



PALEO

Revue d'archéologie préhistorique

21 | 2009-2010

Varia

le site paléolithique de la grotte XVI (Dordogne, France) : lithostratigraphie, processus de formation et essai de chronologie

Bertrand Kervazo et Jean-Pierre Texier



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/paleo/1805>

ISSN : 2101-0420

Éditeur

SAMRA

Édition imprimée

Date de publication : 1 mars 2011

Pagination : 163-188

ISSN : 1145-3370

Référence électronique

Bertrand Kervazo et Jean-Pierre Texier, « le site paléolithique de la grotte XVI (Dordogne, France) : lithostratigraphie, processus de formation et essai de chronologie », *PALEO* [En ligne], 21 | 2009-2010, mis en ligne le 21 octobre 2011, consulté le 04 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/paleo/1805>



PALEO est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

LE SITE PALÉOLITHIQUE DE LA GROTTTE XVI (Dordogne, France) : lithostratigraphie, processus de formation et essai de chronologie

Bertrand KERVAZO^(1, 2) et Jean-Pierre TEXIER⁽¹⁾

Résumé : La grotte XVI comporte une importante séquence archéologique du Paléolithique moyen et supérieur. Elle s'est formée en contexte phréatique, sans doute à la fin du Tertiaire ou au début du Quaternaire. Sept unités lithostratigraphiques ont été identifiées dans les dépôts de remplissage. Pour l'essentiel, elles résultent de phénomènes de ruissellement et d'ébouilisation, mises à part l'unité II qui correspond à un spéléothème et l'unité I qui est constituée de dépôts de remaniement récents. Leur édification, qui a sans doute débuté au cours de la seconde partie du stade isotopique de l'oxygène 5 (SIO 5), s'est poursuivie tout au long des SIO 4, 3, 2 et 1. Elle a été accompagnée par d'importants phénomènes de diagenèse liés à l'action de solutions phosphatées. Ceux-ci ont été plus particulièrement actifs lors de la formation des unités VII et VI ainsi qu'à la base de l'unité IV.

Trois cryosols majeurs ont été mis en évidence. Le plus ancien a été attribué à titre d'hypothèse au SIO 4. Le deuxième, qui correspond probablement à un pergélisol, s'est sans doute développé au cours du Dryas ancien, peut-être au cours de l'événement Heinrich 1. Enfin, le dernier s'est manifesté postérieurement à l'unité III, datée de l'interstade Bölling-Alleröd. Il ne peut donc se rapporter qu'à la dernière phase froide du Tardiglaciaire, c'est-à-dire au Dryas récent. C'est, à notre connaissance, la première fois dans le sud-ouest de la France qu'un tel phénomène cryergique peut être attribué sans ambiguïté à cet épisode climatique.

Mots-clés : lithostratigraphie, processus de formation des sites, chronologie, Paléolithique, grotte, Dordogne.

Key-words: Lithostratigraphy, Site formation processes, Chronology, Palaeolithic, Cave, Dordogne.

Abridged english version

The Palaeolithic site of Grotte XVI (Dordogne, France): lithostratigraphy, formation processes and attempt of chronology.

Introduction

The site of Grotte XVI has yielded a remarkable archaeological sequence which comprises several Mousterian layers as well as levels ascribable to most of the Upper Palaeolithic cultures (tab. 1). Thus, it can be considered as a reference site which permits several important prehistoric themes to be documented.

Grotte XVI has already been the matter of some major publications (Grayson *et al.* 2001; Karkanas *et al.* 2002; Rigaud *et al.* 1995). This study aims to contribute to its understanding in establishing its lithostratigraphy and in characterizing the geological processes that have led to its formation. We will also try to situate the identified pedo-sedimentary events in the chronological framework of the Quaternary.

(1) Université Bordeaux 1, IPGQ, UMR 5199-PACEA, Bât. B18, avenue des Facultés, 33405 Talence cedex - j-pierre.texier@wanadoo.fr

(2) Centre National de Préhistoire, Ministère de la Culture, 38 rue du 26ème RI, 24000 Périgueux - bertand.kervazo@culture.gouv.fr

1 – Methods

Descriptive and analytic methods were used to achieve this geological study. Descriptive methods involved several observation scales. They comprise an analysis of the geomorphological context as well as the macro- and the microscopic study (Micromorphology) of deposits filling in the cave.

Laboratory analyses performed to complement the descriptive approach include granulometric analysis of the sedimentary fraction lower than 2 mm (Sands, silts and clay), mineralogical analyses (heavy minerals) and the determination of the percentage of carbonates contained in sediments.

2 – Location and geomorphological context

The site of Grotte XVI is located in the commune of Cénac-et-Saint-Julien (Dordogne, France), on the right side of a small encased valley drained by the Céou River, a left-hand tributary of the Dordogne River (fig. 1). This cave opens 110 m above the flood plain, at the foot of a rockwall thirty metres high carved into Coniacian limestones. A weathering mantle composed of clayey sands caps the plateau situated above the site.

3 – Lithostratigraphy

We observe from the bottom to the top (fig. 3):

Unit VII (= archaeological layers I and H)

Visible thickness: 25 to 70 cm. Cryoturbated laminated clayey silty sands containing some scattered blocks and pebbles (fig. 4). Colour: yellow to brownish yellow (10 YR 7/6 to 6/6), brown to dark brown (5 YR 4/4), white to very pale brown (10 YR 8/2 to 8/3). Phosphates are very abundant. Presence of a platy structure and bioturbations. Unit VII contains a Middle Palaeolithic industry.

Unit VI (=archaeological layers E, F and G)

Thickness: 50 to 75 cm. Cryoturbated diamicton composed of small calcareous or calcitic pebbles scattered throughout a massive sandy clayey matrix (fig. 4). Colour: yellow to light yellowish brown (10 YR 7/6 to 6/4). Phosphates are abundant. The matrix displays a platy structure. This unit yields a Middle Palaeolithic industry.

Unit V (=archaeological layer D)

Visible thickness: 1 m. It forms a cone whose apex is located close to the northern wall of the cave. It comprises blocks, slabs and pebbles whose packing voids are partially filled in with granules and light yellow to yellowish brown (10 YR 6/6 to 5/6) silty sands. The lower part of the unit is mainly composed of speleothem fragments.

Unit IV (=archaeological layers A, B, C)

Thickness: 50 to 180 cm. It comprises several juxtaposed lithofacies.

At the entrance of the cave, is visible a crossbedded facies composed of graded silty sands and gravels.

In the back part of the cave, close to the northern wall, develop rockfall deposits whose packing voids are partially filled in with clayey silty sands that are impregnated by carbonates.

In the rest of the cavity, this unit corresponds to a diamicton displaying involutions throughout its thickness as well as, in the southern part, simple shear features (overturned folds, stretchings and boudinages) (fig. 5 and 7).

The fine sediments exhibit a platy structure (Fig. 6) and a brown to light yellowish brown colour (10 YR 5/6 to 6/6), except in the more organic archaeological layer Abb which has a brown colour (7.5 YR 5/4).

At the base of unit, can be seen a stacking of fireplaces extending on several metres.

This unit contains Chatelperronian, Aurignacian, Gravettian and Solutrean layers (tab. 1).

Unit III (=archaeological layers 0)

Mean thickness: 25 cm. Colour: black (5 YR 2.5/1) or yellowish brown (7,5 YR 5/4). Organic-rich diamicton including an important anthropic component (numerous quartz pebbles, metamorphic and plutonic pebbles, burnt stones, numerous archaeological pieces...). A platy structure develops in the matrix. The deposits are not deformed and their contact with the underlying unit IV is erosive (fig. 8).

This unit yields a Magdalenian industry.

Unit II

Flowstone which locally seals the underlying palaeolithic deposits. Thickness: up to 40 cm.

Unit I

Reworked organic-rich sediments.

4 – Interpretation

The main results can be summed up as follow. Grotte XVI, like the other caves located at the same altitude along the Le Conte cliff, probably formed in a phreatic context during a remote Quaternary period or at the end of Tertiary.

Ten pedo-sedimentary phases were identified from the study of the cave deposits (tab. 2).

The **phase 1** corresponds to the emplacement of the oldest sedimentary unit which can be actually observed in the site (Unit VII = archaeological layers I and H). The laminated lithofacies of this unit testifies to a runoff-dominated environment.

The deposition of the unit VI (= archaeological layers G, F and E) characterizes the **phase 2**. It can be generated either from debris flows processes or, more probably, from unconcentrated wash associated with sporadic rockfalls.

The **phase 3** is represented by a cryoturbation episode which is expressed by involutions affecting the units VI and VII.

The **phase 4** corresponds to the deposition of **unit V** (= archaeological layer D). Restricted to the N-NW part of the cave, it probably results from a limited collapse of the roof cave.

The **phase 5** is related to the sedimentation of **unit IV** (= archaeological layers C, B and A) which includes several juxtaposed lithofacies (cf. supra). They are due to the concomitant action of runoff and rockfall, one of these processes prevailing on the other depending on the zone of the cave. It can be equally stressed that some characteristics of the deposits are closely linked to Paleolithic human activities (e.g. local occurrence of stacked fireplaces).

Deformations that affect the unit IV over 1.8 m deep characterize the **phase 6**. They have been interpreted to be the result of periglacial loading processes due to the decay of an ice-rich permafrost (French, 1996; Murton and French, 1993; Vandenberghe, 1992).

The deposition of unit III (= archaeological layer 0) corresponds to the **phase 7**. This unit is the result of anthropic activity, rockwall shattering and runoff processes.

A new cryosol (**Phase 8**) develops in the unit III and in the underlying deposits. It is expressed in sediments by an ovoid structure or a thin platy structure in its upper part and by a well-developed platy structure lower down.

The **phase 9** is characterized by the building of speleothems (Unit II) in the inner part of the cave, as well as by the formation of a carbonated horizon in the upper part of the sequence.

Finally, organic-rich reworked sediments due to recent accommodations of the cave and illegal excavations form the unit I and the last morpho-sedimentary phase (**Phase 10**) recorded in the site.

We also have to stress that phosphate-driven diagenesis was very active all along the formation of the stratigraphic series and, particularly, during the sedimentation of units VII, VI and the lower part of unit IV.

5 – Attempt of chronology

Chronologic hypothesis proposed hereafter rest on numerical datings (tab. 1 and 2) as well as on the palaeoclimatic events inferred from the pedo-sedimentary data (i.e. cryosols).

The four most ancient evolutive phases have been tentatively attributed to the second part of OIS 5 (phases 1 and 2) and to OIS 4 (phases 3 and 4).

Numerous coherent numerical datings permit to situate the phase 5 (= unit IV) between ca – 20 to – 65 ka. The permafrost phase that has followed (phase 6) has probably taken place during the Lower Dryas (Heinrich event 1?) whereas its melting out and the resulting thermokarstic phenomena can be related to the beginning of the Bölling-Alleröd Interstadial. Two convergent ¹⁴C dates indicates that the deposition of unit 0 (phase 7) has occurred during the same Interstadial. Consequently, the deep cryosol which postdates unit III (phase 8) can only be attributed to the last cold episode of the Lateglacial, namely the Younger Dryas. The phenomena of carbonation which have taken place at the end of the stratigraphic series (Phase 9), have been related to the temperate and humid climate of the Holocene. Of course, the last evolutive phase (phase 10) is very recent.

Conclusion

Geological research conducted at the site of Grotte XVI has allowed seven stratigraphic units and ten pedo-sedimentary phases to be identified. The deposits filling in the cave mainly result from runoff and rockfall processes, except unit II which corresponds to a speleothem and unit I which is composed of recent reworked sediments. Their formation probably began at the end of oxygen isotopic stage 5 (OIS 5) and continued all along OIS 4, 3, 2 and 1. It was accompanied by a very active phosphate-driven diagenesis.

Three main cryosols were pointed out. The oldest one has been hypothetically related to OIS 4. The second one, which probably corresponds to a permafrost episode, seems to have developed during the Lower Dryas, maybe during Heinrich 1 event. The last one postdates the Bölling-Alleröd Interstadial and can be dated with safety to the Upper Dryas. To our knowledge, it is the first time that, in South-West France, cryogenic phenomena can be unambiguously ascribed to this climatic episode.

Introduction

La grotte XVI est l'une des vingt-deux cavités recensées par J. Lachastre (1968) le long de la falaise du Conte (commune de Cénac-et-Saint-Julien, Dordogne). En 1960, un sondage pratiqué par cet auteur dans le fond de la grotte a livré de la poterie, peut-être d'âge chalcolithique (Rigaud 1982). Il faut cependant attendre 1977 et un second sondage réalisé par J.-Ph. Rigaud pour révéler une occupation paléolithique (aurignacienne) du site (Rigaud *op. cit.*).

En 1983, des fouilles systématiques y sont entreprises sous la direction de J.-Ph. Rigaud et de J. Simek. Elles dureront jusqu'en 2001 et mettront en évidence plusieurs niveaux de Moustérien ainsi que des occupations attribuables à la plupart des cultures du Paléolithique supérieur (tabl. 1). Il s'agit donc d'un gisement de référence qui permet de documenter plusieurs thématiques importantes de la préhistoire comme le passage du Paléolithique moyen au Paléolithique supérieur, l'implantation et le développement de l'Homme anatomiquement moderne en Europe de l'Ouest ou encore la succession et la caractérisation des cultures du Paléolithique supérieur.

Ce site a déjà donné lieu à plusieurs publications à large diffusion. En 1995, Rigaud *et alii* attirent l'attention sur de grandes aires de combustions associées à des niveaux moustériens datés entre 53900 et 65600 ans BP. Sur la base d'une étude micromorphologique approfondie, ils qualifient ces structures de «multiphasées et de polycycliques», et indiquent qu'elles témoignent de l'utilisation de lichens comme combustible principal. Néanmoins, cette assertion est infirmée quelques années plus tard par Karkanas et collaborateurs qui, à partir d'une étude portant sur les phytolithes, soulignent qu'elles résultent plutôt de la combustion de bois et, secondairement, d'herbes (Karkanas *et al.* 2002). Ces mêmes auteurs réalisent une analyse approfondie des phosphates et montrent que les sédiments qui incluent les aires de combustion moustériennes ont subi une évolution diagénétique plus poussée dans le centre de la cavité qu'à la périphérie. Ils en déduisent que les ossements contenus initialement dans ce niveau ont probablement en grande partie disparu dans la partie centrale du site (Karkanas *et al.* 2002). Ils notent éga-

lement qu'un niveau d'Aurignacien (A base brune) est plus carbonaté que les niveaux encaissants et livre de nombreux phytolithes de bois et d'herbes. Ils en concluent que ce niveau est composé majoritairement de cendres, bien que les structures de combustion ne soient actuellement plus visibles (Karkanas *et al. op. cit.*). Enfin, en 2001, Grayson *et al.* publient une étude sur le contenu faunique de cette cavité. Ils montrent que l'augmentation constante des restes de Renne du bas vers le haut de la séquence n'est due ni à l'importance relative des assemblages analysés, ni au degré de fragmentation des ossements, ni même à un problème de représentation des différents éléments du squelette, mais se corrèle à une diminution des températures d'été durant la période considérée. En outre, à cette occasion, ils publient la liste des différentes datations numériques obtenues (tabl. 1).

Dans le cadre de cet article, nous nous proposons de contribuer à la connaissance de ce gisement-clé par l'établissement de la lithostratigraphie du remplissage et par la mise en évidence des processus géologiques qui ont conduit à sa formation. Nous tenterons également de caler chronologiquement les différents événements identifiés.

1- Méthodes

Les objectifs que nous nous sommes fixés ont impliqué la mise en œuvre de méthodes à la fois descriptives (à différentes échelles d'observation) et analytiques.

