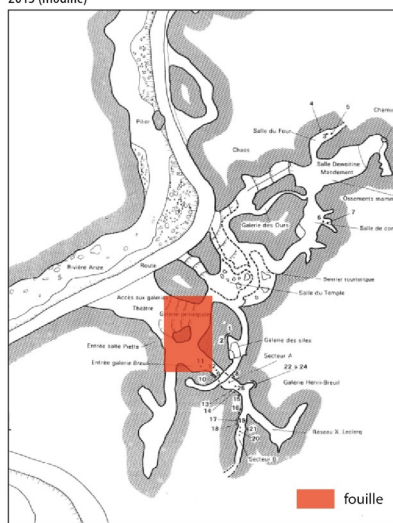
Le piémont nord-pyrénéen concentre la grande majorité des gisements étudiés dans ce mémoire. De l'Ariège aux Hautes-Pyrénées, leurs altitudes varient entre 300 et 550 mètres, suivant l'axe du Chevauchement Frontal Nord-Pyrénéen. Les cavités investies par les groupes magdaléniens se développent dans les étages aptiens à thanétiens du piémont.

4 LYON914 : 11450±95 BP (Banadora)

2.A. La rive droite du Mas d'Azil :

La grotte du Mas d'Azil présente des contextes d'occupations anthropiques d'une quantité exceptionnelle, et aujourd'hui de mieux en mieux connus (Pallier, 2021). Elle est une des grottes les plus emblématiques du domaine pyrénéen, et a joué un rôle majeur dans la construction de la Préhistoire du XIXe siècle à nos jours. Elle se situe dans le massif du Plantaurel, traversée par l'Arize prenant sa source dans le massif du même nom. Creusée par auto-capture du cours d'eau, la cavité se développe au niveau de la terminaison périsynclinale de Lézères-Pradals, dans des calcaires éocènes, en contrebas du col de Baudet (Bruxelles, Rabanit et Pallier *in* Jarry *et al.*, 2021 ; Pallier, 2021).

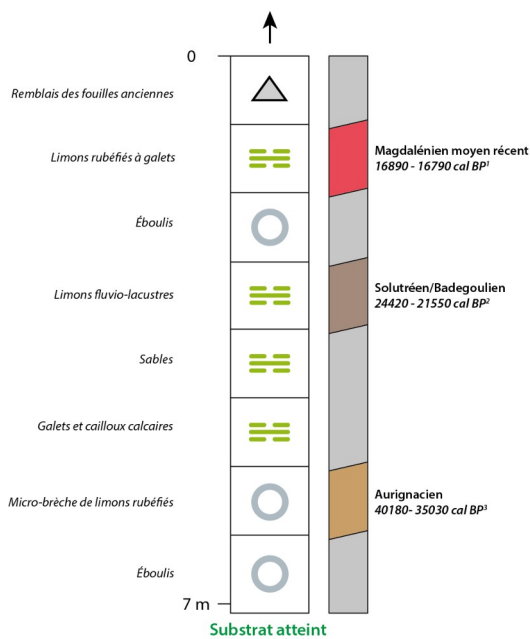
Plan d'après Mandement et Rouzard, in Leroi-Gourhan, 1984, in Jarry *et al.*, 2013 (modifié)



- Remblais
- Blocs et éboulis
- Dépôts fluviaux
- Ruissellement
- Non renseigné
- Aurignacien
- LGM
- Magdalénien moyen récent
- Tardiglaciaire
- Absence

- ¹Date d'après : Beta315510
- ²Beta445879 et Beta421733
- ³Beta322952 et Beta315506
- ⁴Beta322955

Salle du Théâtre



Sondage 3 (Rotonde)

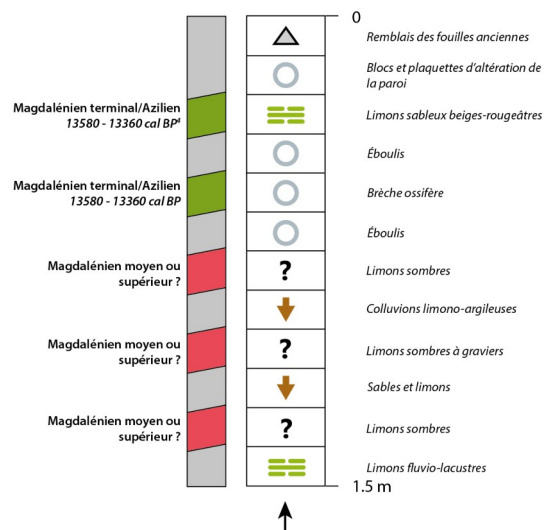


Figure 16 : Logs stratigraphiques du secteur Théâtre-Rotonde, grotte du Mas d'Azil (d'après Pallier, 2021)

Les vastes galeries latérales, creusées par phases d'accrétions sédimentaires au cours des variations climatiques, ont enregistré une très importante sédimentation reflétant les différents régimes d'aggradation de l'Arize au cours du Quaternaire (*ibid.*). Les travaux récents effectués par l'INRAP depuis 2013, dans le cadre du réaménagement du parcours touristique de la grotte⁵, ont permis d'acquérir d'importantes informations sur son histoire, ancienne pour ses occupations préhistoriques, et récente pour les changements opérés par l'activité humaine (construction de la « route impériale » au XIXe siècle, exploitation du salpêtre à l'époque moderne) (Pallier, 2021). L'organisation de la cavité se déroule au sein de la galerie principale, longue de 420 mètres. Sur sa rive droite, un vaste réseau de conduits et de salles se développent vers l'est, suivant une structure en boucles karstiques (Pallier *et al.*, 2018 ; Pallier, 2021). Les occupations humaines ont été attestées dans plusieurs secteurs de la grotte, en particulier dans la salle du Théâtre et de la Rotonde, la paroi de la RD119, et en rive gauche. La stratigraphie de référence prise pour ces observations correspond à la compilation des logs et sondages réalisés dans la salle du Théâtre, ainsi que du sondage 3 localisé dans le secteur Rotonde ; les deux logs étant dans la continuité l'un de l'autre (fig. 16). Ces données sont tirées de la thèse soutenue par Céline Pallier en 2021.

D'une puissance de sept mètres, la base du remplissage du secteur Théâtre-Rotonde est constituée de niveaux d'éboulisation, caractérisés par des blocs jointifs emballés dans une matrice argileuse ocre et fine. Au sein de ces horizons, une première occupation aurignacienne y a été découverte, datée autour de 40180 et 35030 cal. BP, dans une micro-brèche de limons rubéfiés. Le sommet de ces éboulements est recoupé par des formations sableuses et limoneuses fluvio-lacustres, à inclusions de galets allogènes et cailloux calcaires, entrecoupés de tronçatures. Ces dépôts sont imputés à deux types d'actions hydrosédimentaires : les dépôts inférieurs résultent d'un remplissage fluvial graveleux ; les limons sus-jacents observés sont issus d'un régime fluvio-lacustre de l'Arize, résultant d'une accumulation aquatique en amont du réseau provoquée par l'obstruction des entrées. C'est au sommet de ces formations, sur une limite entre les limons et un faciès d'effondrement, qu'ont été identifiées des indices solutréens et/ou badegouliens. La brèche d'effondrement, d'une puissance de trois mètres de haut, sert localement de substrat aux occupations du MMR. Ces installations sont également réparties sur la surface d'érosion des limons, dont la datation calibrée BP remonte à 16890-16790. Le sommet de cette première stratigraphie est couverte par des remblais de fouilles anciennes.

Le sondage 3 témoigne à sa base des dépôts fluvio-lacustres déterminés plus haut, sur lesquels des colluvions constituées de limons sombres et de sables prennent place. Les niveaux magdaléniens sont entrecoupés dans cette séquence, identifiés par des ossements et charbons encore non datés. Ces horizons colluviaux sont recouverts par une nouvelle phase d'éboulisation de la paroi, incluant la formation d'une brèche ossifère attribué au Tardiglaciaire. Ce niveau tardiglaciaire se retrouve au sein de la formation supérieure, caractérisée par des limons sableux beiges à rougeâtres, daté aux alentours de 13580-13360 cal. BP. Une accumulation de plaquettes desquamées et de blocs calcaires altérés recouvre cette dernière couche anthropisée.

Cette puissante stratigraphie témoigne de dynamiques particulières liées à l'hydrogéologie de la cavité. L'impact de ces variations est tel que la morphologie d'origine du secteur n'a pas été conservée (Pallier, 2021). Deux principaux modes de dépôts sédimentaires ont conditionné les occupations paléolithiques du réseau. Le premier est de nature fluviale

5 La grotte du Mas d'Azil, cartographie archéologique et géoarchéologie (2012-2017) ; PCR « Archives d'une grotte » (2018-2023)

puis fluvio-lacustre, à l'origine de la formation des niveaux post-aurignaciens. La surface des faciès limoneux présente en son sommet un ravinement découlant d'une baisse du niveau fluvial. Ce phénomène indique un repli de l'Arize dans son lit originel, précédant des phases d'effondrements et d'éboulements. Une dynamique colluviale se met progressivement en place, recouvrant la majeure partie des occupations magdaléniennes du secteur, scindée en de multiples brèches d'altération des parois. Ces brèches contiennent des blocs plurimétriques, plus ou moins fragmentés, et des plaquettes de calcaire altéré, l'ensemble recouvert par des concrétions.

