

ÉTUDE STRATIGRAPHIQUE, SÉDIMENTOLOGIQUE ET MAGNÉTIQUE DES DÉPÔTS PLÉISTOCÈNE MOYEN ET SUPÉRIEUR DE LA BAUME MOULA-GUERCY (SOYONS, ARDÈCHE)



Thibaud SAOS¹, Abderrezak DJERRAB^{2,3} & Alban DEFLEUR⁴

RÉSUMÉ

L'étude stratigraphique, sédimentologique et magnétique du remplissage Pléistocène moyen - Pléistocène supérieur de la Baume Moula-Guercy fournit un nouveau cadre paléoenvironnemental précis du gisement. Elle permet de caractériser de grands ensembles sédimentaires et de décrire au sein de chacun des discontinuités révélées par des variations de l'intensité des apports sédimentaires et de leurs origines.

La base du remplissage est un dépôt de karst actif, mis en place au cours d'une période pendant laquelle la grotte était isolée des influences climatiques extérieures. Le sable calcaire déposé lors de cette phase, probablement froide, n'a pas subi d'évolution géochimique post-dépositionnelle importante.

Pendant la mise en place de la partie moyenne du remplissage, la grotte s'est ouverte vers l'extérieur et les conditions de la sédimentation ont alors changé. On note une influence éolienne importante, mais également un impact anthropique bien marqué sous un climat plus tempéré.

La partie supérieure du remplissage montre la succession d'unités formées sous un climat froid et sec, et d'autres sous un climat plus tempéré. L'évolution géochimique et biologique post-dépositionnelle de ces dépôts reste modérée.

Mots-clés : stratigraphie, sédimentologie, micromorphologie, susceptibilité magnétique, Paléolithique moyen, Moustérien, Baume Moula-Guercy

ABSTRACT

STRATIGRAPHICAL, SEDIMENTOLOGICAL AND MAGNETIC STUDY OF MIDDLE AND UPPER PLEISTOCENE INFILLING OF BAUME MOULA-GUERCY (SOYONS, ARDÈCHE).

The study of the Middle and Upper Pleistocene infilling of Moula-Guercy cave using sedimentological, micromorphological and magnetic techniques provides a new and precise stratigraphical frame for this site. It allows the characterization of large sedimentary units and, within each, the description of discontinuities revealed by variations in both intensity and origin of sedimentary inputs.

The base of the infilling is an active karst deposit, set up for a period during which the cave was not subject to exterior climatic influences. The calcareous sand deposited during this, probably cold, phase did not undergo important post-depositional geochemical evolution.

During the deposition of the middle part of the infilling, the cave opened, and sedimentation changed. We note an important eolian influence, but also a well marked anthropological impact under a more temperate climate.

The upper part of the infilling shows a succession of some units deposited under cold and dry climate, and others deposited under milder conditions. The geochemical and biological post-deposit evolution of these deposits remains moderate.

Keywords : stratigraphy, sedimentology, micromorphology, magnetic susceptibility, Middle Paleolithic, Mousterian, Baume Moula-Guercy cave

1 - INTRODUCTION

La Baume (grotte en provençal) Moula-Guercy est située en rive droite de la moyenne vallée du Rhône, au sud du village de Soyons, à 8 km au sud-ouest de

Valence (fig. 1). Creusée dans le petit massif calcaire kimméridgien du Serre de Guercy, elle surplombe d'environ 60 m les dépôts d'éboullis et les alluvions anciennes et récentes du Rhône, et s'ouvre vers l'est face au Massif du Vercors.

¹ Centre Européen de Recherches Préhistoriques de Tautavel, Université de Perpignan Via Domitia, UMR 7194 du CNRS, avenue Léon Jean Grégory, FR-66720 TAUTAVEL. *Courriel* : saos@cerptautavel.com

² Université de Guelma, Département d'Histoire et d'Archéologie, BP 401, 24000 Guelma, ALGÉRIE. *Courriel* : djerrab@yahoo.fr

³ Laboratoire de recherche : Environnement Sédimentaire, Ressources Minérales et Hydriques de l'Algérie Orientale, Université de Tébessa, 12000 Tébessa, ALGÉRIE.

⁴ CNRS UMR 5276 - Laboratoire de Géologie de Lyon, Ecole Normale Supérieure de Lyon, 46 Allée d'Italie, FR-69364 LYON cedex 07. *Courriel* : alban.defleur1@gmail.com

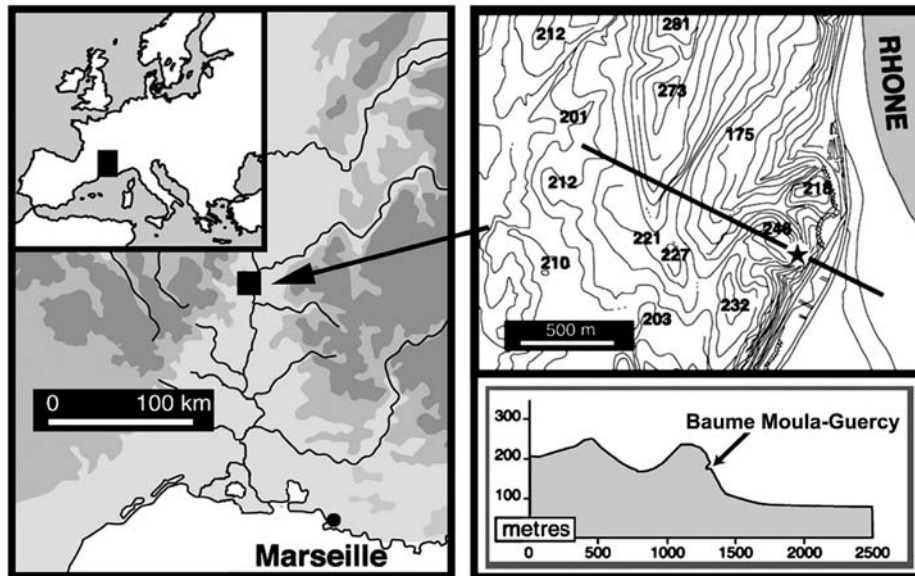


Fig. 1 : Situation géographique du site de la Baume Moula-Guercy (d'après Defleur, 1999).
 Fig. 1: Geographical location of Moula-Guercy cave site (from Defleur, 1999).

Les fouilles anciennes (Payen *et al.*, 1990) ont livré dans la partie supérieure des dépôts du matériel chasséen et moustérien. Le produit de ces fouilles a fait l'objet d'études pluridisciplinaires : palynologie (Argant, 1982), faune (Crégut-Bonnoure & Guérin, 1986), microfaune (Jeannet, 1990), industrie lithique (Defleur, 1989) et datations radiocarbone (Evin *et al.*, 1983, 1985), qui révèlent un Moustérien typique, associé à une faune de carnivores et ongulés caractéristique d'un milieu ouvert et froid, largement dominée par le renne, qui correspondrait à une phase finale du Würm II ($\approx 35\ 000$ ans BP).

Les dernières fouilles menées de 1992 à 1999 (Defleur, 1995, 1999) ont donné une nouvelle dimension au site en révélant un remplissage plus important et plus ancien, au vu de la microfaune (Desclaux & Defleur, 1997), et plus vaste, puisque l'abri se poursuit et apparaît maintenant comme une grotte profonde dont l'entrée originelle a été dégagée lors de la dernière campagne de fouille. Elles ont surtout permis la découverte de nombreux restes humains néandertaliens dans les couches XIV et XV (Defleur *et al.*, 1993a,b, 1998, 1999) associés à de la grande faune, qui montrent des traitements comparables (Valensi *et al.*, 2012).

Les données radiochronologiques fiables manquent encore pour situer précisément dans le temps les différents ensembles et couches archéologiques, mais la biochronologie permet de situer tout le remplissage connu de cette cavité entre les stades isotopiques marins (SIM) 6 et 4 (Defleur *et al.*, 2001).

Seule la couche VI, qui correspond à un tephra (Pastre *et al.*, 1994), a donné un âge de $72\ 000 \pm 12$ ka par thermoluminescence (TL) sur quartz (Sanzelle *et al.*, 2000). Cette date concorde avec la seconde phase du volcanisme récent du Velay, complexe éruptif le plus proche du gisement, qui comporte trois phases éruptives de courtes durées, datées à $45\ 400 \pm 3,2$ ka, $78\ 800 \pm 5,3$ ka et $166\ 000 \pm 15$ ka par TL sur plagioclases (Guérin & Gillot, 2007). Le maar de la Vestide du Pal, qui avait été

proposé comme source du tephra de la Baume Moula-Guercy (Pastre *et al.*, 1994), est contemporain de la plus récente de ces phases et n'en serait donc pas l'émetteur (Sanzelle *et al.*, 2000). L'homogénéité de composition des laves des différents appareils et des minéraux du socle granito-métamorphique rend très délicate la distinction entre les différentes émissions (Pastre *et al.*, 1994). Jusqu'à aujourd'hui, la Baume Moula-Guercy n'a bénéficié que d'études géologiques ponctuelles ou portant sur la partie sommitale du gisement (Debard, 1987 ; Chennaoui, 1992).

Le contenu pollinique des niveaux inférieurs a été déterminé, il montre des cortèges qui évoluent en opposition avec les résultats de l'étude des micromammifères (Kalai, 1998). En effet, l'étude des rongeurs (Desclaux & Defleur, 1997 ; Defleur *et al.*, 2001) attribue les niveaux de la base du sondage à un stade froid de la fin du Pléistocène moyen (SIM 6) et les niveaux médians du remplissage à un climat tempéré (SIM 5). Des travaux plus récents ont porté sur différents aspects de l'étude du remplissage : la susceptibilité magnétique (Djerrab, 2001), la micromorphologie (Martin-Granel, 2001) et la sédimentologie (Saos, 2003).

Une mise au point des recherches sur la stratigraphie et la sédimentologie s'avère donc nécessaire pour compléter la connaissance du gisement dans son extension actuelle et apporter à ce site majeur du Pléistocène européen un cadre sédimentaire précis, comprendre les conditions de mise en place des différentes couches, connaître l'origine du matériel et retrouver les conditions paléoenvironnementales des occupations néandertaliennes.

