

Sophie VERHEYDEN<sup>1,2</sup>,  
Jacques JAUBERT<sup>3</sup>,  
Dominique GENTY<sup>4</sup>, Michel SOULIER<sup>5</sup>,  
Christian BURLET<sup>1</sup>, Hubert CAMUS<sup>6</sup>,  
Hai CHENG<sup>7</sup>, Serge DELABY<sup>1,8</sup>,  
Damien DELDICQUE<sup>9</sup>,  
Laurence R. EDWARDS<sup>7</sup>,  
Luc-Henri FAGE<sup>10</sup>, Catherine FERRIER<sup>3</sup>,  
François LACRAMPE-CUYAUBÈRE<sup>11,12</sup>,  
Jean-Claude LEBLANC<sup>3</sup>,  
François LÉVÊQUE<sup>13</sup>,  
Carine LÉZIN<sup>14</sup>, Fred MAKSUD<sup>15</sup>,  
Pascal MORA<sup>16</sup>, Xavier MUTH<sup>12</sup>,  
Thierry PELISSIÉ<sup>17</sup>, Édouard RÉGNIER<sup>4</sup>,  
Jean-Noël ROUZAUD<sup>9</sup>,  
Frédéric SANTOS<sup>3</sup> et Denise SOULIER<sup>5</sup>

# Grotte de Bruniquel (Tarn-et-Garonne, France) : éléments de datation complémentaires

**RÉSUMÉ :** La grotte de Bruniquel renferme six structures architecturées dont une grande et une plus petite plus ou moins circulaires et quatre accumulations, composées au total de 420 stalagmites entières ou fragmentées, localisées à environ 300 mètres de l'entrée. Leur construction a été datée en 2016 de  $176\,500 \pm 2\,100$  ans (SIM 6) grâce à la datation uranium-thorium des stalagmites. Les Hommes de Néandertal ne seraient apparemment pas entrés par l'accès actuel, l'éboulis d'entrée étant scellé par plusieurs générations de stalagmites dont certaines très massives. Il reste donc une inconnue quant à l'âge de cet éboulis et l'existence d'un éventuel porche d'entrée contemporain de Néandertal. Dans cet article, la grotte est replacée dans son contexte géologique, karstologique et géomorphologique. Les

nouvelles dates sur les structures affinent la limite minimale de l'âge des constructions et les premières dates sur l'éboulis montrent quant à elles un âge relativement ancien sans toutefois pouvoir exclure une ouverture d'une partie de l'éboulis à ~170 ka.

**MOTS-CLÉS :** Paléolithique moyen, Néandertal, datation, uranium-thorium, SIM 6

**ABSTRACT:** COMPLEMENTARY DATING RESULTS FROM THE BRUNIQUEL CAVE (TARN-ET-GARONNE, FRANCE). The Bruniquel Cave contains two nearly annular structures, a large one and a smaller one, and four smaller accumulation structures, in total made of 420 pieces of broken stalagmites and located at approximately 300 meters from the entrance. The construction of these structures was dated at  $176\,500 \pm 2\,100$  years (MIS 6) by

uranium-thorium dating of speleothems. Since it is impossible that Neanderthal passed through the nowadays passage and since several generations of sometimes rather big speleothems are present on the collapsed blocks at the entrance, questions remain on the age of the collapse and the presence of an eventual opening at the time of Neanderthal. This article gives information on the Bruniquel cave and its geological, karstological and geomorphological context. The new dates on the structures refine the minimum age of the structures and the first dates on the entrance collapse reveal a rather ancient age for the collapse but without excluding the possibility of a small passage around ~170 ka.  
**KEYWORDS:** Middle Palaeolithic, Neanderthal, U-series dating, MIS 6.

## Introduction

La grotte de Bruniquel a été découverte le 25 février 1990 par désobstruction, les travaux ayant principalement été menés par Bruno Kowalscewski (15 ans à l'époque) et d'autres membres de la Société Spéléo-Archéologique de Caussade (SSAC). Dès la « première », les spéléologues remarquèrent la présence d'ossements, de bauges et griffades d'ours et, plus originale encore, d'une

« construction » composée principalement de stalagmites brisées, le tout recouvert d'un voile de calcite plus récent [Rouzaud et al., 1995]. Le service régional de l'Archéologie (SRA) de la DRAC Midi-Pyrénées fut aussitôt contacté et une fermeture apposée. Une première étude est menée par l'un d'entre nous (MS) et François Rouzaud (conservateur du patrimoine au SRA Midi-Pyrénées) en 1992 et 1993. La topographie est alors

relevée avec localisation des vestiges de faune de la zone d'entrée ; les structures et la salle de la Structure sont également topographiées au 1/10<sup>ème</sup> pour les premières et au 1/50<sup>ème</sup> pour l'ensemble de la salle. Dans le même temps, les ossements des 70 premiers mètres de la cavité sont identifiés dans le cadre de la thèse de Lionel Lafon [1996]. Un fragment d'os brûlé est prélevé sur la partie nord-est de la grande structure dans ce qui est décrit

(1) RBINS – Terre et histoire de la vie, service géologique - Belgique.  
(2) Politique scientifique fédérale (BELSPO) : vesob@belspo.be  
(3) PACEA, UMR 5199 CNRS-UB-MCC, université de Bordeaux, France.  
(4) LSCE, UMR 8212 CNRS-CEA-UVSQ, France  
(5) Société spéléo-archéologique de Caussade - France.  
(6) Protée Expert Sas, France  
(7) Institute of Global Environmental Change, Université de Xi'an Jiaotong - CN et Earth Sciences Department, Université du Minnesota – États-Unis d'Amérique.  
(8) Unesco Global Géopark Famenne-Ardenne, Belgique

(9) Laboratoire de Géologie de l'École normale supérieure de Paris (ENS), UMR, CNRS 8538, France.  
(10) Felis Productions, France.  
(11) Archéosphère, France.  
(12) GETinSITU - Suisse.  
(13) LIENSs, UMR 7266 CNRS - Université La Rochelle – France.  
(14) GET- Observatoire Midi Pyrénées – Université de Toulouse - France  
(15) Ministère de la Culture, Service régional de l'Archéologie Midi-Pyrénées, France.  
(16) Archéovision, CNRS - Université Bordeaux Montaigne - France  
(17) Parc naturel régional Causses du Quercy – France.

alors comme un foyer. La datation  $^{14}\text{C}$ , obtenue à Gif-sur-Yvette par H. Valladas indique un âge minimal de 47 600 ans BP [Rouzaud et al., 1995, 1997], ce qui laisse supposer une structure néandertalienne [Rouzaud, 1996 et 1997 ; Baffier, 1998 ; Lorblanchet, 1999 ; Clottes, 2005 et 2006 ; Hayden, 2011 et 2012]. Les études dans la grotte sont ensuite suspendues après le décès de F. Rouzaud en 1999.

À l'issue d'une visite conjointe et de réunions préparatoires courant 2014, l'étude reprend à l'initiative des quatre premiers cosignataires du présent article et une équipe pluridisciplinaire mise en place [Jaubert et al., 2016 ; Jaubert et Verheyden, 2016, 2017 ; Verheyden 2016]. La nouvelle étude archéologique de Bruniquel se base sur les relevés réalisés par l'équipe précédente doublés d'une photogrammétrie 3D<sup>1</sup>. Un inventaire des éléments stalagmitiques mobilisés dans les structures et désormais nommés « spéléofacts » est établi. Le terme spéléofact est utilisé pour tout spéléothème déplacé, extrait, débité, façonné ou simplement utilisé par l'Homme. Il relève donc de la grande famille des artefacts mais en précisant ici son origine calcitique. Environ 400 stalagmites ou tronçons de stalagmites sont agencés en six structures. Les deux plus grandes sont grossièrement annulaires, la plus grande mesurant 6,70 x 4,50 m, la plus petite 2,20 x 2,10 m. Il y a également quatre accumulations d'environ 1 m x 1 m et 40 cm de hauteur. Plus de 18 points de chauffe sont répertoriés sur les constructions pour un seul au sol. Ce dernier est partiellement recouvert par le plancher de calcite qui masque le sol dans

et autour des structures. Des mini-carottes ont été prélevées dans le plancher, dans les stalagmites utilisées dans les structures et dans les « repousses » qui scellent les « spéléofacts ». Les datations U/Th sur la calcite, effectuées par Hai Cheng ont permis de dater les structures de  $176\,500 \pm 2\,100$  ans [Jaubert et al., 2016]<sup>2</sup>.

Très peu de structures sont connues loin des entrées et de la lumière du jour et concernent uniquement l'Homme anatomiquement moderne (HAM), *Homo sapiens*. Parmi les plus connues, citons les murets en pierres de la grotte de La Garma, Cantabrie (Espagne) interprétés comme des aménagements d'habitat ou de culte magdaléniens [Ontañón, 2003] ; les déplacements de spéléothèmes ou de blocs des cavernes du Volp en Ariège, le Tuc d'Audoubert ou les Trois-Frères également magdaléniens [Bégouën et al., 2009 et 2014] ou encore les curieux dispositifs constitués de blocs rocheux et de spéléothèmes sans doute déplacés par l'homme et agencés en « structures » dans les galeries des Panneaux rouges et du Cactus de la grotte Chauvet-Pont d'Arc, Ardèche, eux aurignaciens [Delannoy et al., 2015], tous potentiellement liés à des pratiques symboliques ou cultuelles. Par leur âge et même par leur dispositif, les vestiges datés de la grotte de Bruniquel sont donc surprenants. Les structures conservées à plus de 300 mètres de l'entrée actuelle sont la preuve que les Néandertaliens sont à ce jour les plus anciens « explorateurs de grottes » ou « spéléos » connus et qu'ils avaient donc la maîtrise de l'éclairage. Des indices de la présence de l'Homme de Néandertal ou de ses prédécesseurs

1. P. Mora, Archéostransfert, Archéovision, Université Bordeaux Montaigne, accessible au lien <http://www2.cnrs.fr/presse/communique/4563.htm>

2. Un résumé de cette étude peut être visionné à l'adresse <http://videotheque.cnrs.fr/doc=4859> et des informations supplémentaires sont disponibles sur le site <http://caussade-speleo.com/la-grotte-de-bruniquel-un-site-archeologique-exceptionnel/>

Figure 1 : Carte géologique simplifiée du Bassin aquitain avec mention de la grotte de Bruniquel (Tarn-et-Garonne). Dessin M. Jarry modifié.  
Simplified geological map of the Aquitaine basin with indication of the Bruniquel cave (Tarn-et-Garonne).