2.B. Les cavernes du Volp, l'exemple d'Enlène :

Les cavernes du Volp sont situées en périphérie ouest du massif de l'Arize, dans la commune de Montesquieu-Avantès en Ariège, et culminent à environ 470 mètres d'altitude NGF. Les trois grottes, Enlène, les Trois-Frères et le Tuc-d'Audoubert, sont positionnées au sein d'un même réseau karstique, drainé par le Volp, et se développent au sein d'un massif calcaire crétacé actuellement boisé, d'orientation est-ouest (Bégouën *et al.*, 2019). La première mention de la grotte d'Enlène remonte en 1805, par une description du professeur Pierre Dardenne dans son « Essai sur la statistique du département de l'Ariège » (Bégouën *in* Bégouën *et al.*, 2019). Elle fait l'objet de plusieurs travaux archéologiques depuis, Jean-Jacques Pouech à la fin du XIXe siècle, Félix Régnauld, l'abbé David Cau-Durban, avant la découverte de l'intégralité du réseau par les Bégouën dès 1912. Les années 1970 à 2018 ont vu se multiplier les études faites dans les trois cavités, où les figurations pariétales figurent parmi les plus reconnues du Magdalénien, et en particulier dans les salles des Morts et du Fond d'Enlène. Ces travaux ont fait l'objet de monographies (Bégouën *et al.*, 2009, 2014, 2019), dont celle d'Enlène, qui sert de base documentaire de l'analyse effectuée ici. La galerie d'Enlène se développe sur plus de 200 mètres de profondeur, située sur la pente nord de la colline, au-dessus de la perte du Volp. D'accès facile, la grotte est constituée d'une grande entrée, d'un long couloir en demi-cintre de 2 à 5 mètres de largeur et trois autres dans les parties profondes : la salle des Morts à droite, le Couloir de la Découverte et la salle du Fond, précédée par la Galerie du Propulseur. La séquence relevée dans les fouilles de 1980 à 1990 se situe vers l'entrée de la salle du Fond, spacieuse et peu concrétionnée (fig. 17). Cependant, la problématique géomorphologique étant relativement peu développée, peu d'informations à ce sujet ont pu être extraites. La séquence atteint environ 1,10 mètre de profondeur, il n'y a pas d'indices probants à propos de la découverte ou non du substrat, seuls des éboulis sont mentionnés comme étant un potentiel substratum. La base de la coupe, couche 6, est constituée d'argiles grisâtres, à structure polyédrique, se développant sur environ 25 centimètres, vierge d'occupation. Ce niveau est recoupé au sommet par des argiles jaunes compactes, accumulées sur moins d'une vingtaine de centimètres (C5), ne présentant qu'un matériel lithique très limité. Ces dépôts sont scellés par un plancher stalagmitique de vingt centimètres d'épaisseur maximum, retrouvé au centre de la salle. La couche 3inf, composée d'argile jaune sous forme d'épandage discontinu, témoigne de la première occupation du MMA, datée sur ossements d'environ 18000 à 17000 cal. BP. Ce premier horizon anthropique, d'épaisseur imprécise, est séparé de la couche 3 par un fin niveau d'argiles stériles.

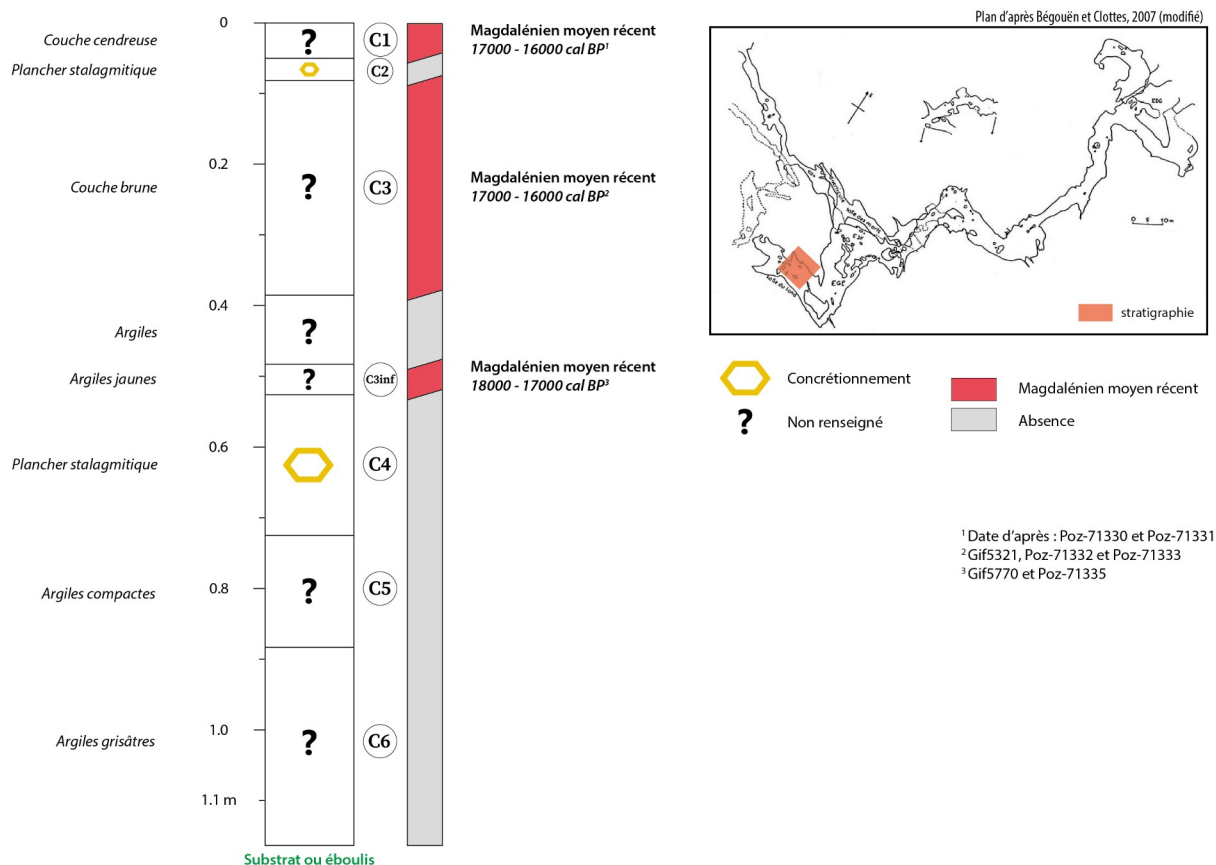


Figure 17 : Log stratigraphique de la salle du Fond d'Enlène (d'après Bégouën *et al.*, 2019)

La couche 3 correspond à une « couche brune », dont la puissance varie entre 5 et 30 centimètres, recèle le principal habitat magdalénien (MMR), remontant à 17000-16000 cal. BP environ. Ce niveau d'occupation est recouvert par des concrétions de faible épaisseur (C2), avant la mise en place de la dernière couche, également attribuée au MMR, qui vient clôturer la séquence. Il est également intéressant de mentionner l'aménagement conséquent des sols par les groupes magdaléniens. Les fouilles de 1978 ont mis au jour une structure de pavage dans la couche 1, constitué de plaquettes de grès étendues sur 5 m². De nombreux trous, foyers et cuvettes ont également été identifiées dans les couches de l'habitat magdalénien. Comme mentionné plus haut, il serait hasardeux de proposer des interprétations sur les modalités de remplissage de la salle du Fond, aux vues de renseignements géomorphologiques trop lacunaires. Les présences des argiles, comme signalées dans la salle des Morts et les deux autres cavités, pourrait résulter de phases d'aggradation du Volp, comme observé dans le secteur Théâtre-Rotonde du Mas d'Azil, ou de mise en place par colluvionnement et ruissellement depuis l'entrée de la cavité. Le paramètre préservateur de la couche 3 pourrait correspondre à son recouvrement par la couche 2, protégeant ces occupations de l'érosion.

La grotte de Marsoulas, située dans la commune éponyme, en Haute-Garonne, présente des dynamiques de remplissage similaires à celles observées au Mas d'Azil. Le diagnostic opéré par l'INRAP en 2011 a révélé une séquence géologique creusée jusqu'au substrat, mais sans trace d'archéologie. La stratigraphie a été effectuée dans les sondages 3 et 4 de l'emprise diagnostiquée, atteignant entre 50 centimètres et moins d'un mètre de profondeur (Jarry *et al.*, 2011). Ces sondages présentent à leur base un niveau de sables à inclusions de graviers d'origine fluviatile (niveau S3),

recouverts par des argiles sableuses, dites « à ours ». La couche sus-jacente, S1, est constituée de dépôts de versant issus de l'effondrement du porche frontal, caractérisés par des cailloutis calcaires accumulés sur une importante épaisseur. Un niveau de remblais des fouilles anciennes vient sceller ces dépôts. Un sondage réalisé par Sébastien Lacombe en 1995 a cependant révélé des vestiges d'occupation magdalénienne, comparables aux fouilles anciennes réalisées par l'abbé Cau-Durban dans les années 1880 (*ibid.*). La bonne préservation des vestiges semble corrélée aux dépôts argileux des crues du Laouin, visibles par une « couche jaune en place » surmontée d'une « couche jaune remaniée ». La grotte de l'Éléphant à Gourdan-Polignan, localisée au débouché de la haute vallée de la Garonne, entre les Hautes-Pyrénées et la Haute-Garonne, témoigne également d'un recouvrement des occupations magdaléniennes par un apport d'argiles stériles. C'est le cas pour la couche 6b de la Grande Salle, de nature limoneuse, recouvrant un plancher de calcite (C7) (Virmont, 1993). Il en est de même en ce qui concerne les occupations du Foyer A de la grotte ornée du Portel, en Ariège, dont le foyer rougeâtre de la couche 6 est recouvert par des argiles jaunâtres stériles (Vézian, 1955). L'étude de la stratigraphie de Peyre Blanque en Ariège, gisement de plein air situé sur le replat d'une crête calcaro-gréseuse à l'ouest du Plantaurel, a démontré l'importance de la stabilité topographique du gisement dans sa bonne préservation (Lacombe et al., 2015). Ce constat est né de l'analyse des fabriques, la disposition et l'orientation des vestiges, dont la dispersion et la densité peut témoigner de remaniements ou non (*ibid.*). Ces analyses ont été réalisées sur deux séries de données prélevées sur deux campagnes de fouilles. Cependant, des processus de solifluxion et autres perturbations post-dépositionnelles, telles que des ruissellements localisés, n'ont pu être exclues des résultats observés. L'impact très modéré de ces processus peut se justifier dans la structure massive des dépôts sableux, ne permettant qu'une circulation diffuse ou régulées par des micro-rigoles de ces écoulements (*ibid.*).

3. Les Petites Pyrénées : un contexte d'occupation particulier

Les grottes-abris du massif de Lespugue-Montmaurin sont localisées dans la vallée de la Save et de la Seygouade, au cœur de collines au relief marqué composant le plateau de Lannemezan (Cailhol *in* Lelouvier (dir.), 2019). Ce massif calcaire danien, d'orientation globale NO-SE, est situé au sein de formations molassiques miocènes, sur la terminaison ouest des Petites Pyrénées (Crégut-Bonnoure *et al.*, 2010). La nature abrupte de ce relief s'explique par sa formation en brachy-anticlinal, un anticlinal de forte amplitude altitudinale et de faible largeur, donnant cet aspect de dôme (Cavaillé et Ternet, 1977). Les terrains molassiques alentours résultent d'une intense accumulation issue de l'érosion pyrénéenne, dont la profondeur maximale peut atteindre trois kilomètres au pied de la chaîne montagneuse (Sunyach, 1984). Ces terrains se forment suite à des épisodes répétés de transgression/régression est-ouest marine venant de l'Atlantique, survenue depuis le Thanétien (Cailhol *in* Lelouvier (dir.), 2019). La forme actuelle de ce secteur est héritée de la déconnexion du plateau et du piémont, intervenue par les exhumations de terrains calcaires et les apports sédimentaires de la Neste, suite à la mise en place d'une dynamique hydrologique d'incision ayant remodelé le paysage (*ibid.*).