Le présent travail repose sur une étude de terrain et des analyses sédimentologiques, micromorphologiques et magnétiques du remplissage de la Baume Moula-Guercy. L'étude sédimentologique vise à comprendre et à décrire l'histoire du remplissage de la Baume Moula-Guercy par le biais des méthodes classiques : granulométrie, minéralogie, morphoscopie, micromorphologie. L'étude

magnétique repose sur la caractérisation de minéraux magnétiques, largement utilisés pour l'étude des sédiments et pour caractériser leur histoire (érosion, altération et évolution) (Thompson *et al.*, 1975 ; Dearing & Flower, 1982). Les paramètres magnétiques ont également été appliqués avec succès à l'étude paléoenvironnementale, en incluant la détection des foyers (Rummery, 1983) ainsi que la mise en évidence des changements climatiques et de la pédogenèse (Zhou *et al.*, 1990 ; Maher & Thompson, 1992). Ce travail complète donc les études déjà réalisées dans ce site et apporte de nouvelles données sur la nature, le mode et les conditions de mise en place du remplissage. Elle peut également délimiter les niveaux stratigraphiques, les foyers et les zones riches en tephra.

2 - MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 - ÉTUDES STRATIGRAPHIQUE ET SÉDIMÉTOLOGIE

L'étude de terrain a consisté au relevé et à la description de huit coupes stratigraphiques majeures du gisement. Il s'agit des coupes stratigraphiques longitudinales 1/2 en E, 3/4 en C, D et E, 5/6 en C et D, et des coupes stratigraphiques transversales B/C en 3, 4 et 5, C/D en 1, 2, 3, 4 et 5, D/E en 6, 7 et 8, et F/G en 1, 2, 3, 4, 5 et 6 (fig. 2). Des prélèvements ont été réalisés sur toute la hauteur des coupes (séries continues, échantillons tous les cinq centimètres environ) et ponctuellement dans certains niveaux remarquables (tephra, couches organiques, foyers...), destinés à l'analyse sédimentologique et à l'étude de la susceptibilité magnétique (sédiments désagrégés, en tout-venant), ainsi qu'à l'étude micromorphologique (sédiments consolidés et orientés).

Au laboratoire, la méthodologie employée est celle classiquement adoptée dans l'étude des remplissages archéologiques pour la granulométrie (Miskovsky & Debar, 2002), la détermination des minéraux argileux (Larqué, 2002), des minéraux lourds (Tourenq, 2002) et la réalisation de lames minces (Guilloré, 1983). Les granulométries de la fraction fine (< 2 mm) ont été réalisées par granulométrie laser (Coultronics LS 230), sans agents de dispersion, mais avec des ultrasons pendant une minute avant l'analyse. Le dosage des carbonates de la fraction fine (< 2 mm) a été réalisé par la méthode du calcimètre de Bernard et par pesées après attaque acide pour les sables.

2.2 - ÉTUDE MAGNÉTIQUE

Les mesures et les calculs suivants ont été effectués :

1- la susceptibilité magnétique volumique (κ), mesurée directement *in situ*, sur toutes les coupes stratigraphiques, tous les 5 cm, aussi bien verticalement qu'horizontalement, à l'aide d'un susceptibilimètre portatif (type Bartington MS2 (fréquence 958 Hz) connecté à une sonde de type MS2F),

2- la susceptibilité magnétique massique (χ), mesurée à basse fréquence (0,46 kHz) et à haute fréquence (4,65 kHz) (appareil MS2 connecté à une sonde MS2B),

3- la dépendance en fréquence de la susceptibilité magnétique (χ_{fd}), calculée à partir du paramètre précédent (Mullins, 1973 ; Dearing *et al.*, 1996 ; Eyre, 1997 ; Worm, 1998) selon la formule suivante : $\chi_{fd} \% = [(\chi_{0,46} - \chi_{4,65})/(\chi_{4,65})] \times 100$.

χ_{fd} varie en fonction de la nature de grains magnétiques (primaires/secondaires) et en fonction de leur taille.

Exemple pour la magnétite (Dearing, 1999) :

- $\chi_{fd} = 0$: roches mères (métamorphiques, magmatiques, etc.),

- $\chi_{fd} < 2\%$: virtuellement les grains SP (superparamagnétiques) sont absents (< 10 %),

- $2 < \chi_{fd} < 10\%$: présence d'une mixture de grains SP ($\varnothing < 0,005 \mu\text{m}$), mono-domaine (MD) et poly-domaine (PD),

- $10 < \chi_{fd} < 14\%$: pourcentage de grains SP > 75 %.

1- L'aimantation rémanente isotherme à saturation (ARIs), induite par un électroaimant. Celui-ci permet d'appliquer un fort champ magnétique (1 T) sur l'échantillon suivant une direction déterminée, à la suite de quoi l'ARI est mesurée à l'aide d'un magnétomètre de type JR5 (Geofyzika). L'ARI à palier croissant est mesurée de la même manière que l'ARIs.

2- Quelques échantillons ont subi la procédure proposée par Lowrie (1990). Premièrement, on applique une ARI le long de l'axe Z de l'échantillon dans un champ de 1 000 mT, ensuite, une seconde ARI est appliquée le long de l'axe X avec un champ de 100 mT, et enfin, une troisième suivant l'axe Y dans un champ de 50 mT. Finalement, les échantillons sont désaimantés thermiquement. Cette procédure permet une bonne séparation des différentes composantes magnétiques et de leurs champs coercitifs (Lowrie, 1990 ; Westphal *et al.*, 1998).

3- Le s-ratio est calculé selon le rapport suivant : ARI_{-300}/ARI_s (Bloemendal *et al.*, 1992). Il permet d'estimer la proportion entre les grains ferrimagnétiques (magnétite, maghémite) et les grains antiferromagnétiques (hématite et goéthite).

3 - RÉSULTATS

L'observation des coupes de terrain (fig. 2) permet de distinguer, sur la base des constituants du remplissage et de la configuration des dépôts, trois grands ensembles stratigraphiques au sein desquels se répartissent les niveaux archéologiques. Les profondeurs sont données en centimètres sous le plan 0 de la fouille. Les résultats sont présentés en partant de la base du remplissage.

3.1 - ENSEMBLE STRATIGRAPHIQUE INFÉRIEUR (DE -830 CM À -610 CM)

Cet ensemble s'étend à la base du remplissage connu, c'est-à-dire dans le sondage réalisé sur un mètre carré près de la paroi ouest de la grotte (fig. 2). Il correspond aux couches XIX à XVI et est constitué de dépôts essentiellement sableux, aux limites franches, avec un pendage des couches qui tend à l'horizontalité, bien que parfois perturbé.

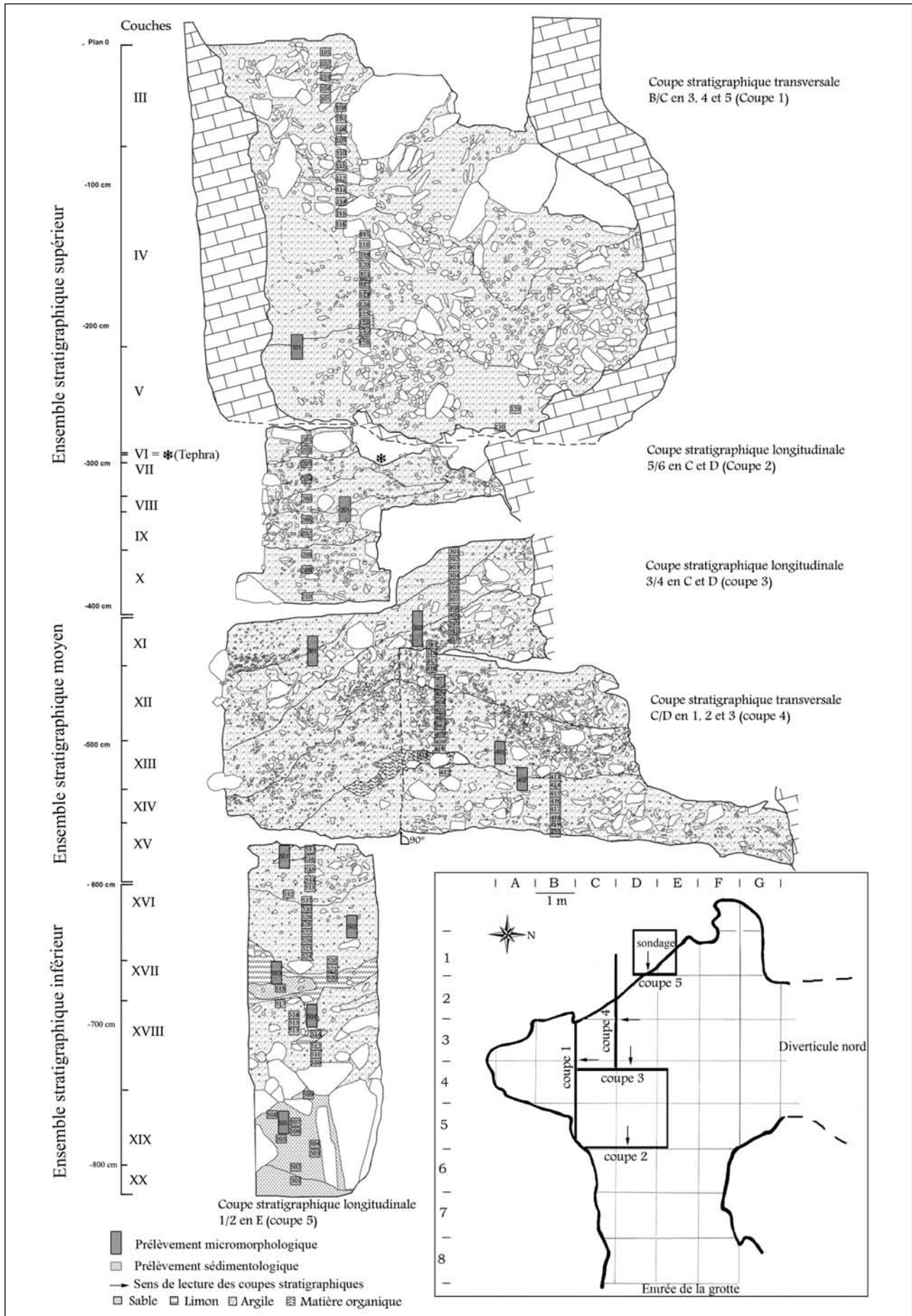


Fig. 2 : Plan de la grotte et position des coupes stratigraphiques ; stratigraphie et position des prélèvements.
Fig. 2: Cave plan and location of cross-sections; stratigraphic frame and location of samples.