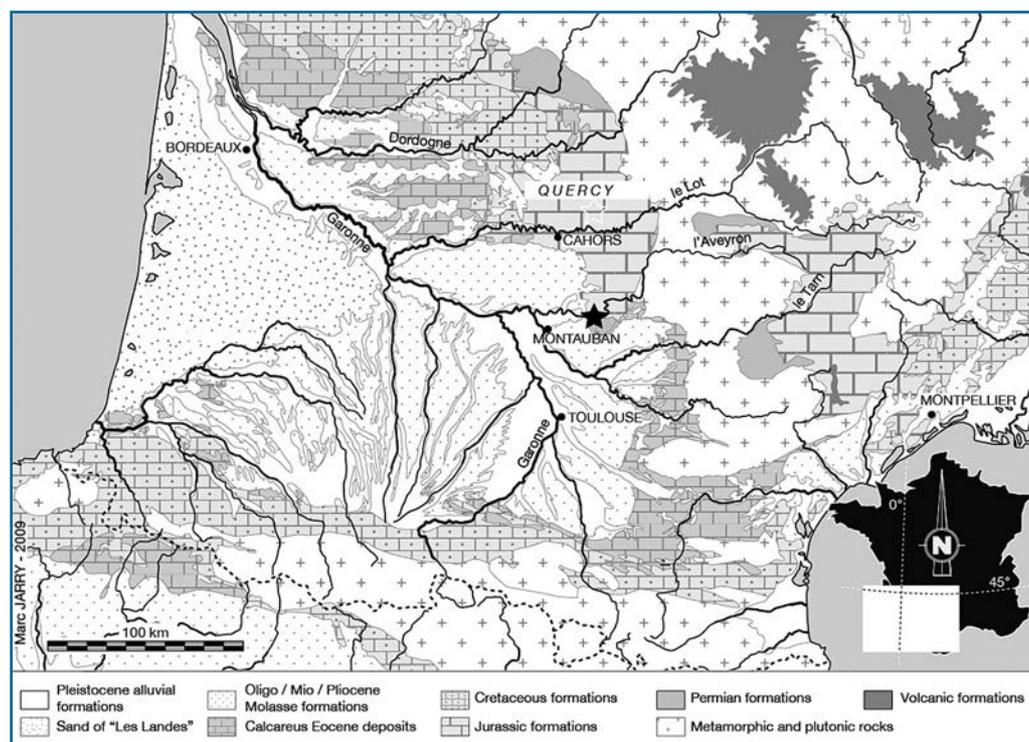




Photo 1 : Vallée de l'Aveyron vue vers l'amont depuis le château de Bruniquel (Tarn-et-Garonne) sous la falaise duquel s'ouvrent les quatre célèbres abris (Montastruc, Gandil, Lafaye, Plantade). À gauche (rive droite), vue en direction des sites de la commune de Penne (grottes du Courbet, de la Magdeleine-des-Albis). À droite, la confluence avec la Vère. Le versant où s'ouvre la cavité est situé approximativement au centre de la photo. Cliché M. Soulier. *The Aveyron Valley (Tarn-et-Garonne) seen from the Bruniquel Castel towards upstream the Aveyron river. Four famous prehistoric shelters (Montastruc, Gandil, Lafaye, Failure) open under the cliff. To the left (right bank), view on the municipality of Penne with the sites of the Courbet and Magdeleine-des-Albis caves. To the right the confluence of the Vère with the Aveyron. The hillside where opens the Bruniquel cave is approximately situated in the centre of the picture.*

prénéandertaliens dans le karst sont connus, par exemple dans la grotte de Lamalunga à Altamura (Pouilles, Italie), datés d'environ 172 à 130 ka [Lari *et al.*, 2015], dans la grotte du Lazaret à Nice, 130 à 170 ka [de Lumley *dir.*, 1969, 2004], nettement plus anciens pour la Sima de Los Huesos à Atapuerca, 400 ka [Aranburu *et al.*, 2017] ou un peu plus jeunes pour la grotte de Vârtop en Roumanie, vers 60 ka [Onac *et al.*, 2005]. Cependant, soit il s'agit de secteurs proches de l'entrée éclairés par la lumière du jour (Vârtop, Le Lazaret) ou proche du secteur éclairé (Lamalunga), soit la mise en place des vestiges est d'origine naturelle, déplacés sur de longues distances par des carnivores ou des phénomènes géologiques ou délibérément projetés depuis la surface (Atapuerca SH, Altamura). La grotte de Bruniquel recule donc d'environ 140 000 ans l'appropriation du monde souterrain que l'on croyait jusque-là réservée au seul Homme anatomiquement moderne (HAM) avec, parmi les plus anciens témoignages de cet ordre, les grottes d'El Castillo [Pike *et al.*, 2012] ou Chauvet-Pont d'Arc [Clottes *et al.*, 1995 ; Robert-Lamblin, 2001 ; Quiles *et al.*, 2016]. Récemment un âge entre 66,5, et 64,8 ka a été annoncé pour des entités graphiques issues de trois grottes espagnoles (Maltravieso, Ardales, La Pasiega) [Hoffmann *et al.* 2018]. Ces résultats restent encore discutés [Sauvet *et al.*, 2018 ; White *et al.*, accepté].

Dans cet article, nous présentons des résultats additionnels relatifs à la datation U/Th des structures, du plancher stalagmitique incluant les aménagements anthropiques, et de l'éboulis d'entrée.

### I. Localisation

La grotte étudiée est située à l'est du Bassin aquitain, à l'extrême sud des plateaux jurassiques du Quercy, où la vallée de l'Aveyron, après avoir longé la longue faille de Villefranche-de-Rouergue, entaille les plateaux caussenards pour se frayer un passage vers les basses plaines du Montalbanais et la vallée de la Garonne (figure 1). Plus précisément, la grotte de Bruniquel se développe dans la

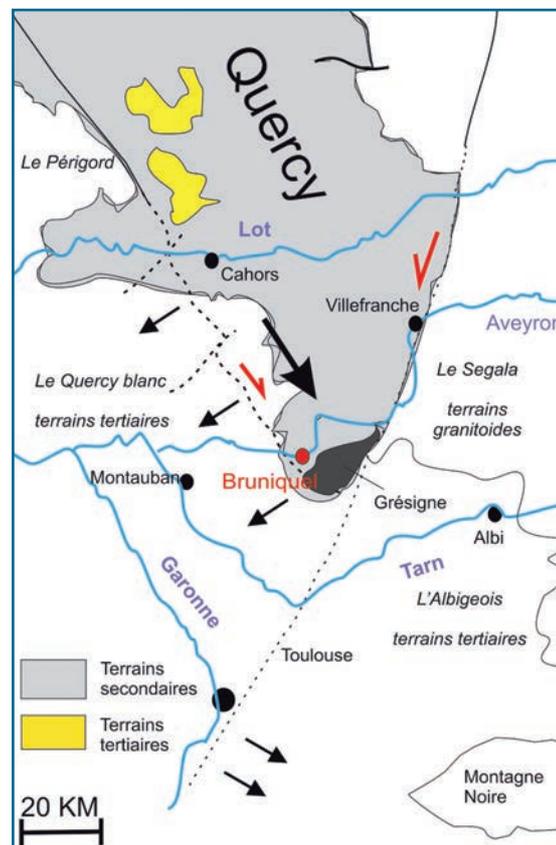


Figure 2 : Schéma structural du bord sud du Quercy [d'après M. Durand-Delga, 1979]. *Simplified structural map of the southern border of the Quercy*

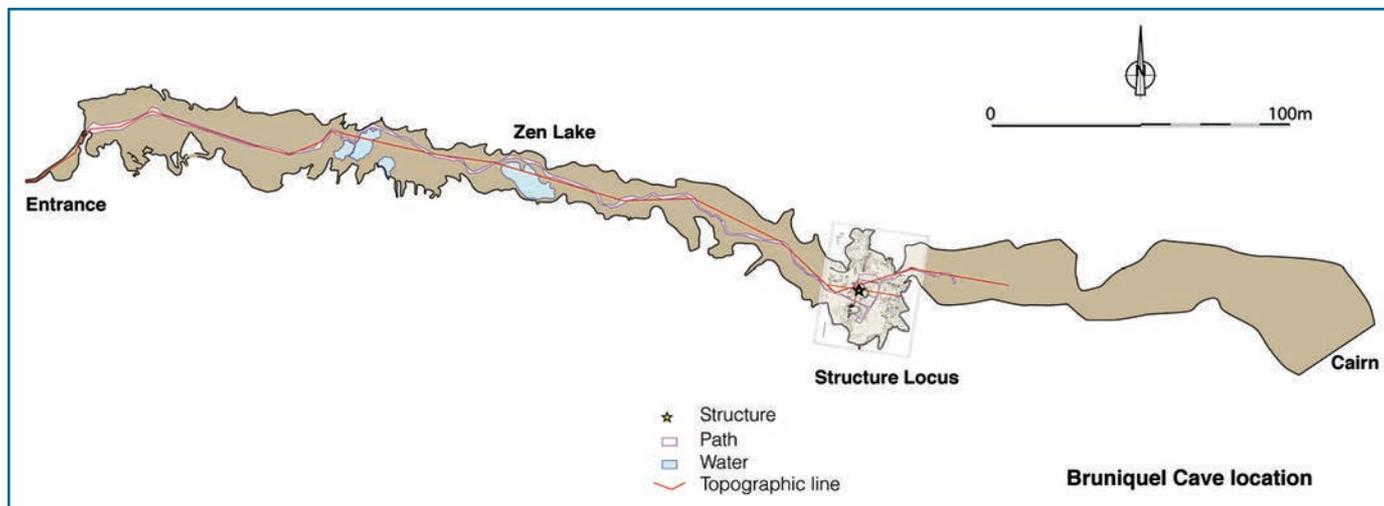


Figure 3 : Grotte de Bruniquel : topographie de la grotte. Topographie : H. Camus & X. Muth ; Hypogée - Get-in-Situ. Bruniquel cave: map of the cave.

3. Décor du film « Le vieux fusil » de Robert Enrico en 1975.

Photo 2 : Grotte de Bruniquel : étroiture d'accès à la galerie principale. Ce passage s'est creusé le long d'une strate de calcaire dont il reste un témoin fortement altéré bien visible à gauche du personnage. Bruniquel cave: small entrance passage giving access to the main gallery. The passage, opened during the discovery of the cave, formed along a specific limestone bed. A strongly altered remaining witness of the bed is visible left from the visitor.

vallée de l'Aveyron, Tarn-et-Garonne, près de sa confluence avec la Vère. Le village proche de Bruniquel est bien connu pour son château<sup>3</sup>, et les quatre abris-sous-roche magdaléniens riches en art mobilier. La cavité s'ouvre en rive gauche à une cinquantaine de mètres au-dessus de l'Aveyron, en contrebas d'un escarpement, en versant nord (photo 1). La grotte se développe de manière relativement rectiligne à travers la colline et s'arrête à environ cinquante mètres du versant. La configuration est celle d'un recouplement de méandre.

## II. Géologie

### A. Le cadre régional

La région se situe dans la zone sud du bassin sédimentaire du Quercy (figure 2), lequel forme une bordure avec les unités cristallophylliennes appartenant au Massif Central. Le bassin carbonaté du Quercy est influencé par un héritage tectonique hercynien qui a été successivement réactivé par les riftings des océans « Thétys » et Atlantique, l'orogénèse

pyrénéenne et la distension oligocène. La région est limitée par deux accidents profonds. La faille de Villefranche de Rouergue N20°E, à l'est, sépare le Jurassique du Quercy, affaissé par rapport au socle ancien, du Rouergue. Au sud de l'Aveyron, la faille se divise en plusieurs accidents tournant vers le sud-ouest. Le linéament ouest-quercynois à l'ouest est quant à lui un vaste couloir de déformations résultant en de nombreuses failles de direction moyenne N150E. La grotte de Bruniquel se situe pratiquement à la verticale de celui-ci, tout proche du point de convergence de ces deux accidents majeurs. Durant les phases compressives pyrénéennes de l'Éocène, des décrochements générèrent le chevauchement sud-grésignol à mettre en relation avec le réseau faillé de la Vère de N150°E mentionné plus haut. En conséquence, les strates jurassiques, généralement tabulaires sur la majeure partie du Quercy, sont, aux alentours de Bruniquel, plus intensément déformées et fracturées. Les deux grandes fractures limitent au bord méridional également le large fossé permien de Quercy-Grésigne, particulièrement épais en forêt de la Grésigne. Ce fossé est constitué de plus de 3 km d'épaisseur de pélites et de grès permien et forme la terminaison méridionale d'un graben qui se développe vers le nord jusqu'au bassin de Brive. En lien avec l'orogénèse pyrénéenne, le déplacement vers le sud du bloc crustal quercynois, et donc des chevauchements frontaux du sud de la Grésigne, est dû aux coulissements le long des failles de Villefranche (senestre) et de la Vère (dextre). Ces deux faisceaux de fractures n'affectant pas sensiblement la couverture molassique de l'Albigeois, la tectonique tangentielle principale doit être antérieure au dépôt de la molasse, datée de l'Oligocène moyen. Ceci est confirmé par les conglomérats de la Grésigne, contemporains de la surrection du dôme, postérieurs à des remplissages karstiques de l'Éocène inférieur





Photo 3 : Grotte de Bruniquel : salle des bauges en direction de la sortie actuelle. Le sol y est généralement plus sec et on y observe moins de concrétionnement. Plusieurs bauges d'ours sont visibles. Cliché É. Fabre © SSAC.