Les grottes des Scilles et des Harpons s'ouvrent sur la rive droite de la Save, dans une gorge étroite et encaissée (Langlais *et al.*, 2010). Elles ont été fouillées dès les années 1920 par les époux René et Suzanne de Saint-Périer, qui en ont identifié des séquences chronoculturelles régionales inédites (Saint-Périer, 1920, 1926). Les collections de ces gisements ont fait l'objet de réexamens récents plus approfondis, ayant contribué à un élargissement des cadres chronologique et culturel proposés pour ce Magdalénien du bassin garonnais (Les Harpons : Foucher et San Juan, 2000a, 2000b, Ducasse *et al.*, 2017 ; Les Scilles : Pétilon *et al.*, 2008 , Langlais *et al.*, 2010). Les données stratigraphiques recensées pour ces gisements sont issues des travaux anciens réalisés par les Saint-Périer. La grotte des Scilles a été intégralement fouillée et vidée de son remplissage par les fouilles opérées entre 1923 et 1924 (Saint-Périer, 1926). L'abri des Harpons, fouillé entre 1912 et les années 1930, n'a cependant pas été purgé de l'entièreté de son remplissage, l'excavation s'est arrêtée sur un niveau de blocs d'éboulement contemporain de la couche D (Saint-Périer, 1920). La grotte des Scilles prend la forme d'une petite salle demi-circulaire, mesurant 5 mètres de largeur à l'extérieur pour 4 mètres de profondeur. L'abri des Harpons prend une forme similaire, mesurant 8,80 mètres de large pour 5 mètres de profondeur. Les logs stratigraphiques des deux grottes, conçus ici, reprennent les données générales des séquences publiées dans les articles de référence (*cf. supra*).

3.A. La grotte des Scilles :

Le remplissage de la séquence stratigraphique des Scilles (fig. 18) a atteint plus de 4 mètres de profondeur. Les horizons sédimentaires pouvaient couvrir jusqu'à 6 mètres de terrain par-delà le surplomb de la grotte (Langlais *et al.*, 2010) La base de la séquence est constituée d'éboulis de la voûte accumulés directement sur le substrat, d'une épaisseur de 90 centimètres, sans attestation d'occupation humaine (*ibid.*). Sur cet horizon sont venus déposer des sables à petits éléments roulés, mis en place par une possible crue de la Save (Saint-Périer, 1926), également stériles. La principale couche d'occupation magdalénienne se développe juste au-dessus, il s'agit de la couche B. La seule qualification géomorphologique de ce niveau est mentionnée par R. de Saint-Périer comme une « couche noire », potentiellement très charbonneuse, qui se développe sur une quarantaine de centimètres maximum. La datation d'un bois de cervidé a permis de poser les jalons chronologiques de cette occupation autour de 19900-19150 cal. BP, soit au plein Magdalénien inférieur. La couche sus-jacente regroupe des argiles rougeâtres à inclusions de quartzites, ponctuées de lentilles graveleuses à sa base. La mise en place de ce niveau particulier résulterait d'un ruissellement des sédiments depuis le conduit menant à la salle supérieure, d'après R. de Saint-Périer, les quartzites altérés auraient glissé et se seraient infiltrés à l'intérieur de la cavité depuis le plateau supérieur, situé en sommet de versant (*ibid.*) Une structure similaire à un « four polynésien » a été identifiée à l'intérieur du niveau, sans précision chronologique. Une autre « couche noire », la couche A, d'une épaisseur d'une quinzaine de centimètres environ, recoupe cette puissante accumulation argileuse, et serait probablement attribuable au même Magdalénien inférieur de la couche B, d'après la corrélation entre deux pièces en bois de cervidé et certains équipements de cette dernière couche (Langlais *et al.*, 2010). Au-dessus de la couche A se développe l'horizon superficiel de recouvrement actuel des dépôts. Le peu d'information disponible sur l'évolution de la séquence stratigraphique des Scilles permet difficilement d'en reconstituer les dynamiques. Néanmoins, l'exclusive attribution de ce gisement au Magdalénien inférieur en fait un des

plus intéressants pour comprendre les mécanismes de préservation de ces occupations de contexte post-DMG. L'éloignement du site par rapport au piémont pyrénéen pourrait expliquer cette présence humaine durant la phase inférieure du Magdalénien, moins soumise aux événements glaciaires.

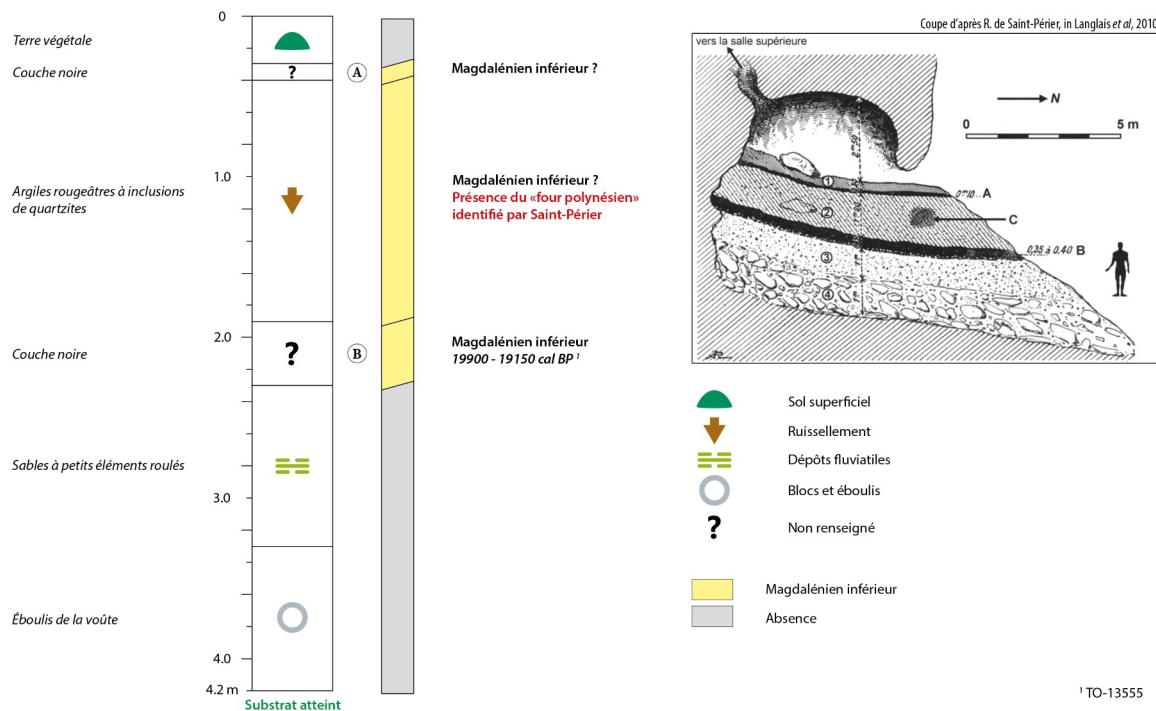


Figure 18 : Log stratigraphique de la grotte des Scilles (d'après Saint-Périer, 1926 et Langlais *et al.*, 2010)

3.B. L'abri des Harpons :

La séquence de l'abri des Harpons témoigne de phénomènes plus complexes (fig. 19). Profonde d'environ 3 mètres, la stratigraphie de ce gisement suit une composition sédimentaire similaire au remplissage des Scilles. L'horizon le plus ancien identifié, la couche D, atteste d'une même couleur sombre, sans plus de précisions sur son faciès morphosédimentaire. Il correspond à l'occupation solutréenne et/ou badegoulienne de l'abri, comprise entre 23750 et 19080 cal. BP, bien qu'une partie de cette datation recouvre le Magdalénien inférieur. Ce niveau est séparé de la couche C par un apport d'argiles rouges, apparemment stérile, d'une trentaine de centimètres d'épaisseur. La couche C, « couche noire », a été attribuée au Magdalénien inférieur sans certitude, bien que les datations calibrées BP ne correspondent pas à cette attribution. Cette couche est recouverte par des argiles stériles, accumulées sur 20 à 25 centimètres. Au-dessus de ces argiles, le niveau B du gisement est également décrit comme une « couche noire », attribuée avec prudence au MMA par l'identification d'une baguette demi-ronde stylisée (Ducasse *et al.*, 2017). La couche est recoupée au sommet par des argiles humiques stériles, issues du ruissellement d'après R. de Saint-Périer, sur une vingtaine de centimètres d'épaisseur. La couche A, également une « couche noire », se développe à partir de

ces argiles sur 70 centimètres environ. Elle est attribuée au Magdalénien supérieur et à l'Azilien ancien. Sur ce gisement, les données géomorphologiques sont également quasi inexistantes. La mention commune de « couches noires » pour les Scilles et les Harpons ne sont pas en mesure de pouvoir préciser le statut sédimentaire des dépôts. Cependant, il est possible d'imaginer des occupations paléolithiques rythmées par les régimes de crue de la Save, intercalant des dépôts argileux entre chaque période d'activité humaine.

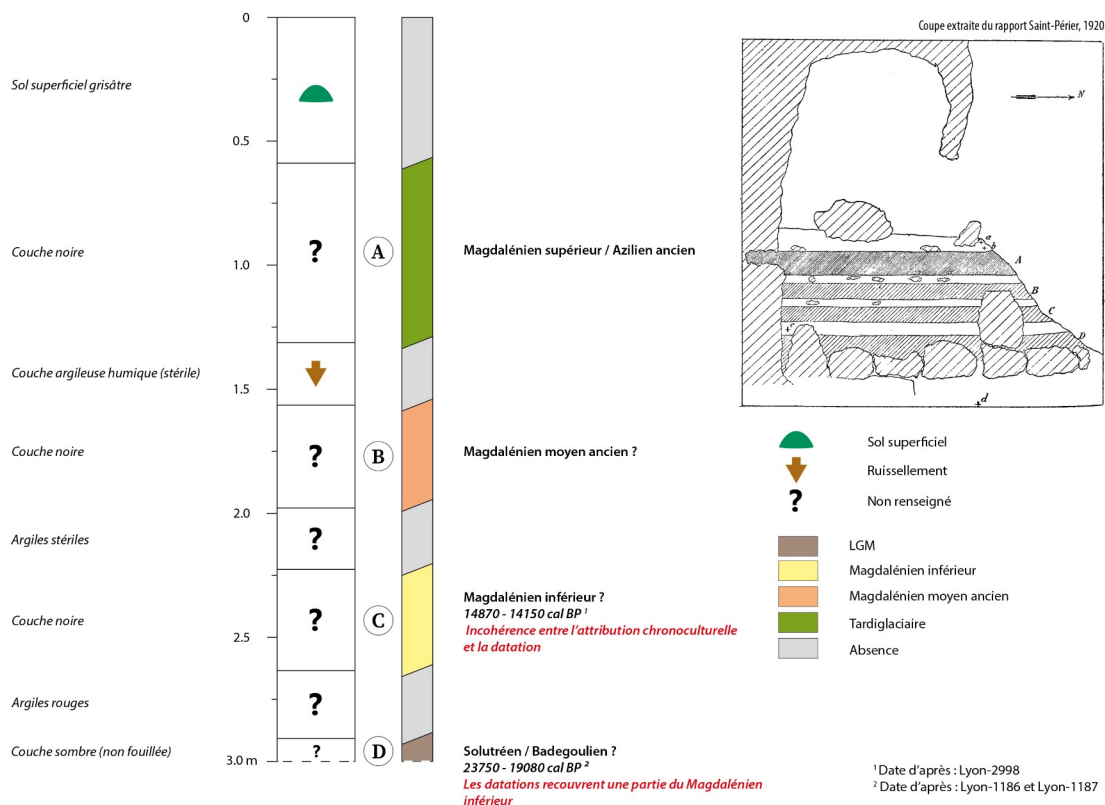


Figure 19 : Log stratigraphique de l'abri des Harpons (d'après Saint-Périer, 1920 et Ducasse *et al.*, 2017)