Les méthodes descriptives incluent une analyse du cadre géomorphologique ainsi que l'étude macroscopique et microscopique (micromorphologie) des dépôts représentés dans le site.

L'analyse du cadre géomorphologique a pour but d'intégrer le gisement dans son environnement, d'apprécier la représentativité des coupes étudiées, d'évaluer les sources possibles du matériel sédimentaire et de sérier la gamme de processus susceptibles d'être intervenus dans la genèse du gisement. Elle a nécessité des études de terrain ainsi que l'analyse des cartes topographiques et géologiques disponibles.

| Niveaux archéologiques | Attribution culturelle | Datations ¹⁴ C et TL |
|---------------------------|------------------------|--|
| 0 | Magdalénien | 12 285 ± 100 (AA-6843) 12 530 ± 105 (AA-6842) |
| As (A sommet) | Solutréen | 20 070 ± 330 (AA-2668) 20 230 ± 270 (AA-2669) 20 280 ± 220 (AA-2992) 20 410 ± 380 (AA-2991) 20 460 ± 260 (AA-2993) |
| Abc (A base caillouteuse) | Gravettien | 26 430 ± 470 (AA-2670) |
| Abb (A base brune) | Aurignacien | 28 140 ± 405 (AA-6840) 29 285 ± 510 (AA-6841) |
| Aib (A infrabase) | Aurignacien ? | Non daté |
| B | Châtelperronien | 35 000 ± 1 200 (GifA-95581) 38 100 ± 1 670 (AA-2997) > 39 000 (AA-2674) |
| C | Moustérien | 64 600 ± 3 100* |
| D à I | Moustérien | Non datés |

* Moyenne de 6 dates TL (Guibert *et al.* 1999)

Tableau 1 - Les niveaux archéologiques identifiés dans la Grotte XVI, leur attribution culturelle et les dates numériques obtenues (d'après Grayson *et al.* 2001 modifié).

Table 1- Archaeological layers identified at Grotte XVI, their cultural attribution and available numerical datings. (From Grayson *et al.* 2001 modified).

L'étude macroscopique des dépôts s'est appuyée sur la lecture des coupes disponibles afin de définir les milieux sédimentaires et diagénétiques qui se sont succédés lors de la formation du site. Elle a consisté à décrire les sédiments prenant part au remplissage de la cavité, à identifier les macrostructures sédimentaires et pédologiques inscrites dans les dépôts ainsi qu'à reconnaître leur organisation spatiale et leurs inter-relations. C'est principalement sur cette base qu'a été établie la lithostratigraphie.

L'étude micromorphologique a été développée en fonction des problèmes posés en amont (*i.e.* lors de la lecture macroscopique des dépôts). Elle a permis de caractériser les principaux constituants des sédiments et d'étudier leur organisation microscopique. Cette étape a impliqué la réalisation de lames minces de grand format selon une technique mise au point par Guilloché (1980) : les lames sont taillées à partir de blocs orientés de sédiment, consolidés par imprégnation sous vide par une résine polyester. La terminologie utilisée pour la description de ces lames est adaptée de celle définie par Bullock *et al.* (1985).

Les analyses réalisées en complément de l'approche descriptive comprennent des analyses granulométriques, des analyses de calcimétrie et des analyses de minéraux lourds. D'autres analyses, comme celles des minéraux argileux, le calcul des limites d'Atterberg et des analyses bidimensionnelles de fabriques, ont également été effectuées. Dans la mesure où elles n'apportent pas d'éléments déterminants à la compréhension du site, il n'en sera pas question ici.

Les analyses granulométriques ont été effectuées sur la fraction sédimentaire inférieure à 2 mm (sables, limons, argiles). Elles peuvent apporter des éléments d'information sur l'origine des sédiments ainsi que sur leurs processus de mise en place et de transformation. Elles ont concerné l'ensemble de la séquence sédimentaire et, à fin de comparaison, des dépôts observés dans l'environnement du site (formation endokarstique prélevée dans la grotte XV voisine, formations superficielles localisées sur le plateau au-dessus du site, résidu de décarbonatation du calcaire). Elles ont été réalisées par densimétrie selon la méthode Mériaux (Mériaux 1957) et par tamisage mécanique.

Les analyses calcimétriques sont destinées à mettre en évidence les variations de teneur en carbonates totaux de la fraction sédimentaire inférieure à 2 mm. Elles ont été effectuées au calcimètre Bernard à partir de 1 g de sédiment brut.

Les analyses de minéraux lourds ont pour objectif de déterminer l'origine des sédiments qui constituent le remplissage. Elles ont porté sur la fraction 100 à 200 µm. Les valeurs données correspondent aux pourcentages non pondérés des différentes espèces minéralogiques transparentes établis à partir du comptage de plus de 100 grains par lame.

2 – Contexte géomorphologique

La grotte XVI est localisée sur le flanc droit d'une petite vallée encaissée drainée par un affluent de rive droite de la Dordogne, le Céou (fig. 1). Elle s'ouvre à plus de 110 m au-dessus du fond de la vallée, au pied d'une paroi de calcaire coniacien haute d'une trentaine de mètres. Cette dernière correspond à une calcarénite brun très pâle, comportant généralement une forte charge détritique, essentiellement quartzreuse. Le plateau qui fait suite à l'abrupt est recouvert d'altérites sablo-argileuses plus ou moins remaniées.

La cavité (fig. 2) débute par un vaste porche orienté à l'ouest. Lui succède une salle longue d'environ 25 m dont le creusement a été guidé par deux diaclases espacées de 6 à 10 m. L'une, orientée N 105°, a déterminé le façonnement de la paroi sud ; l'autre, orientée N 95°, celui de la paroi nord. Des concrétions se développent dans le fond de la salle. Elles forment des draperies ou des coulées qui, localement, passent vers le bas à un plancher stalagmitique.

À la suite de la salle, prend naissance une galerie d'environ 7 m orientée NO-SE. Celle-ci se prolonge sur près de 4 m par un étroit diverticule (fig. 2). La paroi NO de la galerie est exclusivement calcaire alors que sa paroi SE est en grande partie recouverte par plusieurs générations de concrétions calcitiques. Les plus récentes scellent les dépôts paléolithiques.

Au plafond de la salle et de la galerie, s'observent des poches de dissolution.

Les fouilles ont porté sur l'ensemble des dépôts de remplissage de la salle et sur ceux de la partie proximale de la galerie. Le substratum calcaire n'a pas été atteint.

3 – Lithostratigraphie

Un log synthétique des dépôts de remplissage de la cavité est présenté figure 3. On observe de bas en haut les unités lithostratigraphiques suivantes :

Unité VII (= niveaux I et H de la stratigraphie archéologique)
Épaisseur visible : 25 à 70 cm.

Ne s'observe que dans des sondages profonds réalisés dans la partie ouest du remplissage, près de l'entrée de la grotte. Constituée de sables limono-argileux lités, cryotur-

bés et contenant des cailloux et des blocs disséminés dans la masse (fig. 4). Le litage s'exprime par une alternance de niveaux d'épaisseur centimétrique à pluricentimétrique et de lamines d'épaisseur millimétrique à plurimillimétrique. Des lits de graviers sont localement présents. La couleur de ces niveaux et de ces lamines est variable : jaune à jaune brun (10 YR 7/6 à 6/6), brun à brun foncé (5 YR 4/4), blanc à brun très pâle (10 YR 8/2 à 8/3). Présence d'une structure lamellaire et de bioturbations. Les clastes (cailloux et petits blocs) comprennent essentiellement des fragments calcaires, souvent fortement altérés et recouverts d'un enduit phosphaté. Des fragments de spéléothèmes sont également présents. Les analyses minéralogiques (diffractométrie X) montrent que la fraction fine du sédiment est fortement phosphatée. Cette unité livre du Paléolithique moyen.

Unité VI (= niveaux G, F et E de la stratigraphie archéologique)

Épaisseur : 50 à 75 cm.

S'observe dans le même secteur que l'unité précédente. Diamicton composé principalement de petits cailloux et de graviers calcaires ou calcitiques, anguleux à sub-anguleux, inclus dans une matrice de sables limono-argileux (fig. 4). Structure à support clastique ou matriciel. Présence locale de granules phosphatés blanchâtres. Couleur de la matrice : jaune à brun jaune clair (10 YR 7/6 à 6/4).

Vers l'est, les dépôts s'enrichissent en phosphates ; les fragments calcaires sont alors plus ou moins fortement altérés et entourés de croûtes phosphatées.

Les déformations qui se manifestent dans l'unité VII, affectent également cette unité (fig. 4). La matrice des dépôts montre une structure lamellaire.

Cette unité contient également du Paléolithique moyen.

Sa limite inférieure est nette, contournée.

Unité V (= niveau D de la stratigraphie archéologique)

Épaisseur maximum visible : 1 m. Elle se limite au secteur N-NO du site. Cette unité forme un cône surbaissé dont la partie apicale est localisée à proximité de la paroi nord de la cavité. Très fortement hétérométrique, elle est constituée de dalles, de blocs et de cailloux dont les vides d'entassement sont plus ou moins colmatés par des graviers, des granules ainsi que par des sables limoneux peu cohérents, de couleur jaune pâle à brun jaune (10 YR 6/6 à 5/6).

La fraction grossière de la partie basale de cette unité est composée principalement de fragments anguleux de spéléothèmes. Celle de la partie sommitale comprend exclusivement des fragments calcaires plus ou moins fortement émoussés.

À la surface de ce cône, se développe une croûte phosphatée noirâtre pouvant se détacher en plaquettes.

La limite inférieure de cette unité est nette, régulière.

Unité IV (= niveaux C, B et A de la stratigraphie archéologique)

Épaisseur : 0,50 à 1,80 m. Les fouilles ont porté principalement sur cette unité qui s'observe largement, sur presque toute la surface de la salle principale. Elle comporte plusieurs lithofaciès qui se relaient latéralement.

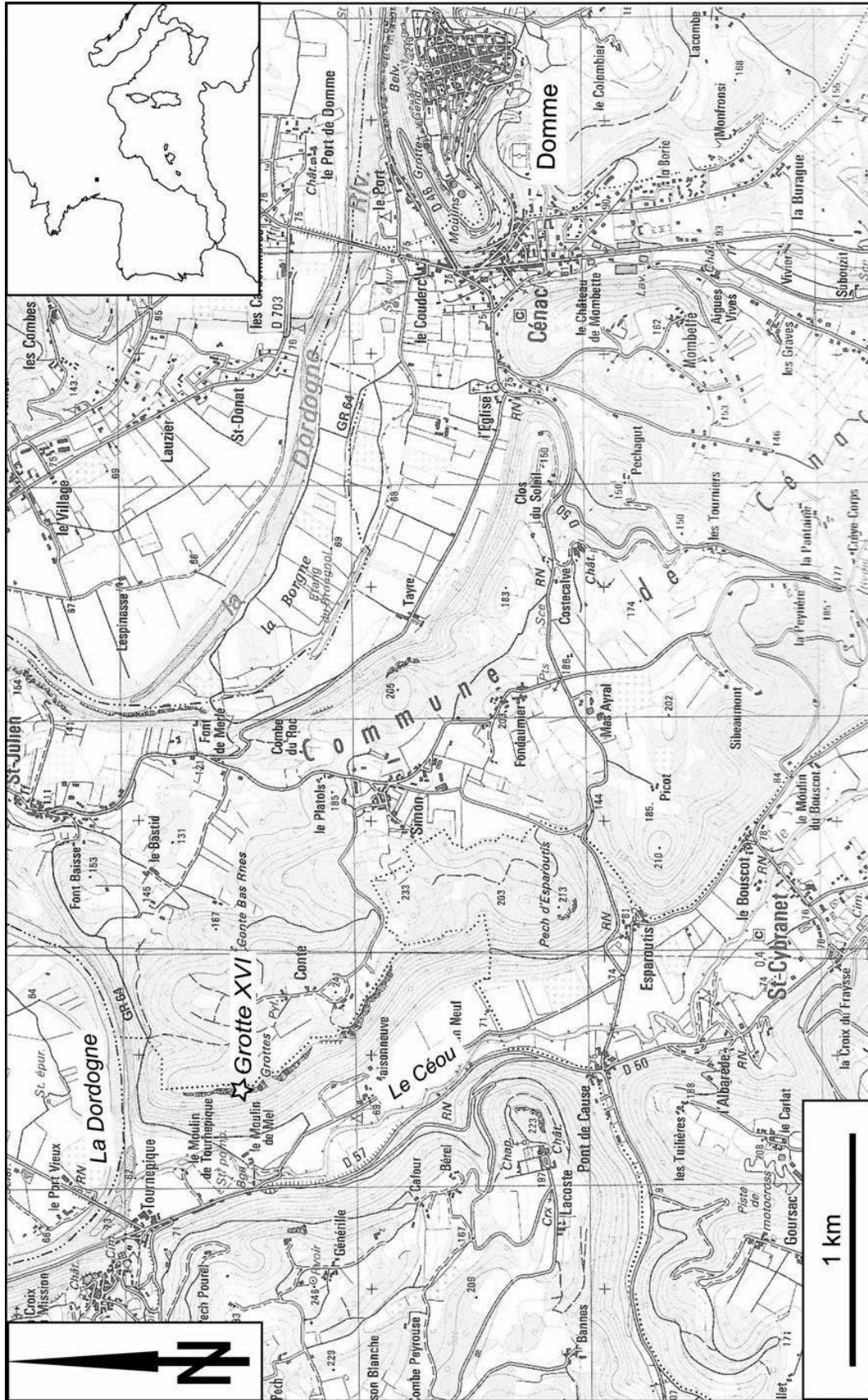


Figure 1 - Localisation de la Grotte XVI (étoile) sur un extrait de la carte topographique IGN à 1/25 000 de Domme (modifiée).

Figure 1 - Location of the Grotte XVI (star) on an extract of the 1/25 000 IGN topographic map of Domme (modified).

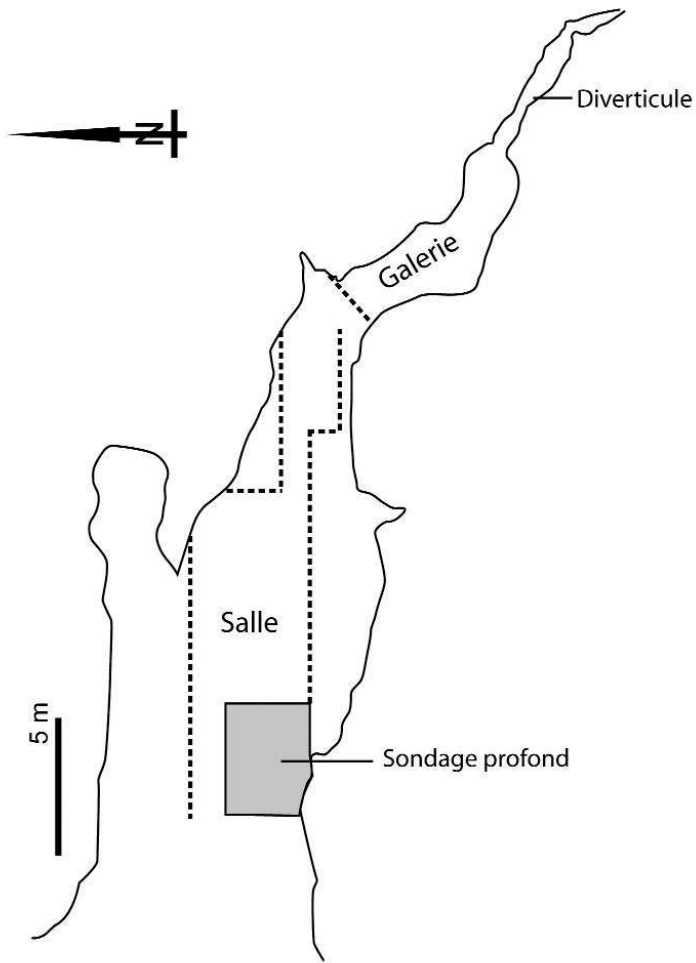


Figure 2 - Plan de la Grotte XVI d'après un relevé de J. Ph. Rigaud et de J. Simek (modifié). Les traits pointillés indiquent la position des coupes étudiées.

