



Programme  
ANR  
MADAPCA

## Chapitre 1 : ANALYSER

### 1a - Analyses invasives

# La grotte des Deux-Ouvertures à Saint-Martin-d'Ardèche : approches chronométriques croisées de la mise en place du massif stalagmitique (U/Th et $^{14}\text{C}$ AMS) : implications quant aux fréquentations humaines de la cavité et à la présence ursine dans la région

Julien MONNEY<sup>(1)</sup>, Jean-Jacques DELANNOY<sup>(2)</sup>, Dominique GENTY<sup>(3)</sup>,  
John HELLSTROM<sup>(4)</sup>, Stéphane JAILLET<sup>(2)</sup>, Évelyne KALTNECKER<sup>(3)</sup>,  
Nicolas LATEUR<sup>(5)</sup>, Christophe MOREAU<sup>(6)</sup>, Michel PHILIPPE<sup>(7)</sup>,  
Benjamin SADIÉ<sup>(2)</sup>, Sonia STOCCHETTI<sup>(8)</sup>, Hélène VALLADAS<sup>(3)</sup>

**Résumé :** Située à la sortie des gorges de l'Ardèche, la Grotte des Deux-Ouvertures (Saint-Martin-d'Ardèche) présente à la fois une ornementation pariétale paléolithique, des traces de fréquentation par les ours des cavernes, ainsi que des stigmates d'activités humaines dans l'argile (extraction ?). Au moment de la découverte, un massif stalagmitique obstruait le passage donnant accès aux galeries où se trouvent ces vestiges. Une série de datations  $^{14}\text{C}$  AMS et U/Th a été réalisée au sein de ce bouchon de calcite en vue de déterminer à quel moment le passage est devenu infranchissable pour les Hommes et les ours. Les résultats obtenus, couplés à une étude géomorphologique du secteur, montrent que le massif a commencé sa formation aux environs de 9 500-9 800 cal BP et que le passage s'est refermé peu après 6 000 cal BP. Bien qu'ils ne permettent pas de contraindre les phases d'ornementation paléolithique du site, ces âges sont cohérents avec les données archéologiques qui montrent l'absence de vestiges dans la grotte dès après le Néolithique ancien. Ils ont par ailleurs une incidence dans la discussion relative aux derniers ours des cavernes connus dans la région. En effet, à la différence de la Grotte Chauvet, l'absence d'ossements d'ours des cavernes plus récents que 27 440 BP ne peut être imputée ici à une fermeture des voies d'accès.

(1) Université Paris Ouest - Nanterre, 21 allée de l'Université, FR-92000 Nanterre - julien@monocycle.ch

(2) Université de Savoie, laboratoire EDYTEM – CNRS, FR-73373 Le Bourget du Lac

(3) LSCE, UMR CEA/CNRS 8212, L'Orme des Merisiers, Saclay, FR-91191 Gif-sur-Yvette cedex

(4) School of Earth Sciences, The University of Melbourne, VIC 3010, Australie

(5) Aix Marseille Université, CNRS, MCC, LAMPEA UMR 7269, FR-13094, Aix-en-Provence

(6) Laboratoire de Mesure du carbone 14, UMS 2572, CEA Saclay, FR-91191 Gif-sur-Yvette cedex

(7) Conservateur honoraire du Muséum de Lyon

(8) Université Paul Valéry - Montpellier 3

**Mots-clés :**  $^{14}\text{C}$  AMS, Art pariétal paléolithique, Uranium-Thorium, Datation, Ardèche, Géomorphologie, Ours des cavernes.

**Abstract: The Deux-Ouvertures cave (Saint-Martin-d'Ardèche, France): chronometric approaches of a stalagmitic dome (U/Th and  $^{14}\text{C}$  AMS): archaeological and paleontological implications.** Situated at the end of the Ardèche river gorges, the Deux-Ouvertures cave (Saint-Martin-d'Ardèche) possess some palaeolithic rock art, numerous remains of cave bears and various evidences of human activities (clay extraction?). When the cave was discovered, a stalagmitic dome closed the passageway to the galleries containing those miscellaneous remains. A geomorphologic study of the area was carried out and a series of samples collected in the stalagmitic dome which were subsequently dated by AMS  $^{14}\text{C}$  and U/Th in order to understand when the way was obstructed. The results show that the calcite started its growth at about 9 500-9 800 cal BP and the way closed shortly after 6 000 cal BP. Unfortunately, these dates don't help to constrain the periods when humans decorated the cave during the Palaeolithic. Nevertheless, they give some important clues, consistent with the archaeological data, regarding to the activities held in the cave during the Holocene. They also show that here, unlike in Chauvet cave, the lack of cave bear bones younger than 27 440 BP cannot be linked with the closure of the entrance.

**Key-words:**  $^{14}\text{C}$  AMS, Parietal palaeolithic art, Uranium-Thorium, Chronology, Ardèche, Geomorphology, Cave bears.

## Introduction

Si la grotte des Deux-Ouvertures est une cavité connue de longue date (Chiron 1896 - p. 484 ; Balazuc 1956 - p. 67), jusqu'en 1984 la reconnaissance de son réseau venait buter sur un imposant massif stalagmitique situé à la jonction de ses deux galeries principales. C'est vers cette époque qu'un courant d'air soufflant par le mince interstice demeuré libre entre la voûte et le sommet du massif fut décelé par les membres du Gress<sup>9</sup>, signe d'une probable suite du réseau. Jugeant plus aisé de creuser dans l'argile sous-jacente que de s'attaquer au massif lui-même, ils entreprirent alors de le contourner par le dessous (Vicente 1986). Le 23 décembre 1985, au terme du creusement d'un tunnel de 7 m de long, ils débouchèrent dans une galerie inconnue jusqu'alors - la galerie des Ours (ainsi nommée en raison des nombreux ossements d'ours des cavernes qui jonchaient le sol) - et repéraient sur les parois d'un étroit boyau en cul-de-sac quelques figures gravées. Au fil de sa croissance, la formation carbonatée était ainsi venue clore peu à peu le passage jusqu'à rendre la suite du réseau inaccessible.