Synthèse

Retracer l'histoire géomorphologique globale des occupations post-Maximum würmien de l'ensemble des sites magdaléniens des Pyrénées centrales n'est pas une entreprise facile. L'étude des stratigraphies à notre disposition de bon nombre de grottes occupées ne permet pas de restituer toute la complexité des différentes dynamiques sédimentaires témoins des interactions entre le site et son bassin versant. Cependant, l'apport d'une documentation récente sur certains sites, comme le Mas d'Azil, Marsoulas, la grotte Tastet ou Laa 2, a permis d'actualiser les problématiques inhérentes aux dynamiques d'évolution des contextes sédimentaires et aux modalités taphonomiques des occupations anthropiques. Comme souligné dans la thèse de C. Pallier (2021), l'extension de la recherche de « relais sédimentaires » sur d'autres grottes permettrait de renouveler les cadres paléoclimatiques et géomorphologiques du domaine karstique nord pyrénéen.

Après avoir passé en revue les gisements post-maximum würmien les plus importants, d'amont en aval, plusieurs facteurs géomorphologiques ont été identifiés.

Les cavités creusées dans les anciennes vallées glaciaires ont été soumises à de très fortes dynamiques fluvio-glaciaires, en fonction des phases d'englacement et désenglacement des glaciers pyrénéens. En outre, l'accessibilité aux grottes dépend non seulement du retrait des langues glaciaires dans les vallées mais aussi des dynamiques hydrosédimentaires qui en découlent. Dans la vallée de l'Ariège, le glacier est cantonné à sa haute vallée dès 20000-19000 (Delmas *et al.*, 2011, Delmas, 2019). Toutefois, l'aggradation fluviale au fond des vallées se poursuit jusqu'à la stabilisation des versants par le développement de la végétation, au moins jusqu'à la phase Bölling-Alleröd (Jalut *et al.*, 1992 ; Reille et Andrieu, 1993 ; Delmas, 2019). L'obstruction de cavités pendant la phase épiglaciale du DMG témoigne de réelles absences d'occupation. Néanmoins, la topographie du versant nord pyrénéen étant irrégulière, il est tout à fait possible que le dégagement des vallées ait pu être précoce à certains endroits, comme à Laa 2, dont l'occupation attribuée au Magdalénien inférieur remonte à 20000-19500 cal. BP, alors que les occupations les plus anciennes établies dans le bassin d'Arudy sont attestées autour de 19300-18800 cal. BP pour la couche 207 du secteur extérieur de Tastet (Pétillon *et al.*, 2018), ou 18200-17500 pour le niveau « njsb » de l'abri du Bignalats (Barshay-Szmidt *et al.*, 2016). En d'autres termes, il serait pertinent de parler non pas d'une déprise glaciaire uniforme sur toute la chaîne, mais de déprises différenciées, dans l'ensemble contemporaines, ayant un rythme propre (Delmas, 2019). Les dynamiques observées pour ce secteur occidental des Pyrénées centrales peuvent également être corrélées avec la nature du remplissage de la grotte de La Vache dans le bassin de Tarascon-sur-Ariège.

La zone de piémont, d'altitude moyenne plus basse et aux vallées plus ouvertes, n'a pas été affecté par les dynamiques glaciaires. En revanche, les régimes des cours d'eau ont été conditionnés par les variations paléoclimatiques. Ainsi, certains sites peuvent localement présenter d'importantes dynamiques fluvio-lacustres. Les études récentes, en particulier celles concernant le Mas d'Azil, ont démontré l'importante capacité des grottes de fond de vallée à accumuler des dépôts hydrosédimentaires sur de puissantes stratigraphies (Pallier, 2021). Parallèlement, l'étude des fabriques et des faciès du gisement de plein air de Peyre Blanque permet d'ajouter le paramètre de

stabilité du substrat dans les conditions de préservation des sites (Lacombe *et al.*, 2015).

D'autres secteurs n'ont pas été étudiés récemment : les grottes des Scilles et des Harpons, par leur fouille ancienne, témoignent de lacunes importantes en matière de compréhension géomorphologique des couches anthropisées. Bien que le Magdalénien inférieur y soit bien attesté, les seules descriptions du remplissage faites par R. de Saint-Périer ne permettent pas une solide caractérisation des dynamiques des dépôts sédimentaires, bien qu'elles soient en grande partie imputées à des apports réguliers fluviaux et colluviaux. Ce problème de caractérisation des couches magdaléniennes permet néanmoins de se questionner sur leurs origines. Ou le peu d'impact de l'emprise glaciaire en aval du piémont pyrénéen aurait-il permis aux groupes humains de privilégier des lieux naturellement abrités dans le bassin aquitain ? Le peu de données disponibles à cette échelle spatiale du versant nord pyrénéen ne permet pas de proposer une explication univoque.

La confrontation des stratigraphies de plusieurs gisements magdaléniens des Pyrénées centrales a permis de poser plusieurs constats sur ces modalités globales de dépôts sédimentaires entre le DMG et le Tardiglaciaire. L'évolution géomorphologique entre le Magdalénien inférieur et moyen est très fortement soumise à des mécanismes climatiques, irréguliers selon les vallées et bassins glaciaires anciens. Les lacunes géoarchéologiques, concernant le Magdalénien inférieur et le MMA, constituent un obstacle majeur à la compréhension des logiques d'occupation humaine post-DMG. Si nous revenons aux seules attestations du Magdalénien inférieur, la séquence de Laa 2 est un des indices les plus probants quant à la présence de cette phase chronoculturelle dans le bassin d'Arudy. L'archéostratigraphie témoigne d'une succession d'occupations régulières et stables dans le temps, de la déprise post-würmienne à l'actuel (fig. 13). La stratigraphie de la grotte marque un régime différent de mise en place des sédiments entre Magdalénien inférieur et moyen ancien. Bien que la nature fluvio-glaciaire de la base du remplissage soit envisageable compte tenu du contexte environnemental, les apports limono-sableux diminuent fortement lors du passage à l'occupation du MMA, où les blocs et cailloux calcaires ont tendance à devenir l'élément sédimentaire dominant. Ce changement de faciès serait enclenché par un arrêt des écoulements provoqués par l'ablation du glacier, ayant rempli la base de la stratigraphie, au profit d'un remplissage par la chute de blocailles engendrée par l'altération de la voûte et des éléments calcaires venus des deux entrées de la grotte (Pétillon *et al.*, 2017).

En revanche, cette transition est moins visible en ce qui concerne les grottes de la Save. Pour cause de fouilles anciennes et d'une lacune importante en matière de formation du gisement, les grottes des Scilles et des Harpons demeurent des éléments flous pour caractériser le Magdalénien inférieur. La grotte des Scilles a cependant le mérite d'être le seul gisement actuel exclusivement attribué à cette phase. L'identification de microlithes lamellaires à dos dextre marginal, définies comme un trait techno-économique majeur de cette période par M. Langlais (Langlais, 2007) ainsi que la datation radiocarbone d'un élément de bois de cervidé ont permis de situer l'occupation humaine des Scilles dans un plein Magdalénien inférieur (Langlais *et al.*, 2010). Cependant, d'un point de vue géomorphologique, rien ne permet pas de constater des processus clairs de remplissage sédimentaire. La « couche noire » reposant sous les argiles de ruissellement pose un véritable problème dans cette identification (fig. 18), et n'est donc pas exploitable pour appréhender la transition du Magdalénien inférieur et MMA à l'échelle du piémont nord-pyrénéen. La grotte des Harpons ne permet pas non plus de progresser sur ce point. Souffrant également d'une importante lacune bibliographique en matière de géomorphologie, la datation radiocarbone calibrée de la couche C démontre une date

beaucoup plus récente par rapport à son attribution culturelle (Magdalénien inférieur) (fig. 19), et la description des couches stratigraphiques n'accorde aucune indication sur les dynamiques de remplissage du site, et surtout sur son remplissage sous-MMA. La morphologie des horizons situés sous les couches du Magdalénien moyen (ancien et récent) varie d'un site à l'autre, témoignant de processus de dépôt sédimentaire multiples. Des couches fluvioglaciales stériles en élément anthropique ont été identifiées sous les occupations humaines de la grotte Tastet (fig. 14) et de La Vache (fig. 11), aisément justifiable par leur emplacement dans les hautes vallées glaciaires pyrénéennes. Dans la salle du Fond d'Enlène, la plus ancienne couche du Magdalénien moyen repose sur un épais plancher stalagmitique vierge d'occupation (fig. 17). Dans la salle du Théâtre du Mas d'Azil, la transition entre le niveau solutréen et/ou badegoulien et MMR est localement matérialisée par une couche d'effondrement sur des limons fluviolacustres (fig. 16).

Ces observations posent la question de l'accessibilité des sites ainsi que leur préservation dans le temps. Ces paramètres sont déterminés par plusieurs facteurs de nature climatique et biologique (fig. 20), parmi lesquels la surface maximale d'englacement, la géométrie de la vallée ainsi que la végétation. Ces données réunies, en plus des variations climatiques, influent directement sur les dynamiques hydrosédimentaires, les conditions aérologiques dans les cavités, et par conséquent la conservation différentielle des gisements, plus ou moins protégés de l'altération (Pallier, 2021). Ainsi, le facteur d'inaccessibilité et la conservation différentielle des sites déterminent la répartition des gisements archéologiques, dont les majeurs témoins se concentrent dans les zones de piégeage sédimentaire (*ibid.*).