Figure 2 - Plan of the Grotte XVI from a drawing of J.-Ph. Rigaud and J. Simek (modified). The dotted lines indicate the position of the study sections.

Vers l'entrée de la cavité (i.e. vers l'ouest), se développe un faciès lité à organisation entrecroisée. Il est composé de sables limoneux et de graviers granoclassés. Des cailloux et des blocs calcaires sont disséminés dans la masse des dépôts qui montrent une structure lamellaire bien exprimée.

Vers le fond de la salle principale, à proximité de la paroi nord de la cavité, on note la présence d'un éboulis composé de blocs et de cailloux principalement calcaires, plus rarement calcitiques. Les vides interstitiels sont plus ou moins colmatés par des sables imprégnés de carbonates et présentant une structure lamellaire. On note un gradient latéral de la carbonatation qui s'accroît en direction de la paroi et disparaît progressivement vers le centre de la cavité.

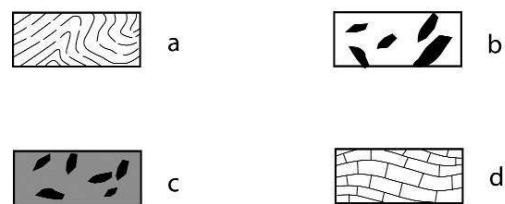
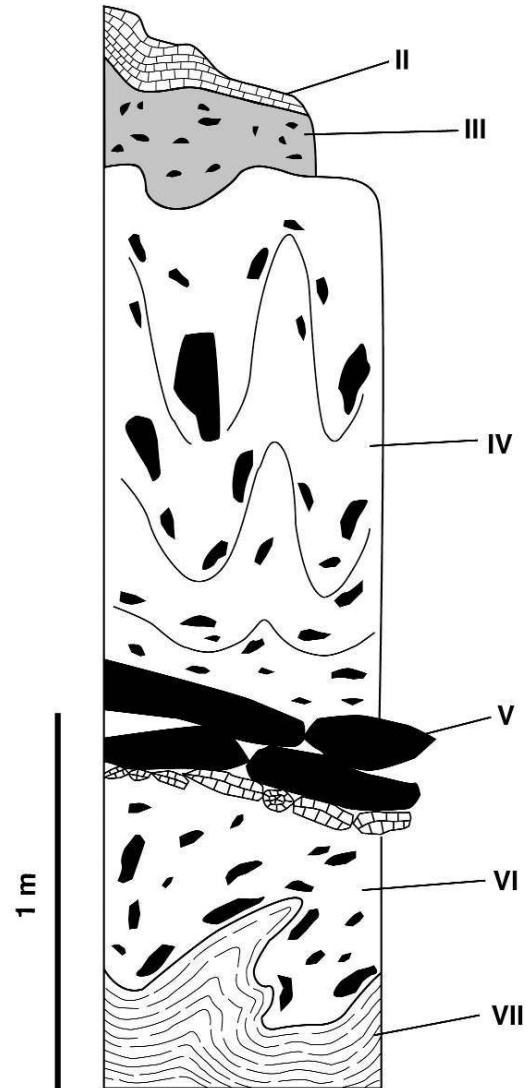


Figure 3 - Grotte XVI – Log stratigraphique synthétique. II, III, IV, V, VI, VII : unités lithostratigraphiques. a : dépôts lités cryoturbés – b : fragments rocheux – c : diamicton – d : spéléothèmes in situ ou fragmentés.

Figure 3 - Grotte XVI – Stratigraphic log. II, III, IV, V, VI, VII: lithostratigraphic units. a: cryoturbated bedded deposits – b: rock fragments – c: diamicton – d: in situ or fragmented speleothems.

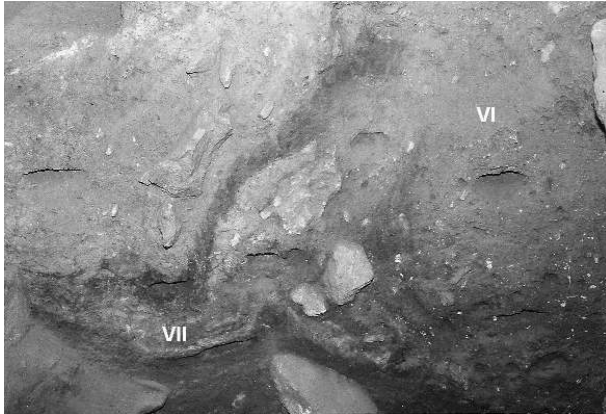


Figure 4 - Grotte XVI – Vue des unités VI et VII ainsi que des déformations qu'elles ont subies. (Épaisseur visible : ca 0,50 m).

Figure 4 - Grotte XVI – View of units VI and VII as well as the deformations they have suffered.

Dans tout le reste de la cavité, cette unité est constituée par un *diamicton* présentant des *involution*s sur toute son épaisseur (1,20 à 1,80 m) (fig. 5). Le sédiment comprend des blocs, parfois très volumineux (jusqu'à 1,50 m de diamètre), et des cailloux de taille très variable distribués dans un sable limono-argileux montrant une structure lamellaire très bien exprimée (fig. 6). Des organisations litées s'observent très localement dans la matrice. La densité des fragments rocheux varie selon les secteurs de la cavité ; elle est en moyenne plus importante vers le nord que vers le sud. La couleur de la matrice est généralement brun jaune (10 YR 5/6) à brun jaune clair (10 YR 6/6). Néanmoins, le niveau archéologique Abb, enrichi en matière organique, est de couleur plus foncée (brune - 7,5 YR 5/4 -). De plus, dans la partie centrale de la cavité, cette unité inclut à sa base des aires de combustions empilées (Rigaud *et al.* 1995) qui forment des lits d'épaisseur centimétrique à pluricentimétrique, alternativement charbonneux noirs (5 YR 2/1) et cendreuse brun pâle à brun jaune pâle (10 YR 6/3 à 6/4). Des bioturbations plus ou moins abondantes recourent localement ces structures.

À proximité de la paroi sud de la grotte, dans la partie supérieure du *diamicton*, se développe une zone enrichie en carbonates.

Les déformations qui affectent ces dépôts se caractérisent dans la partie centrale et vers le nord de la cavité par des plis pincés principalement symétriques dont le cœur est généralement occupé par un bloc calcaire à disposition verticale (fig. 5). Vers le sud, ces déformations affectent la forme de plis déversés en direction du fond de la cavité (fig. 7) ; des étirements et des boudinages bien visibles dans niveau brun Abb sont également présents. On note que, vers le fond de la cavité, à proximité de la galerie, les cailloux prennent une disposition imbriquée et relevante.

La limite inférieure de cette unité IV n'est visible que vers l'entrée de la grotte, là où se développe le faciès lité. Le contact avec les unités sous-jacentes est net et localement érosif.



Figure 5 - Grotte XVI, Unité IV – Vue du faciès *diamicton*. À sa base, sont visibles des aires de combustion (zone noire). L'ensemble est intensément déformé. (Épaisseur visible : ca 1,40 m).

Figure 5 - Grotte XVI, unit IV – View of the *diamicton* facies. Fireplaces (black areas) are visible at the lower part of the picture. The whole deposit is strongly deformed.



Figure 6 - Grotte XVI – Vue de la structure lamellaire qui se développe dans l'unité IV. (Échelle graduée en centimètres).

Figure 6 - Grotte XVI – View of the platy structure that develops in unit IV. (Scale in centimetres).

L'unité IV a livré du Moustérien, du Châtelperronien, de l'Aurignacien, du Gravettien et du Solutréen (tabl. 1 et 2).

Unité III (= niveau 0 de la stratigraphie archéologique)
Épaisseur moyenne : 25 cm. N'existe que dans la partie la plus profonde de la salle principale et à l'entrée de la galerie. De couleur noire (5 YR 2.5/1) ou brun jaune (7,5 YR 5/4), sa constitution est très fortement influencée par les produits de l'activité humaine (Magdalénien) : richesse en matière organique, présence de nombreux galets de quartz, de roches cristallines diverses, de calcaires rubéfiés, abondance des pièces archéologiques,... Son faciès général est celui d'un *diamicton* organique à support matri-

| Unités Lithostr. | Niveaux archéol. | Datations numériques | Événements pédo-sédimentaires (Phases évolutives) | Hypothèse chronologique |
|---|-----------------------------------|---|---|-------------------------|
| II | / | / | <u>Phase 9</u> Formation de spéléothèmes et d'un horizon carbonaté superficiel | Holocène |
| <u>Phase 8 : Cryosol</u> | | | | Dryas récent |
| III | 0 (Magd.) | 12285 ± 100 12530 ± 105 | <u>Phase 7</u> Ruissellement très actif associé à une éboulisation modérée | Bölling-Alleröd |
| <u>Phase 6</u> Phénomène thermokarstique (Involutions, étirements et boudinage des dépôts de l'unité IV) | | | | Début du Bölling |
| Pergélisol | | | | Dryas ancien (H1 ?) |
| IV | As (Solutr.) | 20070 ± 330 20230 ± 270 20280 ± 220 20410 ± 380 20460 ± 260 | <u>Phase 5</u> - Ruissellement dominant à l'entrée de la cavité. - Eboulisation dominante le long de la paroi nord de la grotte. - Dans le reste de la cavité, l'éboulisation et le ruissellement agissent conjointement et génèrent un diamicton. - Diagenèse phosphatée pénécotemporaine du dépôt, particulièrement importante à la base de l'unité et dans le centre de la cavité. | SIO 2 |
| | Abc (Gravet.) Abb (Aurign.) | 26430 ± 470 28140 ± 405 29285 ± 510 | | SIO 3 |
| | Aib (Aurign.?) B (Châtelperr.) | / 35000 ± 1200 38100 ± 1670 > 39000 | | Fin SIO 4 ? |
| | C (Moustér.) | 64600 ± 3100 | | |
| V | D | / | <u>Phase 4</u> - Effondrement localisé du toit de la cavité à proximité de l'entrée, côté nord. | SIO 4 ? |
| <u>Phase 3</u> Cryosol profond (Cryoturbation des unités VI et VII) | | | | SIO 4 ? |
| VI | E, F, G (Moustérien) | / | <u>Phase 2</u> - Ruissellement et éboulisation - Cryosol superficiel - Importante diagenèse phosphatée | Fin du SIO 5? |
| VII | I, H (Moustérien) | / | <u>Phase 1</u> - Ruissellement dominant - Cryosol superficiel - Importante diagenèse phosphatée | |

Tableau 2 - Tableau synoptique montrant les unités lithostratigraphiques et archéostratigraphiques identifiées dans le site, les datations numériques disponibles, les principaux événements pédo-sédimentaires reconnus et l'interprétation chronologique proposée.

Table 2 - Synoptic table showing lithostratigraphic and archaeostratigraphic units identified in the site, available numerical datings, the main characterized pedo-sedimentary events and the proposed chronological interpretation.

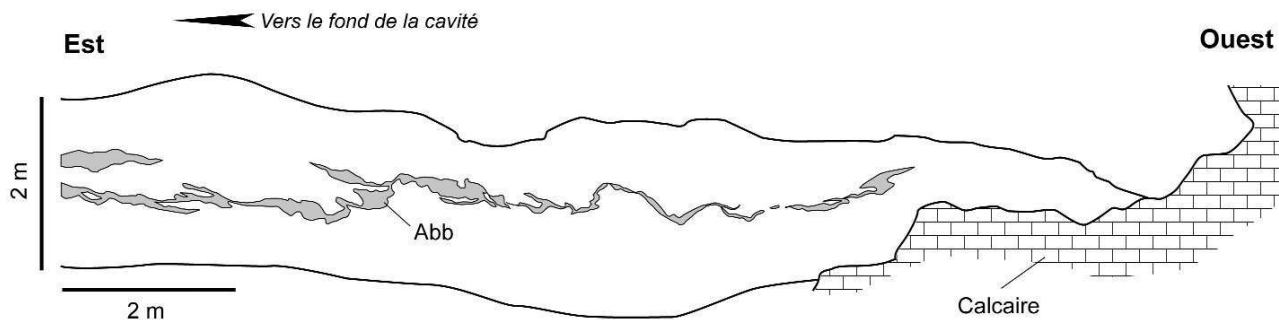


Figure 7 - Grotte XVI, coupe sud – Relevé des déformations subies par le niveau organique Abb au sein de l'unité IV.

Figure 7 - Grotte XVI, south section – Drawing of the deformations suffered by the organic-rich layer Abb included in unit IV.

ciel ou clastique (fig. 8). Ces dépôts ne sont pas affectés par les déformations observées dans l'unité sous-jacente. Une structure lamellaire se développe dans la matrice. Sa limite inférieure est nette et de type érosif (fig. 8).

Unité II

Plancher stalagmitique qui scelle les dépôts paléolithiques aux abords des parois au fond de la salle principale et dans la galerie. Les sédiments qu'il recouvre sont cimentés par de la calcite.

Il dépasse parfois 40 cm d'épaisseur et comprend deux niveaux séparés par une discontinuité. Le niveau inférieur a un aspect tufacé et lacunaire ; il renferme des vestiges archéologiques et des charbons.

Unité I

Dans la salle principale, elle correspond à plusieurs niveaux, plus ou moins organiques et probablement en grande partie remaniés, qui surmontent le remplissage paléolithique. La limite inférieure de cette unité est abrupte. Son épaisseur peut dépasser 0,50 m et son sommet est généralement tronqué par des aménagements récents ou des fouilles clandestines.

Dans la galerie, elle apparaît localement concrétionnée et subsiste sous forme de placages qui contiennent notamment des vestiges protohistoriques.

Il est nécessaire de souligner que les unités VII à III incluses comportent une proportion appréciable de petits galets de micaschiste, de granite et de basalte assez bien calibrés (1 à 2 cm de diamètre en moyenne) et généralement peu altérés. Une étude statistique de leur répartition spatiale conduite par J.-Ph. Rigaud et J. Simek a montré que ces objets avaient une distribution plus ou moins homogène, indépendante des niveaux archéologiques (Rigaud et Simek, renseignement oral).

4 – Données analytiques

4.1 - Granulométrie

Le granoclassement des dépôts de remplissage de la cavité est variable ; il peut être assez bon ou très mauvais

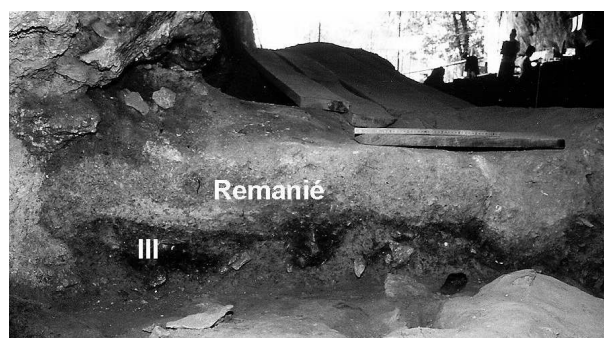


Figure 8 - Grotte XVI – Vue de l'unité III en coupe frontale. (Épaisseur moyenne de l'unité III : 25 cm).

Figure 8 - Grotte XVI – View of unit III on a transverse section. (Mean thickness of unit III : 25 cm).