La couche XIX (de -830 à -770 cm, à la base du sondage) est un niveau sableux jaune à nombreux blocs calcaires imbriqués, de grandes dimensions (jusqu'à 80 cm). Ces blocs ont des contours très émoussés et sont souvent recouverts d'une pellicule de manganèse (confirmée à l'analyse par sonde à énergie dispersive sur fragment). Archéologiquement stérile, on retrouve dans la fraction grossière (> 2 mm) de rares galets karstiques, des granules de calcite, de la microfaune et un petit fragment de crâne de cervidé. La matrice est dominée par un sable limoneux calcaire avec peu d'argiles (fig. 3). Les allochèmes siliceux, moules internes des tests de foraminifères du calcaire encaissant, s'observent en grande quantité après décarbonatation. La kaolinite domine largement le spectre des minéraux argileux. En lame mince, une porosité importante caractérise ce niveau à microstructure à granules. On observe une diminution du bas vers le haut de la teneur en sables calcaires, ce qui peut indiquer une légère décalcification du sommet de ce niveau.

L'étude des propriétés magnétiques de cette couche montre de faibles valeurs de κ_{bf} (fig. 4), de χ_{bf} et de l'ARIS (fig. 5), liées à un faible pourcentage de grains magnétiques. Les valeurs de la dépendance en fréquence de la susceptibilité magnétique (χ_{fd}) (fig. 5) sont très faibles, ce qui indique la dominance de grains de taille MD et PD d'origine primaire (roche mère).

La décomposition de l'ARI de l'échantillon Puits-19 (fig. 6D) montre la présence de trois composantes magnétiques portées d'une part par la magnétite (1^{re} et 2^e composantes de faible champ coercitif : 11 et 28 mT respectivement) et d'autre part par l'hématite et/ou la goéthite de fort champ coercitif (3^e composante de fort champ coercitif : 107 mT).

La couche XVIII (de -770 à -680 cm) est un épais niveau limoneux de couleur rougeâtre archéologiquement stérile, avec un sédiment caillouteux à la base, à gros blocs calcaires, plus pauvre en blocs au sommet, incluant des lentilles sableuses ainsi que des poches de cailloutis calcaires altérés. Cette couche est marquée par une matrice au taux de carbonate très faible malgré la présence de grains carbonatés (fig. 3). Les mesures de susceptibilité magnétique montrent que ce niveau ne contient quasiment aucun grain SP (c_{fd} est très faible) et qu'il s'agit de sable calcaire (matière diamagnétique) lessivé par le courant d'eau.

La couche XVII (de -680 à -660 cm), archéologiquement stérile, correspond à un limon verdâtre et comporte peu ou pas d'éléments grossiers, à l'exception de quelques lentilles de sables à nombreux petits galets karstiques. Ce niveau s'est infiltré verticalement dans la couche sous-jacente, par cryoturbation ou par remplissage de fentes. Sa couleur verte est attribuée à une plus grande abondance de minéraux du métamorphisme (épidote, chlorites, hornblendes vertes) mais peut aussi être liée à la présence de fer réduit, formé en milieu anoxique, avec de la matière organique en décomposition dans un milieu d'eau stagnante.

La matrice, légèrement carbonatée contient beaucoup de grains non calcaires. Il s'agit d'un dépôt d'inondation, entrecoupé de lentilles de sables grossiers calcaires à nombreux petits galets, qui sont certainement des couloirs de vidange des éléments du karst déposés lors de la mise en charge de celui-ci. Cette couche se caractérise par des valeurs faibles à modérées des différents paramètres magnétiques (fig. 4 et 5), et suggère la dominance de grains de taille PD et MD (matière diamagnétique résultant de la roche calcaire locale).

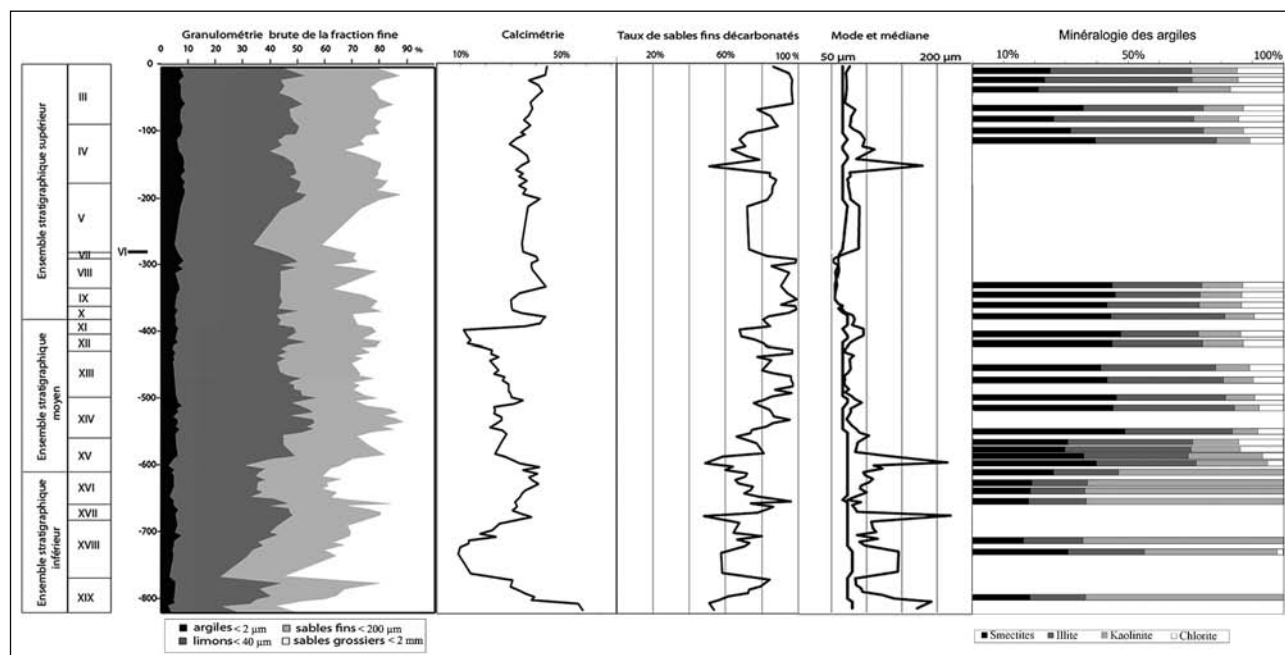


Fig. 3 : Résultats sédimentologiques : granulométrie brute des éléments fins (< 2 mm), calcimétrie, taux de sables fins décarbonatés, mode et médiane des sables, minéralogie des argiles.

Fig. 3: Sedimentological results: fine fraction (<2 mm) granulometry, calcimetry, proportion of decarbonated fine sands, mode and median of sands, clay mineralogy.

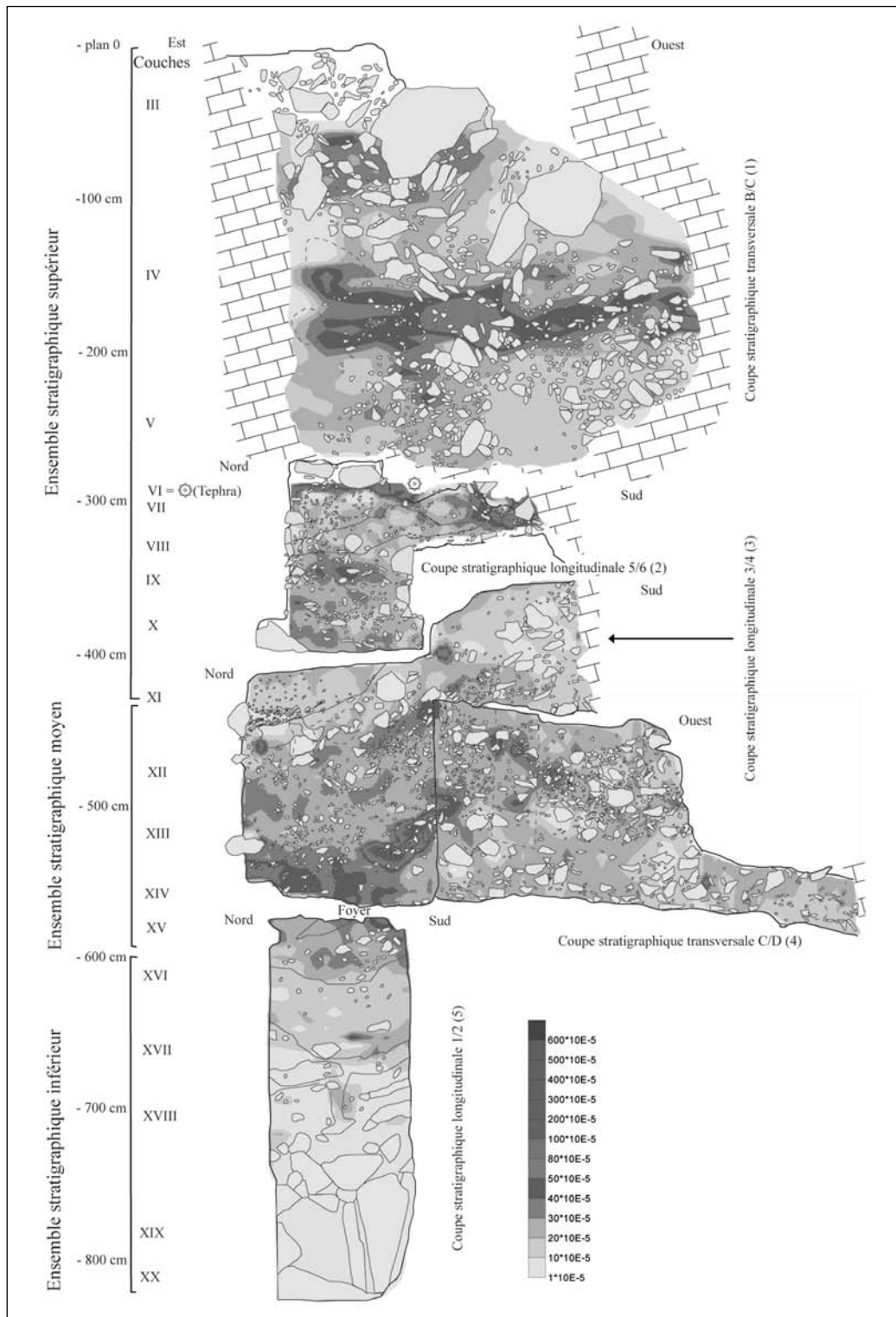


Fig. 4 : Cartographie 2D de la susceptibilité magnétique volumique.
Fig. 4: 2D mapping of the volumic magnetic susceptibility.

La couche XVI (de -660 à -610 cm) est un épais niveau sablo-limoneux beige emballant de rares pierres, elle a livré quelques pièces archéologiques. Le taux de carbonates est élevé, les grains calcaires abondants. Ses caractéristiques pétrographiques et minéralogiques la rapprochent des niveaux plus profonds qui constituent le complexe stratigraphique inférieur, cependant ses paramètres magnétiques sont identiques à ceux du limon vert précédent.