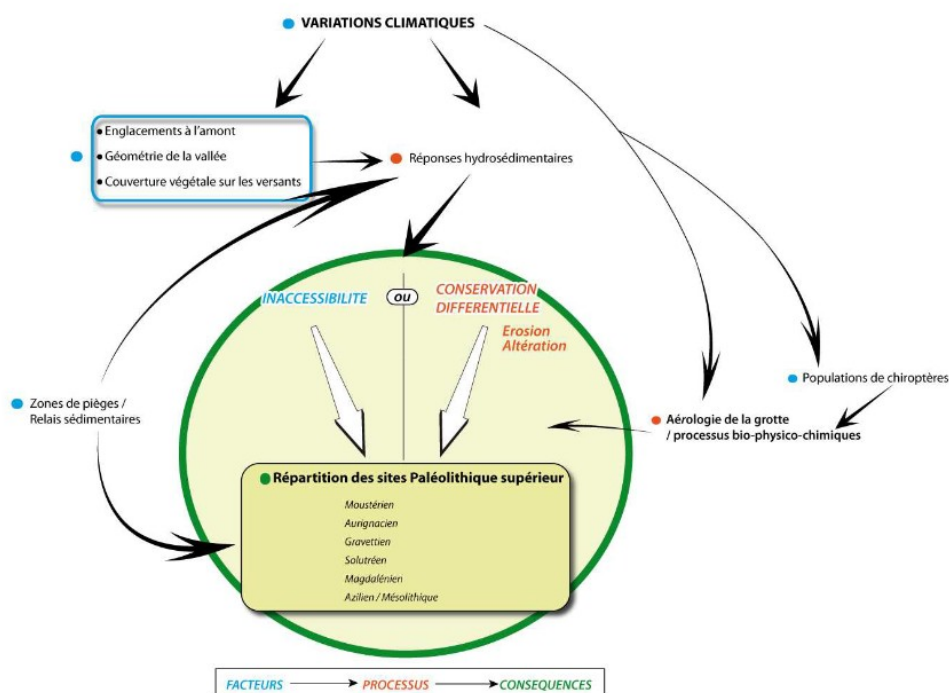


Figure 20 : Schéma des mécanismes et phénomènes conditionnant la répartition des sites archéologiques (extrait de C. Pallier, 2021)

Conclusion

Le point de départ de cette enquête partait du constat que le Magdalénien inférieur est, par rapport aux phases ultérieures de cette tradition culturelle, très peu représenté sur le versant nord-pyrénéen. Les observations géoarchéologiques menées sur les 29 sites qui constituent notre corpus d'étude, et dont nous venons de retracer les résultats en synthèse, permettent de proposer des hypothèses pour expliquer cette lacune. En premier lieu, l'occupation des anciennes vallées glaciaires lors de cette phase du Magdalénien ne peut être que très difficilement envisageable, à l'image de la lacune enregistrée dans le bassin de Tarascon-sur-Ariège. La stratigraphie de la grotte de La Vache, par exemple, démontre un comblement fluvio-glaciaire témoignant de l'englacement de la haute vallée, rendant toute occupation antérieure au MMR impossible. C'est également le cas dans la grotte de Niaux-Lombrives.

Dans le cas des grottes de piémont, comme celles de Labastide, du Portel, de la rive droite du Mas d'Azil, de Montespan ou encore des cavernes du Volp, aucun indice d'une présence humaine au cours du Magdalénien inférieur ou du MMA n'a été découvert, bien que des traces de Badegoulien aient été constatées (Bégouën *et al.*, 2019 ; Pallier, 2021), Aucun facteur d'ordre géomorphologique n'explique cette absence, qui repose cette fois-ci sans aucun doute sur des logiques d'implantation des habitats ayant varié au cours de ces différentes périodes : les groupes humains du Magdalénien inférieur ne semblent pas s'être intéressés aux parties profondes des grottes, dont proviennent les témoignages d'occupations plus récentes, attribuées en l'occurrence au MMR. D'autres sites encore, où ont été relevés des traces d'occupation du Magdalénien moyen mais dans d'autres contextes topographiques, en l'occurrence des entrées de grotte que l'on pourrait croire également davantage propices à des implantations antérieures du Magdalénien inférieur, ne délivrent cependant pas de traces qui lui soient attribuées, comme c'est le cas pour les Espélugues, Lortet, Marsoulas, Gourdan, Massat ou Bédeilhac. Mais il faut souligner ici l'ancienneté de la documentation, telle que l'on peut légitimement s'interroger si l'absence de traces attribuées au Magdalénien inférieur est réellement significative dans ces différents contextes – les productions lamellaires qui en sont l'une des signatures auraient exigé d'autres méthodes de fouilles pour contrôler leur absence effective. Dans d'autres contextes, fouillés plus récemment, les recherches n'ont pas été menées suffisamment profondément dans les remplissages pour atteindre le substrat, laissant un important potentiel d'informations encore cachées. C'est le cas de la grotte-abri du Moulin à Troubat et de la rive gauche du Mas d'Azil, dont les niveaux de base sont attribués à la transition MMA-MMR, sans que l'on sache ce qu'il peut y avoir dessous.

Au final, la combinaison de l'ensemble de ces facteurs contribue à expliquer pourquoi le corpus de sites magdaléniens susceptibles de fournir des informations sur la phase la plus ancienne de cette tradition est si réduit. Appréhender les logiques d'implantation et de conservation des occupations de cette phase repose donc sur un nombre très limité d'occurrences, limité au bassin d'Arudy, à Laa 2, et dans les gorges de la Save, aux Scilles et aux Harpons. La tendance semble même s'inverser à Lespugue, où le MMR est absent, et où sont en revanche recensées de puissantes stratigraphies du Magdalénien inférieur et MMA (fig. 18 et 19). Pour Arudy, seule la couche 5 de Laa 2, datée entre 20000 et 19500 cal. BP, apporte une réelle preuve d'une fréquentation de la vallée de l'Ossau au Magdalénien inférieur (fig. 13). Compte tenu de l'emprise glaciaire du Maximum würmien, contemporain des attestations du Magdalénien inférieur, il semblait improbable que des groupes humains aient pu investir des grottes

d'altitude élevée à cette période de forte activité glaciaire (Delmas *et al.*, 2011). Ce constat a pu être nuancé par cette même couche 5, en concordance avec la datation de la déprise glaciaire obtenue dans la tourbière de la vallée de la Grave (20000-19800 cal. BP), indique que le désenglacement de certains secteurs de la Zone Nord-Pyrénéenne ont permis un accès précoce aux grottes des vallées ou bassins glaciaires (Delmas, 2005).

La disparité de ces occupations du Magdalénien inférieur-MMA, par rapport au MMR, peut se justifier selon trois principaux paramètres, évoqués tout au long de ce travail :

- soit les groupes humains ont peu investi le versant nord-pyrénéen, tout du moins de manière très sporadique. Ce constat se justifie par des conditions paléoclimatiques rendant une grande portion de la chaîne montagneuse inhospitalière, mais dont certains endroits, comme Arudy, semblent pourtant être accessibles dès les premières phases de déprise des glaciers. À l'inverse, les vallées alluviales semblent plus fréquentées, notamment autour du massif de Lespugue-Montmaurin, mais sont désertées du MMR.

- soit ces occupations ont été impactées par des processus d'érosion tels qu'ils n'ont laissé aucune trace matérielle. À l'exception des hauts secteurs du versant nord-pyrénéen, où l'extension des glaciers dans les vallées a rendu des terrains complètement inaccessibles, comme le bassin de Tarascon-sur-Ariège, dont aucune occupation n'a été identifiée avant le MMR (Delmas *et al.*, 2011). D'après les stratigraphies analysées plus haut, nous constatons qu'aucun phénomène érosif n'est visible, et donc que la conservation différentielle n'entre apparemment pas en jeu, comme au Mas d'Azil (Pallier, 2021). L'hypothèse serait d'envisager ici un véritable choix d'implantation hors des cavités profondes pour privilégier les zones d'entrées ou les grottes peu profondes, comme Laa 2 (Pétillon *et al.*, 2017), la grotte Tastet (Pétillon *et al.*, 2019, 2020), les grottes des Scilles et des Harpons (Saint-Périer, 1920, 1926 ; Langlais *et al.*, 2010 ; Ducasse *et al.*, 2017), ou encore Troubat (Barbaza *et al.*, 1992 ; Barbaza et Valdeyron, 2002)

- soit elles n'ont tout simplement pas encore été découvertes, mais sont bel et bien existantes. Ce constat est une des hypothèses les plus importantes, car elle souligne les biais de recherche sur ces thématiques appliquées au monde pyrénéen. Ces potentielles occupations peuvent se trouver plus profondément dans les stratigraphies dont le substrat n'a pas été atteint, comme en rive gauche du Mas d'Azil ou à Troubat (*cf. supra*). Cependant, nous pouvons sans mal imaginer un très vaste réseau d'occupations du Magdalénien inférieur encore pris au piège dans des relais sédimentaires qui sont les grottes de fond de vallée, où l'activité fluviatile y est naturellement plus importante. Il ne serait pas hors de propos d'imaginer un MMA aussi dense que le MMR, mais cela demeure difficilement démontrable, de par un pourcentage très modéré des occurrences du Moyen ancien.

Quoi qu'il en soit, le Magdalénien inférieur pyrénéen est aujourd'hui de mieux en mieux identifié, malgré sa rareté. De par le réexamen de collections lithiques, comme aux Scilles (Langlais *et al.*, 2010), et les travaux menés en Catalogne et au Pays basque, une culture matérielle propre à cette période a pu être construite sur la base des lamelles à dos dextre marginal (Langlais, 2007 ; Langlais *et al.*, 2020). Ce paramètre d'attribution chronologique basée sur la typologie des industries lithiques couplé aux datations ¹⁴C, en complément de la géomorphologie, permettraient d'affiner la lecture des stratigraphies et le séquençage chronoculturel. La combinaison de ces méthodes, où entre en jeu la géoarchéologie, pourrait permettre une meilleure représentation des chronocultures jusqu'à aujourd'hui trop discrètes, et par conséquent une meilleure compréhension des phénomènes de transition et d'apparition.