*Bruniquel cave. Room of the bear hollows seen towards the current cave entrance. The ground is generally drier with less speleothems. Several bear hollows are visible.*

et recouverts par les molasses. A priori, la grotte de Bruniquel, bien que dans un contexte tectonique particulier et relativement riche, n'est pas prédisposée à être affectée par des mouvements tectoniques puisque ceux-ci semblent absents depuis l'Oligocène moyen.

## B. Le cadre local

Concernant le contexte lithostratigraphique, la cavité se situe dans la série sédimentaire d'âge Bajocien (Jurassique moyen) de la Formation d'Autoire [Fabre, 1971 ; Lézin, 2000 ; Pélissié, 1982], au-dessus des marnes du Toarcien (niveau de base) et de la série aalénienne de la Formation d'Autoire. Il s'agit de plusieurs cycles de sédimentation allant du milieu marin agité (subtidal à intertidal) avec des passages en supratidal et retour vers des conditions sédimentaires à haute énergie. La grotte de Bruniquel se situe dans un de ces cycles. À l'entrée de la cavité, on observe les calcaires recristallisés de couleur rouge-orangé et des dolomies microcristallines. En dessous, dans les passages étroits de l'entrée se situent des

calcaires de type grainstone et l'essentiel de la galerie principale, au moins jusqu'à la salle de la Structure, se développe dans ces faciès. Une confirmation par analyse microstratigraphique des roches serait néanmoins nécessaire afin de déterminer avec certitude dans lequel des cycles et donc à quelle hauteur la grotte se situe exactement dans la colonne stratigraphique régionale.

## III. Description de la grotte

### A. La zone d'entrée

Le boyau qui prolonge l'entrée (figure 3), dégagé sur une quinzaine de mètres, mesure environ 30 mètres de long, deux mètres de large et un mètre de haut en moyenne. Aux deux tiers du parcours, une petite salle déclive formée par un soutirage précède une nouvelle chatière. Le boyau se termine sur une étroiture finale, ouverte dans la roche (altérée) en place (photo 2) et qui débouche au sommet d'un éboulis, environ 20 mètres au-dessus de la galerie principale.

Cette galerie principale est de vastes dimensions : environ 10 m de large et 5 m de haut pour un linéaire d'environ 500 m (figure 3). Tout au long du parcours de la galerie, on observe des bauges d'ours (photo 3), des ossements d'animaux [Rouzaud et al., 1995], des blocs détachés du plafond et de nombreuses draperies, colonnes et stalagmites de calcite, des gours et des lacs calcifiés recouvrant le sol argileux (photo 4). Au quart du parcours, un gros bloc surmonté d'un plancher de calcite, obstrue quasi entièrement la galerie. Des débris de stalagmites et de stalactites jonchent le sol.

### B. De l'entrée à la salle de la Structure

De manière générale, il reste peu d'empreintes visibles dues à la fréquentation des ours qui ont damé le sol, par contre de nombreuses traces pariétales de griffades sont encore présentes. Aucune peinture ou gravure anthropique n'a jusqu'à présent été observée dans la grotte. Des étendues d'eau calme dans des gours cristallisés, comme le lac Zen, recouvrent de larges parties de



Photo 4 : Grotte de Bruniquel : tout au long de la galerie principale, des spéléothèmes recouvrent le sol argileux. Plusieurs générations de gours, lacs, planchers stalagmitiques, stalagmites et stalactites se côtoient. Cliché É. Fabre ©SSAC. *Bruniquel cave. Speleothems cover the clayey floor throughout the main gallery. Several generations of water pools, small lakes, flowstones, stalagmites and stalactites are present.*

la galerie (photo 4). Tout au long du parcours on peut observer des ensembles stalagmitiques endommagés par des mouvements de parois (fractures en compression). Ainsi, un pilier calcaire présentant des traces de délitement en sablier dues à une compression, à la manière de piliers de carrières, ou une faille montrant un possible décalage après la karstification, ainsi que de nombreux endroits de broyage de spéléothèmes nous amènent à nous questionner sur la présence d'une activité tectonique autre que de simples mouvements liés à une décompression de versant, et donc en contradiction avec ce qu'on pouvait attendre du contexte géologique général (cf. *supra* « Géologie »). Cette question intéressante reste néanmoins à étudier.

Une strate particulièrement délitée « en plaquettes » est assez caractéristique et se suit jusqu'à la moitié de la grotte. Son rôle dans la formation de la salle des Lacs serait également intéressant à étudier. Le deuxième tiers de la cavité, jusqu'à la salle de la Structure est en grande partie recouverte de calcite blanche à jaune-ocre et ponctuée de gours. Des stalagmites cierge cassées sont visibles au sol et ne reposent pas toujours près d'une base identifiable. De nombreux bords de plancher semblent cassés et, à des endroits non recouverts de calcite, l'argile semble « remobilisée » quand elle n'est pas damée par le passage des ours.

### C. La salle de la Structure

La salle de la Structure correspond à un élargissement de la galerie. Les structures se trouvent au centre de la salle. Leur origine anthropique a été largement argumentée dans Jaubert et *al.* [2016]. Autour des structures, de nombreuses stalagmites fragmentées et des bases de stalagmites décapitées (nettement moins) sont visibles. Certaines ont des (super) positions peu naturelles ; leur étude en cours précisera une intervention anthropique (de type spéléofacts) ou non. Plusieurs arrivées d'eau de percolation au plafond sont alignées et forment des lignes de stalagmites comme celle formée de stalagmites cierge qui recoupe la grande structure ou celle, composée de stalagmites-colonnes plus imposante, qui coupe la salle en deux. L'eau de percolation qui s'écoule reste piégée à l'intérieur de la structure A et forme alors une accumulation de quelques centimètres (photo 6, figure 4).

Photo 5 : Grotte de Bruniquel : salle de la Structure correspond à un élargissement de la galerie principale, séparée du reste de la galerie par des lames calcaire verticales. On aperçoit l'arrivée de la galerie à gauche des trois personnages au centre. Cliché S. Verheyden ©SSAC. *Bruniquel cave: the 'Salle de la structure' corresponds to an enlargement of the main gallery but naturally separated by remaining vertical limestone blades lowering the ceiling. The entrance to the room can be seen on the left of the group of three visitors.*



La salle semble naturellement « fermée » par des abaissements de voûte sur chacun de ses côtés (photo 5) et on y perçoit peu de courant d'air. De nos jours, la température dans la salle de la Structure est de  $12,7 \pm 0,1$  °C [mesure au Niphargus, Burllet *et al.*, 2015]. Les variations de température saisonnières extérieures s'atténuent progressivement dans la grotte : 0,7 °C en bas de l'éboulis, 0,1 °C au niveau des lacs et elles sont imperceptibles à 200 mètres de l'entrée (environ 0,03 °C). Au niveau de la salle de la Structure, ce signal saisonnier n'est plus mesurable par notre instrumentation ( $<0,01$  °C). Ces observations climatiques actuelles indiquent le caractère relativement « confiné » de la salle de la Structure par rapport aux changements saisonniers extérieurs actuels. En revanche, une augmentation lente de la température d'environ +0,3 °C est observée entre 2015 et 2017.

#### IV. Les questions archéologiques

L'origine anthropique démontrée et la date de construction de  $176,5 \pm 2,1$  ka obtenue pour les structures de Bruniquel, il demeure néanmoins de nombreuses questions d'ordre archéologique. La plus prégnante, mais sans doute aussi la plus difficile, concerne la fonction de ces structures. Pour y répondre, une meilleure connaissance du contexte environnemental de l'époque de leur construction, ainsi qu'une chronologie très précise des événements est nécessaire. Nous présentons et discutons ici de nouveaux résultats de datation concernant : les stalagmites des structures afin de réduire l'incertitude quant à la date de construction ; les planchers calcitiques afin de déterminer si ceux-ci recouvrent le sol archéologique ou s'ils étaient déjà présents lors de la construction ; et enfin les spéléothèmes de l'éboulis d'entrée afin d'estimer l'âge de ce dernier. Enfin, nous abordons plus succinctement les premiers éléments concernant la fonction des structures et l'environnement extérieur.

#### V. Méthodes utilisées pour la datation U/Th

La datation U/Th des échantillons de calcite prélevés dans la grotte de Bruniquel est effectuée dans deux laboratoires, le *Isotope Laboratory* à l'université de Xi'an Jiaotong en Chine et le *Minnesota Isotope Laboratory* à l'université du Minnesota aux États-Unis. Les mesures s'effectuent à l'aide d'un spectromètre de masse multi collecteur (MC-ICP-MS), Neptune. La méthode, ainsi que les temps de demi-vie utilisés sont les mêmes pour les deux laboratoires [Cheng *et al.*, 2000, 2013]. La correction des âges pour le thorium détri-

rique se base sur une valeur initiale du rapport atomique  $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$  de  $4,4 \pm 2,2 \times 10^{-6}$ , la valeur d'un matériel terrestre à l'équilibre et d'un  $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$  moyen de 3,8.

#### VI. Les stalagmites dans les structures

##### A. Description et échantillons prélevés pour la datation.

En 2014, six carottes ont été prélevées dans les stalagmites constituant les structures (figure 4). La stratigraphie de ces échantillons est clairement observable, en particulier, la distinction nette entre l'ancienne calcite des stalagmites utilisées par l'Homme et la calcite plus récente, liée aux repousses postérieures à la construction (figure 5).

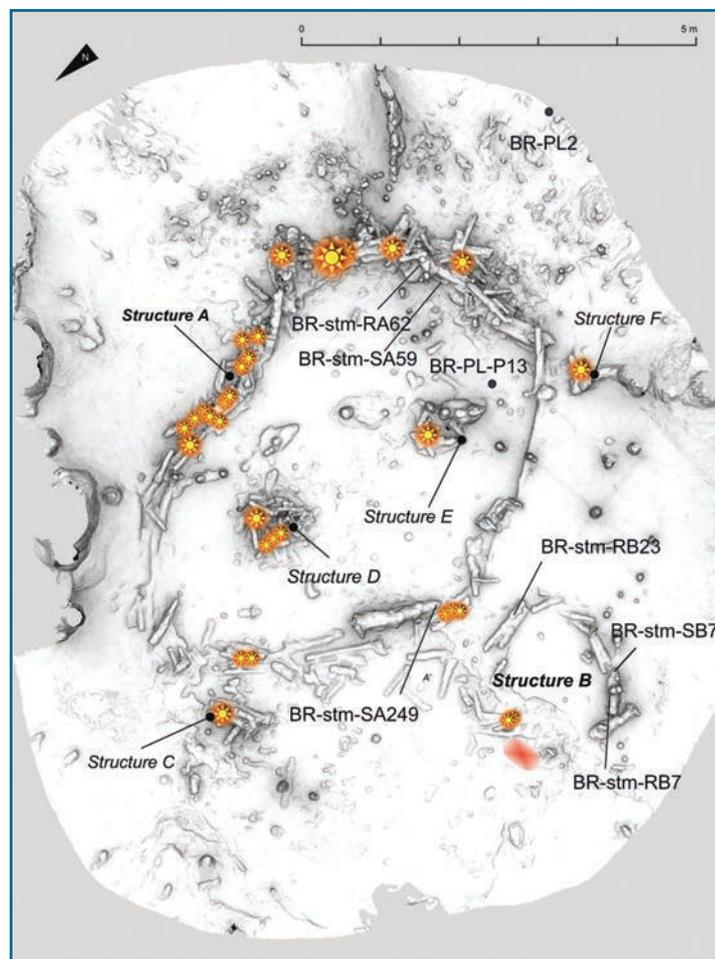
Outre les 17 datations qui ont révélé l'âge des structures, 13 nouvelles datations ont été effectuées sur les six mêmes carottes, toutes prélevées en 2014.