## Problématique

En l'absence d'autres voies d'accès probantes<sup>10</sup>, la présence d'ossements d'ours des cavernes datés entre 30 220 et 27 440 BP (soit entre 35 100 et 31 270 cal BP) (Argant & Philippe 2011 ; Bon *et al.* 2011 ; Elalouf *et al.* 2011 ; Philippe *et al.* 2009), celle d'art pariétal et de dépôts archéologiques non datés<sup>11</sup> mais néanmoins attribuables au Paléolithique supérieur (Gély et Porte 1996, 1997,

1998 ; Monney *et al.* 2010), ainsi que l'absence de vestiges clairement holocènes au-delà de ce bouchon de calcite<sup>12</sup> posent plusieurs questions en lien avec la mise en place du massif stalagmitique :

1. quand le passage a-t-il été condamné ?
2. cela permet-il de contraindre ou de préciser les phases de fréquentation et d'ornementation paléolithiques ? ou à tout le moins d'attribuer un âge minimal (*terminus ante quem*) aux vestiges présents dans la grotte mais impossibles à dater en tant que tels (notamment des traces d'outils et de doigts présentes dans l'argile) ?
3. l'absence d'ossements d'ours des cavernes plus récents que 27 440 BP (31 900 - 31 270 cal BP) doit-elle être mise sur le compte d'une fermeture des voies d'accès ou faut-il envisager d'autres causes à échelle locale (p.ex. changement de lieu d'hivernation) ou régionale (raréfaction/disparition de l'espèce).

Ce sont ces questions qui ont motivé l'étude de la fermeture de la galerie des Ours par le massif stalagmitique dans le cadre du projet « Datation grottes ornées » (voir Monney *et al.* 2014, ce volume). Les possibilités d'étude et de datation de cette formation carbonatée se sont alors révélées d'autant plus grandes que, suite au percement de la porte d'entrée actuelle, puis surtout après l'épisode de pluies torrentielles de septembre 2002, une large coupe naturelle de plus de 1 m de haut s'est ouverte au sein du massif stalagmitique. Les eaux de crue, en empruntant le tunnel

(9) Groupe de Recherche et d'Exploration spéléologiques spiripontain.

(10) De fait, une autre voie d'accès fut dégagée (et rebouchée) postérieurement à la découverte, mais certains éléments suggèrent qu'elle n'avait jamais été fréquentée auparavant.

(11) La datation  $^{14}\text{C}$  des dépôts archéologiques est actuellement en cours. Cela dit, une pointe à face plane découverte en fouille évoque une/des incursion/s au Solutréen (Gély et Porte 1996). Mais d'autres phases de fréquentation et d'ornementation ne peuvent être exclues pour le moment.

(12) De fait, seul le fond d'un petit récipient en verre (XVII<sup>e</sup>-XIX<sup>e</sup> siècle ?) a été retrouvé après le massif stalagmitique. Il se situait au pied de celui-ci et pourrait avoir glissé au travers de l'espace interstitiel entre la voûte et le massif, ou bien avoir été amené par les crues de 2002. Sa présence ici n'est donc probablement pas représentative d'une incursion dans la galerie des Ours.

creusé par les spéléologues lors de la découverte, ont en effet emporté les sédiments argilo-limoneux sous-jacents. Sapé de la sorte, le massif s'est alors retrouvé en porte-à-faux au-dessus du vide et s'est effondré en partie sous son poids. Cet événement offre aujourd'hui l'opportunité d'accéder directement à une coupe stratigraphique sur toute la hauteur de la séquence.

Dans un premier temps, les recherches se sont concentrées sur une étude géomorphologique du secteur et sur l'observation détaillée de la stratigraphie de façon à appréhender les dynamiques de mise en place du massif. C'est seulement au terme de cette étude préliminaire que des échantillons de calcite et de charbon y ont été prélevés en vue de datation. Aujourd'hui, les dates obtenues, croisées avec les apports de l'approche géomorphologique, permettent de discuter l'âge et les modalités de fermeture du passage ainsi que ses implications en termes de fréquentation humaine et animale de la cavité.

## 1 - Observations géomorphologiques

Les observations géomorphologiques menées aux Deux-Ouvertures s'appuient sur les développements méthodologiques conduits à la grotte Chauvet Pont-d'Arc (Delannoy *et al.* 2005). L'objectif de l'approche géomorphologique était ici de mieux saisir les modalités de mise en place du bouchon stalagmitique. Celui-ci repose sur des remplissages limoneux sableux et se compose de trois générations de concrétionnement, lesquelles ont été identifiées à partir de discordances angulaires présentes au sein de la masse de calcite (fig. 1). La première phase de concrétionnement (génération 1) peut être reliée à une circulation hydrologique incrustante provenant plutôt de la paroi gauche ; elle correspond à un dépôt de calcite qui, au niveau de la coupe, se dispose aujourd'hui subhorizontalement. La deuxième génération peut être rapportée à un ruissellement le long de la paroi droite ; elle est progradante sur la génération 1 et se caractérise au niveau de la coupe par un dispositif oblique des strates de croissance. Enfin, la génération 3, spatialement déportée de quelques décimètres par rapport aux générations précédentes, correspond aujourd'hui à la pousse d'un nouvel édifice stalagmitique devant l'actuelle porte d'entrée. Il est possible que la fracture qu'empruntait l'eau avant de déposer la calcite de génération 2 ait fini par se colmater, amenant ainsi le ruissellement à emprunter une trajectoire différente. Cette hypothèse est supportée par l'identification d'un plancher stalagmitique toujours actif, formé sur un petit conduit perché au-dessus de la galerie principale et qui se déverse 1 m environ à côté de la zone d'entrée.

## 2 - Observations stratigraphiques et remarques quant à l'origine des charbons

L'observation de la stratigraphie naturelle dégagée au sein du massif stalagmitique (donc exclusivement dans les deux premières générations de concrétionnement) a par ailleurs révélé l'existence de six horizons distincts contenant des charbons (fig. 2). Le premier, et le seul à s'inscrire dans la

génération 1 de concrétionnement, se situe quelques centimètres à peine au-dessus des couches argilo-limoneuses qui supportent le massif. C'est le plus ancien niveau de la séquence. En effet, malgré un examen attentif, il n'a pas été possible d'en repérer d'autres dans les couches argilo-limoneuses sous-jacentes. Le dernier horizon (h.6) se trouve entre 25 et 30 cm sous la voûte calcaire, tandis que les derniers centimètres qui terminent la séquence sont dénués de charbon.

Bien que l'origine exacte des charbons soit difficile à cerner (structures de combustion situées sur le massif ? torches utilisées lors des incursions ? matériel extérieur acheminé par les écoulements stalagmitiques ?), il est intéressant de constater la présence de deux négatifs de branchettes au sein de l'horizon 6. Ces fantômes évoquent des branchettes dont la combustion n'était que partielle au moment de leur emprisonnement dans la calcite et dont les fibres ligneuses se sont décomposées par la suite. D'un point de vue chronologique, elles possèdent une importance, car ces branchettes ont l'intérêt de minimiser l'éventualité d'un possible effet « charbon ancien ». En effet, leur incorporation aux dépôts carbonatés sous forme de bois laisse raisonnablement supposer que leur âge et celui des niveaux de calcite dans lesquels elles se trouvent ne présentent pas de décalage temporel important.