Annexes

Annexe 1 : Tableau des datations ¹⁴C des niveaux MI, MMA et MMR des gisements étudiés

Site	Localisation	Niveau	Échantillon	Code_labo	Date BP	Date calibrée BP (95.4%)	Référence
Tastet	Secteur intérieur	305	Tib_equ	Lyon-10029	13930±70	17100-16630	Pétillon et al 2018
		306	Hum_renne	Lyon-11992	14430±80	17880-17350	
		311	OL_OTM	Lyon-11993	14710±70	18220-17830	
	Secteur extérieur	205	OL_OTM	Lyon-11729	14150±80	17400-17030	
			Tib_renne	Lyon-10027	14270±80	17730-17070	
		206	Bois_cerv	Lyon-11705	14290±110	17800-17070	
		206v	OL_OTM	Poz-84488	14410±70	17850-17350	
		206a	Hum_renne	Lyon-14804	14380±60	17820-17330	
			Mand_equ	Lyon-14805	14410±60	17840-17360	
		206b	OL_OTM	Poz-84489	13550±70	16600-16120	
207	Hum_cerf	Lyon-10028	15800±90	19340-18870			
207b	Phal2_bouq	Lyon-11991	15620±80	19080-18770			
Laa 2	Sondage 4	C3	Metat_bouq	OxA26673	13665±60	16760-16300	Pétillon et al 2017
			Radius_equ	Erl11113	14252±94	17730-17060	
			Tib_cerf	OxA26672	14570±65	18100-17460	
		C4	Tib_isard	Lyon11706	14880±120	18630-17850	
			Cox_bov	Lyon11707	15240±120	18780-18260	
		C5	Phal1_bouq	OxA26671	16070±75	19560-19170	
Espalungue	Secteur R	C2	Os	Ly3481	12970±160	16010-15080	Blanc et Marsan 1985
		Malarode I	C6	Os	Ly3484	13620±320	17390-15570
	C6b		Hum_bouq	OxA-26677	13595±60	16630-16220	Barshay-Szmidt et al 2016
		Metat_renne	OxA-26678	13585±60	16610-16210		
Poeymau		BI	Metac_equ	OxA-28076	14685±65	18210-17810	Barshay-Szmidt et al 2016
			Bois_cerv	OxA-28077	13915±65	17080-16650	
Saint-Michel			Bois_cerv	OxA-28088	11965±55	14040-13610	Barshay-Szmidt et al 2016
			Bois_cerv	OxA-28123	13760±65	16960-16430	
			Bois_renne	OxA-X-2523-44	13155±75	16030-15550	
Signalats		njsb	Bois_cerv	OxA-28121	14635±70	18200-17580	Barshay-Szmidt et al 2016
Les Scilles		B	Bois_cerv	TO-13555	16180±140	19900-19150	Langlais et al 2010
Les Harpons		C	Dent_equ	Lyon-2998	12380±60	14870-14150	Ducasse et al 2017
		D	Tib_cerf	Lyon-1187	17670±80	21760-21030	Foucher et San Juan 2000
			Os_ind	Lyon-2781	16445±100	20130-19560	Ducasse et al 2017
Gourdan	Ens. FG 10-11-12	C6b	Os	Gif-9137	13210±70	16090-15640	Virmont 1993
	Ensemble Nord	E20-21	Os	Gif-9139	14400±110	17940-17150	
Les Espélugues	Locus 1		Os	Ly-1406	13170±260	16630-15060	Omnès et al 1984
Troubat		C13	Charbon	Lyon-956	14270±135	17840-17040	Barbaza (comm pers.)
Enlène	Salle des Morts	C3	Os_ind	Gif 6030	13900±120	17300-16490	Bégouën et al 2019
			Charbon	Gif 4124	13940±250	17730-16210	
			Charbon	Gif 4123	10080±230	12620-11090	
			Renne	Poz-71336	13860±70	17040-16580	
			Cerf	Poz-71337	12980±60	15730-15300	
			Cheval	Poz-71330	13850±60	17020-16590	
	Salle du Fond	C1	Bos/bison	Poz-71331	13760±70	16960-16420	
			Os_b_indet	Gif 5321	12900±140	15830-15020	
		C3	Bos/bison	Poz-71332	13620±70	16710-16220	
			Bos/bison	Poz-71333	12750±60	15430-15000	
		C3inf	Os_ind	Gif 5770	13400±120	16510-15770	
			Gd_herbi	Poz-71335	14460±70	17890-17380	
Les Trois-Frères	Chapelle de la Lionn		Os_b	GifA-99550	14060±110	17400-16770	Bégouën et al 2014
			Os	GifA-99555	13930±110	17300-16570	
	Salle du Foyer	Unité 1	Scap_bos	Lyon-9082	17130±100	20910-20470	
			Os_b	GifA-99554	14200±120	17730-16990	
			Os	GifTAN-91329	12420±180	15230-14030	

Tuc-d'Audoubert	Galerie du Bouqueti	NAS	Côte_bos	Poz-17511	13930±70	17100-16630	Bégouën et al 2009	
			Tib_bos	Poz-17523	14120±70	17370-17020		
	Salle du Cheval Rou	NAI	Côte_bos	Poz-17513	13920±60	17080-16670		
			Côte_bos	Poz-17512	13930±80	17230-16590		
		C2	Os	Kn5091	13340±120	16400-15690		
			Cond_occip_rer	Poz-8433	13750±90	16980-16370		
Mas d'Azil	Théâtre/Rotonde	niv.IX	Os	Beta 315510	13710±50	16830-16390	Jarry et al 2013	
		niv.VII	Os	Beta 421733	17910±60	22010-21450	Jarry et al 2015	
	Galerie Piette	Fouilles Alteira	Os	Gif-5522	13640±110	16910-16160	Alteirac et Bahn 1982	
	Galerie Silex	Fouilles Alteira	Os	Gif-5679	13400±1000	18850-13510		
	RD119		us7/28	Os	Beta 528025	13860±40	17010-16640	Lelouvier et al 2019
			Us9/27	Os	Beta 528026	13350±40	16230-15890	
			E5us27	Os	Beta 530382	13230±40	16040-15730	
			P8	Charbon	Beta 436039	14190±40	17380-17080	Lelouvier et al 2016
	Rive Gauche	C	Charbon	Beta 564378	13100±40	15860-15550	Jarry et al 2020	
		Cinf	Charbon	Beta 564379	14780±50	18240-17930		
La Vache	Salle Monique	C4	Charbon	GRO 2026	12850±60	15580-15160	Clottes et Delporte 2003	
	Salle Monique (col.	C2/4	Os	GifA 95480	13650±130	16970-16130		
			Os	GifA 95479	13770±140	17070-16270		
Bédeilhac	Galerie Vidal	C3 (K26)	Charbon	Lyon-427	13725±100	16970-16320	Barbaza et al 1996	
			Charbon	Lyon-428	13660±100	16910-16220		
		K43	Charbon	Lyon-425	13680±155	17030-16110		
		LBI (L49)	Charbon	Lyon-423	13220±100	16200-15590		
Fontanet	Surface		Charbon	Ly-846	13810±740	18790-14540	Ledoux et al 2019	

Annexe 2 : Nomenclature des échantillons

ID_échantillon	Nature
bois_cerv	Bois de cervidé
bois_renne	Bois de renne
bos	Bovidés
ch	Charbon
cox_bov	Coxal de boviné
dent_equ	Dent de cheval
equ	Cheval
fem_equ	Fémur de cheval
gd_herbi	Grand herbivore
hum_bouq	Humérus de bouquetin
hum_cerf	Humérus de cerf
hum_renne	Humérus de renne
mand_equ	Mandibule de cheval
metac_equ	Métacarpien de cheval
metat_bouq	Métatarsien de bouquetin
metat_renne	Métatarsien de renne
OL_OTM	Os Long, Ongulé de Taille Moyenne
os	Os
os_b	Os brûlé
os_ind	Os indéterminé
phal1_bouq	Phalange 1 de bouquetin
phal2_bouq	Phalange 2 de bouquetin
rad_equ	Radius de cheval
tib_cerf	Tibia de cerf
tib_equ	Tibia de cheval
tib_is	Tibia d'isard
tib_renne	Tibia de renne

Bibliographie

- ALTEIRAC A., BAHN P.-G. (1982) – Les premières datations radiocarbone du magdalénien moyen de la grotte du Mas d’Azil (Ariège). *Bulletin de la Société préhistorique de l’Ariège*, 10, 107-110.
- ALTUNA J., MARSAN G. (1986) – Le gisement préhistorique de la grotte du Bignalats à Arudy (Pyrénées-Atlantiques), première partie : présentation des fouilles et étude de la faune de mammifères. *Archéologie des Pyrénées Occidentales et des Landes*, 6, 53-73.
- ANDRIEU-PONEL V., HUBSCHMAN J., JALUT G., HÉRAIL G. (1988) – Chronologie de la déglaciation des Pyrénées françaises. Dynamique de sédimentation et contenu pollinique des paléolacs : application à l’interprétation du retrait glaciaire. *Bulletin de l’Association française pour l’étude du Quaternaire*, 25, 2-3, 55-67.
- AULY T. (1999) – La région d’Arudy : les relations glacio-karstiques, élément fondamental de l’organisation morphologique. *Travaux du Laboratoire de Géographie Physique Appliquée*, 18, 1, 33-61.
- AVERBOUH A. (2000) – *Technologie de la matière osseuse travaillée et implications paléolithiques. L’exemple des chaînes d’exploitation du bois de cervidé chez les Magdaléniens des Pyrénées (volume 1)*. Thèse de doctorat, Université Paris 1, Paris, 245 p.
- BARBAZA M., COSTAMAGNO S., FERRIER C., FOURMENT N., LAROULANDIE V., LE GALL O., VANHAEREN M., VIRMONT J. (2002) – *La grotte de Troubat (Hautes-Pyrénées). Premier rapport intermédiaire*. Rapport de fouille, 67 p.
- BARBAZA M., FERRIER C., GALOP D., HEINZ C., LACOMBE S., POMIÈS M.-P. (1996) – *Bédeilhac-et-Aynat, grotte de Bédeilhac. Rapport final*. Rapport de fouille, 151 p.
- BARBAZA M., VALDEYRON N. (2021) – Les industries mésolithiques de la grotte-abri de Troubat (Hautes-Pyrénées) et leurs rapports au Sauveterrien. *Bulletin de la société archéologique champenoise*, 5-29.
- BARSHAY-SZMIDT C., COSTAMAGNO S., HENRY-GAMBIER D., LAROULANDIE 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 ka cal BP): Proposing a new model for its chronological phases and for the timing of occupation. *Quaternary International*, 414, 62-91.

BÉGOUËN R., CLOTTES J., FERUGLIO V., PASTOORS A. (2014) – *La caverne des Trois-Frères : anthologie d'un exceptionnel sanctuaire préhistorique*. Somogy éditions d'art, Paris, 247 p.

BÉGOUËN R., FRITZ C., TOSELLO G., CLOTTES J., PASTOORS A., FAIST F. (2009) – *Le sanctuaire secret des bisons : il y a 14000 ans dans la caverne du Tuc d'Audoubert*. Somogy, Paris, Association Louis-Bégouën, 415 p.

BÉGOUËN R., PASTOORS A., CLOTTES J. (DIR.) (2019) – *La grotte d'Enlène : immersion dans un habitat magdalénien*. In Fine Editions, Paris, 458 p.

BILOTTE M., CASTERAS M., PEYBERNÈS B., REY J., SOULA J.-C., TAILLEFER F., ROCHE J., TERNET Y. (1988) – *Notice explicative de la feuille Foix à 1/50000*. BRGM, vol. 1075, Orléans.

BLANC C., MARSAN G. (1985) – Premières datations de niveaux tardiglaciaires et post-glaciaires de la grotte d'Espalungue à Arudy (P. A.). *Archéologie des Pyrénées Occidentales et des Landes*, 5, 255-257.