##### B. Résultats et discussion

Les résultats des datations sont présentés dans le tableau 1 et la figure 5. Globalement, les nouvelles dates obtenues confirment la première série publiée. La majorité des âges issus de ce troisième ensemble d'échantillons

↓ Figure 4 : Grotte de Bruniquel. Les structures sont composées d'une grande structure annulaire (A), d'une plus petite (B) et de quatre structures d'accumulation (C à F). Les points jaunes indiquent les emplacements où ont été observées des traces de feu (calcite rougie, noircie (suie) et/ou éclatée). La zone rouge indique une structure de combustion en limite d'extension du plancher stalagmitique. Plusieurs de ces zones de combustion ont été confirmées par la prospection magnétique par F. Lévêque [in Jaubert *et al.*, 2016].

*Bruniquel cave. The structures consist of a larger annular structure (A), of a smaller one (B) and of four accumulation structures (C to F). The yellow points indicate the locations where indications of heating were observed (reddened and darkened calcite (soot) and/or fractured calcite). The red zone indicates a potential hearth structure at the border of the flowstone floor. Several of these 'combustion' zones were confirmed by magnetic measurements done by F. Lévêque.*



core Number	Sample Number	<sup>238</sup> U (ppb)	<sup>232</sup> Th (ppt)	<sup>230</sup> Th / <sup>232</sup> Th (atomic x10 <sup>-6</sup> )	δ <sup>234</sup> U* (measured)	<sup>230</sup> Th / <sup>238</sup> U (activity)	<sup>230</sup> Th Age (ky) (uncorrected)	<sup>230</sup> Th Age (ky) (corrected)	δ <sup>234</sup> Uinitial** (corrected)	<sup>230</sup> Th Age (ky BP)*** (corrected)
Stalagmites in the structures (cores)										
BR-stm-SA249	2491	205,4 ±0,3	16704 ±335	256 ±5	466,2 ±2,4	1,262 ±0,003	178,5 ±1,2	177,1 ±1,5	769 ±5	177,1 ±1,5
BR-stm-RA62	621	90,5 ±0,1	14623 ±293	146 ±3	898,7 ±2,8	1,430 ±0,003	130,6 ±0,6	128,6 ±1,6	1292 ±7	128,5 ±1,6
BR-stm-RA62	622	154,9 ±0,2	30279 ±607	125 ±3	593,6 ±2,3	1,477 ±0,003	206,8 ±1,3	204,0 ±2,3	1056 ±8	203,9 ±2,3
BR-stm-RA62	623	133,4 ±0,1	4037 ±81	811 ±16	583,5 ±1,4	1,489 ±0,002	215,0 ±0,9	214,6 ±1,0	1069 ±4	214,6 ±1,0
BR-stm-RA62	624	98,9 ±0,1	1131 ±23	2309 ±46	573,1 ±1,7	1,601 ±0,002	273,6 ±1,7	273,5 ±1,7	1240 ±7	273,4 ±1,7
BR-stm-SB7	71	330,8 ±0,8	150823 ±3036	50 ±1	462,0 ±3,3	1,391 ±0,004	229,8 ±2,7	222,5 ±5,8	866 ±15	222,4 ±5,8
BR-stm-SB7	72	134,8 ±0,2	242876 ±4870	13 ±1	306,0 ±2,5	1,410 ±0,009	484,4 ±40,1	456,8 ±38,4	1111 ±122	456,7 ±38,4
BR-stm-SB7	73	68,2 ±0,1	1939 ±39	809 ±16	612,9 ±1,7	1,395 ±0,002	175,7 ±0,7	175,3 ±0,8	1005 ±4	175,2 ±0,8
BR-stm-SB7	701	98,7 ±0,1	1912 ±38	1127 ±23	598,5 ±1,6	1,325 ±0,002	160,7 ±0,7	160,7 ±0,7	942 ±3	160,6 ±0,7
BR-stm-SB7	702	71,4 ±0,1	5343 ±107	325 ±7	864,9 ±2,2	1,476 ±0,002	142,0 ±0,9	142,0 ±0,9	1291 ±5	141,9 ±0,9
BR-stm-SB7	703	99,9 ±0,1	180 ±4	13463 ±275	961,0 ±2,1	1,469 ±0,003	128,9 ±0,5	128,9 ±0,5	1383 ±4	128,8 ±0,5
BR-stm-SB7	704	87,8 ±0,1	286 ±6	7380 ±150	969,5 ±2,4	1,458 ±0,003	126,2 ±0,5	126,2 ±0,5	1384 ±4	126,2 ±0,5
BR-stm-RB7	75	246,2 ±0,3	31548 ±632	176 ±4	401,9 ±1,9	1,368 ±0,002	254,6 ±1,8	252,5 ±2,3	820 ±7	252,5 ±2,3
BR-stm-RB7	76	219 ±0,2	45447 ±910	106 ±2	267,5 ±1,6	1,335 ±0,002	410,1 ±7,3	406,8 ±7,5	843 ±18	406,7 ±7,5
BR-stm-RB7	74	95,1 ±0,1	30522 ±611	70 ±1	548,3 ±1,8	1,357 ±0,003	183,0 ±1,0	178,0 ±3,7	906 ±10	177,9 ±3,7
BR-stm-RB7	77	133 ±0,2	9 ±1	48099 ±2907	801,2 ±1,8	0,204 ±0,001	13,0 ±0,1	13,0 ±0,1	831	12,9 ±0,1
BR-stm-RB7	705	102 ±0,1	8937 ±179	280 ±6	735,1 ±2,0	1,490 ±0,003	168,7 ±1,1	168,7 ±1,1	1183 ±5	168,6 ±1,1
BR-stm-RB7	706	141 ±0,2	1139 ±23	2695 ±54	587,2 ±2,0	1,323 ±0,003	163,0 ±0,8	163,0 ±0,8	930 ±4	163,0 ±0,8
BR-stm-RB7	707	102 ±0,1	1071 ±21	2053 ±41	568,0 ±2,1	1,310 ±0,002	164,3 ±0,8	164,3 ±0,8	903 ±4	164,2 ±0,8
BR-stm-RB7	708	126 ±0,2	1454 ±29	2015 ±41	697,9 ±2,6	1,409 ±0,003	159,0 ±0,8	159,0 ±0,8	1093 ±5	158,9 ±0,8
BR-stm-RB7	709	84 ±0,1	141 ±3	14633 ±310	996,1 ±2,4	1,490 ±0,005	127,8 ±0,8	127,8 ±0,8	1429 ±5	127,7 ±0,8
BR-stm-RB7	710	79 ±0,1	1564 ±31	1185 ±24	925,6 ±2,3	1,432 ±0,002	127,3 ±0,5	127,3 ±0,5	1326 ±4	127,2 ±0,5
BR-stm-SA59	59	224,8 ±0,2	744 ±15	8828 ±178	922,1 ±1,8	1,772 ±0,002	193,5 ±0,7	193,4 ±0,7	1592 ±4	193,4 ±0,7
BR-stm-SA59	592	169,8 ±0,1	149 ±3	33139 ±736	908,1 ±1,6	1,762 ±0,002	194,6 ±0,7	194,6 ±0,7	1572 ±4	194,5 ±0,7
BR-stm-RB23	231	92,5 ±0,1	1595 ±32	1241 ±25	401,6 ±1,7	1,299 ±0,002	217,9 ±1,2	217,7 ±1,2	742 ±4	217,6 ±1,2
BR-stm-RB23	232	87 ±0,1	4889 ±98	421 ±8	688,1 ±2,1	1,442 ±0,003	169,1 ±0,8	168,3 ±1,0	1106 ±5	168,3 ±1,0
BR-stm-RB23	235	85 ±0,1	4921 ±99	430 ±9	707,0 ±1,9	1,503 ±0,002	179,0 ±1,0	179,0 ±1,0	1172 ±4	178,9 ±1,0
BR-stm-RB23	236	72 ±0,1	574 ±12	3151 ±63	731,8 ±1,9	1,522 ±0,002	178,3 ±0,8	178,3 ±0,8	1210 ±4	178,2 ±0,8
BR-stm-RB23	233	147 ±0,2	34055 ±683	91 ±2	433,6 ±1,7	1,272 ±0,002	193,1 ±1,0	189,2 ±3,0	740 ±7	189,1 ±3,0
BR-stm-RB23	234	76 ±0,1	157 ±3	10295 ±209	409,7 ±1,6	1,286 ±0,002	208,2 ±1,1	208,2 ±1,1	737 ±4	208,1 ±1,1

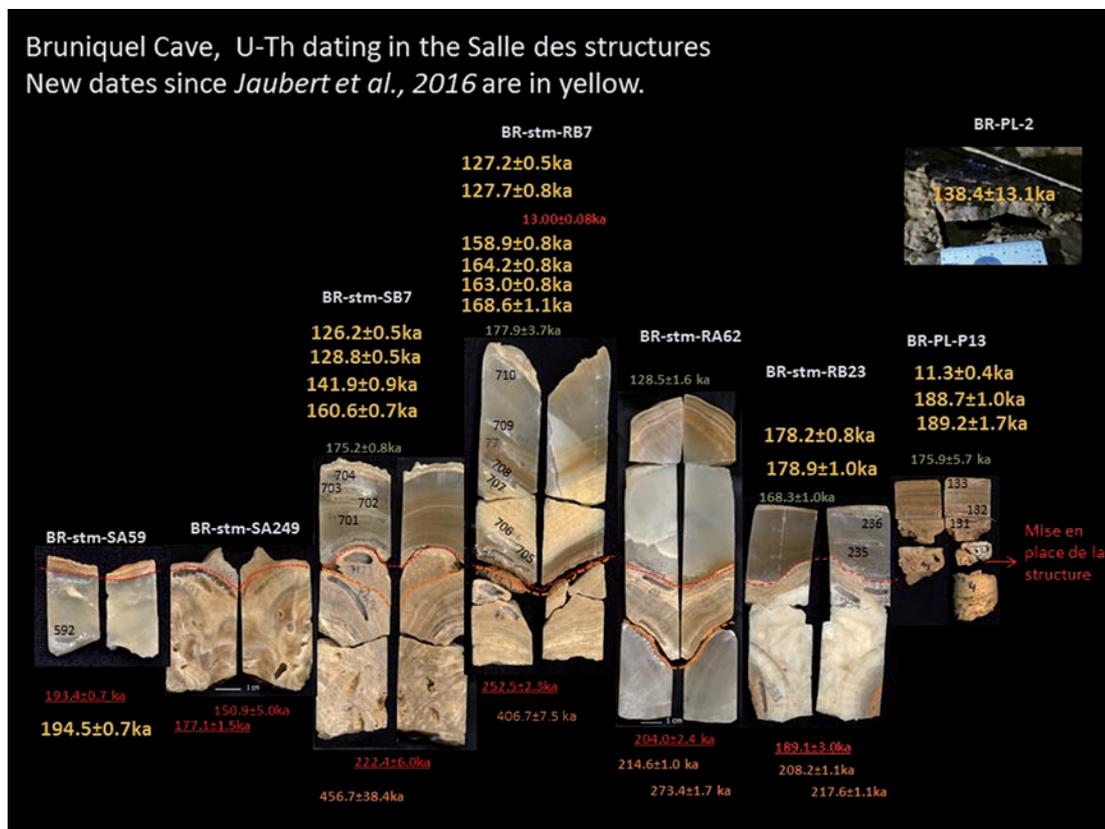


Tableau 1 : Grotte de Bruniquel : résultats des datations de 2014 (grisé) [Jaubert *et al.*, 2016] et des datations de 2016 (noir) sur les carottes des structures. Bruniquel cave: U-series dating results of 2014 (grey) [Jaubert *et al.*, 2016] and of 2016 (black) obtained from the cores extracted from the stalagmites of the structures.