## 3 - Prélèvements et datations

Au total, dix-sept échantillons ont été prélevés dans les strates du massif stalagmitique (fig. 2). Leur position a été sélectionnée de façon à disposer de jalons couvrant toute la hauteur de la stratigraphie, de la base jusqu'à la voûte. Techniquement parlant, de petits cubes de calcite ont été découpés à l'aide d'une microscie diamantée avant d'être détachés au burin par effet de levier. Ces prélèvements ont par ailleurs été ciblés pour que les cubes de calcite concernés intègrent des charbons, de sorte que cette association intime entre charbon et calcite permette une comparaison directe des résultats radiométriques obtenus.

### 3.1 - Traitement des échantillons de charbon

Les échantillons de charbon ont été traités chimiquement au Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (CNRS/CEA/UVSQ) pour éliminer les contaminations en carbone étranger, puis ils ont été oxydés en gaz carbonique avant d'être réduits en graphite (voir Valladas *et al.* 2014, ce volume). La datation carbone 14 en spectrométrie de masse par accélérateur des pastilles de graphite a finalement été effectuée sur l'accélérateur Artemis (LMC, CEN, Saclay).

### 3.2 - Traitement des échantillons de calcite

Pour les analyses radiocarbone de calcite, environ 10 mg de calcite ont été attaqués par de l'acide orthophosphorique déshydraté à 60 °C produisant du CO<sub>2</sub> qui a ensuite été réduit par de l'hydrogène en présence de fer (poudre) à 600 °C. Le carbone, déposé sur cette poudre de fer, a alors été pressé pour former une cible qui a été introduite dans



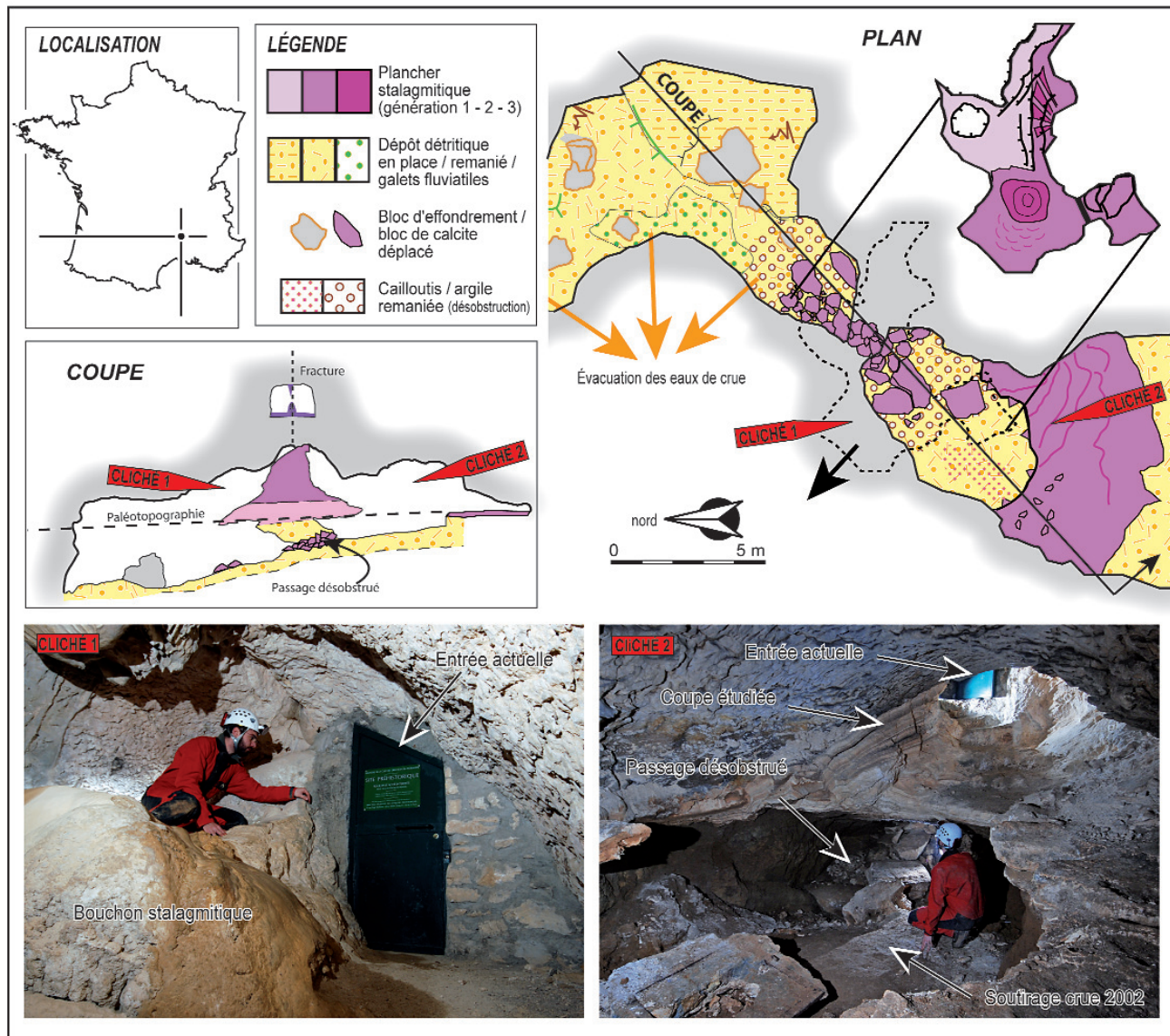


Figure 1 - Massif stalagmitique de la grotte des Deux-Ouvertures : carton géomorphologique du secteur et coupe longitudinale du massif. Les clichés montrent respectivement le massif stalagmitique côté entrée et côté fond (relevés et clichés J.-J. Delannoy, S. Jaillet, B. Sadier).

Figure 1 - Massive stalagmite in Les Deux Ouvertures cave : geomorphological map of the sector and longitudinal section of the cliff. The photographs show the massive stalagmite input from the entrance and the end of cave (tracings and pictures J.-J. Delannoy, S. Jaillet, B. Sadier).

l'accélérateur (Artemis ; UMS 2572, Saclay) afin de procéder au comptage des atomes de C ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ ).