BREUIL H. (1913) – Les subdivisions du paléolithique supérieur et leur signification. In : *Congrès international d'anthropologie et d'archéologie préhistoriques*, Genève, Imprimerie Albert Kundig, 165-238.

BREUIL H. (1954) – Le Magdalénien. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 51, 8, 59-66.

CALLEC Y., JANJOU D., BAUDIN T., LUQUET C., PELLÉ J.-M., LAVILLE P. (2006) – Échelle des temps géologiques. BRGM.

CALVET M., GUNNELL Y., LAUMONIER B. (2021) – Denudation history and palaeogeography of the Pyrenees and their peripheral basins: an 84-million-year geomorphological perspective. *Earth-Science Reviews*, 215, 1-71.

CANÉROT J. (2008) – *Les Pyrénées - Tome 1 : Histoire géologique*. Atlantica Editeur, 516 p.

- CASTERAS M. (1970) – *Notice de la carte géologique de la France à 1/50000, feuille d'Oloron-Sainte-Marie*. BRGM, vol. 1051, Orléans.
- CASTERAS M., DESTOMBES J.-P., RAGUIN E. (1969) – *Notice de la carte géologique de la France au 1/50000, feuille du Vicdessos*. BRGM, vol. 1087, Orléans.
- CAU-DURBAN F.-D. (1885) – *La grotte de Marsoulas (Haute-Garonne)*. Reinwald, 9 p.
- CAVAILLÉ A., TERNET Y. (1977) – *Notice de la carte géologique de la France au 1/50000, feuille de Boulogne-sur-Gesse*. BRGM, vol. 1032, Orléans.
- CLERC C. (2012) – *Évolution du domaine nord-pyrénéen au Crétacé. Amincissement crustal extrême et thermicité élevée : un analogue pour les marges passives*. Thèse de doctorat, Université Pierre-et-Marie-Curie, Paris, 248 p.
- CLOTTES J., DELPORTE H. (DIR.) (2003) – *La grotte de La Vache (Ariège). 1-Les occupations du Magdalénien*. CTHS et MAN, Paris, 800 p.
- CRÉGUT-BONNOURE É., BOULBES N., GUÉRIN C., PERNAUD J., TAVOSO A., CAMMAS R. (2010) – Le contexte géomorphologique et faunique de l'homme de Montmaurin (Haute-Garonne). *Préhistoires Méditerranéennes*, 1, 35-85.
- DELMAS M. (2005) – La déglaciation dans le massif du Carlit (Pyrénées-Orientales) : approches géomorphologique et géochronologique nouvelles. *Quaternaire*, 16, 1, 45-55.
- DELMAS M. (2015) – The Last Maximum Ice Extent and subsequent deglaciation of the Pyrenees : an overview of recent research. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 41, 2, 359-387.
- DELMAS M. (2019) - *L'apport des nucléides cosmogéniques produits in situ à la quantification multi-scalaire des changements environnementaux quaternaires dans les montagnes des latitudes tempérées*. Environnement et Société, Université Lumière-Lyon 2.
- DELMAS M., CALVET M., GUNNELL Y., BRAUCHER R., BOURLÈS D. (2011) - Palaeogeography and ¹⁰Be exposure-age chronology of Middle and Late Pleistocene glacier systems in the northern Pyrenees:

Implications for reconstructing regional palaeoclimates. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 305, 1, 109-122.

DUCASSE S., CASTEL J.-C., CHAUVIÈRE F.-X., LANGLAIS M., CAMUS H., MORALA A., TURQ A. (2011) – Le Quercy au coeur du dernier maximum glaciaire. La couche 4 du Petit Cloup Barrat et la question de la transition badegoulo-magdalénienne. *PALEO*, 22, 101-154.

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, 2, 257-294.

FITZGERALD P. G., MUÑOZ J. A., CONEY P. J., BALDWIN S. L. (1999) – Asymmetric exhumation across the Pyrenean orogen : implications for the tectonic evolution of a collisional orogen. *Earth and Planetary Science Letters*, 173, 3, 157-170.

FOUCHER P., SAN JUAN C. (2000a) – Le niveau D solutréen de l'abri des Harpons (Lespugue, Haute-Garonne). Collection Saint-Périer du Musée des Antiquités Nationales. *Antiquités nationales*, 32, 17-55.

FOUCHER P., SAN JUAN C. (2000b) – Les industries solutréennes de l'abri des Harpons et de la Grotte des Rideaux (Lespugue, 31). Collections Saint-Périer des musées de Lespugue et de Saint-Gaudens. *Bulletin de la Société préhistorique Ariège-Pyrénées*, 55, 27-33.

IVY-OCHS S., KERSCHNER H., KUBIK P. W., SCHLÜCHTER C. (2006) – Glacier response in the European Alps to Heinrich Event 1 colling : the Gschnitz stadial. *Journal of Quaternary Science*, 21,2, 115-130.

JALUT G., MARTI J.-M., FONTUGNE M., DELIBRIAS G., VILAPLANA J.-M., JULIA R. (1992) – Glacial to interglacial vegetation changes in the northern and southern Pyrénées: Deglaciation, vegetation cover and chronology. *Quaternary Science Reviews*, 11, 4, 449-480.

JARRY M., BRUXELLES L., BON F. (DIR.) (2013) – *La grotte du Mas-d'Azil, cartographie archéologique et géoarchéologie*. Prospection thématique, rapport d'activités pour l'année 2013, 148 p.

- JARRY M., BRUXELLES L., FRITZ C., LACOMBE S., MARTIN H., RABANIT M., TOSELLO G. (2011) – *La grotte de Marsoulas (Marsoulas, 31)*. Rapport de diagnostic, Inrap-GSO, 118 p.
- JARRY M., PALLIER C., BRUXELLES L., BON F. (DIR.) (2021) – *Archives d'une grotte, des archives paléoenvironnementales et archéologiques paléolithiques aux archives de fouilles (grotte du Mas d'Azil, Ariège)*. Programme Collectif de Recherche, rapport d'activités pour l'année 2021, 249 p.
- JARRY M., PALLIER C., BON F., BRUXELLES L. (DIR.) (2020) – *Archives d'une grotte, des archives paléoenvironnementales et archéologiques aux archives de fouilles (grotte du Mas d'Azil, Ariège)*. Programme Collectif de Recherche, rapport d'activités pour l'année 2020, 308 p.
- JARRY M., PALLIER C., BRUXELLES L., BON F. (DIR.) (2015) – *La grotte du Mas-d'Azil, cartographie archéologique et géoarchéologie*. Prospection thématique, rapport d'activités pour l'année 2015, 266 p.
- JIMÉNEZ SÁNCHEZ M., FARIAS ARQUER P. (2002) – New radiometric and geomorphologic evidences of a last glacial maximum older than 18 ka in SW European mountains : the example of Redes Natural Park (Cantabrian Mountains, NW Spain). *Geodinamica Acta*, 15, 93-101.
- KOZLOWSKI J. (1984) – Sur la contemporanéité des différents faciès du Magdalénien. In : *Jahrbuch des Bernischen Historischen Museums*, 63-64, 211-216.
- KUNTZ D. (2011) – *Ostéométrie et migration(s) du renne (Rangifer tarandus) dans le Sud-Ouest de la France au cours du dernier Pléniglaciaire et du Tardiglaciaire (21 500 - 13 000 cal. BP)*. Thèse de doctorat, Université Toulouse II, Toulouse, 462 p.
- LACOMBE S., STERLING K., CONKEY M., DIETRICH W. (2015) – Le site de plein air de Peyre Blanche (Fabas, Ariège) : un jalon original du Magdalénien dans le Sud-Ouest de la France. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 112, 2, 235-268.
- LANGLAIS M. (2007) – *Dynamiques culturelles des sociétés magdaléniennes dans leurs cadres environnementaux. Enquête sur 7 000 ans d'évolution de leurs industries lithiques entre Rhône et Èbre*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse II, Toulouse, 549 p.
- LANGLAIS M. (2010) – *Les sociétés magdaléniennes de l'isthme pyrénéen*. CTHS (Documents Préhistoriques), 26, 336 p.

- LANGLAIS M., FAT CHEUNG C., LAROULANDIE V., LEFEBVRE A., MARQUEBIELLE B., PÉTILLON J.-M. (2020) – Dix mille ans de peuplement humain sur le versant nord des Pyrénées (21000-11000 cal BP) entre unification et régionalisation culturelles. *Munibe*, 71, 14 p.
- LANGLAIS M., PÉTILLON J.-M. (2019) – Les Pyrénées, une frontière pré-historiographique pour le Magdalénien ? Réflexions à partir du Magdalénien moyen de la Grotte Tastet (Sainte-Colome, Pyrénées-Atlantiques). In “*Circulations montagnardes, circulations européennes*”, 142e colloque du CTHS, Pau, 24 p.
- 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, 1, 5-51.
- LANGLAIS M., SÉCHER A., CAUX S., DELVIGNE V., GOURC L., NORMAND C., SÁNCHEZ DE LA TORRE M. (2015) – Lithic tool kits : A Metronome of the evolution of the Magdalenian in southwest France (19,000–14,000 cal BP). *Quaternary International*, 414, 1-16.
- LEDOUX L., CORBÉ, MUTH X., WAHL L., PUIG C. (2019) – *Réseau Wahl, Grotte de Fontanet (Ornolac-Ussat-les-Bains)*. Rapport d’opération, SRA Occitanie, 146 p.
- LELOUVIER L.-A., PALLIER C., DAUSSY A. (2016) – *La grotte du Mas d’Azil, Tranche 4 : paroi le long de la RD119*. Rapport d’opération, diagnostic archéologique, Inrap-GSO, 80 p.
- LELOUVIER L.-A., COSTAMAGNO S., PALLIER C. (DIR.) (2018) – *La grotte de La Vache*. Rapport d’opération, Inrap GSO, 92 p.
- LELOUVIER L.-A. (DIR.) (2019) – *Le Castet, tranches 2, 3 et 4*. Rapport d’opération, Inrap GSO, 105 p.
- LEROI-GOURHAN A., BRÉZILLON M. (1972) – Fouilles de Pincevent. Essai d’analyse ethnographique d’un habitat magdalénien (la section 36). *Gallia Préhistoire*, 7,1.
- LEROI-GOURHAN A., BRÉZILLON M. (1966) – L’habitation magdalénienne n°1 de Pincevent près Monterau (Seine-et-Marne). *Gallia Préhistoire*, 9, 2, 263-385.