(fig. 9). D'une manière générale, il tend à se dégrader de la base de l'unité IV, où l'on observe un mode bien net entre 1 et 0,15 mm, à l'unité III où aucun mode n'est clairement visible. Cette évolution pourrait résulter à la fois de l'influence des occupations humaines, parfois importantes, et d'une diminution de la compétence des flux hydriques. Les courbes représentatives des unités de base VI et VII présentent des morphologies assez voisines de celles obtenues à la base de l'unité IV.

Le calcaire coniacien (fraction insoluble dans HCl) et les dépôts fluviatiles endokarstiques provenant de la grotte voisine (Grotte Vaufrey) montrent un très bon classement sur la même fraction granulométrique que celle constatée pour la base de l'unité IV (*i.e.* entre 1 et 0,15 mm) (fig. 10). Ceci indique que les sédiments du remplissage comme ceux qui transitent dans le karst ont probablement une origine principale commune, à savoir des altérites du calcaire coniacien. On note également que les formations prélevées sur le plateau sont très mal classées (fig. 10) et correspondent donc sans doute à des colluvions d'altérites.

Des constats analogues peuvent être faits à partir de la lecture des diagrammes triangulaires des textures (fig. 11 et

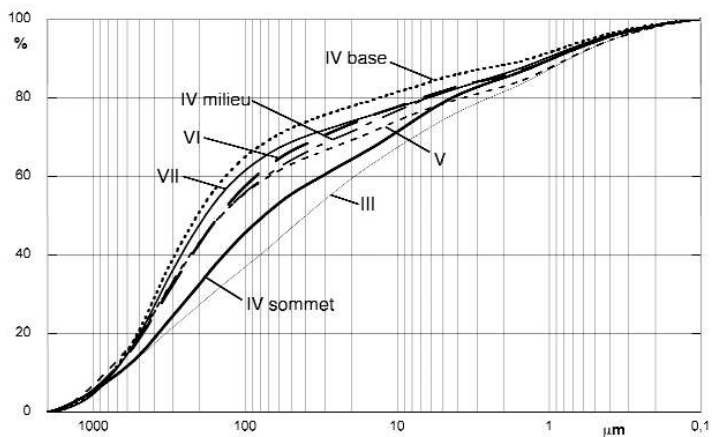


Figure 9 - Grotte XVI – Exemples de courbes cumulatives représentatives des différentes unités de la séquence stratigraphique.

Figure 9 - Grotte XVI – Examples of cumulative curves representative of the different units of the stratigraphic series.

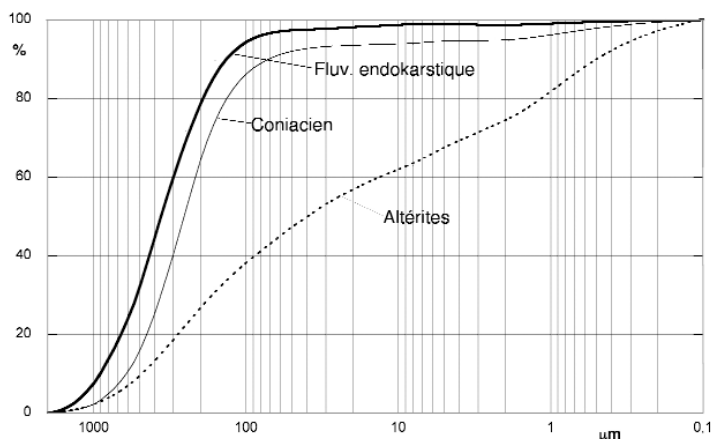
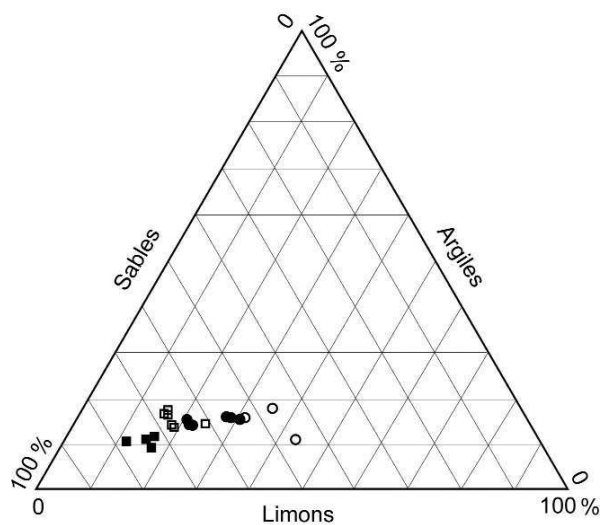


Figure 10 - Courbes cumulatives représentatives du Coniacien décarbonaté, des dépôts fluviatiles endokarstiques de la Grotte Vaufrey et des altérites recouvrant le plateau au-dessus du site.

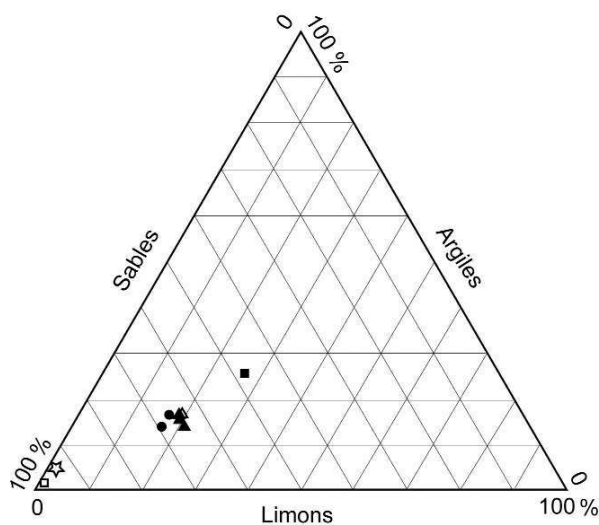
Figure 10 - Cumulative curves representative of decarbonated Coniacian, of endokarstic fluvial deposits of the Grotte Vaufrey and of the weathering mantle that caps the plateau above the site.



○ Unité III □ Unité IV milieu
● Unité IV somt ■ Unité IV base

Figure 11 - Grotte XVI – Diagramme triangulaire des textures relatif aux unités III et IV.

Figure 11 - Grotte XVI – Triangular diagram of textures concerning units III and IV.



△ Unité V ■ Formation plateau
▲ Unité VI □ Vaufrey, fluviatile
● Unité VII ☆ Coniacien

Figure 12 - Diagramme triangulaire des textures concernant les unités V (triangle), VI (triangles pleins) et VII (cercles pleins), les formations de plateau (carré plein), le coniacien décarbonaté (étoile) et les formations fluviatiles endokarstiques de la Grotte Vaufrey (carré).

Figure 12 - Triangular diagram of textures concerning the units V (open triangle), VI (full triangles) and VII (full circles), the plateau formations (full square), the decarbonated Coniacian (star) and the endokarstic fluvial formations of the Grotte Vaufrey (open square).

12). Les points représentatifs des unités IV et III s'étirent du voisinage du pôle des sables en direction du centre du diagramme, mettant en évidence le caractère de plus en plus limoneux des sédiments au fur et à mesure que l'on monte dans la stratigraphie. Les points représentatifs des unités VI et VII se situent dans la même zone que ceux de la base de l'unité IV, tandis que le Coniacien et les dépôts fluviatiles endokarstiques sont représentés par des points accolés au pôle des sables.

4.2 - Calcimétrie

Les prélèvements destinés à la calcimétrie ont dû être effectués en trois endroits différents de la cavité : dans la galerie, au centre de la salle et à l'entrée de la grotte. En effet, l'unité III n'existe que dans le fond de la salle et dans la galerie ; l'unité IV n'est pleinement développée qu'au centre de la salle alors que son épaisseur est très réduite à l'entrée de la cavité ; enfin, les unités inférieures V, VI et VII ne sont accessibles qu'à proximité de l'ouverture de la grotte où elles sont proches de la surface. C'est pourquoi sur le diagramme stratigraphique de la figure 13, les résultats concernant ces trois *loci* sont séparés. En outre, la prise en compte de ces éléments permet de constater que l'enrichissement en carbonates observé d'une part au sommet de l'unité IV et, d'autre part, dans l'unité V et au sommet de l'unité VI ne correspond pas à deux horizons distincts mais à un seul qui affecte le sommet des dépôts du remplissage. Cet horizon, clairement post-sédimentaire, est probablement d'âge holocène comme le spéléothème qui, dans le fond de la cavité, scelle les dépôts magdaléniens. On notera que, contrairement à Karkanis et collaborateurs (2002), on n'observe pas d'augmentation du taux de carbonates dans le niveau A base brune dont la position sur le diagramme est indiquée par une flèche (fig. 13). On soulignera enfin que la forte teneur en carbonates de l'unité III est à mettre en liaison avec la formation du plancher stalagmitique qui la recouvre.

4.3 - Minéraux lourds

Les diagrammes établis à la suite des analyses de minéraux lourds sont quasiment tous du même type. Ils comportent deux modes : l'un concerne des minéraux fragiles (pyroxènes, épidotes et amphiboles), l'autre des minéraux résistants (tourmalines et staurotides) (fig. 14 et 15). Généralement, le mode sur les minéraux fragiles est mieux représenté que celui sur les minéraux résistants. Les autres espèces minérales identifiées comprennent des sphènes, des disthènes, des andalousites, des grenats, des minéraux titanés ainsi que des minéraux regroupés dans la catégorie des divers comme les zircons, les olivines et les micas. L'unité V (niveau D) fait exception au type de distribution évoquée. En effet, les tourmalines et staurotides ne sont que peu représentées tandis que les grenats atteignent un pourcentage élevé inhabituel (17,31 %).

Tourmalines et staurotides proviennent vraisemblablement du calcaire encaissant dans lequel ces minéraux se retrouvent en quantité (fig. 15). Il en est de même pour un certain

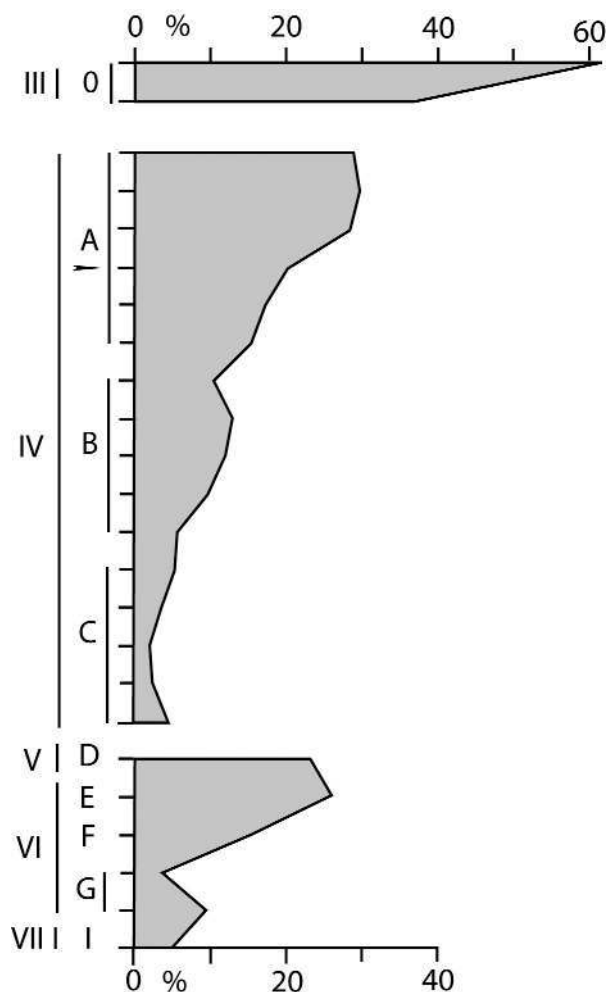


Figure 13 - Grotte XVI – Diagramme montrant les variations du taux de carbonates dans les dépôts de remplissage de la cavité. III, IV, V, VI, VII : unités lithostratigraphiques – 0 à I : unités archéostratigraphiques.

Figure 13 - Grotte XVI – Diagram showing the variations of the percentage of carbonates in cave filling deposits. III, IV, V, VI, VII: lithostratigraphic units – 0 to I: archaeostratigraphic units.

nombre d'espèces minérales secondaires comme le disthène, le sphène et les minéraux titanés. En revanche, l'origine des pyroxènes, épidotes et amphiboles doit être recherchée ailleurs. Dans la région, lorsqu'on retrouve de tels minéraux éminemment altérables dans des sites localisés en position haute, au-dessus de la plaine alluviale et des basses terrasses des cours d'eau majeurs (dans ce cas, la Dordogne), on invoque habituellement l'action du vent (Texier 2009). Néanmoins, dans le cas étudié ici, il est possible de faire appel à une autre explication et de rapprocher la présence des pyroxènes et des amphiboles de celle des galets de micaschistes, de basaltes et de granite trouvés en abondance dans l'ensemble du remplissage (cf. *supra*). En effet, ces galets exogènes dont la distribution spatiale indique qu'ils n'ont pas de relation avec les occupations humaines (Rigaud et Simek renseignement oral), pourraient provenir de vieilles alluvions de la Dordogne pié-

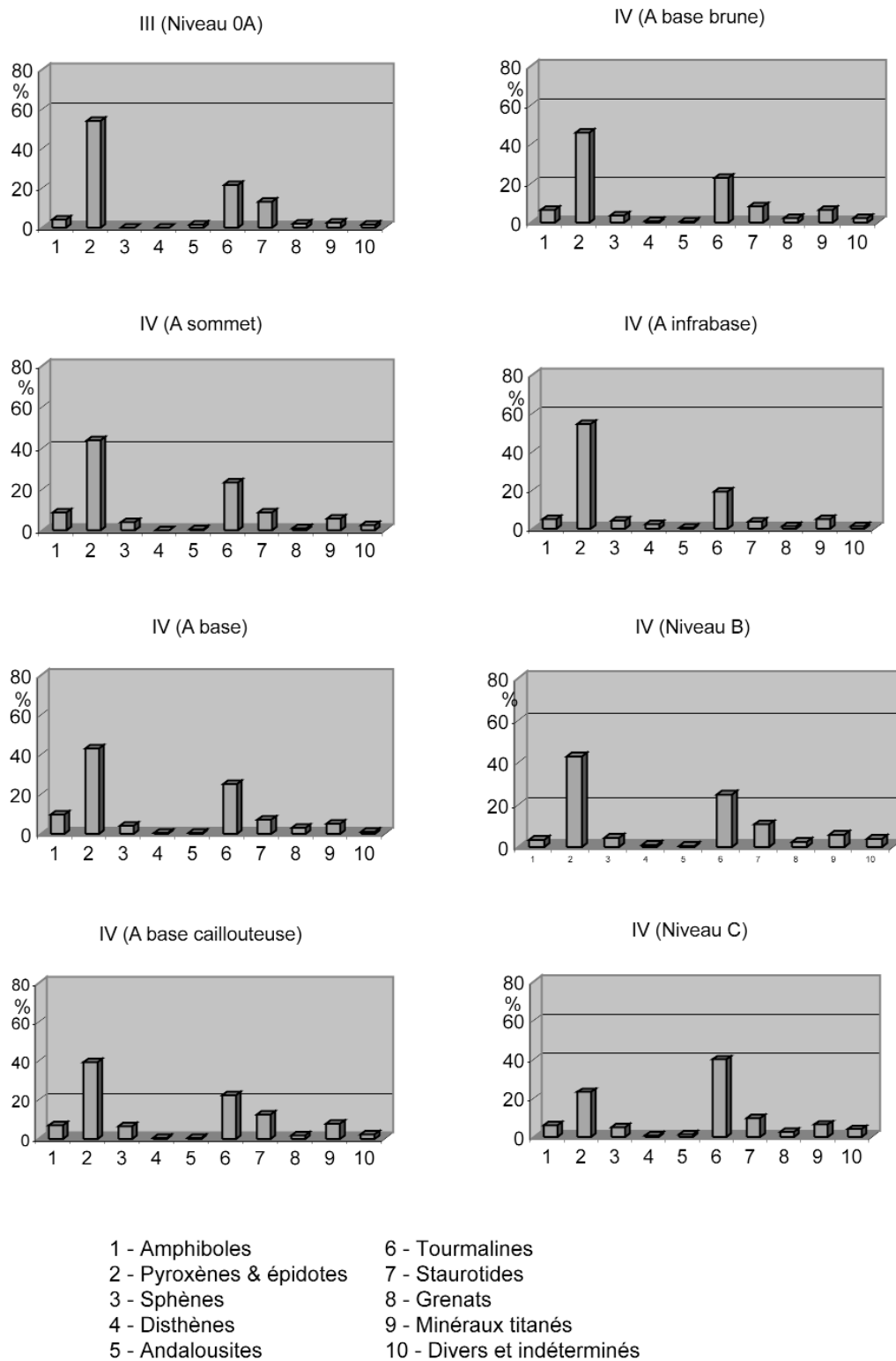


Figure 14 - Grotte XVI – Histogrammes montrant la distribution des différentes espèces de minéraux lourds contenus dans les unités III et IV. (0A, A sommet, A base,.... : niveaux archéologiques).