L'activité  $^{14}\text{C}$  obtenue après normalisation pour un  $^{13}\text{C}$  de - 25 ‰, dite conventionnelle, a alors été corrigée du carbone mort issu de la dissolution de la roche encaissante (Genty *et al.* 2001) puis calibrée afin d'obtenir un âge comparable à l'âge uranium/thorium (Genty *et al.* 2011).

Quant aux analyses U/Th sur la calcite, elles ont été faites sur un spectromètre de masse de type MC-ICP-MS (Multicollector Inductively Coupled Plasma Mass

Spectrometry, Nu-Instruments) à l'université de Melbourne (Australie). Sans rappeler tous les détails de la procédure, le principe consiste à prélever 20 à 100 mg de calcite et à extraire l'uranium et le thorium en utilisant des acides et une résine adaptée (Hellstrom 2003). Les rapports isotopiques de U et Th servent de base au calcul de l'âge mais, selon le degré de contamination (visible sur le rapport  $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$  et issue d'un apport de  $^{230}\text{Th}$  externe, non lié à la désintégration radiogénique), une correction « détritifique » peut être appliquée ou non. L'incertitude finale est largement conditionnée par cette correction qui, dans le cas de cette étude, est importante.

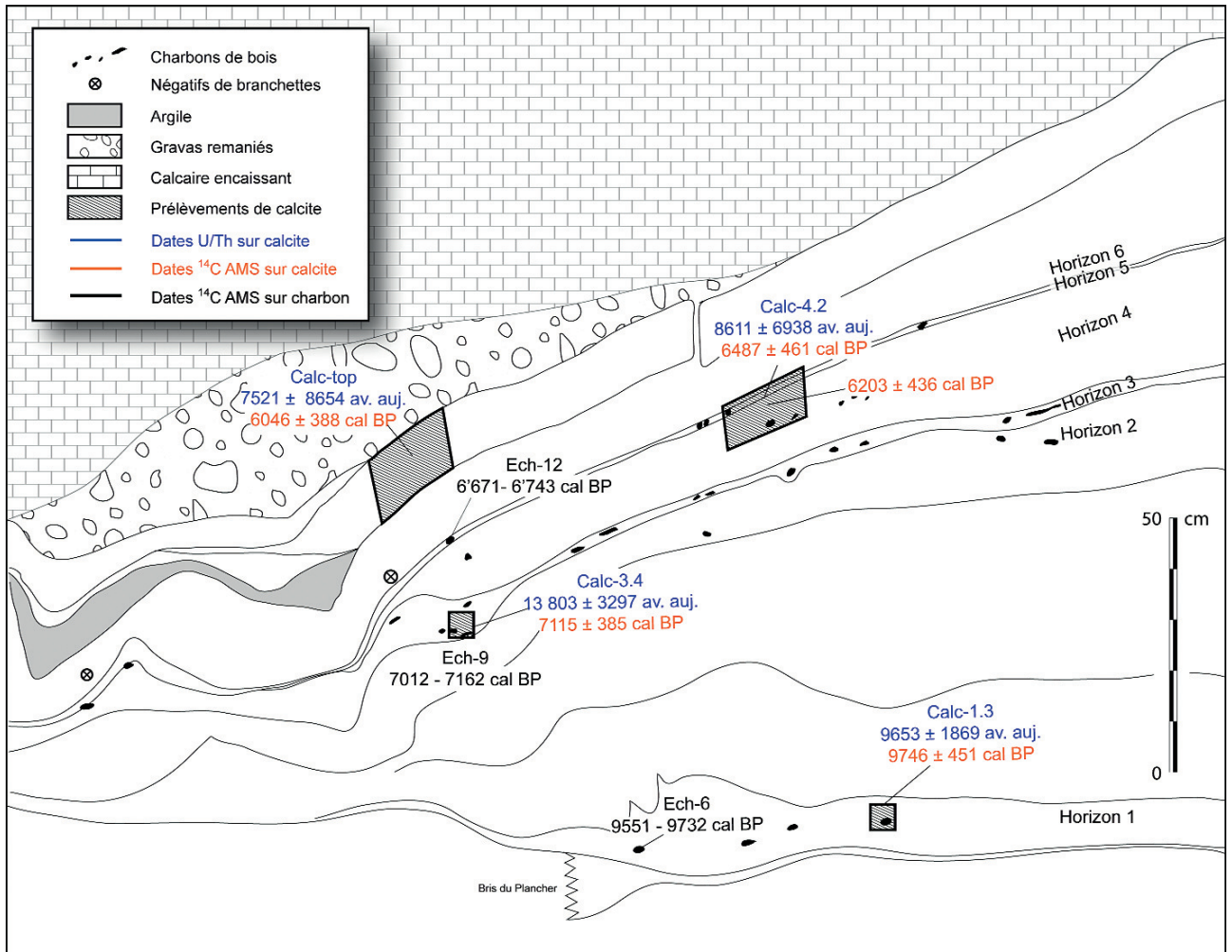


Figure 2 - Relevé de la coupe stratigraphique apparente au sein du massif stalagmitique sur laquelle a été reportée la position des échantillons de calcite et de charbon datés (relevé L. Baracchini, N. Lateur, J. Monney, S. Stocchetti).

Figure 2 - Drawing of stratigraphic section from the stalagmite with localisation of the calcite and carbon samples dated (tracing L. Baracchini, N. Lateur, J. Monney, S. Stocchetti).

## 4 - Résultats

### 4.1 - Datation $^{14}\text{C}$ AMS du charbon

Trois dates  $^{14}\text{C}$  AMS ont été obtenues à partir des charbons issus du massif stalagmitique (Ech-06, Ech-09 et Ech-12). Les résultats  $^{14}\text{C}$  obtenus (tableau 1) s'échelonnent de façon cohérente et régulière en suivant l'ordre chronostratigraphique des couches de calcite (fig. 2) :

- Ech-06 : 8700 ± 60 BP, soit 9890-9540 ans cal BP ;
- Ech-09 : 6185 ± 45 BP, soit 7240-6950 ans cal BP ;
- Ech-12 : 5895 ± 35 BP, soit 6790-6640 ans cal BP.