3.2 - ENSEMBLE STRATIGRAPHIQUE MOYEN (DE -610 CM À -380 CM)

Le complexe stratigraphique moyen débute avec la couche XV qui a livré de nombreux restes humains et se poursuit jusqu'à la couche XI. Tout cet ensemble est marqué à partir de la couche XIV par un important pendage vers l'intérieur de la cavité, pouvant atteindre 30°. Les couches de cet ensemble constituent la totalité

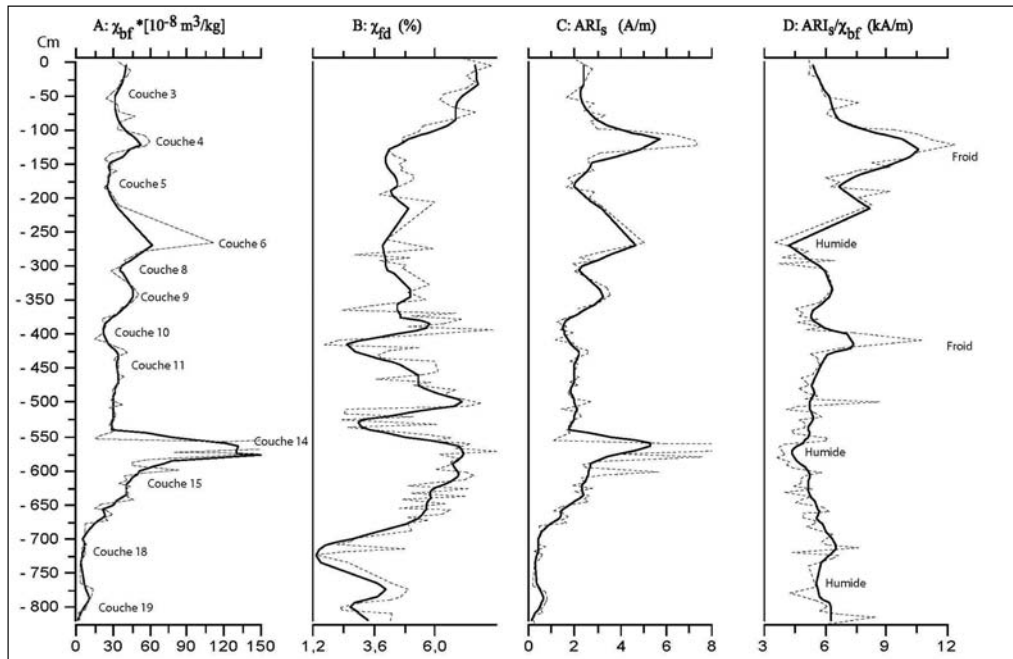


Fig. 5 : Mesures des paramètres magnétiques des échantillons de la Baume Moula-Guercy.

A/ Susceptibilité magnétique massive à basse fréquence ($10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$), B/ Dépendance en fréquence de la susceptibilité magnétique (%), C/ Aimantation rémanente isotherme à saturation (mA/m), D/ Rapport de l'aimantation rémanente isotherme sur l'aimantation rémanente isotherme à saturation, E/ Rapport de l'aimantation rémanente isotherme à saturation sur la susceptibilité magnétique massive à basse fréquence (kA/m).

Fig. 5: Magnetic parameters of Baume Moula-Guercy samples. A/ Low frequency magnetic susceptibility ($10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$), B/ Frequency dependence of magnetic susceptibility (%), C/ Isothermal Remanent Magnetization to Saturation (mA/m), D/ Isothermal Remanent Magnetization on Isothermal Remanent Magnetization to Saturation ratio, E/ Isothermal Remanent Magnetization to Saturation on the low frequency mass magnetic susceptibility (kA/m).

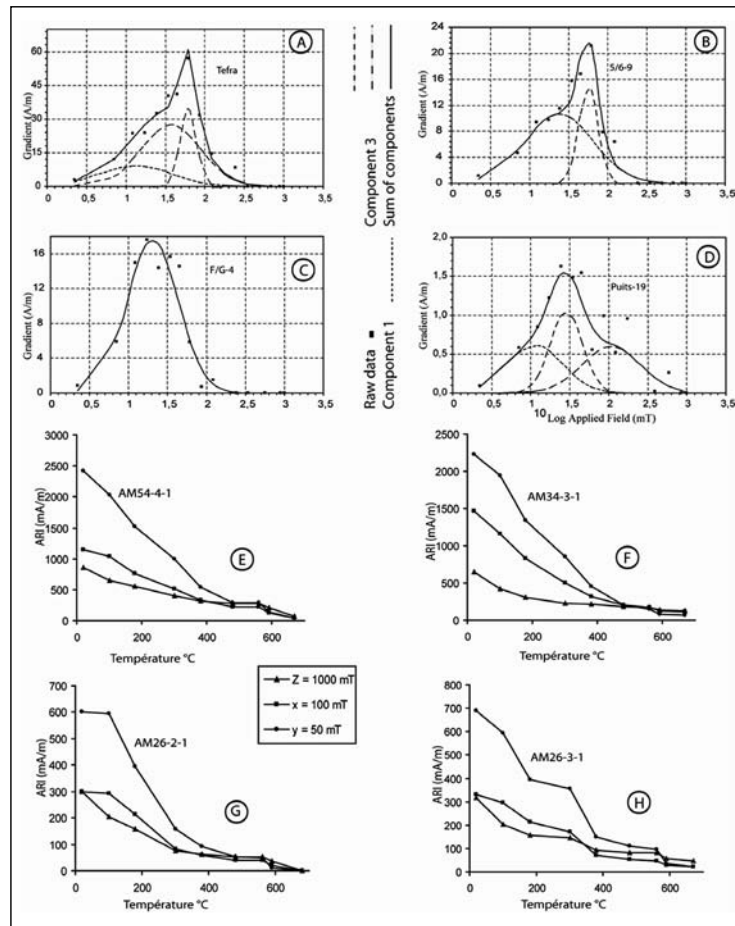


Fig.6 : A, B, C et D : Logs de la distribution gaussienne cumulative (DGC) ajustés au gradient de l'acquisition de l'aimantation rémanente isotherme (ARI). E, F, G et H : Diagrammes de Lowrie de quelques échantillons.

Fig. 6: A, B, C and D: Cumulative Gaussian log (CLG) distributions fitted to the gradient of the isothermal remanent magnetization (IRM) acquisition curve of specimens. E, F, G and H: Lowrie's diagrams of several samples.

de la coupe transversale 3/4, la coupe longitudinale F/G, la base de la coupe longitudinale C/D et le sommet de la coupe longitudinale 1/2 du sondage (fig. 2). Il s'agit d'une formation riche en pierres et blocs calcaires et en objets archéologiques. Les valeurs des différents paramètres magnétiques sont plus fortes que dans l'ensemble inférieur (χ_{bf} comprise entre 14 et 292 10^{-8} m³/kg et ARI_s entre 1 000 et 13 000 mA/m) et révèlent une concentration plus importante en grains magnétiques.

La couche XV (de -610 à -560 cm) marque une rupture avec les niveaux sous-jacents par l'abondance de blocs, certains de grande taille, qui se remarquent sur le sol de la fouille où ils évoquent un aménagement longeant la paroi. Il s'agit d'un niveau archéologique majeur qui contient les restes humains néandertaliens. La fraction fine, brun clair, marque elle aussi une rupture, car plus grossière que dans les niveaux précédents, avec un apport de matériel allochtone bien trié, essentiellement quartzeux. Les grains de quartz hyalins dominent, parmi eux les grains non usés sont particulièrement abondants. Les agrégats siliceux correspondant aux moules des tests de foraminifères du calcaire, les micas et les oxydes de fer, ainsi que les éléments divers sont très peu représentés. Les minéraux argileux voient leur composition évoluer brutalement, avec une chute très nette de la kaolinite au profit des smectites et de l'illite et l'apparition de la chlorite (fig. 3). L'étude micromorphologique (fig. 7, lame 501a) confirme cette évolution de l'environnement de la cavité qui s'assèche définitivement et permet la fréquentation plus importante par la faune (fragments de coprolithes, phosphatisations) et l'Homme. On remarque un enrichissement en poussières éoliennes fines de la taille des limons et de sables composés de quartz et de micas.

C'est dans cet ensemble que commencent à se manifester des remaniements par des vers de terre et des arthropodes. Tous ces éléments montrent que la grotte est dorénavant ouverte au milieu extérieur et que l'influence éolienne devient prépondérante dans le remplissage.

Les valeurs de χ_{fd} varient entre 5 et 9 %, ce qui pourrait indiquer la présence d'un mélange de grains de taille PD, MD et SP. En outre, il est important de préciser que des valeurs de χ_{fd} supérieures à 6 % témoignent de la présence de pédogénèse, qui induit la formation de grains magnétiques dont la taille est ≤ 20 nm (Bean & Livingston, 1959 ; Dunlop, 1981 ; Maher, 1988 ; Dearing *et al.*, 1996).

La couche XIV (de -560 à -500 cm) est riche en matériel archéologique et également en éléments grossiers (blocs et pierres) avec une matrice essentiellement limoneuse brun foncé. La base de ce niveau présente les mêmes caractéristiques que la couche XV, plus sableuse que le sommet. Ces deux derniers niveaux se caractérisent par la présence de foyers, en particulier la couche XV, dans laquelle deux foyers ont été mis en évidence à la fouille grâce à leur couleur grisâtre et à la présence de charbons. Cependant, leur expression dans les échantillons est peu marquée en lames minces : on ne trouve pratiquement pas de charbons de bois ou de cendres qui ont été probablement dissoutes et lessivées. Seules des mottes de sédi-

ment brûlé et des pierres rougies craquelées, ainsi que quelques os brûlés, s'observent dans les prélèvements et les lames minces (fig. 7, lame 501a, cl. 9 et 10). Dans le sédiment qui a pu être sous le foyer, on rencontre localement une structure microlaminaire et une carbonatation post-dépositionnelle qui peuvent témoigner de la présence de ces feux.