Figure 5 : Grotte de Bruniquel : figure récapitulative des dates U-Th obtenues. En jaune, les nouvelles dates obtenues en juin 2016.

Bruniquel cave: overview of the obtained U-series dating results. In yellow, the new results obtained since 2016.

datés sont dans l'ordre stratigraphique. Les inversions d'âge observées, sous-échantillons 706 et 707 dans BR-stm-RB7 sont en effet en accord chronologique en prenant en compte les marges d'incertitudes. Les rapports  $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$  sont généralement au-dessus de 100, ce qui montre un taux relatif faible en Th détritique ( $^{232}\text{Th}$ ).

Une incompatibilité existe entre ces nouvelles datations et celles effectuées en 2014 pour les échantillons BR-stm-RB7 et BR-stm-RB23. Pour la carotte BR-stm-RB7, l'âge holocène du sous-échantillon 77 (obtenu en 2014) est maintenant difficilement explicable, sauf problème survenu lors des procédures chimiques avant datation. Les nouvelles datations confirment l'âge d'environ 170 ka de la base de la repousse et réconcilient les âges anciens (d'environ 170 à environ 130 ka) pour l'entièreté de la repousse avec la sédimentologie qui ne montre pas de discontinuité franche à laquelle on aurait pu s'attendre avec un âge holocène pour le haut de la carotte. De plus, visuellement, la repousse ne ressemble pas à la dernière génération de spéléothèmes observée dans la salle avec des stalagmites-cierges très blanches à translucides, supposées d'âge holocène. Les deux nouvelles analyses aux dépens de la carotte BR-stm-RB23 donnent des âges moyens corrigés plus élevés ( $178,2 \pm 0,8$  ka et  $178,9 \pm 1,0$  ka) que l'âge moyen des structures ( $176,5 \pm 2,1$  ka) mais restent cependant dans les marges d'incertitudes.

L'âge des structures est donc conforté et, suite aux nouvelles datations, désormais mieux contraint pour sa limite supérieure (post-construction) par les nombreuses repousses donnant des âges proches de l'âge des structures (figure 6), que pour sa limite inférieure où les âges sont plus dispersés. Il serait donc souhaitable de continuer les datations pour les parties anciennes (les sommets des « spéléofacts ») et ainsi renforcer la limite d'âge inférieure (pré-construction). Disposer d'une date la plus précise possible est particulièrement important pour déterminer le climat sous lequel évoluaient ces Néandertaliens anciens. La période de la fin du stade isotopique 7 et le début du stade isotopique 6, connaissent en effet des changements climatiques importants et très rapides [Wainer et al., 2011].

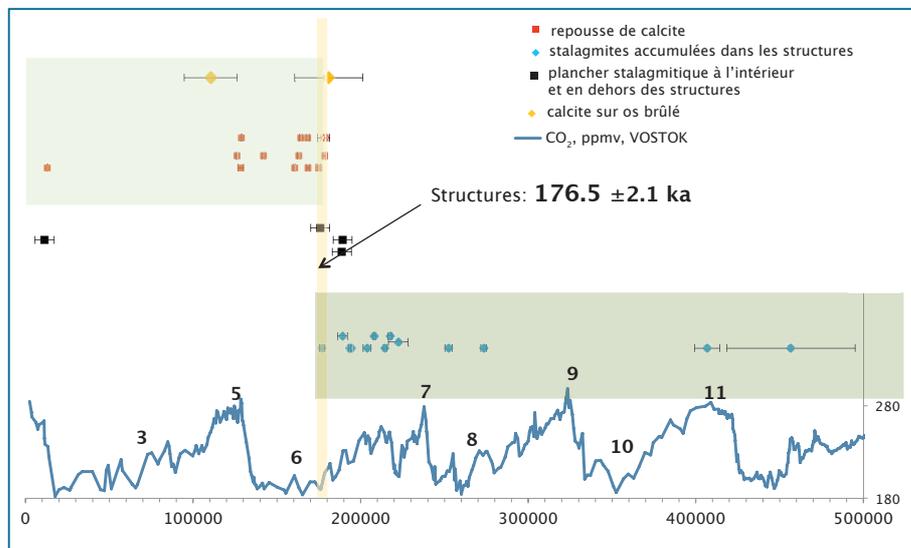


Figure 6 : Grotte de Bruniquel : figure récapitulative des anciennes et nouvelles dates U-Th obtenues sur les carottes entre 160 ka et 210 ka. En grisé, l'âge des structures obtenu suite à la première série de dates en 2014 et 2015.

*Bruniquel cave: overview graph of previous and recent obtained results of U-series dating on the calcite cores. The grey zone indicates the age of the structures obtained from the first series of dating in 2014 and 2015.*

### C. Conclusions sur l'âge des structures

Les nouvelles dates obtenues aux dépens des carottes anciennement prélevées confirment l'âge des structures établi sur la base des deux premières séries de dates. Elles renforcent surtout l'âge minimal des structures et créent un déséquilibre dans le nombre de dates obtenues pour l'âge maximal et minimal. Il serait donc souhaitable d'obtenir quelques datations pour la partie ancienne des carottes (sommets des spéléofacts).

## VII. Le plancher stalagmitique dans et aux alentours des structures

### A. Description et échantillons prélevés pour la datation

Les structures de stalagmites brisées sont scellées dans un plancher stalagmitique qui couvre le sol contemporain de l'occupation humaine. La datation permet de déterminer si le plancher était déjà présent lors de la construction de la structure ou s'il est postérieur et recouvre le sol archéologique correspondant à un niveau d'argile sous-jacent.

Une carotte (BR-PL-P13) a été prélevée dans le plancher en P13 (figure 7). Le plancher y est épais d'environ 5 cm (figure 5). Il débute par un dépôt de calcite cristallisé, type gour mesurant environ 1 cm d'épaisseur surmonté d'une calcite, finement laminée alternant des séries plus pures et d'autres plus détri-

tiques. Une discontinuité soulignée par une fine couche d'argile désolidarise les deux parties de la carotte. Plusieurs sous-échantillons ont été obtenus pour la datation : l'échantillon n° 13 a été daté en 2014, les autres en 2016. Il est à noter qu'au-dessous du plancher, au moins 15 cm d'argile ont été prélevés.

L'échantillon BR-PL2 est un morceau du bord du plancher de calcite se situant sur le cheminement actuel au sud-est des structures (figure 7). Un sous-échantillon a été prélevé pour la datation à la base du plancher.

### B. Résultats et discussion

Le plancher, prélevé à l'intérieur de la grande structure A, semble s'être, pour sa plus grande partie, formé autour de 180 ka avec cependant une couche supérieure datée de l'Holocène (tableau 2, figure 5). Le profil montre des inversions d'âge entre les sous-échantillons 13 et 131, mais, bien que différents en prenant en compte les incertitudes analytiques, les âges ne sont pas très éloignés. Compte tenu du faible taux d'uranium (~0.2 ppm) et un taux de thorium détritique relativement élevé aux deux extrémités de la carotte, les âges des sous-échantillons 131 et 132 sont *a priori* plus fiables. Ces datations situent la mise en place du plancher à la fin du stade isotopique 7, pénultième interglaciaire, et suggèrent l'existence d'un plancher stalagmitique en P13 avant la construction des structures ( $176,5 \pm 2,1$  ka). Néanmoins, en raison

de la proximité des âges obtenus pour les sous-échantillons 131 et 132 avec l'âge des constructions ( $176,5 \pm 2.1\text{ka}$ ), du faible taux d'uranium et du taux élevé de thorium détritique, il serait souhaitable de confirmer l'âge du plancher à un autre endroit, plus favorable géochimiquement. Le bord sud-est du plancher, dont la base est datée à  $138 \pm 13\text{ ka}$  suggère que celui-ci est plus récent et s'est déposé durant le stade isotopique 5, proche de l'optimum du Dernier Interglaciaire (Eemien). Comme pour les autres échantillons discutés, l'incertitude importante sur l'âge provient de l'excès de thorium issu de la fraction détritique (argile) et de la quantité restreinte d'uranium.

### C. Conclusion sur l'âge des planchers

Les derniers résultats effectués sur le plancher stalagmitique de la structure A suggèrent que celui-ci a débuté sa croissance un peu avant ou à l'époque de la construction des structures et s'est étendu vers le sud-est durant le Dernier Interglaciaire. Une fine couche de calcite holocène recouvre le plancher à l'intérieur des structures. L'incertitude de leurs âges due au taux élevé de thorium détritique fait que la réalisation d'autres dates sur une partie moins détritique du plancher est souhaitable avant de se prononcer définitivement quant à la présence ou non d'un plancher lors de la construction des structures.

### D. Quelques réflexions préliminaires concernant la fonction des structures

La fonction des structures reste à ce jour non identifiée. Excepté une première réflexion de B. Hayden [2012], ce volet de l'étude, n'ayant été que peu abordé, nous nous limitons ici à quelques remarques générales et liminaires. L'absence d'artefacts ou de tout autre forme de preuve de la présence anthropique autre que les structures, leurs zones d'emprunt (en cours d'inventaire) et les matériaux de combustion, et donc de preuve directe pour l'une ou l'autre fonction, rend l'interprétation du rôle des structures hasardeuse : de type économique (récolte d'eau, de calcite ou d'argile), protectrice (refuge contre le froid et/ou des prédateurs) ou de type spirituel (culturel, initiatique...) [Clottes, 2005 et 2006 ; Hayden, 2012]. Il est donc indispensable de poursuivre leur étude et de récolter de nouvelles informations non seulement sur les constructions, mais également sur les structures de combustion et leur environnement. Ceci afin de procéder par élimination progressive des fonctions supposées les moins recevables. Au titre des fonctions « pratiques », l'utilisation d'une superstructure type « tente » maintenue grâce à deux poteaux porteurs calés dans les accumulations centrales de stalagmites a été logiquement évoquée. Cette hypothèse vient également en partie de la comparaison avec des structures similaires comme celles de Molodova [Goretski et Ivanova, 1982], Paléolithique moyen récent (LMP) datées de 44 ka ou les structures de pierres, structures d'habitats ou culturelles magdaléniennes de La Garma datées d'environ 16 000 cal BP [Ontañón, 2003]. Cette hypothèse n'est à ce jour pas retenue pour les structures de Bruniquel en raison de l'observation de nombreuses traces de feu identifiées sur les accumulations de stalagmites, ce qui est peu compatible avec la présence d'une couverture ou de poteaux en matériaux périssables.