### 4.2 - Datation $^{14}\text{C}$ AMS de la calcite

Cinq analyses  $^{14}\text{C}$  AMS effectuées sur les fragments de calcite donnent des âges voisins de ceux obtenus sur les charbons. Ils se situent entre 5 800 BP et 9 200 BP (soit

environ entre 6300 et 10 400 cal BP) non corrigés en carbone mort (tabl. 1). Comme attendu en raison de l'incorporation de carbone mort, ces dates sont sensiblement plus élevées (d'environ 500 à 700 ans) que leurs homologues sur charbon situés sur les mêmes niveaux stratigraphiques. Afin d'estimer la proportion de carbone mort (ou dcp pour *dead carbon proportion* ; Genty *et al.* 2001) contenu dans les échantillons et en tenir compte, celle-ci a été calculée à partir des deux échantillons de calcite (calc-1.3 et calc-3.4) auxquels des charbons datés étaient associés (respectivement Ech-06 et Ech-09), soit parce qu'échantillons de charbon et de calcite étaient directement côte à côte, soit parce qu'ils se trouvaient dans la même couche. Dans les deux cas, les proportions de C mort se sont révélées très similaires (6,8 % ± 1,7), ce qui suggère l'intégration d'un taux relativement constant de carbone mort au sein du massif stalagmitique. L'âge de tous les échantillons a ensuite été

	N° Ech.	Nature du prélèvement	Date du prélèvement	Localisation	C (mg)	Date	Écart-type	Réf. labo	Dates calibrées BP (cal BP, 2 s)	Dates calibrées BP (2 s) corr. dcp
Massif stalagmitique - Charbons	Ech-12	Charbon	38447	Massif stalagmitique / Horizon 5	1,28	5895	35	GifA-09463/ SacA18202	6790-6640	
	Ech-09	Charbon	38447	Massif stalagmitique / Horizon 3	0,68	6185	45	GifA-09462/ SacA18201	7240-6950	
	Ech-06	Charbon	38447	Massif stalagmitique / Horizon 1	0,24	8700	60	GifA-09461/ SacA18200	9890-9540	
Massif stalagmitique - Calcite	calc-top	Calcite	38447	Massif stalagmitique / Sommet de la stratigraphie	1,11	5860	35	SacA18996		6050 ± 390
	calc-4.2 (5,6 cm)	Calcite	38447	Massif stalagmitique / Horizon 4	1,33	6000	35	SacA18995		6210 ± 440
	calc-4.2 (6,9 cm)	Calcite	38447	Massif stalagmitique / Horizon 4	1,16	6255	35	SacA18994		6490 ± 460
	calc-3.4	Calcite	38447	Massif stalagmitique / Horizon 3	1,1	6810	35	SacA18993		7115 ± 390
	calc-1.3	Calcite	38447	Massif stalagmitique / Horizon 1	1,42	9205	40	SacA18992		9750 ± 450
Surface du sol ou affleurement - Charbons	[BG-1987-1]	Charbon	1987	Vestibule des Mouchages / Surface du sol	-	8950	490	Ly-4461	11 620-8780	
	[BG-1987-2]	Charbon	1987	Sous un plancher stalagmitique superficiel (?), au contact d'ossements d' <i>Ursus spelaeus</i>	-	6500	120	GifA-88064	7590-7170	
					-	6305	30	GifA-80170/ SacA12036	7290-7170	
	Charb-B	Charbon	37945	Galerie remontant vers Baume des Cloches / Surface du sol	1,5	5835	30	GifA-90228/ SacA14253	6740-6560	
	Charb-F	Charbon	38874	Secteur orné / Creux sur la tablette stalagmitique	1,55	6160	45	GifA-10303/ SacA23076	7230-6930	
	Ech-03	Charbon	38447	En bordure du massif stalagmitique	1,58	6140	45	GifA-09460/ SacA18199	7160-6910	
Ech-18	Charbon	38447	Entrée ouest / Dans maçonnerie du bassin de rétention d'eau	1,36	890	35	GifA-11136/ SacA24984	910-730		

Tableau 1 - Inventaire des datations <sup>14</sup>C sur charbon et sur calcite provenant de la grotte des Deux-Ouvertures et citées dans le texte. Toutes sont des dates AMS, à l'exception de celle réalisée en <sup>14</sup>C conventionnel par le laboratoire de Lyon.

Tableau 1 - Inventory of <sup>14</sup>C dating of charcoal and calcite from Les Deux-Ouvertures Cave cited in the text. All dates are AMS, with the exception of the one conventional <sup>14</sup>C performed by the laboratory of Lyon.

corrigé à partir de cette valeur avant d'être calibré. Au final, les dates <sup>14</sup>C AMS sur calcite s'échelonnent de 9750 à 6050 cal BP (tabl. 1).

Si cette manipulation ne permet pas à proprement parler d'apprécier la cohérence respective des dates sur charbon et sur carbonate (puisque les résultats sur carbonate ont été corrigés à partir de ceux sur charbon), elle permet, néanmoins, de disposer de dates pour les niveaux du massif stalagmitique dans lesquels ne se trouve aucun charbon. Ceci est le cas des couches sommitales qui sont partiellement en contact avec la voûte (calc-top) et ont clos l'accès aux Hommes.

#### 4.3 - Datations U/Th de la calcite

Les quatre résultats obtenus par datation U/Th d'échantillons de calcite sont plus imprécis (tabl. 2 et fig. 2). En effet, le rapport <sup>230</sup>Th/<sup>232</sup>Th est peu élevé, entre 2,8 et 5,4, ce qui implique la présence possible de thorium détritique en leur sein (Aitken 1990). Un facteur correctif a été appliqué à ces dates de façon à minimiser l'impact du thorium détritique sur les âges obtenus, ce qui se traduit corrélativement par d'importantes marges d'erreur (à titre d'exemple, l'échantillon Ech-top a un âge U/Th brut de

33 ka/2000 ; une fois corrigé, celui-ci est ramené à 7521 ka/2000 avec une incertitude à 2 s de 8654 ka.). Au vu de ces marges d'erreur conséquentes, on ne s'étonnera pas de constater des inversions chronologiques au sein de la séquence stratigraphique, ainsi que des écarts par rapport aux résultats <sup>14</sup>C AMS.

On notera néanmoins que le résultat le plus cohérent avec la date <sup>14</sup>C AMS provenant du même horizon stratigraphique (calc-1.3 et Ech-06) est celui pour lequel le rapport <sup>230</sup>Th/<sup>232</sup>Th se trouve être le plus élevé (5,4). Quoiqu'il en soit, si ces dates possèdent un certain intérêt méthodologique et confortent l'âge holocène du massif, elles doivent selon nous être laissées de côté lors de raisonnements archéologiques nécessitant une résolution plus fine.