Figure 14 - Grotte XVI – Histograms showing the distribution of the different kinds of heavy minerals contained in units III and IV. (0A, A sommet, A base,....: archaeological layers).

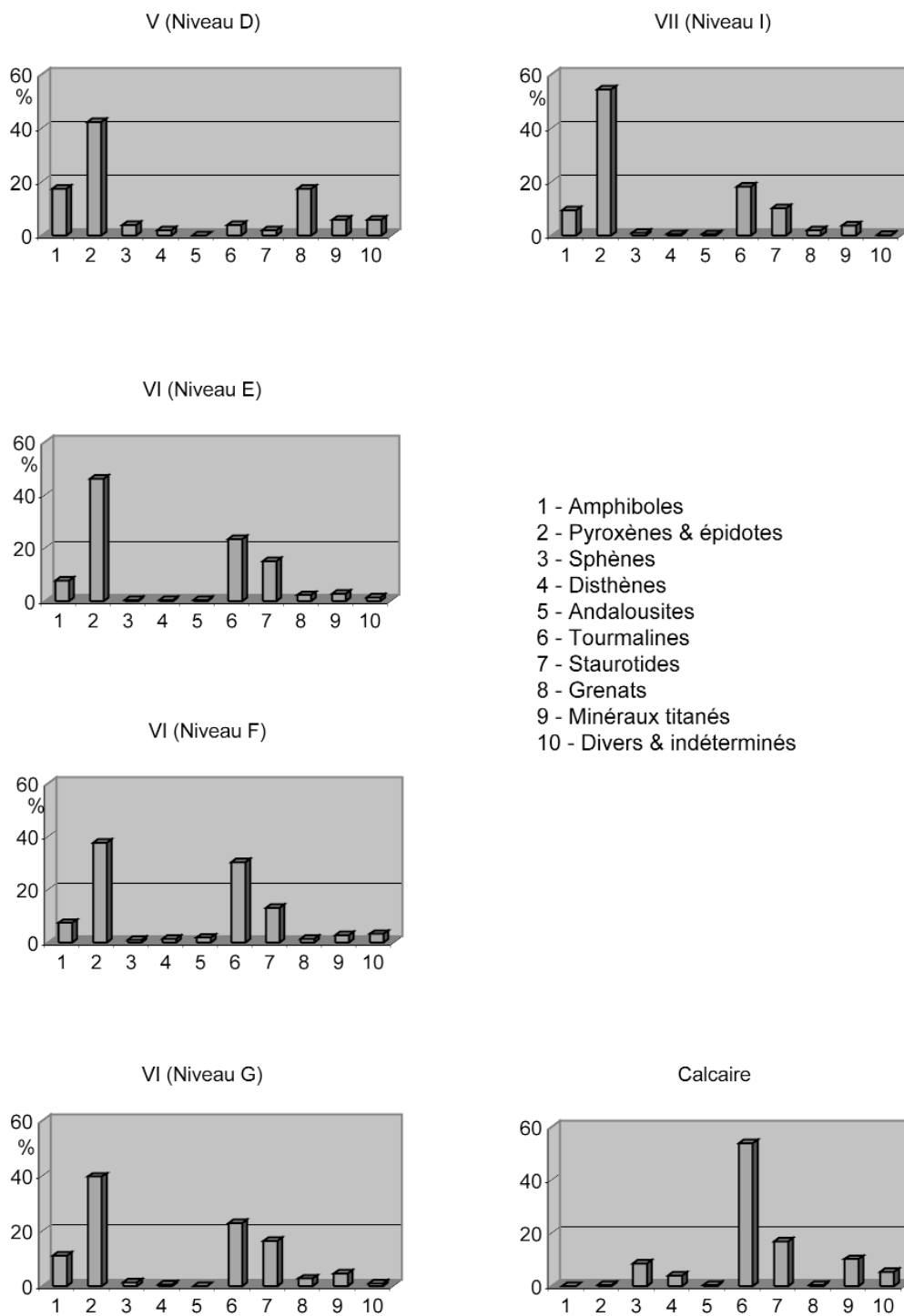


Figure 15 - Grotte XVI – Histogrammes montrant la distribution des différentes espèces de minéraux lourds dans les unités V, VI et VII ainsi que dans le calcaire encaissant.

Figure 15 - Grotte XVI – Histograms showing the distribution of the different kind of heavy minerals in units V, VI and VII, as well as in the enclosing limestone.

gées dans le karst et remobilisées à la suite de l'évolution des conduits. Une telle hypothèse a déjà été évoquée pour la grotte voisine de Vaufrey dans laquelle on retrouve ces mêmes éléments (Kervazo et Laville 1989). Elle permet d'expliquer également la présence en quantité importante de minéraux lourds fragiles dans cette cavité. Leur abondance généralement plus élevée que celle des minéraux résistants est probablement due au fait que les alluvions de la Dordogne contiennent 50 à 100 fois plus de minéraux lourds que le calcaire encaissant.

L'existence de nombreux grenats dans le prélèvement effectué dans l'unité V est probablement à mettre en relation avec des produits d'altération de galets de mica-schiste dans lesquels ce minéral est particulièrement bien représenté.

4.4 - Micromorphologie

L'unité I qui correspond principalement à des remaniements récents (historiques), n'a pas été prélevée. Les caractéristiques micromorphologiques des autres unités stratigraphiques sont décrites ci-après en partant de la plus ancienne.

Unité VII (= Archéostrates I et H)

La fraction la plus grossière comprend des fragments de spéléothèmes, des graviers calcaires et des fragments osseux imprégnés par des phosphates. Un gravier de schiste altéré a également été observé.

On note l'existence de lits de grains phosphatés et de lits de sables quartzeux.

Le sédiment présente une structure lamellaire plus ou moins bien exprimée. Au sein des agrégats structuraux, la plupart des éléments du squelette sont enrobés par des revêtements argilo-silteux à litage plus ou moins net. Dans les zones où la structure lamellaire est peu ou mal exprimée, apparaît une structure de type ovoïde (Fedoroff 1966 ; Huijzer 1993 ; Van Vliet-Lanoë 1985).

Le squelette est dominé par des grains de quartz, parfois polycristallins, de taille et de forme variables. Ils sont associés à de nombreux grains phosphatés et à des fragments osseux plus ou moins phosphatisés.

Le plasma est constitué d'argiles limoneuses brunes massives ou formant de petits agrégats, souvent plus ou moins fusionnés.

La porosité est de type structural (liée à la structure lamellaire), d'entassement (des ovoïdes) ou biologique.

Les traits texturaux comprennent des coiffes litées à la partie supérieure des éléments les plus grossiers, et des enrobements autour des grains du squelette (cf. *supra*).

On observe également des hypocutanes micritiques autour des vides biologiques ainsi que des imprégnations noires d'oxydes ferro-manganiques.

Unité VI (= Archéostrates G, F et E)

La fraction grossière est dominée par les fragments de spéléothèmes associés à des fragments calcaires.

Le squelette comprend en majorité des grains de quartz de

taille et de forme très variées. Ils sont associés à de nombreux grains phosphatés ainsi qu'à des fragments osseux et calcitiques (spéléothèmes).

La plasma est constitué d'argiles brunes, poussiéreuses (petites particules de quartz, de micas et de calcite).

On observe une structure lamellaire très bien exprimée. La plupart des éléments du squelette inclus dans les agrégats structuraux sont, ici aussi, enrobés par un revêtement argilo-silteux (fig. 16).

La porosité est de type structural et biologique.

Les traits pédologiques comprennent :

- des coiffes litées à la partie supérieure des gros clastes allongés ;
- des revêtements lités autour des grains du squelette et de certains agrégats de sol ;
- des agrégats imprégnés par des oxydes ferro-manganiques ;
- des imprégnations micritiques du fond matriciel en liaison avec la porosité biologique.

On note que les traits ferro-manganiques et phosphatés sont un peu moins abondants que dans l'unité VII.

Unité V (= Archéostrate D)

Seule la base a pu être prélevée car, dans le reste de l'unité, la matrice fine est très peu abondante.

Parmi les éléments les plus grossiers (calcaires), on note la présence d'un fragment de pendant imprégné de phosphates à sa périphérie (fig. 17).

Le squelette est toujours dominé par des grains de quartz de taille et de forme variées. Il comprend en outre des lithoclastes calcaires généralement peu altérés mais parfois phosphatisés, des fragments de spéléothèmes, quelques

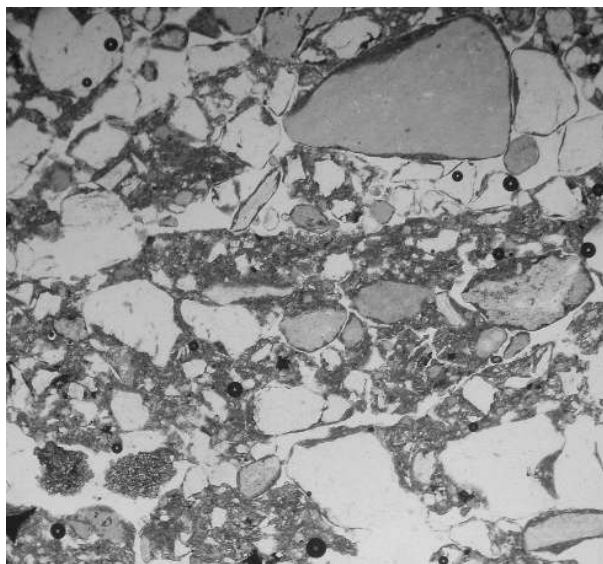


Figure 16 - Grotte XVI, unité VI - Microphoto (LN) - Une structure lamellaire se développe dans un sédiment dont les grains du squelette sont enrobés par des revêtements argilo-silteux lités. (Largeur de la photo : 3,75 mm).

Figure 16 - Grotte XVI, unité VI - Photomicrograph (PPL) - A platy structure develops in a sediment whose skeleton grains are coated by laminated silty clays. (Frame length : 3.75 mm).

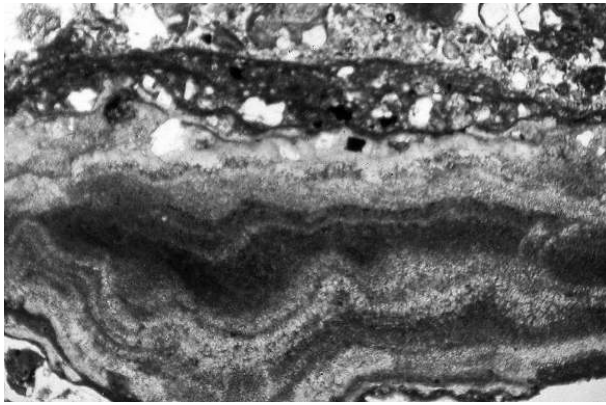


Figure 17 - Grotte XVI, unité V - Microphoto (LN) – Fragment de pendent imprégné par des phosphates et revêtu par une coiffe argilo-silteuse. (Largeur de la photo : ca 5 mm).

Figure 17 - Grotte XVI, unité V – Photomicrograph (PPL) – Fragment of pendent impregnated with phosphates and coated by a silty clayey capping. (Frame length: ca 5 mm).

fragments de pendants, de rares micas et quelques grains de glauconie.

Le plasma, peu abondant, est formé d'argiles brunes poussiéreuses (quartz, micas, calcite).

Une structure lamellaire mal exprimée se superpose à une structure ovoïde.

Les traits texturaux comprennent des coiffes du même type que celles notées précédemment et, dans les grands vides, des colmatages constitués de limons argileux granoclassés et lités et/ou de sables lavés (fig. 18).

Unité IV, faciès lité (= partie inférieure de l'archéostrate C)

Le squelette est constitué de quartz abondants, de fragments de spéléothèmes parfois imprégnés de phosphates, de grains phosphatés, de fragments osseux, de lithoclastes calcaires peu altérés (quelques uns sont phosphatisés), et de quelques grains de glauconie.

Le plasma est identique à celui décrit ci-dessus.

On note la présence d'une structure lamellaire très bien exprimée. Elle est recoupée par quelques biotubules. Des lits de quartz lavés s'intercalent dans le fond matriciel.

Les traits texturaux comprennent essentiellement des coiffes disposées sur la face supérieure des éléments grossiers. En outre, les biotubules les plus gros sont colmatés par des sables lavés et triés.

Unité IV, faciès «aires de combustion» (Archéostrate C)

Deux principaux microfaciès ont été observés : 1) un microfaciès constitué d'un matériel noir profondément affecté par des biotubules, très sinueux et assez larges (diamètre plurimillimétrique) et colmatés par un matériel jaune ; 2) un microfaciès lité comprenant des lits d'épaisseur pluricentimétriques formés soit par un matériel noir dans lequel s'intercalent de minces lits jaunes, soit par un matériel rougeâtre. Ce second microfaciès est également

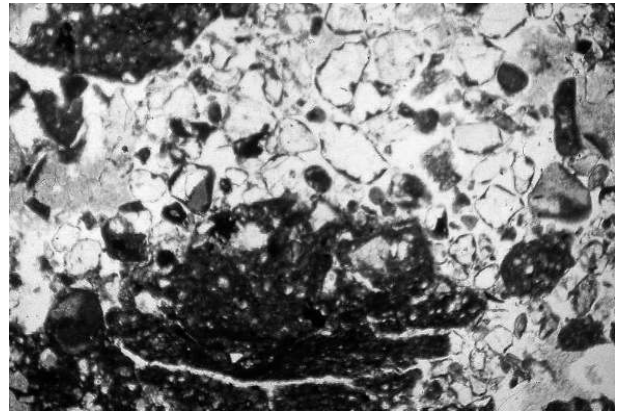


Figure 18 - Grotte XVI, unité V - Microphoto (LN) – Grand vide colmaté par des argiles silteuses litées et par des sables lavés. (Largeur de la photo : ca 5 mm).

Figure 18 - Grotte XVI, unité V – Photomicrograph (PPL) – Large void clogged by laminated silty clays and by washed sands. (Frame length: ca 5 mm).

affecté par des biotubules (peu nombreux) colmatés par un matériel jaune.

Le matériel noir comprend de nombreux grains de quartz de taille et de forme variées, associés à de rares fragments d'os brûlés (fig. 19) et à quelques fragments de spéléothème et paillettes de mica. Le squelette est inclus dans un fond matriciel noir à brun rouge très foncé, constitué de petites particules plus ou moins agrégées, probablement des particules charbonneuses.