Du côté du magnétisme, ces foyers sont nettement mis en évidence par de fortes valeurs des différents paramètres (fig. 4), et également par la concentration élevée en grains magnétiques d'origine secondaire (magnétite et maghémite). Le Borne (1955, 1964) a en effet signalé que la susceptibilité magnétique augmentait dans les foyers par la réduction de l'hématite (α -Fe₂O₃) en magnétite (Fe₃O₄) ou en maghémite (γ -Fe₂O₃). La goëthite aussi peut se convertir en magnétite pendant la chauffe et en présence de matière organique (bois ou autres végétaux) (Mullins, 1977 ; Rummery *et al.*, 1979). Généralement, au sein des foyers, les valeurs de χ_{fd} (dépendance en fréquence de la susceptibilité magnétique) sont fortes et varient entre 10 et 15 % (Maher & Thompson, 1991 ; Liu *et al.*, 1994 ; Dearing *et al.*, 1996). La pédogénèse peut également conduire à la formation de grains ultrafins de magnétite et de maghémite.

La décomposition de l'ARI de l'échantillon F/G-4, prélevé sur la coupe F/G à -630 cm (fig. 6C), montre une seule composante magnétique de faible champ coercitif (20,3 mT) et des grains magnétiques qui saturent à 100 % (magnétite et maghémite). C'est le cas également des deux échantillons Am26.3.1 et Am26.2.1 prélevés respectivement à -591 cm (coupe stratigraphique 1/2) et -587 cm (coupe stratigraphique F/G), où l'évolution de l'ARI selon les trois axes (X, Y et Z) sur le diagramme de Lowrie (1990) (fig. 6G et H) atteste de la présence de goëthite (rupture de pente à partir de 100 °C), de maghémite (rupture de pente entre 300 et 400°C pour l'échantillon Am26.3.1), de magnétite (points d'inflexions à 580°C pour les deux échantillons), et de traces d'hématite (l'ARI ne s'annule pas au-delà de 600°C pour l'échantillon Am26.3.1). Cependant, en comparaison avec d'autres sites (Orgnac 3 en Ardèche et le Lazaret à Nice) (Djerrab, 2001 ; Djerrab & Hedley, 2008), les valeurs de χ_{fd} des échantillons prélevés au niveau des foyers sont relativement faibles, ce qui pourrait s'expliquer à la fois par une courte période de chauffe et par un faible pourcentage de grains magnétiques détritiques dans la roche mère (hématite, goëthite, carbonates de fer, etc.).

La couche XIII, de 70 cm à 100 cm d'épaisseur, est un niveau de couleur brune, archéologiquement pauvre, avec de nombreux blocs et pierres dont l'altération prononcée, sous forme de calcitisations et de phosphatisations, témoigne de conditions plutôt tempérées. Cette couche présente une concentration modérée en grains magnétiques, de taille variable.

La poche de couleur brun foncé observable sur la coupe stratigraphique transversale 3/4 correspond à une zone de plus forte accumulation de matière organique et peut être attribuée à un remplissage de terrier (fig. 7, lame 401a). L'étude magnétique révèle la grande richesse en minéraux magnétiques de cette structure (fig. 4) liée à

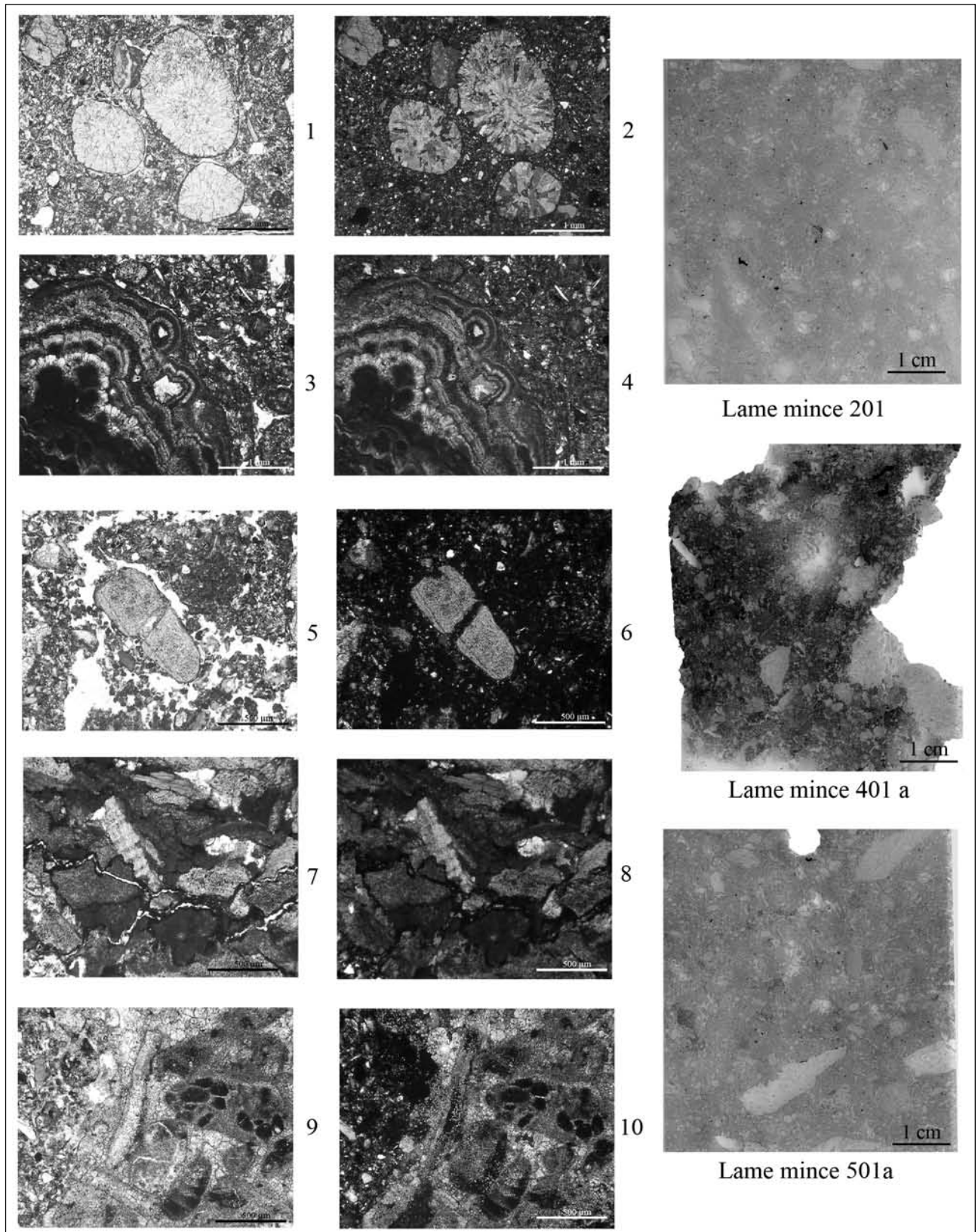


Fig. 7 : Microstructures et traits pédogénétiques du remplissage de la Baume Moula-Guercy.

Cl. 1 & 2 : granules de CaCO_3 excrétés par des vers de terre (LNA et LPA) ; lame 201. Cl. 3 & 4 : revêtement carbonaté lité avec croûte matricielle (LNA et LPA) ; lame 201. Cl. 5 & 6 : plaque d'Echinoderme fissurée partiellement phosphatée (LNA et LPA) ; lame 401b. Cl. 7 & 8 : fragment calcaire brûlé fissuré (LNA et LPA) ; lame 501a. Cl. 9 & 10 : pseudomorphose phosphatée d'un fragment calcaire brûlé (LNA et LPA) ; lame 501a.

Fig. 7: Microstructures and pedogenetic features of the Baume Moula-Guercy infilling. Pict. 1 & 2: CaCO_3 granules excreted by earthworms (PL and CPL); slide 201. Pict. 3 & 4: layered carbonated coating with matrix crust (PL and CPL); slide 201. Pict. 5 & 6: cracked Echinoderm plate with partial phosphatization (PL and CPL); slide 401b. Pict. 7 & 8: burnt and cracked calcareous fragment (PL and CPL); slide 501a. Pict. 9 & 10: phosphatic substitution of a burnt and cracked calcareous fragment (PL and CPL); slide 501a.

la dégradation de la matière organique, et la cartographie fait apparaître sur son pourtour une dilution centrifuge du signal magnétique confirmant son caractère intrusif.

La couche XII, de 25 cm d'épaisseur moyenne, s'enrichit en fraction fine brun clair, elle renferme peu de matériel archéologique et comprend de très nombreuses coquilles d'escargots. Elle est tronquée par la couche XI, qui marque le passage au complexe supérieur.

La couche XI, de 20 cm d'épaisseur, est un mince niveau archéologiquement stérile de graviers emballés dans une matrice limoneuse grisâtre, à nombreuses coquilles d'escargots. Biseautée, elle n'apparaît qu'à l'angle des coupes stratigraphiques D/E et 3/4.

Ces deux dernières couches montrent des valeurs faibles des différents paramètres magnétiques et une dominance des grains magnétiques de taille PD. Les valeurs du rapport ARI_s/χ_{bf} décroissent légèrement (présence de grains magnétiques de moyen à fort champ coercitif).

3.3 - ENSEMBLE STRATIGRAPHIQUE SUPÉRIEUR (DE -380 CM À 0 CM)

Cet ensemble comprend les couches I à X de la stratigraphie et est principalement visible sur la coupe B/C et sur les coupes longitudinales 5/6 et transversale C/D. Cette partie du remplissage est peu préservée, les fouilles anciennes l'ayant fortement entamé. Il correspond à un épais niveau de blocs et pierres, emballés dans une matrice limono-sableuse abondante. Ces niveaux ont un pendage dirigé vers l'intérieur de la grotte, ce qui contribue à individualiser ce premier ensemble. Le complexe stratigraphique supérieur est composé d'éléments grossiers très abondants, dont de nombreuses plaquettes gélives à la base, emballées dans une matrice très limoneuse, puis le sommet montre un enrichissement en fraction limono-argileuse, qui emballe des pierres abondantes. Les éléments du calcaire autochtone y sont parfois bien représentés.

La couche X, visible sur la base des coupes 5/6 et D/E, est un niveau peu épais, d'une vingtaine de centimètres d'épaisseur, pauvre en matériel archéologique mais très riche en pierres calcaires, dont de nombreuses plaquettes gélives, emballées dans une matrice très limoneuse. Ce niveau est caractérisé par de faibles valeurs des différents paramètres magnétiques. Les grains magnétiques sont principalement de taille PD (valeurs de χ_{fd} faibles < 3,5 %). Le rapport $ARIs/\chi_{bf}$ (fig. 5D) augmente légèrement et atteste de la dominance de grains magnétiques d'origine détritique. Ces derniers sont essentiellement représentés par la goethite et l'hématite (fig. 6F).