#### 4.4 - Début du concrétionnement et vitesses de croissance

À partir des dates obtenues et en l'absence de passées de calcite au sein des couches argilo-limoneuses sur lesquelles repose le massif stalagmitique, on peut estimer que sa croissance a débuté peu avant 9500-9800 cal BP (7600-7900 cal BC).



N° Ech.	Mass/g	<sup>238</sup> U ng/g	2SE	<sup>238</sup> U	<sup>238</sup> Th/ <sup>238</sup> U activité	95% ext.	<sup>238</sup> U/ <sup>238</sup> U activité	95% ext.	Age/Ka	95 % err.	<sup>232</sup> Th/ <sup>232</sup> U activité	2se	<sup>232</sup> Th/ <sup>232</sup> Th i	2sd	<sup>230</sup> Th/ <sup>230</sup> Th i	U utilisé (ng)	Âge U/Th corr. (ka)	Écart-type (2 s)	BC (4σ) corr.	2se
DEE-top	0.0593	168	13	1.27	0.2513	0.0034	0.96	0.0023	33.081	0.515	0.090937	0.001937	2.2	0.65	2.8	3	7.521	8.654	0.9591	0.0026
DEE-4.2	0.0934	158	12	1.35	0.2288	0.0032	0.9726	0.0025	29.203	0.46	0.075713	0.002751	2.2	0.65	3	4.4	6.611	6.938	0.9719	0.0027
DEE-3.4	0.0491	142	11	0.75	0.1932	0.0026	0.9701	0.0023	24.183	0.35	0.040288	0.000783	2.2	0.65	4.8	2.1	13.803	3.297	0.9689	0.0024
DEE1.3	0.028	150	11	0.37	0.1302	0.0027	0.9685	0.0033	15.717	0.342	0.022931	0.000708	2.2	0.65	5.4	1.3	9.653	1.969	0.9676	0.0034

Tableau 2 - Tableau récapitulatif des dates U/Th (MC-ICP-MS) obtenues sur calcite au sein de la stratigraphie du massif stalagmitique à la grotte des Deux-Ouvertures.

Table 2 - Summary table of dates U/Th (MC-ICP-MS) obtained from calcite within the stratigraphy of stalagmite in Les Deux Ouvertures cave.

Entre cette date et la dernière obtenue au sommet de la séquence (6050 cal BP), il semblerait par ailleurs que le massif ait eu une croissance relativement rapide<sup>13</sup> puisqu'il a poussé par endroits de plus de 120 cm, soit une moyenne de 4 cm par siècle, avec des taux de croissance assez constants :

- 3,3 cm par siècle entre h.1 et h.3 ;
- 4,5 cm par siècle entre h.3 et h.5 ;
- 5 cm par siècle entre h.5 et le sommet du massif.

Aujourd'hui, bien qu'il paraisse se dérouler à un rythme plus lent, le concrétionnement est encore actif et une fine pellicule de calcite (d'épaisseur millimétrique) s'est formée depuis 1988 sur les surfaces dégagées suite au percement de la porte. Le rythme de croissance actuel que l'on peut en déduire (1 à 2 mm en près de 25 ans) est bien inférieur à ceux mesurés au sein de la formation carbonatée (3 à 5 cm/s) et suggère une activité ralentie. Ceci est corroboré par les observations menées depuis la découverte. En effet, en dehors d'événements exceptionnels tels que les pluies torrentielles de 2002, la quantité d'eau qui s'écoule à sa surface semble trop faible pour approvisionner le petit bassin implanté à sa base (côté entrée), dont un charbon issu de la maçonnerie a livré un âge de 890 ± 35 BP (soit 1040-1217 ap. J.-C.). La présence de ce bassin évoque une petite rétention d'eau et l'existence à cet endroit de ruissellements plus importants que l'actuel. À une date postérieure à 1040-1217 ap. J.-C., la quantité d'eau à ruisseler a en effet dû être suffisante (même si c'est peut-être très temporairement) pour motiver sa construction, ce qui ne serait pas le cas aujourd'hui.

#### 4.5 - Date de fermeture du passage

Si l'espace entre la voûte de la galerie et le sommet du dôme stalagmitique n'a jamais été hermétiquement clos (l'espace résiduel qui avait motivé la désobstruction de 1984 étant resté visible jusqu'au percement de la porte d'entrée ; comm. pers. J.-M. Chauvet), les résultats obtenus permettent néanmoins de circonscrire le moment où le passage devint impraticable pour les Hommes. À cet égard, la date effectuée sur un charbon de l'horizon 5 (Ech-12) fournit un élément de discussion important. En effet, cet horizon se situe à environ 30 cm sous la voûte, ce qui correspond aux dimensions nécessaires au passage d'un individu de corpulence moyenne. On peut donc supposer que le franchissement du bouchon de calcite était encore possible, bien que le passage soit étroit, alors que la surface du massif avait atteint ce niveau, soit un peu après 6 600 cal BP (4700 cal BC). Quant à la date <sup>14</sup>C AMS sur calcite obtenue au sommet de la séquence (calc-top :

(13) Bien que la date la plus récente obtenue au sommet du massif ne reflète pas la fin du concrétionnement (le flux incrustant ayant été dévié à un moment donné), il est intéressant de constater que la fourchette chronologique dont nous disposons pour son développement coïncide approximativement avec celui des gours de Lascaux (~6 à 9 ka, comme ici) (Genty et al. 2011).

environ 6050 cal BP), malgré une fermeture encore partielle du passage non atteinte, elle marque un niveau de remplissage ayant sans doute interdit toute incursion. Ainsi, même s'il est difficile d'être catégorique, une fermeture aux alentours de 6 000 cal BP (4 000 cal BC) est tout à fait plausible. Ceci signifierait alors que, dès avant le Néolithique moyen, personne n'aurait été en mesure d'accéder à la galerie des Ours *via* le massif stalagmitique.

## 5 - Confrontation aux données archéologiques

L'idée d'une fermeture du passage dès avant le Néolithique moyen est cohérente avec la répartition du matériel archéologique au sein de la cavité. En effet, si les prospections de surface et les sondages réalisés dans la première partie de la cavité ont livré de faibles quantités de matériel attribuable à une période allant du Néolithique au XVI<sup>e</sup> siècle (Onoratini 1990), aucun élément clairement postglaciaire (céramique, verre ou métal) n'a été découvert au-delà du massif stalagmitique, lequel semble avoir agi à la manière d'une barrière ou d'un filtre. Des charbons ont en revanche été repérés sur les sols au-delà du massif. Leur position en surface du sol laisse supposer qu'il s'agit là des plus récents vestiges d'incursion possible. Or, leurs âges se placent tous avant la date de fermeture supposée du passage, soit entre 5 800 et 6 500 cal BP (4 600-5 600 cal BC) et vers 9 500 et 9 900 cal BP (7 600-7 900 cal BC), à des périodes correspondant au Néolithique ancien et à l'Épipaléolithique (tabl. 1).