Le matériel rougeâtre contient une fraction quartzreuse semblable à celle incluse dans le matériel noir. Cependant, elle est ici associée à de nombreux grains phosphatés jaunes et à des fragments rouge jaune d'os brûlés. Les particules charbonneuses sont rares et dispersées mais peuvent parfois être groupées et former de petites plages. Le plasma rouge brun présente une structure microagrégée fondue. Il est poussiéreux et contient de petites particules de quartz, de charbon et de mica. Il est fortement opaque en lumière polarisée et contient probablement beaucoup de phosphates.

Le matériel jaune, qu'il participe au colmatage de biotubules ou à la constitution des lits intercalés dans le matériel noir, présente des caractéristiques identiques. Celles-ci sont par ailleurs très semblables à celles du matériel rougeâtre (mise à part la couleur). Le squelette est composé des mêmes éléments : grains de quartz, nombreux grains phosphatés jaunes, fragments rouge jaune d'os brûlés, rares particules charbonneuses. Le plasma, jaune brun, comporte une structure microagrégée fondue et contient de petites particules charbonneuses et phosphatées, des petits quartz et des micas. Il est sans doute fortement phosphaté (extinction presque complète en lumière polarisée). On note que certains biotubules sont colmatés par un matériel riche en petits fragments de calcite (spéléothèmes).

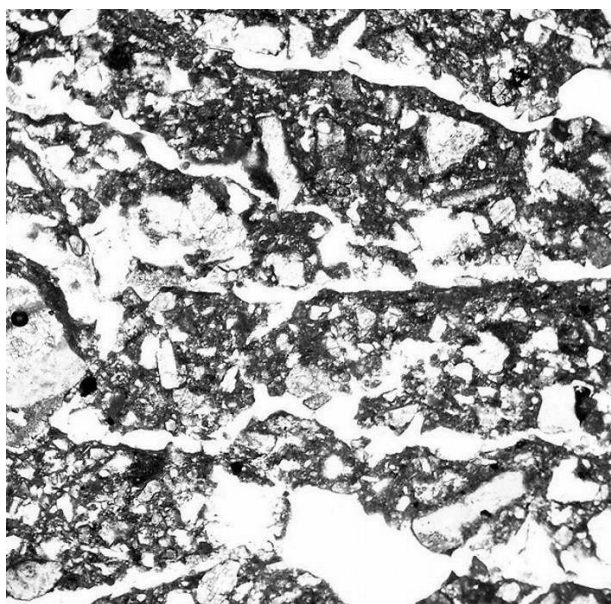


Figure 19 - Grotte XVI, unité IV, faciès « éboulis concrétionnés » - Microphoto (LN) – Le sédiment qui colmate les vides d'entassement est imprégné par des carbonates et recoupé par une structure lamellaire bien exprimée. (Largeur : ca 4,7 mm).

Figure 19 - Grotte XVI, unité IV, « concretionary rockfall deposits » facies – Photomicrograph (PPL) – The sediment which fills in the packing voids is impregnated with carbonates and is crosscut by a well-expressed platy structure. (Frame length: ca 4.7 mm).

L'ensemble du matériel sédimentaire est recoupé par une structure lamellaire très bien exprimée (fig. 20).

Les biotubules affectent tous les types de lits. À côté de ceux qui sont colmatés par du matériel jaune, on trouve des biotubules remplis par des sables lavés ou encore des biotubules (plus récents) qui contiennent des racines à cellules calcitisées et sont associés à des hypocutanes micritiques.

Unité IV, faciès éboulis concrétionnés (= archéostrates C, B et A)

Les éléments les plus grossiers comprennent des fragments de calcaire et de spéléothèmes. Ces derniers sont parfois imprégnés par des phosphates.

Le squelette, non trié, comprend majoritairement des grains de quartz associés à de nombreux lithoclastes calcaires et calcitiques. Des micas, des fragments osseux, des grains phosphatés et quelques grains opaques (charbons de bois et oxydes métalliques) sont également présents.

Le plasma est brun gris, poussiéreux. Les poussières correspondent à de petites particules de quartz et de calcite ainsi qu' à des micas.

Une structure lamellaire, plus ou moins bien marquée selon les endroits, se développe dans le fond matriciel (fig. 20).

Des coiffes litées se développent à la partie supérieure des gros clastes. De la micrite imprègne le fond matriciel ainsi que les coiffes. Il n'y a pas de revêtements calcitiques dans les vides structuraux.



Figure 20 - Grotte XVI, unité IV, aires de combustion - Microphoto (LN) – Structure lamellaire affectant le matériel charbonneux. (Largeur de la photo : ca 5 mm).

Figure 20 - Grotte XVI, unité IV, fireplaces – Photomicrograph (PPL) – Platy structure affecting a black material mainly composed of very fine charcoal particles. (Frame length: ca 5 mm).

Unité IV, faciès diamicton (= Archéostrates B, A infrabase, A base brune, A base et A sommet)

Les caractéristiques micromorphologiques générales ne varient pas à l'intérieur de ce diamicton. Néanmoins, dans les niveaux A, A base brune et A infrabase, on a observé la présence de nombreuses coquilles entières ou fragmentées de gastéropodes. Celles-ci ne semblent pas exister dans le niveau B.

La fraction grossière comprend essentiellement des fragments arrondis de calcaire peu ou non altéré et des fragments de spéléothème. Dans A base, on a également noté la présence d'un gravier de grès ferrugineux et de fragments de pendants phosphatisés. Quelques fragments de calcaire cryptocristallin ne semblant pas provenir de l'encaissant ont également été observés.

Le squelette, non granoclassé, est composé majoritairement de grains de quartz, associés à une quantité variable de grains phosphatés, de lithoclastes calcaires (peu altérés), de fragments osseux et de micas. On remarque aussi la présence occasionnelle de grains de glauconie et de fragments de coquilles de gastéropodes (cf. *supra*). De rares sphérulites calcitiques, interprétés comme des excréctions de glandes calcifères de vers de terre (Becze-Deak *et al.* 1997), s'observent dans toute l'épaisseur du diamicton.

Le plasma, brun à brun jaune, est argilo-limoneux et contient des poussières constituées de petits grains de quartz, de calcite, de grains opaques (charbons et/ou oxy-

des de fer) et de paillettes de mica. Dans les niveaux B et A infrabase, il est relativement opaque en lumière polarisée et contient sans doute d'abondants phosphates. Une structure lamellaire, généralement bien développée (fig. 21), est visible dans tous les échantillons prélevés dans ce diamicton. Elle est recoupée par des biotubules plus ou moins nombreux.

Les traits pédologiques comprennent des coiffes limono-argileuses litées localisées au sommet des gros clastes ainsi que des imprégnations micritiques qui sont plus abondantes vers le haut de la coupe et sont généralement associées à des biotubules. Dans le niveau B, on a également noté la présence de taches ferro-manganiques à contours diffus.

Unité III (= Archéostrate 0)

La fraction la plus grossière est composée de fragments de spéléothème et de calcaire. Parmi les calcaires, on note l'existence d'un calcaire cryptocristallin analogue à ceux observés dans le diamicton de l'unité IV.

Le fond matriciel présente une structure ovoïde (fig. 22) pouvant passer à une structure lamellaire mal exprimée dans les zones où le plasma est le plus abondant.

Le squelette est composé majoritairement de grains de quartz et de lithoclastes calcaires et calcitiques associés à des fragments d'os souvent brûlés.

Le plasma, de couleur brune, est limono-argileux et contient des particules opaques (probablement des charbons de bois). Il forme des enrobements autour des grains du squelette ou constitue des agrégats.

Les traits texturaux comprennent des coiffes enrobantes autour des graviers et des cailloux, de même qu'autour des grains du squelette et des agrégats de sol.

Unité II (= spéléothème sur archéostrate 0)

La plus grande partie du spéléothème comprend des lits de 2 à 3 mm d'épaisseur composés de cristaux aciculaires disposés en gerbes ou présentant une fabrique colonnaire ouverte ou encore une disposition désordonnée (fig. 23). Des pelleteïdes et des grains phosphatés sont associés aux lits à fabrique désordonnée qui sont également recoupés par des vides biologiques.

Intercalés dans les lits à cristaux aciculaires, s'observent des lits de cristaux en mosaïque, plus ou moins «salis» par de la matière organique. Ces cristaux, dont la taille varie de 15-20 µm à 80-90 µm, sont probablement la conséquence d'une phase de recristallisation (Couchoud 2007).

La partie la plus superficielle du spéléothème, fortement enrichie en produits détritiques, comprend des lits de composition variable : lits formés de pelleteïdes, de grains phosphatés et de quartz, lits de cristaux aciculaires associés à de la matière organique et de nombreux pelleteïdes, lits micritiques gris ondulés de type stromatolithique, lits composés de cristaux de calcite en mosaïque. Des fragments de charbons sont associés à ces différents lits. Ils deviennent très abondants dans la zone la plus externe qui est également très riche en pelleteïdes et grains de quartz.

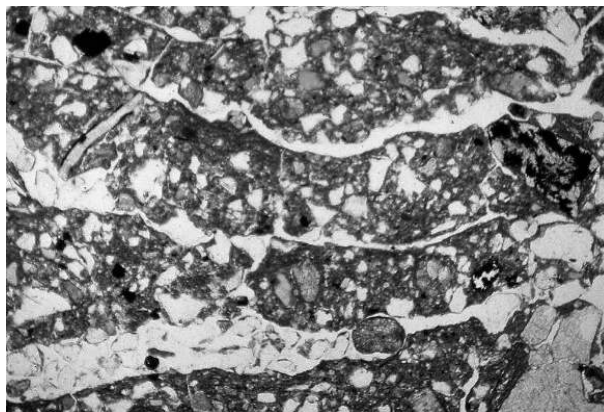


Figure 21 - Grotte XVI, unité IV, faciès diamicton - Microphoto (LN) – Structure lamellaire. (Largeur de la photo : ca 5 mm).

Figure 21 - Grotte XVI, unité IV, diamicton facies – Photomicrograph (PPL) – Platy structure. (Frame length: ca 5 mm).

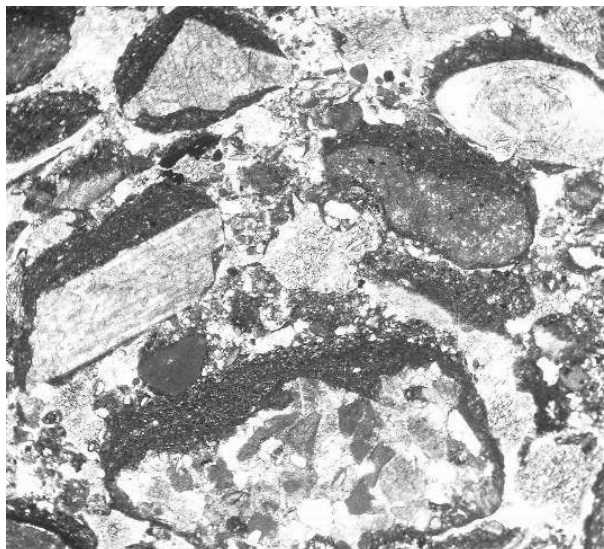


Figure 22 - Grotte XVI, unité III - Microphoto (LN) – D'épaisses coiffes argilo-silteuses litées enrobent les grains du squelette. (Largeur de la photo : ca 5mm).

Figure 22 - Grotte XVI, unité III – Photomicrograph (PPL) – Thick laminated silty clayey cappings surround the skeleton grains. (Frame length: ca 5 mm).

5 – Interprétation

Les résultats obtenus permettent d'aborder trois principaux types de questions : la genèse et l'âge de la cavité, l'origine des sédiments prenant part au remplissage, les processus de formation des dépôts. En outre, sur la base des dates numériques disponibles (tabl. 1), on tentera de caler chronologiquement les événements identifiés.

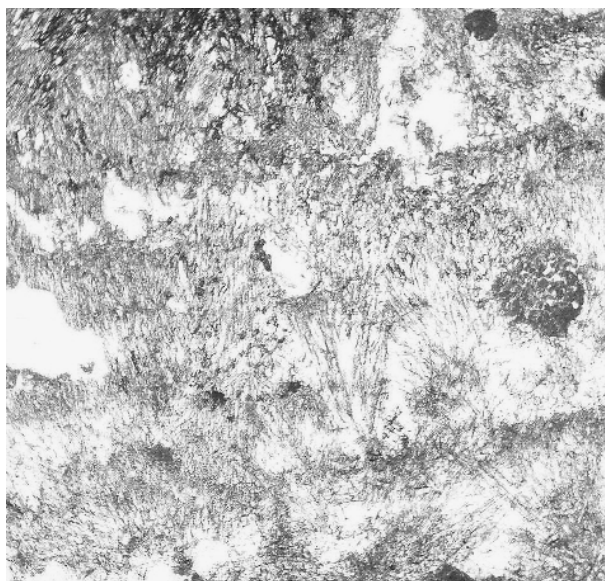


Figure 23 - Grotte XVI, unité II (Spéléothème) - Microphoto (LN) – Lits de cristaux aciculaires organisés en gerbes. (Largeur de la photo : ca 2,2 mm).

Figure 23 - Grotte XVI, unité II (speleothem) – Photomicrograph (PPL) – Beds of botryoidal acicular crystals. (Frame length: ca 2,2 mm).

5.1 - La genèse et l'âge de la cavité

Deux principaux arguments permettent de penser que la Grotte XVI s'est formée en contexte phréatique : 1) la présence de poches de dissolution visibles au plafond de la salle et de la galerie (Bretz 1942 ; White 1988), 2) son altitude identique à celle des vingt-et-une autres cavités identifiées le long de la falaise du Conte. Sa formation a été guidée par des directions structurales sub-méridiennes (salle) et armoricaines (galerie et diverticule) dont l'influence sur la morphogenèse régionale est bien connue (Delfaud 1972 et 1975) et dont le rôle dans la formation du karst périgourdin a fréquemment été souligné (Aujoulat 2004 ; Texier 2009).

La relation des grottes du Conte avec la vallée du Céou est claire et permet de penser que la phase phréatique responsable de leur formation correspond à un épisode ancien de l'installation du réseau hydrographique, alors que le processus était tout juste initié. D'après les données régionales (Dubreuilh 1976 ; Texier 1982), cet épisode remonte probablement au début du Pléistocène ancien, voire à la fin du Tertiaire.

5.2 - L'origine des sédiments du remplissage

Les éléments les plus grossiers (graviers, cailloux, blocs), composés de calcaire ou de fragments de spéléothème proviennent, pour l'essentiel, de la dégradation des parois de la grotte. Cependant, on a noté la présence, dans les unités IV et III, de fragments de calcaire cryptocristallin qui ne semble

pas appartenir à l'encaissant, normalement constitué par une biocalcarénite. Ils pourraient avoir été introduits dans le site par l'Homme dans un but qui reste à établir.

La plus grande partie du squelette composant le fond matriciel trouve également son origine dans la roche calcaire encaissante et les spéléothèmes qui recouvraient les parois. C'est le cas d'une grande partie des grains de quartz, des lithoclastes calcaires et calcitiques ainsi que des grains de glauconie rencontrés épisodiquement. Une autre partie de cette fraction détritique est à mettre sur le compte de l'activité humaine ou animale (fragments osseux brûlés ou non, charbons, fragments de coquille, sphérulites calcitiques). On a constaté que les fragments de spéléothème se rencontrent dans toutes les unités sédimentaires et dans tous les endroits de la cavité. Or, les concrétions calcitiques ne s'observent plus actuellement qu'au fond de la salle et dans la galerie qui lui succède. On peut donc supposer que les parois de la grotte étaient primitivement recouvertes de spéléothèmes générés lors d'une phase évolutive ancienne du système karstique, alors que l'entrée se situait nettement plus à l'ouest (*i.e.* vers le Céou). Ceci implique donc que la falaise a subi un recul notable depuis cette période (Pléistocène ancien ?). Une telle évolution a également été constatée à partir des données de la grotte Vaufrey voisine (Kervazo et Laville 1989).