La couche IX, de 30 cm d'épaisseur, est un niveau stérile composé d'éléments grossiers altérés emballés dans un sédiment plus fin, plus limoneux. On note un léger accroissement des différents paramètres magnétiques. Le pourcentage des grains de taille SP augmente au détriment de ceux de taille PD. Les valeurs relativement fortes de χ_{fd} et les faibles valeurs du rapport ARI_s/χ_{bf} témoignent de la présence de grains magnétiques d'origine secondaire. La décomposition de l'ARI de l'échan-

tillon Moula-9, prélevé sur la coupe stratigraphique 5/6 à -365 cm, montre la présence de deux composantes magnétiques de faible et moyenne coercivités (fig. 6B).

La couche VIII, épaisse de 40 à 80 cm, correspond à un niveau archéologique important, riche en pierres présentant une cryoclastie bien développée. Des plaquettes calcaires (de 3 à 7 cm) sont caractérisées par des cupules superficielles. Des pierres sont parfois fendues sur place et recouvertes de concrétions carbonatées. Des granules de calcite attribués aux sécrétions de limaces ou de lombrics se rencontrent fréquemment dans ce niveau ainsi que des revêtements carbonatés lités attribués à des voiles algo-bactériens (fig. 7, lame 201, photos 1-4).

Ce niveau montre des propriétés magnétiques identiques à celles de la couche précédente (dominance de magnétite, probablement de maghémite, absence de goethite et d'hématite, fig. 6E).

La couche VII correspond à un mince niveau d'une dizaine de centimètres d'épaisseur, archéologiquement stérile, pauvre en pierres, celles-ci étant émoussées et corrodées. La matrice est nettement enrichie en limons. Le mode et la médiane très faibles indiquent également la finesse du sédiment.

La couche VI (à -285 cm), qui correspond au tephra, a pratiquement disparu, elle ne subsiste plus qu'à la surface de la coupe transversale C/D. La rareté des éléments grossiers parmi lesquels de petits granules de basalte, le bon tri des sables, la richesse en minéraux lourds et leur nature caractérisent ce dépôt volcanique. En effet, l'association de minéraux mantelliques à olivine, enstatite et à diopside chromifère et de minéraux du socle métamorphique (augite, biotite, grenat) a permis d'identifier un éjecta phréatomagmatique lié à l'éruption d'un appareil de type maar du volcanisme pléistocène supérieur de la moyenne Ardèche (Pastre et al., 1994).

Plusieurs indices semblent attester que cette couche de tephra est en place : courbe granulométrique bien redressée et bien triée, concentration en minéraux lourds (20 %). Cependant, l'identification dans la coupe B/C d'un échantillon riche en minéraux volcaniques qui n'était pas décelable sur le terrain, montre la possibilité d'un dépôt secondaire de ces cendres.

L'analyse de l'ARI de l'échantillon prélevé dans ce niveau riche en tephra (fig. 6A) a permis d'obtenir de très fortes valeurs d'ARIs (45 A/m). Les minéraux présents saturent à 100 % (S-ratio = 0,99 %), ce qui exclut la présence d'hématite et de goethite. Les minéraux présents sont de taille MD et PD et sont issus en grande partie de l'éruption volcanique.

Le sommet du remplissage n'est visible que sur la coupe transversale B/C. De lecture difficile car très homogène, on peut cependant y distinguer un niveau inférieur riche en pierres, épais d'un mètre, qui correspond à la couche V, puis un niveau moyen où les pierres sont moins nombreuses, très souvent altérées, corrodées (couche IV) et un niveau supérieur riche en granules, pierres et coquilles (couche III).

Comme pour la couche X, les couches V et IV sont marquées par de faibles valeurs de χ_{bf} et ARIs. Les grains

magnétiques de taille SP sont absents et les minéraux antiferromagnétiques d'origine détritique dominant. C'est dans ces deux couches que sont observées les plus fortes valeurs du rapport $ARIs/\chi_{bf}$ de tout le remplissage. De telles valeurs pourraient avoir pour origine l'abondance de grains de taille PD et MD d'origine détritique et des conditions climatiques rigoureuses (d'où l'absence de pédogenèse).

La partie sommitale du remplissage (partie supérieure de la couche IV et couche III) est caractérisée par l'accroissement des valeurs de χ_{bf} et de l'ARIs. Les grains magnétiques sont de taille variable, mais cependant le pourcentage des grains de taille SP est plus élevé que dans la couche V (valeurs élevées de χ_{fd} et faibles valeurs du rapport $ARIs/\chi_{bf}$). Cette partie du remplissage est exposée aux agents climatiques extérieurs, ce qui a favorisé le développement d'une pédogenèse modérée.

Le diagramme proposé par Thompson et Oldfield (1986) met en évidence trois groupes d'échantillons (fig. 8). Le premier occupe le centre du diagramme et caractérise une concentration importante en magnétite (> 10 ppm). Ce groupe correspond aux échantillons prélevés dans les couches XIV et VI. Le deuxième groupe occupe une zone marquée par une diminution du pourcentage des grains magnétiques de magnétite (≈ 10 ppm). Quant au troisième groupe, caractérisé par des valeurs très faibles de κ (< 5 ppm), son cortège magnétique est dominé par des grains détritiques d'hématite et de goéthite. Les échantillons de ce groupe correspondent aux couches XIX, XVIII, X et V.

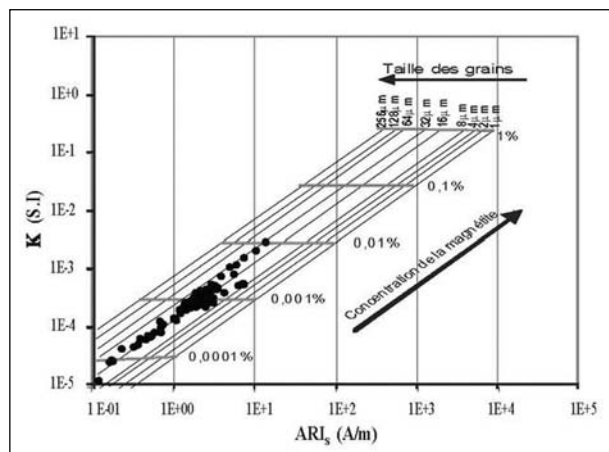


Fig. 8: Diagramme bilogarithmique de la susceptibilité magnétique volumique (κ) en fonction de l'aimantation rémanente isotherme à saturation ($ARIs$ A/m).

Fig. 8: Bilogarithmic diagram of bulk magnetic susceptibility (κ) versus saturation isothermal remanent magnetization (SIRM ; A/m).

4 - MISE EN PLACE DES SÉDIMENTS ET INTERPRÉTATIONS PALÉOENVIRONNEMENTALES

Les études sédimentologiques et micromorphologiques mettent bien en évidence la contribution très importante du calcaire encaissant dans l'alimentation de tout le remplissage. Celle-ci est révélée par l'étude des constituants des sables et des minéraux argileux.

Les sables calcaires sont toujours majoritaires dans l'ensemble des coupes étudiées, il s'agit essentiellement de sables grossiers, de taille supérieure à 1 mm. Le résidu après décarbonatation révèle à son tour une forte représentation des allochèmes du calcaire, tests de foraminifères principalement, ainsi que leurs remplissages internes, à base de silice, mais qui comportent également d'autres éléments en quantité non négligeable (potassium, aluminium, fer) liés aux minéraux argileux. Les oxydes de fer proviendraient également pour partie de la dissolution de ce calcaire. Il en existe en effet de petites quantités dans le calcaire de la grotte, beaucoup plus dans le calcaire du plateau.

L'apport du calcaire encaissant est également révélé par l'étude des minéraux argileux ; la kaolinite est en effet l'unique espèce décelée dans ce calcaire. La kaolinite rencontrée en proportion importante à la base du remplissage serait donc héritée du calcaire kimméridgien. Les éléments qui discriminent un apport autre que l'encaissant sont principalement les grains de quartz, associés aux micas et parmi les minéraux argileux, les smectites, l'illite et la chlorite.

Le cortège des minéraux lourds révèle la dominance à la base du remplissage, dans les couches XIX à XVII, d'andalousite dans de très forts pourcentages et associée à des épidotes altérées, des tourmalines et de nombreux grenats. Ces minéraux silicatés semblent issus d'une longue évolution et signent une origine métamorphique de dépôts probablement fini-tertiaires piégés sur le plateau et mis en charge dans les conduits karstiques.

Puis, dans les couches XV et XIV, les minéraux verts (hornblende, chlorites) ainsi que le glaucophane sont nettement plus abondants, signant ainsi une origine alpine bien marquée. Les minéraux lourds sont partagés entre les deux principales provinces distributives et l'on trouve aussi bien les marqueurs du Massif Central, avec le disthène et surtout la staurotite de la zone des micaschistes, le sphène et la monazite des granites, que ceux soulignant l'influence alpine, exprimée avec les minéraux caractéristiques de la zone supérieure du métamorphisme général, l'épidote, le grenat et surtout le glaucophane. On note une similarité du cortège minéralogique avec les dépôts loessiques analysés dans la vallée de Touloud (étude en cours).

4.1 - MISE EN PLACE DE L'ENSEMBLE STRATIGRAPHIQUE INFÉRIEUR

L'ensemble stratigraphique inférieur débute, dans l'état actuel de la fouille, par un niveau de blocs effondrés dans une matrice sableuse essentiellement calcaire. L'effondrement de ces blocs peut avoir deux origines : la gélifraction, peu probable dans une grotte qui semble être encore peu ouverte sur l'extérieur, ou, plus probablement, un relâchement des parois. Le résultat aboutit dans tous les cas à un agrandissement de la cavité et à un comblement important et certainement rapide de cette partie du remplissage.

L'origine du sable peut être liée à la désagrégation de ces blocs *in situ* ; l'état d'altération de ces derniers

(contours très émousés, pellicule de manganèse) pourrait permettre de le penser. Cependant, la présence d'esquilles osseuses de grande faune et de microfaune, et de galets karstiques, et l'observation en lame mince de lamines argileuses, de calcite monocristalline à pointes triangulaires (constituant des spéléothèmes), de grains arrondis de calcite micritique, d'agrégats carbonatés et de fragments calcaires de la paroi, divisés plusieurs fois et émousés durant leur trajet dans le réseau karstique, indiquent un apport de sédiments qui se sont retrouvés piégés entre les blocs calcaires et non une origine purement autochtone provenant d'une désagrégation *in situ* de l'encaissant. De même, les minéraux lourds de la base du remplissage indiquent un apport allochtone, avec en particulier une richesse en andalousite dont l'origine la plus proche est la zone des micaschistes à andalousites, présente 10 km plus à l'ouest dans la synforme de Bruzac (Bornand *et al.*, 1978).