Autre hypothèse parfois évoquée, celle d'une réserve d'eau. Actuellement, un bassin d'eau, type gour, s'est en effet formé dans la grande structure A et un plancher s'est déposé dans la structure B. Néanmoins, la récolte d'eau d'un ou plusieurs points de percolation ne nécessiterait pas une si grande construction. Une structure plus modeste aurait sans doute été plus facile à étanchéifier. Les structures connues

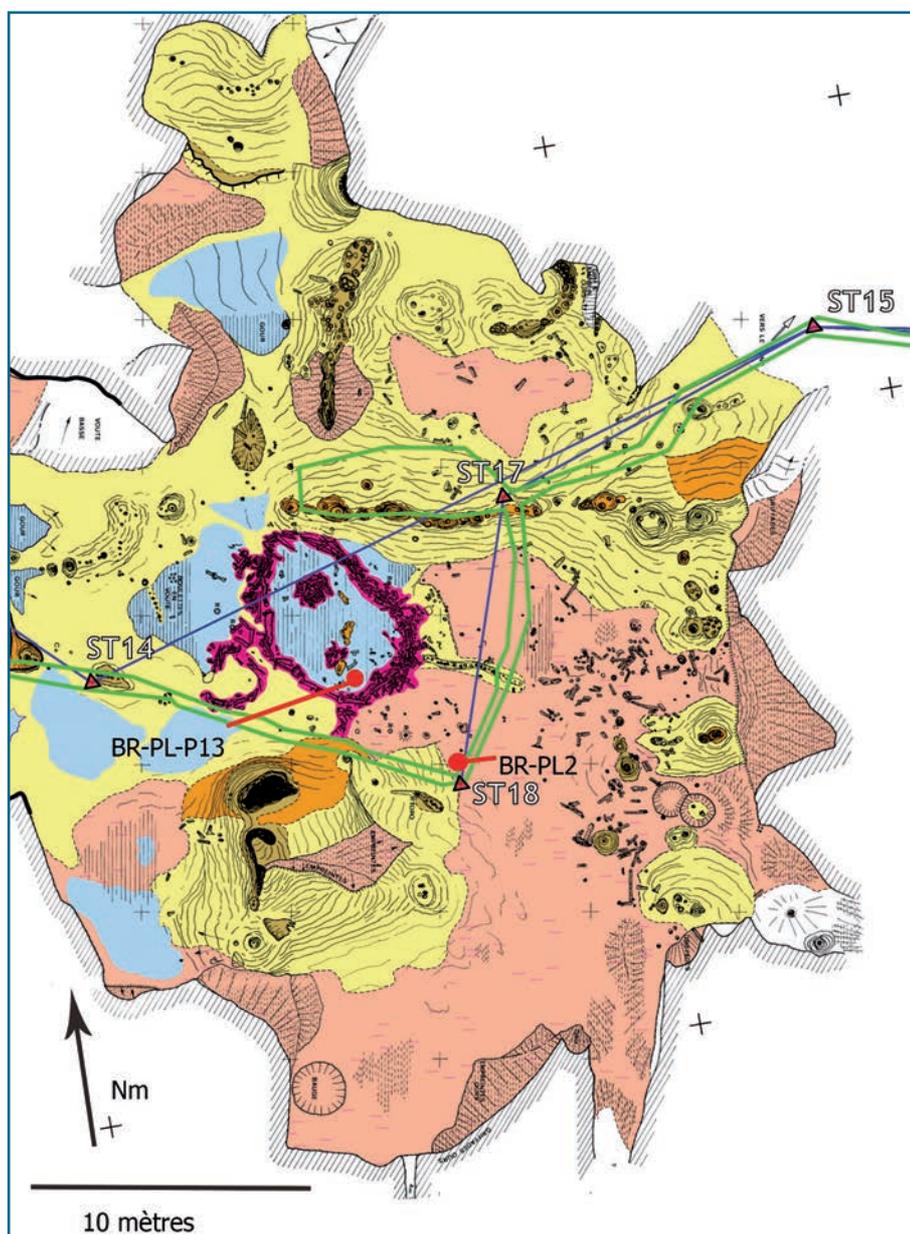


Figure 7 : Grotte de Bruniquel, localisation de l'échantillon du plancher BR-PL2 et BR-PL-P13. Bruniquel cave. Localisation of the samples taken in the flowstones BR-PL2 and BR-PL-P13 based on the Protée S.A. and SSAC cave maps.

core Number	Sample Number	<sup>238</sup> U (ppb)	<sup>232</sup> Th (ppt)	<sup>230</sup> Th / <sup>232</sup> Th (atomic x10 <sup>-6</sup> )	δ <sup>234</sup> U* (measured)	<sup>230</sup> Th / <sup>238</sup> U (activity)	<sup>230</sup> Th Age (ky) (uncorrected)	<sup>230</sup> Th Age (ky) (corrected)	δ <sup>234</sup> U <sub>Initial</sub> ** (corrected)	<sup>230</sup> Th Age (ky BP)*** (corrected)
Flowstone inside the main structure.										
BR-PL-P13	13	163,2 ±0,2	82660 ±1655	45 ±1	564,0 ±1,8	1,376 ±0,003	183,8 ±1,2	175,9 ±5,7	927 ±15	175,9 ±5,7
BR-PL-P13	131	199,9 ±0,3	24519 ±491	176 ±4	477,2 ±1,9	1,312 ±0,002	189,3 ±1,7	189,3 ±1,7	814 ±5	189,2 ±1,7
BR-PL-P13	132	174,7 ±0,2	8669 ±174	456 ±9	542,5 ±1,8	1,372 ±0,002	188,8 ±1,0	188,8 ±1,0	924 ±4	188,7 ±1,0
BR-PL-P13	133	180,2 ±0,2	6898 ±138	84 ±2	867,9 ±2,4	0,195 ±0,001	11,3 ±0,4	11,3 ±0,4	896 ±3	11,3 ±0,4
BR-PL	P-2	99,0 ±0,1	118433 ±2373	20 ±0	724,6 ±2,1	1,421 ±0,003	138,5 ±13,1	138,5 ±13,1	1071 ±40	138,4 ±13,1

Tableau 2. Grotte de Bruniquel : datation U-Th du plancher dans et autour des structures dans la salle de la Structure. *Bruniquel cave: U-series dating of the flowstones in and around the structures in the salle de la Structure.*

de récolte d'eau dans la grotte de Hoq [Socotra Karst Project 6 ; Verheyden et al., 2005] sur l'île de Socotra (Yémen) montrent, par exemple, des dimensions nettement plus modestes. Les structures de Bruniquel sont irrégulières en élévation et donc peu adaptées à une récolte d'eau. De plus, actuellement l'eau de percolation arrive surtout depuis des zones extérieures aux structures à hauteur des stalagmites massives, de part et d'autre des constructions. Un bassin de récolte d'eau aurait dès lors plutôt ressemblé au bassin d'eau qui serait potentiellement d'origine anthropique identifié à Chauvet et constitué d'un barrage en morceaux de planchers de calcite [Delannoy et al., 2012]. Il est donc très peu probable que les structures aient servi à récolter ou à stocker de l'eau à Bruniquel. On peut éventuellement se demander dans quelle mesure elles ont pu plutôt servir à éviter que l'eau ou la boue n'y pénètrent en considérant que la topographie de la salle n'aurait pas trop été modifiée depuis. Enfin, récolter de l'eau dans la grotte indiquerait un manque d'eau à l'extérieur ce qui semble en contradiction avec la présence d'une rivière à l'extérieur, à moins de gels hivernaux durables. Quant à une hypothétique fonction cultuelle, une réflexion est en cours avec la contribution de B. Hayden qui a déjà évoqué des analogies ethno-archéologiques sur la base de la première génération de relevés de F. Rouzaud et M. Soulier [Hayden, 2012].

## VIII. L'éboulis d'entrée

### A. Description et échantillons prélevés pour la datation

L'éboulis d'entrée est formé majoritairement d'imposantes dalles issues du démantèlement de la roche encaissante et de blocs ou dalles plus réduites (type géli fractas et/ou fraction grossière issue directement du calcaire à plaquettes). De nombreux spéléothèmes scellent cet

éboulis. Un premier type est constitué de piliers stalagmitiques massifs, qui présentent de nombreuses fractures dont l'origine peut être multiple : décompression de versant, néotectonique ou tassement de l'éboulis. En plusieurs endroits, les piliers ainsi que des stalactites et les parois montrent d'importantes traces de corrosion indiquant l'existence d'un (paléo) courant d'air corrosif. L'éboulis lui-même contient des fragments de spéléothèmes illustrant une phase précédente de dépôts de spéléothèmes (planchers, stalagmites, stalactites) brisés par une ou plusieurs phases de démantèlement, de mouvements de l'éboulis ou de remplissages sédimentaires provenant de l'extérieur (photo 8). En haut de l'éboulis, entre les deux étroitures, on observe des débris cimentés à la paroi qui suggèrent un tassement de l'éboulis d'environ 40 cm au fil du temps.

Afin d'obtenir un âge minimal (âge supérieur) pour la mise en place de cet éboulis d'entrée, deux stalagmites ont été prélevées (BR-stm 2 et 3) dans la petite salle entre les deux rétrécissements, à mi-chemin du boyau d'entrée. Un plancher (BR-pl-1) a par ailleurs été carotté à mi-pente de l'éboulis côté nord-est ou « fond de la grotte » (figure 8).

La carotte extraite du plancher de l'éboulis BR-pl-1 mesure 14,3 cm de long et 2,5 cm de diamètre. La base du plancher repose sur des blocs de l'encaissant dont des éléments sont incorporés dans la calcite de la base de la carotte. Cette dernière (figure 9) est constituée de calcite brune à blanche. Des lamines très fines sont visibles. L'échantillon s'est désolidarisé en plusieurs endroits, ruptures sans doute liées à des couches de calcite moins denses, plus détritiques et/ou constituées de calcite blanche poudreuse, notamment à 7,0 cm et 13,5 cm de la base.

À 13,5 cm, une surface corrodée est en effet à noter. Les 2 cm supérieurs de la carotte sont constitués de calcite

blanche poreuse, en partie altérée. Un sous-échantillon (BR 1) a été prélevé à la base de la carotte pour datation.

La stalagmite BR-stm-2 mesure 12,5 cm de haut et ~7,5 cm de diamètre. La stalagmite BR-stm-3 est longue de ~20 cm le long de son axe de croissance et large de ~8 cm. Des éléments de calcaire sont piégés dans la base des stalagmites. Elles sont toutes deux constituées d'une calcite blanche très poreuse avec de nombreuses vacuoles, dues soit à des inclusions fluides, soit à une altération post-dépôt (figure 9). Les 7 cm supérieurs de BR-stm-3 sont nettement moins poreux. Cette stalagmite montre également des changements dans l'axe de croissance et une nette diminution du diamètre à mi-hauteur, évoluant vers une stalagmite cierge. Une lamination est visible dans les deux stalagmites. Le sommet s'achève par une fine couche d'argile brune. Quatre sous-échantillons ont été prélevés, un à la base et au sommet de chaque stalagmite.

### B. Résultats et discussion

Les résultats sont présentés dans le tableau 3. Les datations montrent un faible taux d'uranium (~0,05 ppm) dans tous les échantillons et un taux relativement élevé de thorium détritique. Les stalagmites sont très poreuses suggérant une diagenèse avec ouverture du système chimique avec un danger de perte d'uranium et incorporation de thorium détritique, vieillissant les âges. Néanmoins, les stalagmites montrent des âges cohérents. Compte tenu du taux particulièrement élevé de thorium détritique pour la stalagmite BR-stm-2 et le sommet de BR-stm-3, seul le sommet de BR-stm-3 est, a priori, à retenir. Le taux maximal d'uranium plaide également en faveur d'une moindre ouverture du système par rapport aux autres sous-échantillons. On peut donc prudemment retenir une première date, à confirmer, d'au moins 140 000 ans pour la mise



Photo 8 : Grotte de Bruniquel, l'éboulis côté sud en remontant vers l'étréouire de sortie située dans le coin supérieur droit de la photo. Encerclé en rouge, un reste de stalagmite retournée faisant partie des débris dans l'éboulis. Cliché S. Delaby © SSAC.