À côté de ces sources autochtones, il faut ajouter des apports exogènes arrivés dans la cavité via le réseau karstique. La présence dans l'ensemble des sédiments du remplissage de graviers de roches cristallines, d'une quantité importante de minéraux lourds labiles et de paillettes de mica nous a incité à penser que ces éléments provenaient de la remobilisation d'alluvions anciennes de la Dordogne piégées dans le karst (*cf. supra*). Cette hypothèse nous paraît d'autant plus crédible qu'un phénomène analogue a été observé dans la grotte Vaufrey voisine (Kervazo et Laville 1989). Il faut également évoquer les apports en provenance des altérites localisées sur le plateau au-dessus du site comme l'indiquent notamment les fragments de grès ferrugineux trouvés à différents niveaux dans le remplissage.

Le matériel argileux a probablement plusieurs origines. Il peut avoir été généré sur place lors de la dissolution des calcaires encaissants ou à la suite de phénomènes diagénétiques mettant en jeu la production de guano (phosphates). Il provient aussi probablement d'apports exogènes ayant cheminé par le réseau karstique (*i.e.* altérites du plateau, argiles de revêtement des conduits karstiques) comme le montrent les proportions assez fortes de kaolinite dans le remplissage (25 à 40 %), minéral mal représenté dans les calcaires coniaciens mais abondant dans les altérites du plateau (Kervazo 1973).

5.3 - Les processus de formation du remplissage

Un certain nombre de phases évolutives peuvent être déduites des données lithostratigraphiques et analytiques recueillies.

Phase 1 : Elle correspond à la mise en place de l'unité la plus ancienne (unité VII). Son faciès lité traduit une dynamique sédimentaire dominée par le ruissellement. Conjointement à celui-ci, se manifeste une éboulisation peu active responsable de la mise en place des fragments rocheux qui parsèment le dépôt. L'importance prise par les phosphates dans la fraction fine du sédiment, confirmée par les analyses géochimiques de Karkanis *et al.* (2002) impliquent une fréquentation importante de la cavité par la faune. L'enduit phosphaté qui recouvre les éléments rocheux est fréquent dans ce type de milieu (Goldberg et Nathan 1975 ; Kervazo et Laville 1989 ; Martini et Kavalieris 1978). Généralement constitué de dahlite, il a été dénommé «reaction rim» («frange de réaction») par Weiner *et al.* (1995) qui expliquent sa formation par l'interaction de la calcite et des eaux de percolation riches en phosphates dissous.

Les déformations subies par ces dépôts ne permettent pas de définir de direction d'écoulement. Étant donné la faible surface d'affleurement de cette unité, il n'est pas possible de dire si la dynamique inférée concerne l'ensemble de la cavité ou seulement une partie très limitée de celle-ci. Si l'on considère la continuité assez importante des lamines et l'absence d'organisations entrecroisées, la zone observée pourrait correspondre à un petit cône colluvial dont l'emplacement de la source d'alimentation reste à localiser.

Les enrobements argilo-silteux observés à l'échelle microscopique autour des grains du squelette laissent à penser qu'un cryosol peu profond a accompagné la mise en place de ces dépôts (Bertran 1993).

Phase 2 : Au cours de cette phase, se met en place le diamicton qui constitue l'unité VI. Celui-ci peut résulter d'écoulements en masse de type coulées de débris ou de ruissellements associés à une éboulisation modérée des parois. En effet, dans de nombreux cas, le ruissellement ne se traduit pas par des structures litées mais par un faciès massif. Il en est par exemple ainsi lorsque le ruissellement est de type diffus (Bertran et Texier 1999) ou lorsqu'il est pénécotemporain d'une phase de gel (Lenoble 2005) ce qui semble être le cas ici si l'on en juge par les enrobements argilo-silteux observés en micromorphologie autour des grains sableux.

Comme l'indiquent leurs limites diffuses, les concrétions ferro-manganiques observées dans cette unité comme dans l'unité VII sous-jacente se sont probablement formées *in situ*. Peu abondantes, elles traduisent de courtes périodes d'engorgement des sédiments, peut-être en liaison avec la fonte saisonnière de la glace du gélisol pénécotemporain de la formation de ces dépôts et/ou du cryosol qui a succédé (phase 3, cf. *infra*).

Les phosphates, toujours présents en abondance, impliquent, comme pour la phase précédente, une importante présence faunique. Ils ont eu des conséquences identiques sur les fragments rocheux : développement de croûtes et d'imprégnations phosphatées sur les éléments calcaires et calcitiques.

Phase 3 : Elle correspond à un épisode de déformation des dépôts précédents (fig. 4). La relative faible épaisseur (inférieure à 1 m) de dépôts concernés ainsi que la présence dans les unités VI et VII d'une structure lamellaire fine laissent à penser qu'un phénomène de cryoturbation du type «gonflement cryogénique différentiel» (Pissart 1987 ; Van Vliet-Lanoë 1985) en est à l'origine.

Phase 4 : Au cours de cette phase, l'unité V se met en place. Composée principalement de très grandes dalles de calcaire sous lesquelles sont écrasés des spéothèmes, elle témoigne d'un effondrement localisé du plafond de la cavité (près de l'entrée, côté nord). Elle ne représente donc qu'une période très brève, peut-être un instantané de l'histoire de la cavité. Elle a néanmoins modifié sensiblement le modelé du sol de la grotte et déterminera en partie la distribution des faciès qui s'expriment dans les dépôts sus-jacents. Les sédiments qui colmatent très partiellement les vides d'entassement sont à mettre en relation avec les percolations qui ont transité ultérieurement à travers les dépôts.

Phase 5 : Lors de cet épisode sédimentaire, deux mécanismes ont joué conjointement : le ruissellement et l'éboulisation, l'un prenant le pas sur l'autre selon les secteurs de la cavité.

Dans l'entrée de la grotte, le ruissellement est alors dominant, bien que toujours associé à une éboulisation faible à modérée. Il est responsable du colmatage partiel des vides d'entassement de l'éboulis formant l'unité V et de la mise en place du faciès lité à stratification entrecroisée prenant part à l'unité IV (cf. paragraphe 4 «Lithostratigraphie»). Les petits berceaux qui se recoupent les uns les autres représentent des rigoles à tracés instables qui divaguent à la surface et en aval du cône détritique formé par l'unité V. D'après l'organisation des dépôts, les écoulements semblent provenir de la zone nord de la cavité, mais il n'est pas exclu qu'une autre partie soit issue du fond de la grotte.

À proximité de la paroi nord de la grotte, l'éboulisation devient le processus dominant. La dégradation particulièrement active de cette paroi pourrait être liée au fait qu'elle était plus humide que les autres, à l'instar de ce qui se passe actuellement. Les flux hydriques qui percolaient à travers ces éboulis sont responsables de leur colmatage partiel par des sédiments fins. Les carbonates qui imprègnent ce fond matriciel sont pénécotemporains de sa mise en place ou un peu plus tardifs mais sont, en tout état de cause, antéholocènes. Ils sont en effet affectés par une structure lamellaire (fig. 20) qui implique donc qu'un gélisol profond est intervenu postérieurement à leur formation.

Ailleurs, c'est-à-dire dans le centre et le long de la paroi sud, les deux mécanismes (*i.e.* l'éboulisation et le ruissellement) ont joué concurremment pour aboutir au faciès diamicton de l'unité IV. La plus ou moins grande richesse en éboulis ou en éléments fins des dépôts (structure à support clastique ou matriciel) s'explique par l'importance relative prise localement par l'un ou l'autre de ces mécanismes.

À côté de ces processus naturels, il faut souligner la part prise par l'activité humaine dans la genèse des sédiments

de l'unité IV. On notera en particulier qu'au centre de la cavité, la base de cette unité IV est principalement constituée par un empilement d'aires de combustion (cf. *supra*, paragraphe «Lithostratigraphie»). Le fonctionnement et la diagenèse des aires de combustion ont été abordés antérieurement par des analyses géochimiques et l'analyse des phytolithes associés (Karkanis *et al.* 2002). Globalement, nos observations sont en bon accord avec les résultats obtenus par ces méthodes. L'alternance de niveaux noirs et de niveaux blancs plus ou moins teintés de rouge semble bien correspondre à celle résultant d'un empilement d'aires de combustion (Courty 1984 ; Courty *et al.* 1989 ; Rigaud *et al.* 1995). Ces niveaux ont subi d'importants phénomènes de décarbonatation et de phosphatisation. Les cendres carbonatées ont en effet totalement disparu et le plasma des niveaux clairs contient d'abondants phosphates. La couleur rouge plus ou moins accentuée est probablement à mettre sur le compte de la présence d'hématite comme le suggèrent les résultats de Karkanis et collaborateurs (2002). Ce minéral a pu être généré par l'action du feu (déshydratation de la goëthite) et remobilisé sous l'action des percolations. Néanmoins, contrairement aux prédictions de ces auteurs (Karkanis *et al. op. cit.*), on trouve de très nombreux fragments d'os brûlés, répartis essentiellement dans les niveaux clairs. On constate en outre que les phénomènes de phosphatisation affectent très spécifiquement ces derniers. Ceci tendrait à montrer que ce processus diagénétique est pénécotemporain de la constitution des dépôts de combustion et que les différentes aires de combustion sont séparées les unes des autres par des intervalles de temps assez conséquents mais difficiles à évaluer. Les fragments charbonneux associés aux niveaux noirs sont très fragmentés, probablement par le gel, et ne constituent plus que de très fines particules de 5 à 10 microns de diamètre en moyenne.

Au sein de l'unité IV, l'archéostrate Abb, de couleur brune, apparaît particulièrement riche en matière organique. D'après Karkanis *et al.* (2002), ce niveau se distingue également des niveaux encaissants par une teneur remarquablement élevée en carbonates ainsi qu'en phytolithes de bois et d'herbe. Ce constat a conduit les auteurs cités à émettre l'hypothèse qu'Abb était constitué principalement de cendres (Karkanis *et al. op. cit.*). Plusieurs éléments nous empêchent d'adhérer sans réserve à cette proposition. Tout d'abord, d'après nos résultats, la teneur en carbonates d'Abb est équivalente à celle du niveau sous-jacent et sensiblement inférieure à celle du niveau sus-jacent (fig. 13). D'autre part, il ne se différencie pas des autres niveaux archéologiques par une richesse particulière en éléments brûlés (J.-Ph. Rigaud, renseignement oral). Enfin, la présence en abondance de phytolithes ne signifie pas que les végétaux dont ils proviennent ont été brûlés. Ils peuvent être simplement reliés à des accumulations végétales d'origine anthropique (litières) ou même naturelle (débris apportés par le vent ou par d'autres processus), ce qui expliquerait également le caractère organique de ce niveau.

D'une manière générale, on relèvera qu'au fur et à mesure de son accrétion, cette unité IV a été soumise à une bio-

turbation relativement active. En témoignent les biotubules, les fragments de gastéropodes et les excréments de glandes calcifères de ver de terre intégrés dans les structures de gel qui affectent les dépôts (structure lamellaire). Le colmatage de certains biotubules par des sables lavés ou des limons sablo-argileux lités implique des percolations importantes. Celles-ci se relient probablement à des phénomènes de ruissellement en surface. On soulignera néanmoins que la plupart des bioturbations observées en lames minces est récente (subactuelles ou holocènes) et sont associées à des racines à cellules calcitisées.

Phase 6 : Au cours de cette phase évolutive, les dépôts de l'unité IV subissent d'importantes déformations dans toute la partie centrale de la salle. Eu égard à l'épaisseur de la zone affectée (jusqu'à 1,80 m), il est probable qu'elles résultent d'un phénomène de charge en liaison avec la fonte d'un pergélisol riche en glace (French 1996 ; Murton and French 1993 ; Vandenberghe 1992). Leur absence vers l'entrée de la cavité s'explique probablement par un meilleur drainage des dépôts qui n'a pas permis d'aboutir à leur liquéfaction, condition nécessaire au déclenchement du processus. Ce n'est pas le cas vers l'intérieur de la grotte où les sédiments se sont transformés en une masse visco-plastique qui, soit s'est déformée sur place, soit a flué en direction de la galerie où existait alors probablement une zone déprimée. Ce dernier phénomène a affecté essentiellement le secteur sud du remplissage, comme en témoignent les plis déversés, les étirements et les boudinages décrits plus haut (fig. 7).

Phase 7 : Elle est contemporaine de l'installation des hommes du Magdalénien supérieur. Dans le fond de la salle et dans la galerie, leurs activités ont généré d'abondants sédiments anthropiques qui s'ajoutent aux éléments d'origine naturelle : éboulis en provenance des parois, sédiments fins en provenance du karst interne. Cette occupation s'est faite dans un contexte où le ruissellement est important comme en témoigne notamment la morphologie érosive de la base de l'unité III.

Phase 8 : Un cryosol profond affecte à nouveau les dépôts. Il se marque par une structure ovoïde ou finement lamellaire dans sa partie la plus superficielle (*i.e.* l'unité III) et, plus profondément (*i.e.* dans l'unité IV), par une structure lamellaire très fortement exprimée.

Phase 9 : Cette phase tardive correspond principalement à des phénomènes de carbonatation qui viennent se superposer aux dépôts existants. C'est le cas de l'horizon carbonaté qui apparaît vers le sommet du remplissage de la salle, le long de la paroi sud et à l'entrée de la cavité. C'est également le cas du plancher stalagmitique qui recouvre les dépôts de l'unité III à contenu magdalénien. L'habitus des cristaux constitutifs de la plupart des lamines de ce plancher (cristaux aciculaires) ainsi que leur fréquente organisation aléatoire ou en gerbes nous laissent à penser qu'il est constitué principalement d'aragonite, les zones à cristaux en mosaïque correspondant très probablement à de la calcite néoformée (Couchoud 2006 et 2007). De telles concrétions s'édifient généralement dans des milieux

où les égouttements sont déficients ou lorsque les phénomènes d'évaporation sont importants (Couchoud 2006 ; Railsback *et al.* 1994). Les lits micritiques bruns à morphologie plus ou moins ondulée s'interprètent comme des niveaux de type stromatolithique qui viennent s'intercaler dans la série (Freytet et Verrecchia 1989). La partie la plus externe du spéléothème, fortement enrichie en produits détritiques et en éléments charbonneux, est probablement contemporaine d'une occupation humaine de la cavité. Peut-être s'agit-il de l'occupation chalcolithique perçue par Lachastre (1968) ou d'occupations plus récentes encore.

6 – Chronologie des événements pédo-sédimentaires identifiés

Les hypothèses concernant la chronologie des événements identifiés sont présentées sur le tableau 2. Elles prennent appui sur les datations numériques obtenues (tabl. 1 et 2) ainsi que sur les éléments paléoclimatiques identifiés à partir des données pédo-sédimentaires (*i.e.* les cryosols).

Faute de datations, il est difficile de caler précisément les quatre premières phases évolutives décrites plus haut. Néanmoins, dans la mesure où les phénomènes pédo-sédimentaires reconnus, ne permettent pas de suspecter un important hiatus entre la base de l'unité IV (datée de la charnière SIO 4 – SIO 3) et les précédentes, il nous est apparu logique de rapporter ces phases évolutives aux stades isotopiques immédiatement antérieurs. À cause de sa situation stratigraphique, on a donc attribué l'unité V (= phase 4) au SIO «froid» 4 bien qu'elle ne dénote aucune tendance climatique particulière. Le cryosol profond qui précède (phase 3) et affecte les unités VI et VII, a été rapporté au même stade isotopique.