La prédominance parmi les minéraux argileux de la kaolinite, que l'on sait héritée du calcaire encaissant kimmeridgien, témoigne par contre d'apports autochtones. La base du remplissage apparaît donc comme constituée en majorité de produits de la décomposition du calcaire encaissant avec un apport complémentaire de matériaux de couverture drainés dans les conduits karstiques. Une phase froide, menant à la comminution des débris calcaires, pourrait être responsable de la production de ces sables mobilisés ensuite par les eaux de fonte.

Cet ensemble est également caractérisé par une concentration très faible en grains magnétiques. Ceux-ci ont une taille PD et sont constitués de magnétite et de goethite. Les sédiments de cet ensemble ont pu être lessivés puis redépôtés par les eaux karstiques. Les éléments très fins ont été entraînés à l'extérieur du site. Les sédiments n'ont subi aucune forme de pédogenèse et tout apport de l'extérieur de la grotte est à exclure (absence d'éléments très fins, c'est-à-dire de grains SP d'origine secondaire).

4.2 - MISE EN PLACE DE L'ENSEMBLE STRATIGRAPHIQUE MOYEN

Les données de la sédimentologie montrent pour ces niveaux un apport plus important de sédiment allochtone, qui dénote une plus forte réponse du système karstique aux événements extérieurs, soit par élargissement d'une ouverture qui permet un meilleur piégeage des produits d'érosion des formations environnantes, soit par un apport plus important de ceux-ci, à la faveur d'épisodes particulièrement érosifs. Cet apport peut se faire par voie éolienne, en milieu découvert, ou par ruissellement, à partir des formations de couverture. Les limons, plus abondants, ainsi que les sables fins quartzeux, majoritairement non usés, incitent à privilégier une origine éolienne, même si ces dépôts ont pu être mobilisés secondairement par le ruissellement.

La base de cet ensemble moyen montre une forte concentration en grains magnétiques, de taille variable (SP, MD et PD), ce qui peut confirmer la présence de grains d'origine pédologique. Ces derniers ont pu se former sur place ou être entraînés par les eaux intersti-

tielles à travers le karst à partir du plateau. La cavité est alors, contrairement à l'ensemble de base, bien ouverte sur l'extérieur, et le pendage fort des couches permet d'envisager l'ouverture d'une brèche au toit de la grotte.

Les données de la sédimentologie révèlent pour les couches XIV et XIII un enrichissement en fraction limoneuse et une diminution du module des grains, traduisant une baisse de l'intensité des agents de transport autres que l'éboulisation qui se poursuit. Une importante activité biologique se développe dans la grotte, avec notamment des animaux fouisseurs qui perturbent localement les dépôts (couche XIII) et des apports de phosphates qui ont pseudomorphosé les cailloutis calcaires. Les couches plus profondes (XIV et XV) n'ont pas enregistré de perturbations post-dépositionnelles notables ni de remaniements sur l'ensemble du volume fouillé.

La poursuite de l'ouverture au plafond alimente en blocs la couche XII particulièrement. Une discontinuité érosive antérieure au dépôt de la couche XI traduit une vidange partielle d'une partie de la cavité. La richesse en coquilles d'escargots entières dans le sédiment de ces deux couches plaide pour un environnement plutôt humide.

La susceptibilité magnétique révèle une concentration modérée en grains magnétiques de taille PD et MD. Dans l'ensemble, ces sédiments sont marqués par un faible pourcentage en grains SP d'origine pédologique (les sédiments n'ont subi qu'une faible pédogenèse (couches XV et XIV), voire presque aucune pédogenèse (couche XIII).

4.3 - MISE EN PLACE DE L'ENSEMBLE STRATIGRAPHIQUE SUPÉRIEUR

Les prélèvements analysés dans cette partie du remplissage permettent de clore la séquence stratigraphique bien développée de la Baume Moula-Guercy, et les résultats obtenus confirment les propositions antérieures (Chennaoui, 1992) qui suggèrent pour cette partie du remplissage une phase de mise en place par gravité et cryoclastie pour la base et une phase de mise en place par gravité et coulées de solifluxion pour le sommet. En effet, le pendage des couches, l'abondance du matériel autochtone du calcaire de la paroi et les nombreux gélifractions relevés dans les couches X à VIII suggèrent la mise en place de ces niveaux sous un climat froid et un dépôt par gravité, avec, par la suite, une percolation d'eau responsable du concrétionnement observé sur les pierres.

Pour les couches sommitales, la disposition désordonnée des éléments grossiers et une matrice plus fine suggèrent un dépôt par solifluxion entraînant un sol développé sur le plateau. Cet ensemble stratigraphique présente un faible pourcentage en grains magnétiques dans les couches VIII et V et un pourcentage modéré dans les couches IV et III. Les couches X et IV sont caractérisées par l'abondance de grains d'origine détritique, tandis que les éléments fins (SP) sont absents. Ces deux niveaux résultent de conditions climatiques rigoureuses (climat froid et sec).

Au contraire des précédentes, les couches VI et III présentent un pourcentage plus important en minéraux

magnétiques, avec une concentration importante en grains de magnétite et de maghémite d'origine secondaire. Les deux niveaux ont été exposés à une pédogenèse de faible intensité (faible concentration en grains SP produits par des bactéries magnétiques et par des phénomènes d'oxydo-réduction en présence de matière organique et d'humidité). Le degré de pédogenèse de la couche III, qui occupe la partie supérieure du remplissage, est plus important.

5 - CONCLUSION

L'étude stratigraphique, sédimentologique et magnétique réalisée sur la Baume Moula-Guercy permet de fournir à ce site un cadre stratigraphique précis, contribue à la caractérisation des couches archéostratigraphiques et permet d'appréhender les conditions et les dynamiques de mise en place du remplissage. Les données sédimentologiques (granulométrie, minéralogie) et de la micro-morphologie mettent en évidence la contribution très importante du calcaire encaissant dans l'alimentation en matériel fin et grossier, identifié par la kaolinite et les sables grossiers calcaires notamment.

L'étude magnétique a contribué à la délimitation des différentes couches et a permis de localiser les foyers (très riches en grains magnétiques). Les résultats montrent que dans l'ensemble, les sédiments n'ont pas subi de pédogenèse significative (faibles valeurs de χ_{fid}), ce qui explique la dominance des grains de taille MD et PD. Ces types de grains dominant à la base du remplissage (sable calcaire diamagnétique).

Les analyses permettent de scinder le remplissage en trois grands ensembles stratigraphiques, de contextes et de dynamiques de mises en places différents. Les niveaux de base qui forment le complexe stratigraphique inférieur montrent un fonctionnement de karst actif, avec des dépôts alluvionnaires d'énergie variable, mêlant constituants du calcaire encaissant, petits galets calcaires, fragments de sols hérités. Les dépôts ne sont pas perturbés par la faune des sols et seuls quelques niveaux montrent des phosphatisations ou des fragments de coprolithes qui attestent de la fréquentation occasionnelle de la grotte.

La cavité s'est ensuite asséchée et une phase d'ébouilisation mène à une meilleure communication avec l'extérieur. Les blocs utilisés par les Néandertaliens pour aménager leurs foyers proviennent de cette phase d'effondrement des parois. L'influence extérieure est alors très importante, révélée par l'évolution de la minéralogie des sables et des argiles qui montrent des apports plus variés et une forte influence éolienne. La grotte constitue à partir de ce moment un refuge pour les hommes et la faune, qui perturbent ponctuellement les dépôts constitués d'apports karstiques mêlés à une phase extérieure éolienne.

Enfin, les couches de l'ensemble supérieur sont mises en place depuis une ouverture étroite du plafond sud qui permet des dépôts de gélifractions et de coulées de solifluxion en contexte périglaciaire.

Ainsi, malgré des signatures paléoclimatiques délicates à mettre en évidence dans l'enregistrement sédimentaire, des grandes tendances peuvent être dégagées par cette étude, avec des conditions de mise en place plutôt humides et froides pour le complexe stratigraphique inférieur, plus tempérées pour le complexe stratigraphique moyen, et de nouveau à dominante périglaciaire pour le complexe stratigraphique supérieur.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARGANT J., 1982 - Bilan de l'analyse palynologique de Soyons (07) : Abri Moula. In *Rapport de fouilles de l'abri Moula*. Club archéologique Crouzet, Valence, 5 p.
- BEAN C.P. & LIVINGSTON J.D., 1959 - Superparamagnetism. *Journal of Applied Physics*, 30 (4), 120-129.
- BLOEMENDAL J., KING J., HALL F.R. & DOH S.-J., 1992 - Rock magnetism of late Neogene and Pleistocene deep-sea sediments: relationship to sediment source, diagenetic processes and sediment lithology. *Journal of Geophysical Research*, 97 (B4), 4361-4375.
- BORNAND M., MANDIER P., MONTJUVENT G., CHENEVOY M., HORON O. & COMBIER J., 1978 - *Carte géologique de la France à 1/50 000 (n° 818), Valence (XXX-36). Notice explicative*. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, 51 p.
- CHENNAOUI K., 1992 - *Etude sédimentologique des sites préhistoriques de Soyons (Ardèche, France) : dynamique sédimentaire et paléoclimatologie*. Thèse de Doctorat, Université Lyon 1 Claude Bernard, Lyon, 126 p.
- CRÉGUT-BONNOURE É. & GUÉRIN C., 1986 - La faune de Mammifères de l'abri Moula (Soyons, Ardèche). *Bulletin de la Société d'Etude des Sciences Naturelles du Vaucluse*, 56 (2), 41-87.
- DEARING J.A. & FLOWER R.J., 1982 - The magnetic susceptibility of sedimenting material trapped in Lough Neagh, Northern Ireland and its erosional significance. *Limnology and Oceanography*, 27 (5), 969-975.
- DEARING J.A., DANN R.J.L., LEES J.A., LOVELAND P.J., MAHER B.A. & O'GRADY K., 1996 - Frequency dependent susceptibility measurements of environmental materials. *Geophysical Journal International*, 124 (1), 228-240.
- DEARING J., 1999 - *Environmental Magnetic Susceptibility: Using the Bartington MS2 System*, 2nd edition. Chi Publishing, Kenilworth, 54 p.
- DEBARD É., 1987 - *Le Quaternaire du Bas-Vivarais d'après l'étude des remplissages d'avens, de porches de grottes et d'abris sous roche : dynamique sédimentaire, paléoclimatologie et chronologie*. Documents des Laboratoires de Géologie, Lyon, 103. Département des Sciences de la Terre, Université Claude Bernard, Villeurbanne, 316 p.
- DEFLEUR A., 1989 - Le moustérien de l'abri Moula (Soyons, Ardèche). *Bulletin de la Société d'Etude des Sciences Naturelles du Vaucluse*, 59 (2), 59-85.
- DEFLEUR A., 1995 - *Rapport de synthèse de fouilles pluriannuelles 1993-1995. Baume Moula-Guercy (ex : Abri Moula), Soyons, Ardèche*. Rapport de fouilles, Direction Régionale des Affaires Culturelles Rhône-Alpes, Aix-en-Provence, 145 p.
- DEFLEUR A., 1999 - *Rapport de synthèse de fouilles pluriannuelles 1996-1999. Baume Moula-Guercy, Soyons, Ardèche*. Rapport de fouilles, Direction Régionale des Affaires Culturelles Rhône-Alpes, Aix-en-Provence, 239 p.
- DEFLEUR A., DUTOUR O., VALLADAS H. & VANDERMEERSCH B., 1993a - Cannibals among the Neandertals? *Nature*, 362 (6417), 214.
- DEFLEUR A., DUTOUR O., VALLADAS H., COMBIER J. & VANDERMEERSCH B., 1993b - Découverte de restes humains moustériens dans l'abri Moula (Soyons, Ardèche). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. Série 2, Mécanique, Physique, Chimie, Sciences de l'Univers, Sciences de la Terre*, 316, 1005-1010.
- DEFLEUR A., CRÉGUT-BONNOURE É. & DESCLAUX E., 1998 - Première mise en évidence d'une séquence éémienne à restes humains dans le remplissage de la Baume Moula-Guercy (Soyons, Ardèche). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. Série 2, Sciences de la Terre et des Planètes*, 326 (6), 453-458.
- DEFLEUR A., WHITE T., VALENSI P., SLIMAK L. & CRÉGUT BONNOURE É., 1999 - Neanderthal Cannibalism at Moula-Guercy, Ardèche, France. *Science*, 286 (5437), 128-131.