Cette fermeture du passage intervient avant la recrudescence des occupations dans le secteur du Ranc Pointu, ce qui expliquerait pourquoi aucun vestige caractéristique du Néolithique final, de l'âge du Bronze ou de périodes plus récentes n'a été retrouvé au-delà du massif stalagmitique. En revanche, les autres cavités présentes sur la vire (Baume des Cloches (Vital 1986), grotte Huchard et les grottes 2 et 3 du Ranc Pointu), mais aussi, à plus large échelle, l'aven de Meunier, les abris Vermeils 1, 2 et 3 et la grotte en Goutte d'eau du Ranc Pointu (Gilles 1962, 1988a et b ; Gély 1998), puis l'oppidum du Ranc Pointu (Durand 1996), ont été occupés de façon marquée, particulièrement à partir de l'âge du Bronze final 2 et 3, soit dès 1300-750 cal BC (Gilles 1984). Ainsi, le massif stalagmitique, sans doute infranchissable dès le début du Néolithique moyen, ne semble pas avoir laissé passer aux phases plus récentes ni les Hommes, ni les outils que l'on retrouve pourtant sous le porche et dans les sites alentours.

## 6 - Conclusions : Implications archéologiques et déductions relatives aux ours des cavernes

Au vu des âges obtenus, il est évident que l'on ne contraindra pas les phases de fréquentation ou d'ornementation paléolithiques de la seconde partie de la cavité par ce biais. En revanche, ceci permet des déductions chronologiques importantes quant aux traces

d'activité présentes au-delà du bouchon de calcite (et notamment celles conservées dans l'argile) dont la réalisation est au moins antérieure à 6 000 cal BP.

Les résultats radiométriques obtenus au sein du massif stalagmitique ont par ailleurs une incidence dans la discussion relative aux derniers ours des cavernes connus dans la région. En effet, malgré le nombre important de « grottes à ours » repérées à ce jour le long des gorges de l'Ardèche (Philippe 2005) et à l'exception des Deux-Ouvertures, seule la Grotte Chauvet a livré des dates pour cette espèce (Bon *et al.* 2011 ; Philippe et Fosse 2003 ; Fosse et Philippe 2005). Dans celle-ci, la période principale d'occupation par les ours telle qu'elle est donnée par le <sup>14</sup>C (19/26 dates) se situe dans une fourchette comparable à celle des Deux-Ouvertures, soit entre 31 870 et 28 850 BP (37 000 - 32 850 cal BP). Cependant, l'existence de plusieurs épisodes d'effondrement du porche, dont un précoce vers 29.4 ± 1.8 ka (Sadier *et al.* 2012), pourraient avoir influé sur les fréquentations par les ours. En effet, à Chauvet, l'intégralité des dates sur ossements d'ours, à une exception près, sont plus anciennes que 29.4 ± 1.8 ka, la plus récente se situant vers 24 590 BP (30 150 - 28 790 cal BP). On ne peut donc pas exclure que la répartition chronologique constatée soit due à un effondrement de l'entrée plutôt qu'à des causes liées à la dynamique des populations ursines au niveau régional. Aux Deux-Ouvertures en revanche, les résultats holocènes obtenus sur le bouchon stalagmitique montrent que l'absence d'ours après 27 440 BP (31 900 - 31 270 cal BP) ne peut être mise sur le compte d'une fermeture des voies d'accès. Elle dénote donc plus probablement de phénomènes d'ordre paléobiologique à échelle locale (p.ex. changement de lieu d'hivernation) voire même d'une raréfaction régionale de l'espèce à mettre en lien sans doute avec un phénomène d'ampleur européenne (Pacher et Stuart 2009).

## Remerciements

En plus de l'ANR Madapca, ces recherches ont été rendues possibles grâce au soutien du Ministère de la Culture et de la Communication (SRA Rhône-Alpes) et du Conseil général de l'Ardèche. Nous tenons de même à remercier chaleureusement de leur soutien la mairie de Saint-Martin-d'Ardèche, le musée de Préhistoire d'Ornac-l'Aven ainsi que la Base départementale de Salavas. Un grand merci enfin à tous ceux qui ont apporté leur concours à ces recherches, en particulier L. Baracchini, É. Boche, C. Bourdin, J.-M. Chauvet, C. Faure, B. Gély et P. Orengo.

## Références bibliographiques

- AITKEN M.J. 1990 – *Science-Based Dating in Archaeology*. London : Longman.
- ARGANT J. et PHILIPPE M. 2011 – L'analyse pollinique des coprolithes : un outil pour la reconstruction du paléoenvironnement. *Quaternaire*, Hors série, 4, p. 307-318.
- BALAZUC J. 1956 – *Spéléologie du département de l'Ardèche*. Como : Rassegna speleologica italiana, p. 67-68,