L'édification des unités VI et VII semble être contemporaine d'un gélisol superficiel (*cf. supra*). Dans la mesure où le SIO 4 est réputé très froid, nous avons préféré attribuer ces unités à la seconde partie du SIO 5, période au cours de laquelle se manifestent des épisodes de froid modéré.

Les nombreuses dates réalisées sur les niveaux archéologiques associés à l'unité IV permettent de situer la formation de cette dernière entre environ - 65 et - 20 ka BP. Le passage du SIO 3 au SIO 2 n'est marqué par aucune différence dans la sédimentogenèse. De même, on n'a noté aucune particularité susceptible d'être rapportée aux événements d'Heinrich censés se produire au cours de ce laps de temps (Elliot *et al.* 2002). Cependant, les intenses déformations subies ultérieurement par cette unité (*cf. supra*) ont pu effacer les traces de ces phénomènes.

La phase à pergélisol qui affecte les dépôts de l'unité IV a pu s'établir au cours de la mise en place de cette unité, par exemple lors de l'événement Heinrich 2 daté entre 20,5 et 22 ka BP (Grousset 2001 ; Elliot *et al.* 2002), c'est-à-dire

pendant le développement de la culture solutréenne (Roque *et al.* 2001). Cependant, jusqu'à présent, aucun phénomène susceptible d'être interprété comme le témoignage d'un pergélisol n'a été observé régionalement dans les dépôts contemporains de cette industrie, par exemple aux Jamblancs (Bertran, 1994), à Laugerie-Haute Ouest (Texier 2009), ou encore à Pataud (Lenoble, renseignement oral). En revanche, il existe dans le nord de l'Aquitaine de nombreuses observations témoignant de l'installation d'un pergélisol postérieurement au Solutréen et au Badegoulien (Texier et Bertran 1993 ; Lenoble, renseignement oral³). C'est pourquoi nous privilégierons l'hypothèse du développement d'un pergélisol au cours du Dryas ancien, peut-être en liaison avec l'événement d'Heinrich 1 daté d'environ 13,5-15 ka BP (Elliot *et al.* 2002). En conséquence, nous placerons la fonte de ce pergélisol ainsi que les phénomènes thermokarstiques qui en ont découlé (*i.e.* les déformations affectant la couche IV) au début de la phase tempérée suivante, autrement dit le Bölling-Alleröd. C'est également au cours de cette période Bölling-Alleröd que se met en place l'unité III qui contient du Magdalénien daté de 12400 BP environ.

Le cryosol qui se développe sur cette unité III et sur les unités sous-jacentes ne peut donc être imputé qu'à la dernière période froide du Tardiglaciaire, c'est-à-dire le Dryas récent.

Enfin, le spéléothème qui recouvre les dépôts contenant le Magdalénien ainsi que l'horizon carbonaté qui se développe au sommet du remplissage se sont formés au cours de l'Holocène.

Conclusions

Sept unités lithostratigraphiques et trois cryosols majeurs ont été identifiés dans le remplissage de la grotte XVI. Les données recueillies ont permis de décrire neuf phases évolutives principales. Les deux phases les plus anciennes correspondent à la mise en place des unités VII et VI. Celles-ci témoignent d'une dynamique dominée par le ruissellement associée à une éboulisation modérée. Un cryosol superficiel semble avoir accompagné leur formation. La phase 3 se caractérise par un épisode de cryoturbation qui affecte les unités sous-jacentes alors que la phase 4 se traduit par un effondrement localisé du toit de la cavité (Unité V). La mise en place de l'unité IV (phase 5) met en jeu le ruissellement, dominant à l'entrée de la grotte, et l'éboulisation, dominante le long de la paroi NO. Ailleurs, les deux mécanismes agissent de concert et aboutissent à la formation d'un diamicton. Les déformations qui affectent l'unité IV sur une épaisseur de 1,80 m caractérisent la phase 6. Elles ont été interprétées comme le résultat d'un phénomène thermokarstique consécutif à la fonte d'un pergélisol riche en glace. La phase 7 voit l'édification de l'unité III par ruissellement et éboulisation. Ensuite, un cryosol profond se développe et affecte la par-

(3) Dans le site de Cantalouette II, près de Bergerac, A. Lenoble a observé au-dessus de dépôts contenant du Solutréen un profil cryologique détaillé attribuable à un pergélisol. Ce profil comprend notamment un gley de toundra associé à un horizon à fentes de gel.

tie sommitale des dépôts (phase 8). Enfin, intervient une phase de carbonatation (phase 9) qui se traduit par la formation d'un plancher stalagmitique dans le fond de la cavité (Unité II) et par un horizon concrétionné au sommet du remplissage. On notera que, tout au long de la formation de ces dépôts, s'est manifestée une importante diagenèse phosphatée. Celle-ci a été plus particulièrement active lors de l'édification des unités les plus anciennes VII, VI et à la base de la couche IV.

Du point de vue chronologique, les quatre phases évolutives les plus anciennes ont été attribuées à titre d'hypothèse à la seconde partie du SIO 5 (phases 1 et 2) et au SIO 4 (phases 3 et 4). Les nombreuses datations numériques obtenues permettent de caler la phase 5 (= unité IV) entre ca. - 20 et - 65 ka. La phase à pergélisol qui a succédé (phase 6) s'est probablement développée au cours du Dryas ancien (durant H1 ?) tandis que sa dégradation et les phénomènes thermokarstiques qui en ont résulté ont dû se produire au début de l'interstade Bölling-Alleröd. La mise en place de la couche 0 incluant le Magdalénien (phase 7) se rapporte sans ambiguïté à cet interstade grâce à deux dates ¹⁴C convergentes. En conséquence, la formation du cryosol profond qui suit (phase 8) ne peut être mise en relation qu'avec le dernier épisode froid du Tardiglaciaire, c'est-à-dire le Dryas récent. C'est, à notre connaissance, la première fois dans le sud-ouest de la France, qu'un tel phénomène cryergique peut clairement être attribué à cet épisode climatique. Enfin, la dernière phase évolutive qui voit le développement d'un plancher stalagmitique et d'un horizon carbonaté (phase 9) a été mise en relation avec le climat tempéré et humide de l'Holocène.

Remerciements

Nous remercions J.-Ph. Rigaud et J. Simek pour nous avoir autorisés à faire état de certains de leurs résultats inédits ainsi que J.-P. Coutard et J.F. Pastre pour leurs commentaires avisés qui nous ont permis d'améliorer le contenu de cette publication.

Références bibliographiques

AUJOULAT N. 2004 – *Lascaux. Le geste, l'espace et le temps*. Ed. du Seuil, 274 p.

BECZE-DEAK J., LANGHOR R. and VERRECCHIA E.P. 1997 - Small scale secondary CaCO₃ accumulations in selected sections of the European loess belt. Morphological forms and potential for paleoenvironmental reconstruction. *Geoderma*, 76, p. 221-250.

BERTRAN P. 1993 – Deformation-induced microstructures in soils affected by mass movements. *Earth Surface Processes and Landforms*, 18, p. 645-660.

BERTRAN P. 1994 – Dégradation des niveaux d'occupation paléolithiques en contexte périglaciaire : exemples et implications archéologiques. *Paléo*, 6, p. 285-302.

BERTRAN P. et TEXIER J.P. 1999 – Facies and microfacies of slope deposits. *Catena*, 35, p. 99-121.

BRETZ J.H. 1942 – Vadose and phreatic features of limestone caverns. *Journal of Geology*, 50(6), p. 675-811.

BULLOCK P., FEDOROFF N., JONGERIUS A., STOOPS G., TURSINA T. and BABEL U. 1985 - Handbook for soil thin section description. Wolverhampton : Waine Research Publications, 152 p.

COUCHOUD I. 2006 – *Etude pétrographique et isotopique de spéléothèmes du Sud-Ouest de la France formés en contexte archéologique. Contribution à la connaissance des paléoclimats régionaux du stade isotopique 5*. Thèse, Université Bordeaux 1, 346 p.

COUCHOUD I. 2007 – Intérêt de l'analyse pétrographique des spéléothèmes pour les reconstitutions paléoenvironnementales. *Karstologia*, 50, p. 9-18.

COURTY M.A. 1984 – Formation et évolution des accumulations cendreuse. Approche micromorphologique. In : *Actes du 8^{ème} colloque inter-régional sur le Néolithique*, Le-Puy 1981, C.R.E.P.A., p. 341-353.

COURTY M.A., GOLDBERG P. and MACPHAIL R. 1989 – *Soils micromorphology in archaeology*. Cambridge University Press, 344 p.

DELFAUD J. 1972 – Remarques sur les directions subméridiennes en Aquitaine. *Bulletin de la Société Linéenne de Bordeaux*, II(8), p. 163-167.

DELFAUD J. 1975 – Considérations sur les directions armoricaines et varisques en Aquitaine. *Bulletin de la Société Linéenne de Bordeaux*, V(4-6), p. 27-32.

DUBREUILH J., 1976 – *Contribution à l'étude sédimentologique du système fluvial Dordogne-Garonne dans la région bordelaise*. Thèse, Université de Bordeaux 1, 273 p.

ELLIOT M., LABEYRIE L., DUPLESSY J.-C. 2002 – Changes in North Atlantic deep-water formation associated with Dansgaard-Oeschger temperature oscillations (60-10 ka). *Quaternary Science Reviews*, 21, p. 1153-1165.

FÉDOROFF N. 1966 – Les cryosols. *Bulletin de l'Association Française pour l'Etude du Sol*, 2, p. 77-109.

FRENCH H.M. 1996 – *The periglacial environment*. Longman, 2^{ème} édition, 341 p.

FREYET P. et VERRECCHIA E. 1989 – Les carbonates continentaux du pourtour méditerranéen : microfaciès et milieu de formation. *Méditerranée*, 2-3, p. 5-28.

GOLDBERG P. and NATHAN Y. 1975 - The phosphate mineralogy of Tabun cave, Mount Carmel, Israel. *Mineralogical Magazine*, 40, p. 253-258.

- GRAYSON D.K., DELPECH F., RIGAUD J.-Ph., SIMEK J.F. 2001 - Explaining the development of dietary dominance by a single ungulate taxon at Grotte XVI, Dordogne, France. *Journal of Archaeological Science*, 28, p. 115-125.
- GROUSSET F. 2001 – Les changements abrupts du climat depuis 60.000 ans. *Quaternaire*, 12(4), p. 203-211.
- GUIBERT P., BECHTEL F., SCHVOERER M., RIGAUD J.-PH., SIMEK J. 1999 – Datation par thermoluminescence de sédiments chauffés provenant d'une aire de combustion moustérienne (Grotte XVI, Cénac et Saint-Julien, Dordogne, France). *Revue d'Archéométrie*, 29, p. 163-175.
- GUILLORÉ P. 1980 - *Méthode de fabrication mécanique et en série des lames minces*. Institut National Agronomique, Paris, Département des Sols, 22 p.
- HUIJZER A.S. 1993 - *Cryogenic microfibrils and macrostructures : interpretations, processes and paleoenvironmental significance*. A.S. Huijzer ed., Sassenheim, 245 p.
- KARKANAS P., RIGAUD J.-Ph., SIMEK J.F., ALBERT R.M., WEINER St. 2002 – Ash bones and Guano: a study of the minerals and phytoliths in the sediments of Grotte XVI, Dordogne, France. *Journal of Archaeological Science*, 29, p. 721-732.
- KERVAZO B. 1973 – *Recherches sur les formations superficielles en Périgord Noir*. Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle, Université de Bordeaux, 371 p.
- KERVAZO B. et LAVILLE H. 1989 – Etude stratigraphique et analyses physico-chimiques des dépôts de la grotte Vaufrey. In : Rigaud Dir., *La grotte Vaufrey à Cénac-et-Saint-Julien (Dordogne) : paléoenvironnements, chronologie et activités humaines*, Paris, Mémoires de la Société Préhistorique Française, t. XIX, p. 89-153.
- LACHASTRE J. 1968 – Les grottes du Conte, Dordogne (Communes de Castelnaud et de Cénac-Saint-Julien). *Spéleo-Dordogne*, 28, p. 171-176.
- LENOBLE A. 2005 - *Ruissellement et formation des sites préhistoriques*. BAR International Series 1363, 216 p.
- MARTINI J. and KAVALIERIS I. 1978 - Mineralogy of the Transvaal caves. *Transactions of Geological Society of South Africa.*, 81, p. 47-54.
- MÉRIAUX S. 1957 – *L'analyse granulométrique par densimétrie*. Association Française pour l'Etude des Sols, 90, 12 p.
- MURTON J.B. and FRENCH H.M. 1993 - Thermokarst involutions, Summer Island, Pleistocene, Mackenzie Delta, Western Canadian Arctic. *Permafrost and Periglacial Processes*, 4(3), p. 217-229.
- PISSART A. 1987 - *Géomorphologie périglaciaire*. Editions du Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire de Liège, 135 p.
- RAILSBACK L.B., BROOK G.A., CHEN J., KALIN R. and FLEISHER C.J. 1994 – Environmental controls on the petrology of a late Holocene speleothem from Bostwana with annual layers of aragonite and calcite. *Journal of Sedimentary Research*, A64(1), p. 147-155.
- RIGAUD J.-Ph. 1982 – *Le Paléolithique en Périgord : les données du Sud-Ouest sarladais et leurs implications*. Thèse d'état n° 737, Université Bordeaux 1, 494 p. ronéo.
- RIGAUD J.-Ph., SIMEK J. F., GE Th. 1995 – Mousterian fires from Grotte XVI (Dordogne, France). *Antiquity*, 69, p. 902-912.
- ROQUE C., GUIBERT P., VARTANIAN E., BECHTEL F., OBERLIN Ch., EVIN J., MERCIER N., VALLADAS H., TEXIER J.P., RIGAUD J.Ph., DELPECH F., CLEYET-MERLE J.J., TURQ A. 2001 - Une expérience de croisement de datations TL/¹⁴C pour la séquence solutréenne de Laugerie-Haute, Dordogne. In : J.N. Barrandon, P. Guibert et V. Michel (eds), *Datation, XXI^e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes*, éditions APDCA, p. 217-232.
- TEXIER J.-P. 1982 - *Les formations superficielles du bassin de l'Isle*. Cahiers du Quaternaire n° 4, CNRS éd., 316 p.
- TEXIER J.-P. 2009 – *Histoire géologique de sites classiques du Périgord : une vision actualisée*. Editions du CTHS, Paris, 193 p.
- TEXIER J.P. et BERTRAN P. 1993 - Données nouvelles sur la présence d'un pergélisol en Aquitaine au cours des dernières glaciations. *Permafrost and Periglacial Processes*, 4(3), p. 183-198.
- VANDENBERGHE J. 1992 – Cryoturbations: A sediment structural analysis. *Permafrost and Periglacial Processes*, 3, p. 343-352.
- VAN VLIET-LANOË B. 1985 – Frost effects in soils. In : J. Boardman ed. «*Soils and Quaternary Landscape Evolution*», Wiley & Sons, p. 118-158.
- WEINER S., SHIEGL S., GOLDBERG P., BAR YOSEF O. 1995 – Mineral assemblages in Kebara and Hayonim caves, Israel: excavation strategies, bone preservation, and wood ash remnants. *Israel Journal of Chemistry*, 35, p. 143-154. -
- WHITE W.B. 1988 – *Geomorphology of karst terrains*. Oxford University Press, New York, Oxford, 464 p.