- DEFLEUR A., CRÉGUT-BONNOURE É., DESCLAUX E. & THINON M., 2001** - Présentation paléo-environnementale du remplissage de la Baume Moula-Guercy à Soyons (Ardèche) : implications paléoclimatiques et chronologiques. *L'Anthropologie*, **105** (3), 369-408.
- DESCLAUX E. & DEFLEUR A., 1997** - Etude préliminaire des micromammifères de la Baume Moula-Guercy à Soyons (Ardèche, France). Systématique, biostratigraphie et paléoécologie. *Quaternaire*, **8** (2-3), 213-223.
- DJERRAB A., 2001** - Etude des propriétés magnétiques du remplissage de sites préhistoriques : contribution à l'étude stratigraphique, archéozoologique de leurs dépôts et à leur évolution géochimique post-dépositionnelle. Thèse de Doctorat, Université de Perpignan, Perpignan, 667 p.
- DJERRAB A. & HEDLEY I., 2008** - Etude des propriétés magnétiques du remplissage du site d'Orgnac 3 (Ardèche, France). *Bulletin du Musée d'Anthropologie préhistorique de Monaco*, **48**, 9-22.
- DUNLOP D.J., 1981** - The rock magnetism of fine particles. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, **26** (1), 1-26.
- ÉVIN J., MARÉCHAL J. & MARIEN G., 1983** - Lyon natural radiocarbon measurements IX. - *Radiocarbon*, **25** (1), 59-128.
- ÉVIN J., MARÉCHAL J. & MARIEN G., 1985** - Lyon natural radiocarbon measurements X. - *Radiocarbon*, **27** (2B), 386-454.
- EYRE J., 1997** - Frequency dependence of magnetic susceptibility for populations of single-domain grains. *Geophysical Journal International*, **129** (1), 209-211.
- GUÉRIN G. & GilLOT P.-Y., 2007** - Nouveaux éléments de chronologie du volcanisme Pléistocène du bas Vivarais (Ardèche, France) par thermoluminescence. *Comptes Rendus Geoscience*, **339** (1), 40-49.
- GUILLORÉ P., 1983** - Méthode de fabrication mécanique et en série de lames minces. Institut National d'Agronomie Paris-Grignon, Grignon, 22 p.
- JEANNET M., 1990** - Microfaune de l'abri Moula, Soyons (Ardèche). In *Rapport de fouilles de l'abri Moula*. Club archéologique Crouzet, Valence, 2 p.
- KALAÏ C., 1998** - Reconstitution du paléoenvironnement végétal et du paléoclimat de la fin du Pléistocène moyen et du Pléistocène supérieur, d'après les analyses polliniques de la Baume Moula-Guercy, du site de Payre et de l'abri des pêcheurs (Ardèche, France). Thèse de Doctorat, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. 159 p.
- LARQUÉ P., 2002** - Diffractométrie, minéralogie de la fraction argileuse. In J.-C. Miskovsky (dir.), *Géologie de la Préhistoire : méthodes, techniques, applications*. GéoPré, Perpignan, 601-613.
- LE BORGNE E., 1955** - Susceptibilité magnétique anormale du sol superficiel. *Annales de Géophysique*, **11**, 399-419.
- LE BORGNE E., 1964** - The relationship between the magnetic susceptibility and the history of soils. In A.E.M. Nairn (ed.), *Problems in palaeoclimatology: proceedings of the NATO Palaeoclimates Conference held at the University of Newcastle upon Tyne, January 7-12, 1963*. Interscience, London, 666-669.
- LOWRIE W., 1990** - Identification of ferromagnetic minerals in a rock by coercivity and unblocking temperature properties. *Geophysical Research Letters*, **17** (2), 159-162.
- LIU X.-M., ROLPH T., BLOEMENDAL J., SHAW J. & LIU T.-S., 1994** - Remanence characteristics of different magnetic grain size categories at Xifeng, Central Chinese Loess Plateau. *Quaternary Research*, **42** (2), 162-165.
- MAHER B.A., 1988** - Magnetic properties of some synthetic sub-micron magnetites. *Geophysical Journal International*, **94** (1), 83-96.
- MAHER B.A. & THOMPSON R., 1991** - Mineral magnetic record of the Chinese loess and paleosols. *Geology*, **19** (1), 3-6.
- MAHER B.A. & THOMPSON R., 1992** - Paleoclimatic significance of the mineral magnetic record of the Chinese loess and paleosols. *Quaternary Research*, **37** (2), 155-170.
- MARTIN-GRANEL G., 2001** - Etudes stratigraphiques et micromorphologiques de remplissages de cavernes : Caune de l'Arago, Baume Moula-Guercy, Grotte du Boquete de Zafarraya. Thèse de Doctorat, Université de Perpignan, Perpignan, 162 p.
- MISKOVSKY J.-C. & DEBARD É., 2002** - Granulométrie des sédiments et étude de leur fraction grossière. In J.-C. Miskovsky (dir.), *Géologie de la Préhistoire : méthodes, techniques, applications*. GéoPré, Perpignan, 479-500.
- MULLINS C.-E., 1973** - Magnetic viscosity, quadrature susceptibility, and frequency dependence of susceptibility in single-domain assemblies of magnetite and maghemite. *Journal of Geophysical Research*, **78** (5), 804-809.
- MULLINS C.-E., 1977** - Magnetic susceptibility of the soil and its significance in soil science - a review. *Journal of Soil Science*, **28** (2), 223-246.
- PASTRE J.-F., DEBARD É. & CHENNAOUI K., 1994** - Un tephra-répère du volcanisme phréatomagmatique du Vivarais dans la séquence Pléistocène supérieur de l'abri Moula (Soyons, Ardèche, France). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. Série 2, Sciences de la Terre et des Planètes*, **319** (8), 937-943.
- PAYEN P., ARGANT J., CRÉGUT-BONNOURE É., DEFLEUR A., ÉVIN J. & GUÉRIN C., 1990** - Le gisement moustérien de l'abri Moula (Soyons, Ardèche). *Ardèche Archeologique*, **7**, 3-9.
- RUMMERY T.-A., BLOEMENDAL J., DEARING J. & OLDFIELD F., 1979** - The persistence of fire-induced magnetic oxides in soils and lake sediments. *Annales de Géophysique*, **35**, 103-107.
- RUMMERY T. A., 1983** - The use of magnetic measurements in interpreting the fire histories of lake drainage basins. *Hydrobiologia*, **103** (1), 53-58.
- SANZELLE S., PILLEYRE T., MONTRET M., FAÏN J., MIAL-LIER D., CAMUS G., DE GOËR DE HERVÉ A. & DEFLEUR A., 2000** - Datation par thermoluminescence : étude d'une corrélation chronologique possible entre le maar de la Vestide-du-Pal et un niveau de tephra de La Baume-Moula-Guercy (Ardèche, France). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. Série 2, Sciences de la Terre et des Planètes*, **330** (8), 541 - 546.
- SAOS T., 2003** - Cadre stratigraphique, paléoclimatique et géochronologie du Languedoc-Roussillon au cours du Pléistocène supérieur d'après l'étude des remplissages de grottes. Thèse de Doctorat, Université de Perpignan, Perpignan, 242 p.
- THOMPSON R., BATTARBEE R.W., O'SULLIVAN P.E. & OLDFIELD F., 1975** - Magnetic susceptibility of lake sediments. *Limnology and Oceanography*, **20** (5), 687-698.
- THOMPSON R. & OLDFIELD F., 1986** - *Environmental Magnetism*. Allen & Unwin Press, London, 227 p.
- TOURENQ J., 2002** - Minéraux lourds. In J.-C. Miskovsky (dir.), *Géologie de la Préhistoire : méthodes, techniques, applications*. GéoPré, Perpignan, 555-569.
- VALENSI P., CRÉGUT-BONNOURE É. & DEFLEUR A., 2012** - Archeozoological data from the Mousterian level from Moula-Guercy (Ardèche, France) bearing cannibalised Neandertal remains. *Quaternary International*, **252**, 48-55.
- WESTPHAL M., GUREVITCH E.L., SAMSONOV B.V., FEINBERG H. & POZZI J.P., 1998** - Magnetostratigraphy of the lower Triassic volcanics from deep drill SG6 in western Siberia: evidence for long-lasting Permo-Triassic volcanic activity. *Geophysical Journal International*, **134** (1), 254-266.
- WORM H.-U., 1998** - On the superparamagnetic-stable single domain transition for magnetite, and frequency dependence of susceptibility. *Geophysical Journal International*, **133** (1), 201-206.
- ZHOU L.P., OLDFIELD F., WINTLE A.G., ROBINSON S.G. & WANG J.T., 1990** - Partly pedogenic origin of magnetic variations in Chinese loess. *Nature*, **346** (6286), 737-739.