- MARSAN G. (1985) – Fouilles de 1984 de la grotte de Malarode I à Arudy (P. A.) et premières datations 14C. *Archéologie des Pyrénées Occidentales et des Landes*, 5, 251-253.
- MATTAUER M. (1968) – Les traits structuraux essentiels de la chaîne des Pyrénées. *Revue de Géographie physique et Géologie dynamique*, 10, 3-12.
- MIX A. C., BARD E., SCHNEIDER R. (2001) – Environmental processes of the ice age: land, oceans, glaciers (EPILOG). *Quaternary Science Reviews*, 20, 4, 627-657.
- OLIVO M. (2021) – *Voyages de monts en vallées : modalités d'occupation des groupes magdaléniens du versant nord pyrénéen, d'après une sélection de sites ariégeois*. Mémoire de Master 1, Université Toulouse II, Toulouse, 95 p.
- OMNÈS J., CHALINE J., CLOT A., ÉVIN J., FAURÉ P., TABORIN Y., THOMEL G. (1984) – Le locus I des Espélugues de Lourdes (Hautes-Pyrénées). Un petit habitat magdalénien de profondeur. *Bulletin de la Société préhistorique de l'Ariège*, 39, 85-99.
- PAILHAUGUE N. (1998) – Faune et saisons d'occupation de la salle Monique au Magdalénien Pyrénéen, grotte de la Vache (Alliat, Ariège, France). *Quaternaire*, 9, 4, 385-400.
- PALLIER C. (2021) – *De l'enregistrement sédimentaire en milieu karstique à la taphonomie des sites archéologiques du Paléolithique supérieur (MIS 3-MIS 2) : les apports de la grotte du Mas d'Azil et de la vallée de l'Arize (Pyrénées, France)*. Thèse de doctorat, Université Toulouse II, Toulouse, 237 p.
- PALLIER C., JARRY M., BON F., CAMUS H., RABANIT M., BRUXELLES L. (2018) – Évolution karstique, enregistrements sédimentaires et occupations humaines de la grotte du Mas d'Azil (Ariège, France). *Karstologia*, 68, 31-38.
- PÉTILLON J.-M., AVERBOUH A. (2013) – L'industrie osseuse du Solutréen au Magdalénien moyen dans le Bassin parisien. In : *Le Paléolithique Supérieur Ancien de l'Europe du Nord-ouest*, Société préhistorique française, 56, 143-157.

- PÉTILLON J.-M., BIROUSTE C., BOUDADI-MALIGNE M., COSTAMAGNO S., GARDÈRE P., GAUVRIT ROUX E., GRUBERT M., LANGLAIS M., LAROULANDIE V., MALLYE J.-B., MISTROT V., NORMAND C., PESCHAUX C., VERGEOT H. (2018) – *La grotte Tastet à Sainte-Colome (canton d'Arudy, Pyrénées-Atlantiques) : troisième année d'autorisation triennale*. DRAC-SRA Nouvelle-Aquitaine, 257 p.
- PÉTILLON J.-M., BOUDADI-MALIGNE M., COSTAMAGNO S., GAUVRIT ROUX E., LANGLAIS M., LAROULANDIE V., MALLYE J.-B., MISTROT V., NORMAND C., PESCHAUX C., REGIS E., VERGEOT H., VILLENEUVE Q. (2021) – *La grotte Tastet à Sainte-Colome (canton d'Arudy, Pyrénées-Atlantiques) : deuxième année d'autorisation triennale*. DRAC-SRA Nouvelle-Aquitaine, 182 p.
- PÉTILLON J.-M., GARDÈRE P., BRAMOULLÉ Y., COSTAMAGNO S., GAUVRIT ROUX E., GRUBERT M., NORMAND C., PARENT G., VERGEOT H. (2019) – *La grotte Tastet à Sainte-Colome (canton d'Arudy, Pyrénées-Atlantiques) : géomorphologie, topographie et études complémentaires*. DRAC-SRA Nouvelle-Aquitaine, 113 p.
- PÉTILLON J.-M., GARDÈRE P., LANGLAIS M., NORMAND C. (2020) – Les plus anciens peuplements humains du bassin d'Arudy : anatomie d'une lacune. *Archéologie des Pyrénées Occidentales et des Landes*, 32, 7-13.
- PÉTILLON J.-M., LANGLAIS M., DE BEAUNE S. A., CHAUVIÈRE F.-X., LETOURNEUX C., SZMIDT C., BEUKENS R., DAVID F. (2008) – Le Magdalénien de la grotte des Scilles (Lespugue, Haute-Garonne). Premiers résultats de l'étude pluridisciplinaire de la collection Saint-Périer. *Antiquités nationales*, 39, 57-71.
- PÉTILLON J.-M., LAROULANDIE V., BOUDADI-MALIGNE M., DUMONTIER P., FERRIER C., KUNTZ D., LANGLAIS M., MALLYE J.-B., MISTROT V., NORMAND C., RIVERO VILÁ O., SÁNCHEZ DE LA TORRE M. (2017) – 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*, 57, 65-126.
- PÉTILLON J.-M., LAROULANDIE V., COSTAMAGNO S., LANGLAIS M. (2016) – Testing environmental determinants in the cultural evolution of hunter-gatherers: a three-year multidisciplinary project on the occupation of the western Aquitaine basin during the Middle and Upper Magdalenian (19–14 kyr cal BP). *Quaternary International*, 414, 1-8.
- PÉTILLON J.-M., MARQUEBIELLE B., CHAUVIN J., COUCOURON J., DELMAS M., DELMASURE M.-C., DESMONTS P., FAT CHEUNG C., FOURVEL J.-B., GARATE MAIDAGAN D., GARDEUR M., MAIRE R., MARSAN G., MONTES L., PESCHAUX C., PHILIBERT S., PLUTNIAK S., REIXACH T., SÁNCHEZ DE LA TORRE M., SOTO A., URKIA F., VALDEYRON N., DE VALICOURT E., VANARA N. (2020) – *Préhistoire*

ancienne de la vallée d'Ossau : paléoenvironnement et sociétés de chasseurs-collecteurs dans le piémont pyrénéen. Projet collectif de recherche, bilan 2020, deuxième année de triennale, DRAC-SRA Nouvelle-Aquitaine, 97 p.

- PIGEOT N. (1987) – Magdaléniens d'Étiolles. Économie de débitage et organisation sociale (l'unité d'habitation U5). *Gallia Préhistoire*, 25, 1.
- 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., GUILLEVIC 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. C., 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, 14-28.
- REILLE M., ANDRIEU-PONEL V. (1993) – Variations de la limite supérieure des forêts dans les Pyrénées (France) pendant le Tardiglaciaire. In : *Compte rendu de l'Académie des Sciences de Paris Série II*, 316, 4, 547-551.
- SACCHI D. (2003) – *Le Magdalénien. Apogée de l'art quaternaire*. La Maison des Roches, Paris, 126 p.
- SAINT-PÉRIER R. DE (1920) – La grotte des Harpons à Lespugue (Haute-Garonne). *L'Anthropologie*, 30, 210-234.
- SAINT-PÉRIER R. DE (1926) – La grotte des Scilles à Lespugue (Haute-Garonne). *L'Anthropologie*, 36, 15-40.
- SIMONNET R. (1996) – Approvisionnement en silex au Paléolithique supérieur ; déplacements et caractéristiques physiologiques des paysages, l'exemple des Pyrénées centrales. In : *Pyrénées préhistoriques : arts et sociétés*, Pau, Ed. du CTHS (Actes du congrès national des sociétés historiques et scientifiques (sous la dir. de H. Delporte et J. Clottes)), 117-128.
- SOUQUET P., PEYBERNÈS B., BILOTTE M., DEBROAS E.-J. (1977) – La chaîne alpine des Pyrénées – Tome 1 : Histoire géologique. *Géologie Alpine*, 53, 193-216.
- SUNYACH J. (1984) – Formations molassiques du Bassin aquitain : cartographie géologique à l'aide des images prises par satellites. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 55, 1, 29-48.

TABORIN Y. (1994) – *Environnements et habitats magdaléniens dans le centre du Bassin parisien*. Éd. de la Maison des sciences de l'homme, Documents d'archéologie française, Paris, 43, 192 p.

TABORIN Y. (1992) – Le Magdalénien. In : *La Préhistoire dans le monde* (J. Garanger dir.), Nouvelle Clio, Paris, 411-438.

VÉZIAN J. (1955) – Les foyers magdaléniens de la grotte du Portel (Ariège). *Bulletin de la Société préhistorique de l'Ariège*, 9/10, 13-32.

VIRMONT J. (1993) – *Gourdan-Polignan, grotte de l'Eléphant, dite aussi grotte Murée, rapport de fouilles 1991-1993*. 62 p.

WOHLFARTH B. (1996) – The chronology of the Last Termination : a review of radiocarbon-dated, high-resolution terrestrial stratigraphies. *Quaternary Science Reviews*, 15, 267-284.

Table des illustrations

<u>Figure 1</u> : Cadres chronologiques et climatiques du Magdalénien.....	5
<u>Figure 2</u> : Répartition des occurrences du Magdalénien inférieur dans les Pyrénées.....	6
<u>Figure 3</u> : Répartition des occurrences du Magdalénien moyen ancien dans les Pyrénées.....	6
<u>Figure 4</u> : Répartition des occurrences du Magdalénien moyen récent dans les Pyrénées.....	7
<u>Figure 5</u> : Restitution de l’emprise maximale würmienne à l’échelle des Pyrénées.....	8
<u>Figure 6</u> : Nature des gisements occupés.....	10
<u>Figure 7</u> : Géologie du versant nord pyrénéen.....	11
<u>Figure 8</u> : Schéma conceptuel de l’exploitation des données stratigraphiques.....	13
<u>Figure 9</u> : Données relatives à la grotte des Scilles.....	14
<u>Figure 10</u> : Restitution 3D de la géologie du Bassin de Tarascon-sur-Ariège.....	17
<u>Figure 11</u> : Logs stratigraphiques de la salle Monique, grotte de La Vache.....	18
<u>Figure 12</u> : Restitution 3D de la géologie du Bassin d’Arudy.....	20
<u>Figure 13</u> : Log stratigraphique du sondage 4 de Laa 2.....	21
<u>Figure 14</u> : Log stratigraphique du secteur extérieur de la grotte Tastet.....	23
<u>Figure 15</u> : Log stratigraphique de la grotte-abri du Moulin à Troubat.....	24
<u>Figure 16</u> : Logs stratigraphiques du secteur Théâtre-Rotonde, grotte du Mas d’Azil.....	25
<u>Figure 17</u> : Log stratigraphique de la salle du Fond d’Enlène.....	28
<u>Figure 18</u> : Log stratigraphique de la grotte des Scilles.....	31
<u>Figure 19</u> : Log stratigraphique de l’abri des Harpons.....	32
<u>Figure 20</u> : Schéma des mécanismes et phénomènes conditionnant la répartition des sites archéologiques.....	35
-	
<u>Tableau 1</u> : Tableau des données rasters et vecteurs utilisées.....	15