*Bruniquel cave. Collapsed limestone blocks at the southern end of the entrance area towards the small passage towards the exit located at the upper right corner of the picture. In the red circle a broken stalagmite is part of the collapse.*

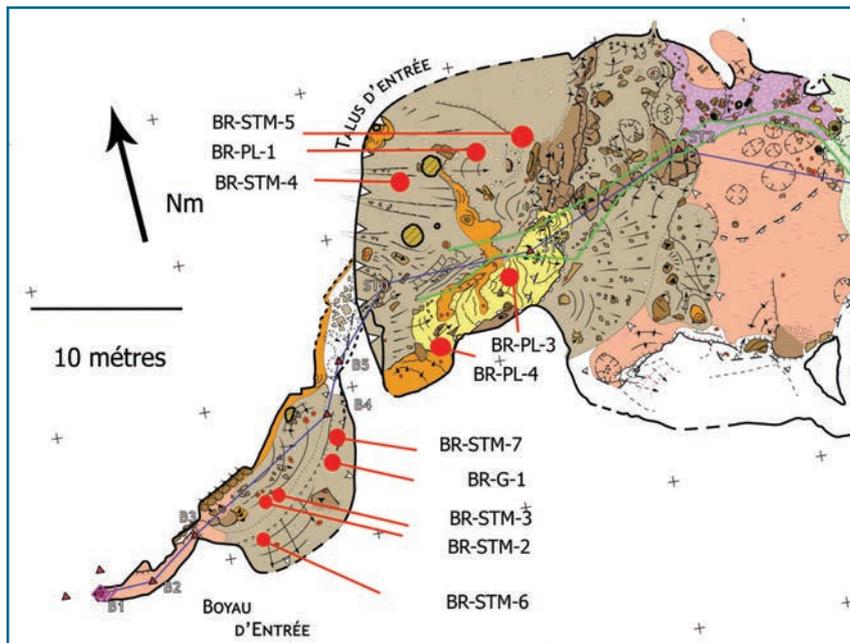
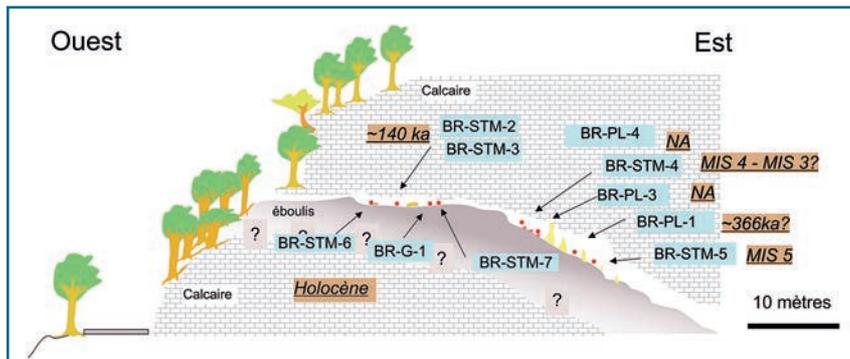


Figure 8 : Grotte de Bruniquel, plan et coupe schématique de la zone d'entrée. Localisation des échantillons récoltés pour la datation U-Th sur l'éboulis. Les échantillons déjà datés sont discutés dans le texte.

*Bruniquel cave: map and vertical profile of the entrance zone with indication of the location of the samples, taken for U-series dating, on the entrance collapse. The already dated samples are discussed in the text.*

en place de l'éboulis dans ce secteur. Le plancher à mi pente de l'éboulis donne quant à lui un âge de  $366 \pm 5$  ka (tableau 2), ce qui suggère que l'éboulis, du moins cette partie de l'éboulis est ancien et était en place bien avant la construction des structures. Ces dates doivent être confirmées par d'autres datations U-Th et complétées par une étude de la faune affleurant dans l'éboulis afin de disposer d'arguments biochronologiques (M. Boudadi-Maligne, travaux en cours).

### C. La question de l'accès à la grotte

L'entrée utilisée par les Néandertaliens à l'origine des constructions dans la grotte reste incertaine. Il est bien entendu impossible qu'ils soient passés par l'étréouire d'entrée actuelle puisque les spéléologues ont dû agrandir le passage, barré par une lame calcaire, afin de pouvoir accéder à la galerie principale. Si les dates anciennes sont confirmées, l'éboulis pourrait avoir été, au moins partiellement, en place lors des constructions. Jusqu'à présent, on ne peut pas totalement exclure que les hommes aient pu pénétrer le long de la paroi sud de l'éboulis. Une autre possibilité serait l'existence d'une ouverture de l'autre côté de la galerie principale, dans le prolongement de son actuel terminus. En effet la galerie rectiligne s'achève par un colmatage argileux à environ 50 mètres du versant oriental de la colline aux dépens de laquelle se développe la grotte. Dans la salle de la Structure, on observe des dépôts carbonatés de type hydro-magnésique et « brocolis », indicateurs de l'existence d'un courant d'air en provenance du fond actuel de la grotte, potentiellement lié à une ouverture de ce côté.

## IX. Géomorphologie Le paysage autour de la grotte de Bruniquel

Avec la multiplication des études pluridisciplinaires s'est généralisée une approche plus holistique des sites archéologiques. L'environnement immédiat est ainsi pris en compte comme élément essentiel ou du moins comme un indice pouvant contribuer à la compréhension d'un certain comportement de l'Homme. Par exemple, dans les cultures Maya, l'importance des grottes dans les croyances ainsi que dans la vie quotidienne a été largement démontrée. P.A. Peterson et al. [2005] ont mis ainsi en exergue le lien entre l'emplacement de constructions mayas et la proximité de grottes. Là où il y a absence de cavités naturelles, celles-ci sont remplacées par des

grottes artificielles ou galeries souterraines. Sur les sites paléolithiques, M. Lorblanchet [1995] pose la question du lien entre le site archéologique et son environnement immédiat, et sa signification pour l'Homme en termes de lieu d'élection : par exemple, le Mont Castillo, véritable cône majestueux, ou encore la colline du Pech Merle qui domine le confluent du Célé et de la Sagne ont pu jouer le rôle d'une « montagne des esprits ». Autre exemple bien connu, la montagne du Sédour pour le bassin de Tarascon-sur-Ariège (Bèdeilhac). Ou encore, la grotte Chauvet à proximité de l'arche calcaire du Pont-d'Arc ou, à l'autre extrémité des gorges de l'Ardèche, le Ranc-Pointu, piton calcaire particulièrement reconnaissable et entouré de plusieurs grottes ornées [Monney, 2012], autant d'arguments remarquables en faveur de l'existence d'un « effet de site » pour des lieux de signification sociale. J. Monney utilise le terme de « complexe de sites » pointant l'association entre site naturel et grotte ornée ou ensemble de plusieurs grottes ornées. Même si des contre-exemples existent (comme à Lascaux où aucun site naturel exceptionnel ne semble à ce jour identifié à proximité), il est intéressant d'au moins se poser la question de savoir si une caractéristique environnementale, un site grandiose par exemple, un accès aisé ou à l'inverse, particulièrement difficile, le carrefour de plusieurs vallées, la proximité de matières premières recherchées, etc. auraient pu jouer en faveur du choix de la cavité.

Dans le cas de la grotte de Bruniquel, sa proximité à la croisée de plusieurs vallées et la vue grandiose sur la vallée de la Vère depuis les hauteurs de la rive droite de l'Aveyron à l'opposé de la confluence pourrait être un argument en faveur de l'hypothèse de cet effet de site.

## Conclusions

Les nouvelles datations U-Th sur les spéléothèmes de la grotte de Bruniquel confirment l'âge de  $176,5 \pm 2,1$  ka en renforçant surtout l'âge minimal pour l'abandon des structures. Les datations n'apportent pas de conclusions



définitives quant à la présence ou non d'un plancher stalagmitique à l'intérieur des structures puisque celui-ci semble s'être mis en place dans le même temps, précisément autour de la période 190-170 ka. De même, les datations sur les spéléothèmes scellant l'éboullis d'entrée ne permettent pas de trancher si ce dernier était entièrement constitué et si les Néandertaliens auteurs des constructions ont pu, ou non, entrer par ce versant. Néanmoins, les datations, combinées aux observations suggèrent une mise en place très ancienne pour au moins une grande partie de cet éboullis. Si la fonction exacte des structures reste encore à établir, des fonctions de type structure d'habitat ou réserve d'eau semblent peu probables. La proximité d'un paysage grandiose créé par la confluence de la Vère à hauteur d'un méandre de l'Aveyron contribue à discuter l'idée d'un lien entre les sites anthropiques à forte signification sociale et un environnement naturel remarquable. De nouvelles datations sur l'éboullis d'entrée, l'étude des autres indices potentiellement anthropiques conservés dans la grotte (points d'éclairage, stalactites retournées, zones d'em-

Figure 9 : A. Grotte de Bruniquel : carotte de calcite extraite du plancher montrant plusieurs phases de corrosion et/ou de dépôt de calcite pulvérulente. B coupes longitudinales des stalagmites BR-STM 2 et 3. Bruniquel cave: longitudinal profiles of the calcite core BR-PL-1 sampled in the flowstone and showing several phases of corrosion and/or powdery calcite deposition, and of stalagmites BR-STM 2 and 3. The three samples were taken from the entrance collapse.

Tableau 3 : Grotte de Bruniquel : résultats des datations U-Th sur les échantillons de l'éboullis d'entrée. Bruniquel cave: results of the U-series dating on the samples taken from the entrance collapse.

core Number	Sample Number	$^{238}\text{U}$ (ppb)	$^{232}\text{Th}$ (ppt)	$^{230}\text{Th} / ^{232}\text{Th}$ (atomic $\times 10^{-6}$ )	$d^{234}\text{U}^*$ (measured)	$^{230}\text{Th} / ^{238}\text{U}$ (activity)	$^{230}\text{Th}$ Age (ky) (uncorrected)	$^{230}\text{Th}$ Age (ky) (corrected)	$d^{234}\text{U}_{\text{Initial}}^{**}$ (corrected)	$^{230}\text{Th}$ Age (ky BP) $^{***}$ (corrected)
Stalagmites on the collapsed rocks in the entrance zone.										
BR-stm-3	31	$41,8 \pm 0,1$	$2780 \pm 56$	$226 \pm 5$	$203,2 \pm 1,5$	$0,910 \pm 0,002$	$144,5 \pm 0,8$	$143,0 \pm 1,3$	$304 \pm 3$	$142,9 \pm 1,3$
BR-stm-3	32	$15,7 \pm 0,1$	$14278 \pm 286$	$17 \pm 1$	$139,1 \pm 3,7$	$0,948 \pm 0,008$	$181,2 \pm 4,1$	$157,1 \pm 17,9$	$217 \pm 12$	$157,0 \pm 17,9$
BR-stm-2	21	$32,5 \pm 0,1$	$21647 \pm 434$	$25 \pm 1$	$131,7 \pm 2,8$	$0,996 \pm 0,005$	$211,0 \pm 3,6$	$194,0 \pm 12,6$	$228 \pm 9$	$193,9 \pm 12,6$
BR-stm-2	22	$28,1 \pm 0,1$	$13737 \pm 275$	$34 \pm 1$	$143,0 \pm 2,6$	$0,998 \pm 0,004$	$204,9 \pm 2,5$	$192,9 \pm 8,9$	$246 \pm 8$	$192,8 \pm 8,9$
Flowstone on the collapsed rocks at the beginning of the main gallery.										
BR-PL-1	1	$68,5 \pm 0,1$	$4066 \pm 81$	$316 \pm 6$	$132,9 \pm 1,4$	$1,139 \pm 0,002$	$367,4 \pm 5,8$	$366,1 \pm 5,8$	$373 \pm 7$	$366,0 \pm 5,8$

prunt des spéléothèmes, traces au sol, restes des structures de combustion...), l'étude plus poussée des structures elles-

mêmes et du reste de la salle, ainsi que la chronologie fine des événements qu'a connus la grotte permettront, du moins

espérons-le, de mieux contraindre les incertitudes sur le comportement de l'Homme dans la cavité.