- (Rassegna speleologica italiana e società speleologica italiana, Memoria 2).
- BON C., BERTHONAUD V., FOSSE P., GELY B., MAKSUD F., VITALIS R., PHILIPPE M., PLICHT J. van der et ELALOUF J.-M. 2011 – Low regional diversity of late cave bears mitochondrial DNA at the time of Chauvet Aurignacien paintings. *Journal of Archaeological Science* vol. 38, p. 1886-1895.
- CHIRON L. 1896 – *La Préhistoire dans le Vivarais*. Privas : Imprimerie centrale de l'Ardèche, 56 p., 13 fig.
- DELANNOY J.-J., PERRETTE Y., DEBARD C., FERRIER C., KERVAZO B., PERROUX A.-S., JAILLET S. et QUINIF Y. 2005 – Intérêt de l'approche morphogénique pour la compréhension globale d'une grotte à haute valeur patrimoniale : la grotte Chauvet. *Karstologia*, 44, p. 25-42.
- DURAND E. 1996 – L'éperon barré du Ranc Pointu à Saint-Martin-d'Ardèche. *Ardèche archéologie*, 13, p. 62-70.
- ELALOUF J.-M., BON C., PLICHT J. van der et PHILIPPE M. 2011 – Analyse génétique et datation d'échantillons d'ours des cavernes (*Ursus spelaeus*) de la grotte des Deux-Ouvertures (Ardèche, France). *Quaternaire* Hors série, 4, p. 283-289.
- FOSSE P. et PHILIPPE M. 2005 – La faune de la grotte Chauvet : paléobiologie et anthropozoologie. *Bulletin de la Société préhistorique française*, t. 102, n° 1, p. 89-102.
- GÉLY B. 1998 – *Réserve naturelle des gorges de l'Ardèche : bilan archéologique (troisième rapport)*. Rapport d'activité dactylographié. Lyon : SRA Rhône-Alpes.
- GÉLY B. et PORTE J.-L. 1996 – Les gravures paléolithiques de la grotte des Deux-Ouvertures à Saint-Martin-d'Ardèche. *Bulletin de la Société préhistorique Ariège-Pyrénées*, 51, p. 81-98.
- GÉLY B. et PORTE J.-L. 1997 – Note sur les gravures paléolithiques de la grotte des Deux-Ouvertures. *Spelunca*, 67, p. 50-51.
- GÉLY B. et PORTE J.-L. 1998 – Première campagne de relevé des gravures paléolithiques dans la grotte des Deux-Ouvertures à Saint-Martin-d'Ardèche (07). *Ardèche archéologie*, 15, p. 5-12.
- GENTY D., BAKER A., MASSAULT M., PROCTOR C., GILMOUR M., PONS-BRANCHU E., HAMELIN B. 2001 – Dead Carbon in Stalagmites: Carbonate Bedrock Paleodissolution Vs. Ageing of Soil Organic Matter. Implication for <sup>13</sup>C Variation in Speleothems. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 65, p. 3443-3457.
- GENTY D., KONIK S., VALLADAS H., BLAMART D., HELLSTROM J., TOUMA M., MOREAU C., DUMOULIN J.-P., NOUET J., DAUPHIN Y., WEIL R. 2011 – Multi-Methods Dating of the Lascaux Cave Gour Formation. *Radiocarbon*, 53, 3, p. 479-500.
- GILLES R. 1962 – Un dépôt céramique funéraire dans une grotte du Ranc Pointu à Saint-Martin-d'Ardèche. *Cahiers rhodaniens*, 9, p. 53-56.
- GILLES R. 1984 – L'âge du Bronze dans la basse vallée de l'Ardèche. *Ardèche archéologie*, 1, p. 19-21.
- GILLES R. (Éd.) 1988a – Le Néolithique et l'âge du Bronze à la grotte de Saint-Marcel (Ardèche). *Ardèche archéologie*, 5, p. 1-53.
- GILLES R. 1988b – Grotte-aven de Meunier (Saint-Martin-d'Ardèche). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 85, 4, p. 110-114.
- HELLSTROM J. 2003 – Rapid and Accurate U/Th Dating Using Parallel Ion-Counting Multi-Collector ICP-MS. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 18, p. 1346-1351.
- MONNEY J., BARACCHINI L., LATEUR N., STOCCHETTI S. 2010 – La grotte des Deux-Ouvertures : le regard et la mémoire. Perception d'une grotte ornée paléolithique à la sortie des gorges de l'Ardèche. *Ardèche archéologie*, 27, p. 3-12.
- MONNEY J., COMBIER J., KALTNECKER É., LATEUR N., MOREAU C., STOCCHETTI S., VALLADAS H. 2014 – Nouveaux éléments de discussion chronologique dans le paysage des grottes ornées de l'Ardèche : Oulen, Chabot et Tête-du-Lion. In : Paillet P. dir., *Les arts de la Préhistoire : micro-analyses, mises en contextes et conservation*. Actes du colloque « Micro-analyses et datations de l'art préhistorique dans son contexte archéologique », MADAPCA, Paris, 16-18 novembre 2011, *Paleo*, numéro spécial, 2014, p. 271-283.
- PACHER M. et STUART A.J. 2009 – Extinction chronology and palaeobiology of the cave bear (*Ursus spelaeus*). *Boreas*, 38(2), p. 189-206.
- PHILIPPE M. 2005 – La grotte Chauvet et les autres grottes à ours de ses environs immédiats : vallée de l'Ibie, amont des gorges de l'Ardèche et cirque d'Estre. *Ardèche Archéologie*, 22, p. 8-19.
- PHILIPPE M. et FOSSE P. 2003 – La faune de la grotte Chauvet (Vallon-Pont-d'Arc, Ardèche) : présentation préliminaire paléontologique et taphonomique. *Paleo*, n° 15, p. 123-140.
- PHILIPPE M., MONNEY J., ARGANT J., CHAUVET J.-M., DEBARD E., GÉLY B., LATEUR N., STOCCHETTI S. 2009 – La grotte des Deux-Ouvertures : une « grotte à ours des cavernes » à la sortie des gorges de l'Ardèche. *Ardèche archéologie*, 26, p. 3-12.
- ONORATINI G. 1990 – *Grotte des Deux-Ouvertures (Saint-Martin-d'Ardèche) : fouilles de sauvetage n° 13-1990*. Rapport d'activité dactylographié. Lyon : Direction des antiquités de la région Rhône-Alpes, 6 p.
- SADIER B., DELANNOY J.-J., BENEDETTI L., BOURLES D.-L., JAILLET S., GENESTE J.-M., LEBATARD A. E.,

ARNOLD M. 2012 – Further constraints on the Chauvet Cave artwork elaboration. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 109(21), p. 8002-8006.

VALLADAS H., GAUTHIER C., GAY M., GENTY D., KALTNECKER É., TANNAU J.-F., BAVAY D., CAFFI I., COMBY C., DELQUE-KOLIK E., DUMOULIN J.-P., FERKANE S., SOUPRAYEN C., MOREAU C. et coll. Bourdier C., Delluc B. et G., Monney J., Peyroux M., Philippe M., Plassard F., Paillet P. 2014 – Études chronologiques de sites ornés étudiés dans le cadre de l'ANR MADAPCA. In : Paillet P. dir., *Les arts de la Préhistoire : micro-analyses, mises en contextes et conservation*. Actes du colloque « Micro-analyses et datations de l'art préhistorique dans son contexte archéologique », MADAPCA, Paris, 16-18 novembre 2011, *Paleo*, numéro spécial, 2014, p. 53-55.

VICENTE G. 1986 – *Découverte de gravures dans la grotte des Deux-Ouvertures (Saint-Martin-d'Ardèche)*. Compte-rendu de découverte sur papier à en-tête du groupe de Recherche et d'Explorations spéléologiques spiripontain. Lyon : SRA Rhône-Alpes, 4 p.

VITAL J. 1986 – La grotte des Cloches à Saint-Martin-d'Ardèche. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 83, 11-12, p. 503-545.