## Bibliographie

- ARANBURU A., ARSUAGA J.L. and SALA N., 2017** - The stratigraphy of the Sima de los Huesos (Atapuerca, Spain) and implications for the origin of the fossil hominin accumulation. *Quaternary International* 433, p. 5-21.
- BAFFIER D., 1998** - *Les derniers Néandertaliens. Le Châtelperronien*. Paris, La maison des roches.
- BÉGOUËN R., FRITZ C., TOSELLO G., CLOTTES J., PASTOORS A., FAIST F. et COLL., 2009** - *Le Sanctuaire secret des bisons. Il y a 14000 ans, dans la caverne du Tuc d'Audoubert*. Paris, éd. Somogy et Association Louis Bégouën, 416 p.
- BÉGOUËN R., CLOTTES J., FERUGLIO V. et PASTOORS A. dir., 2014** - *La Caverne des Trois-Frères. Anthologie d'un exceptionnel sanctuaire préhistorique*. Paris, éd. Somogy et Association Louis Bégouën, 248 p.
- BURLET C., VANBRABANT Y., PIESSENS K., WELKENHUYSEN K. and VERHEYDEN S., 2015** - Niphargus: a silicon band-gap sensor temperature logger for high-precision environmental monitoring. *Computers & Geosciences* 74, p. 50-59.
- CHENG H. J., EDWARDS R. L., HO. J., GALLUP C.D., RICHARDS D.A. and ASMEROM Y., 2000** - On the half-lives of uranium-234 and thorium-230. *Chemical Geology* 169, p. 17-33.
- CHENG H., EDWARDS R.L., SHEN C.C., POLYAK V.J., ASMEROM Y., WOODHEAD J., HELLSTROM J., WANG Y., KONG X. and SPÖTL CH., 2013** - Improvements in <sup>230</sup>Th dating, <sup>230</sup>Th and <sup>234</sup>U half-life values, and U-Th isotopic measurements by multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry. *Earth and Planetary Science Letters*, 371-372, p. 82-91.
- CLOTTES J., 2005** - Spiritualité et religion au Paléolithique : les signes d'une émergence progressive. *Religions et Histoire*, 2, p. 18-25.
- CLOTTES J., 2006** - Spirituality and Religion in Paleolithic Times. In: LeRON SHULTS F. (ed.). *The Evolution of Rationality. Interdisciplinary Essays in Honor of J. Wentzel van Huyssteen*, Grand Rapids, MI: William B. Eerdmans Publishing Co. p. 133-148.
- CLOTTES J., CHAUVET J.-M., BRUNEL-DESCHAMPS É., HILAIRE CH., DAUGAS J.-P., ARANOL M., CACHIER H. ÉVIN J., FORTIN P., ORBELIN CH., TISNÉRAT N. et VALLADAS H., 1995** - Les peintures paléolithiques de la grotte Chauvet-Pont d'Arc (Ardèche, France) : datations directes et indirectes par la méthode du radiocarbone. *C.R. Acad. Sc. Paris*, vol. 320, série IIa, p. 1133-1140.
- DELANNOY J.-J., DAVID B., GENESTE J.-M., KATHERINE M., BARKER B., WHEAR R.L. and GUNN R.G. 2015** - The social construction of caves and rockshelters: Chauvet Cave (France) and Nawarla Gabarnmang (Australia). *Antiquity*, 87, p. 12-29.
- DELANNOY J.-J., GENESTE J.-M., JAILLET S., BOCHE E. et SADIÉ B., 2012** - Les aménagements et structures anthropiques de la grotte Chauvet-Pont-d'Arc. Apport d'une approche intégrative géomorpho-archéologique. In *Karsts, paysages et préhistoire*. Delannoy et al. éd. Coll. Edytem 13, p. 43-62.
- DURAND-DELGA M., 1979** - L'anticlinal de la Grésigne (Tarn, Haut-Languedoc), résultat du coulissement d'un bloc crustal quercynois. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 289, série D, p. 9-12.
- FABRE J., 1971** - *Contribution à l'étude du massif de la Grésigne*. Thèse Univ Paris, 138 p.
- GORETSKY G. I. and IVANOVA I. K., 1982** - *Molodova I. Unique Mousterian settlement on the middle Dniestr Region*. Moscow, Nauka, 240 p.
- HAYDEN B., 2011** - Peut-on parler d'une structure sociale néandertalienne ? *Dossiers de l'archéologie*, n° 345, p. 22-25.
- HAYDEN B., 2012** - Neandertal social structure ? *Oxford Journal of Archaeology*, 31(1), p. 1-26.
- HOFFMANN D. L., STANDISH C. D., GARCÍA-DIEZ M., PETTITT P. B., MILTON J. A., ZILHÃO J., ALCOLEA-GONZÁLEZ J. J., CANTALEJO-DUARTE P., COLLADO H., DE BALBÍN R., LORBLANCHET M., RAMOS-MUÑOZ J., WENIGER G.-CH. and PIKE A. W. G., 2018** - U-Th dating of carbonate crusts reveals Neandertal origin of Iberian cave art. *Science* 359, p. 912-915.
- JAUBERT J., 2016** - Que faisait Néandertal dans la grotte de Bruniquel ? *Pour la Science*, n° 465, juillet, p. 26-35.
- JAUBERT J. ET VERHEYDEN S., 2016** - La grotte de Bruniquel, in *La science au présent 2016, Encyclopædia Universalis*, p. 12-16. <http://www.universalis.fr/encyclopedie/grotte-de-bruniquel-tarn-et-garonne/>
- JAUBERT J. et VERHEYDEN S., 2017** - À la découverte des étranges constructions de Neandertal. *La recherche*, n° 521, mars, 7p.
- JAUBERT J., VERHEYDEN S., GENTY D., SOULIER M., CHENG H., BLAMART D., BURLET C., CAMUS H., DELABY S., DELBICQUE D., EDWARDS R.L., FERRIER C., LACRAMPE-CUYAUBÈRE F., LÈVÊQUE, MAKSUD F., MORA P., MUTH X., RÉGNIER, ROUZAUD J.-N. et SANTOS F., 2016** - Early Neandertal constructions deep in Bruniquel Cave in southwestern France. 2016. *Nature* 534, p. 111-114. <http://rdcu.be/it73>.
- LAFON L., 1996** - *La grotte de Bruniquel (Tarn-et-Garonne) : inventaire au sol des vestiges fauniques*. Thèse Univ Toulouse. 96-TOU 3-4111, 230 p.
- LARI M., DI VINCENTO F., BORSATO A., GHIROTTI S. MICHEL M., BALSAMO C., COLLINA C., DE BELLIS G., FRISIA S., GIACOBINI G., GIGLI E., HELLSTROM J.C., LANNINO A., MODI A., PIETRELLI A., PILLI E. PROFICO A., RAMIREZ O., RIZZI E., VAI S., VENTURO D., PIPERNO M., LALUEZA-FOX C., BARBUJANI G., CARAMELLI D. and MANZI G., 2015** - The Neandertal in karst: First dating, morphometric, and paleogenetic data on the fossil skeleton from Altamura (Italy). *Journal of Human evolution* 82, p. 88-94.
- LÉZIN C., 2000** - *Analyse des faciès et stratigraphie intégrée : application aux événements du passage Lias-Dogger sur la plate-forme du Quercy*. Thèse Université Toulouse III, Strata, série 2, vol. 35, 317 p.
- LORBLANCHET M., 1995** - *Les grottes ornées de la Préhistoire*. Ed. Errance. Arles, 288 p.
- LORBLANCHET M., 1999** - *La naissance de l'art. Genèse de l'art préhistorique*. Paris, Errance 304 p.
- LUMLEY H. de (dir.), 1969** - *Une cabane acheuléenne dans la grotte du Lazaret (Nice)*. Mémoires de la Société préhistorique française, vol. 7, 234 p.
- LUMLEY H. de (dir.), 2004** - *Le sol d'occupation acheuléen de l'unité archéostratigraphique UA 25 de la grotte du Lazaret, Nice, Alpes Maritimes, Aix-en-Provence, Edisud*, 480 p.
- MONNEY J., 2012** - Et si d'un paysage l'on contait passé ? Tissu de sens et grottes ornées le long des gorges de l'Ardèche. In *Karsts, paysages et préhistoire*. Delannoy et al. éd. Coll. Edytem 13, p. 21-39.
- ONAC B.P., VIEHMANN I., LUNDBERG J., LAURITZEN S. E., STRINGER C. and POPITA V., 2005** - U-Th ages constraining the Neandertal footprint at Vârtoap Cave, Romania. *Quaternary Science Reviews* 24, p. 1151-1157.
- ONTAÑÓN R., 2003** - Sols et structures d'habitat du Paléolithique supérieur, nouvelles données depuis les Cantabres : la Galerie inférieure de La Garma (Cantabrie, Espagne) *L'Anthropologie* 107, p. 333-363.
- PELISSIÉ T., 1982** - *Le Causse jurassique de Limogne-en-Quercy : stratigraphie - sédimentologie - structure*. Thèse univ. Toulouse, 281 p.
- PETERSON P.A., MCANANY P.A. and COBB A.B., 2005** - De-fanging the Earth Monster. In Brady J.E. and Prufer K.M.eds. *In the Maw of the Earth Monster. Studies of Mesoamerican Ritual Cave Use*. Chapter 12, p. 227-248.
- PIKE A.W.G., HOFFMANN D.L., GARCÍA-DIEZ M., PETTITT P.B., ALCOLEA J., DE BALBÍN R., GONZÁLEZ-SAINZ C., DE LAS HERAS C., LASHERAS J.A., MONTES R. and ZILHÃO J., 2012** - U-Series Dating of Paleolithic Art in 11 Caves in Spain. *Science* 336, p. 1409-1413.
- QUILES A., VALLADAS H., BOCHERENS H., DELQUÉ-KOLI E., KALTNECKER É., VAN DER PLICHT J., DELANNOY J.-J., FERUGLIO V., FRITZ C., MONNEY J., PHILIPPE M., TOSELLO G., CLOTTES J. and GENESTE J.-M., 2016** - A high-precision chronological model for the decorated Upper Paleolithic cave of Chauvet-Pont d'Arc, Ardèche, France, *Proc Natl. Acad. Sci., USA*, 113 (17), p. 4670-4675.
- ROBERT-LAMBLIN J., 2001** - Un regard anthropologique. in J. Clottes dir. *La grotte Chauvet, l'art des origines*, coll. Arts rupestres, Seuil, Paris, p. 200-209.
- ROUZAUD F., 1996** - La paléospéléologie. Une méthode d'étude des grottes préhistoriques et paléontologiques conservés dans le karst profond. *Quaternaire*, vol. 8 (n° 2-3), p. 257-265.
- ROUZAUD F., 1997** - La paléospéléologie ou l'approche globale des documents anthropiques et paléontologiques. *118<sup>e</sup> Congr. Nat. des sociétés hist. et scientifiques*, Pau 1993, H. Delporte et J. Clottes dir., p. 144-148.
- ROUZAUD F., SOULIER M. et LIGNEREUX Y., 1995** - La grotte de Bruniquel. *Spelunca*, n° 60, p. 27-34.
- ROUZAUD F., SOULIER M. et LIGNEREUX Y., 1997** - La structure paléolithique de la grotte de Bruniquel (Tarn-et-Garonne, France), *International Congress of Speleology, La Chaux-de-Fonds, Volume 3, Symposium 2: Archaeology and Paleontology in Caves*, p. 71-74.
- SAUVET G., WHITE R., BOSINSKI G. et al., 2018** - No archaeological evidence that Neandertals created Iberian Cave Art. Session XVI-6. *Cantabrian Spain and surroundings during the Palaeolithic: new data and approaches*, UISPP Paris 4-9 juin 2018. Abstracts.
- VERHEYDEN S., 2016** - Mais que faisait l'Homme de Néandertal dans la grotte de Bruniquel ? *Science Connection*, magazine de la Politique scientifique fédérale, 52, p. 4-7.
- VERHEYDEN S., ROCHEZ G., DE GEEST P. et DELABY S., 2005** - Soqotra Karst Project 6. *Regards*, revue de l'Union belge de Spéléologie, n° 59, p. 4-15.
- WAINER, K., GENTY D., BLAMART D., DAËRON M., BAR-MATTHEWS M., VONHOF H., DUBLYANSKY Y., PONS-BRANCHU E., THOMAS L., VAN CALSTEREN P., QUINIF Y. and CAILLON N., 2011** - Speleothem record of the last 180 ka in Villars cave (SW France): Investigation of a large delta (18)O shift between MIS6 and MIS5. *Quaternary Science Reviews* 30, p. 130-146.
- WHITE R., BOSINSKI G., BOURILLON R., CLOTTES J. et al., 2018** - Still no archaeological evidence that Neandertals created Iberian cave Art. *PLOSOne*, accepté.