

Karsts, Paysages et Préhistoire

Jean-Jacques Delannoy, Stéphane Jaillet, Benjamin Sadier

▶ **To cite this version:**

Jean-Jacques Delannoy, Stéphane Jaillet, Benjamin Sadier (Dir.). Karsts, Paysages et Préhistoire. JJ Delannoy ; S Jaillet ; B Sadier. Collection EDYTEM n°13, 196p., 2012. ⟨halsde-00982729⟩

HAL Id: halsde-00982729

https://hal.science/halsde-00982729v1

Submitted on 9 Mar 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Copyright - All rights reserved

Collection
EDYTEM
Numéro 13 - Année 2012

Coordination :
Jean-Jacques Delannoy
Stéphane Jaillet
Benjamin Sadier

KARSTS
PAYSAGES et PRÉHISTOIRE



Laboratoire
Collection EDYTEM
Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne

Numéro 13 - Année 2012

Karsts
Paysages et Préhistoire

Journées 2012 de l'Association Française de Karstologie
dans le Sud-Ardèche

Coordination de l'ouvrage : Jean-Jacques Delannoy, Stéphane Jaillet, Benjamin Sadier

Association Française de Karstologie
LA GROTTE Chauvet Pont-d'Arc GRAND PROJET
RhôneAlpes région GRAND PROJET LA GROTTE CHAUVET PONT D'ARC
Les Amis du Musée de préhistoire d'Orgnac
Comité Départemental Spéléologie ardèche
Laboratoire EDYTEM Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne
cnrs
UNIVERSITE CHAMBERY SAVOIE
Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère Culture Communication
GRAND SITE Aven d'Orgnac

Comité éditorial de la Collection EDYTEM : Laurent ASTRADE (dir.), Xavier BODIN, Émilie CHALMIN, Jean-Jacques DELANNOY, Mélanie DUVAL, Dominique GASQUET, Christophe GAUCHON, André PAILLET, Magali ROSSI.

Comité de rédaction du présent numéro : Jean-Jacques DELANNOY, Stéphane JAILLET, Benjamin SADIER.

Comité de lecture du présent numéro : Philippe AUDRA (Université de Nice), Jean-Yves BIGOT (Association Française de Karstologie), Vincent BIOT, Yann CALLOT (Université Lumière Lyon 2), Jean-Jacques DELANNOY, Mélanie DUVAL, Jean-Michel GENESTE (Centre National de Préhistoire), Christophe GAUCHON, Stéphane JAILLET, Olivier LAZZAROTTI (Université de Picardie Jules Verne), Yves PERRETTE, Edwige PONS-BRANCHU (Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines), Pierre SABATIER, Marion SABOURDY (Journaliste scientifique, Grenoble).

Mise en page : André PAILLET.

Les personnes ci-dessus, citées sans indication de structure d'appartenance, sont membres du laboratoire EDYTEM.

NB : Les points de vue et conclusions développés dans les articles n'engagent que leurs auteurs.

La publication de ce volume a été réalisée dans le cadre des journées 2012 de l'Association Française de Karstologie qui se sont déroulées en Ardèche du 20 au 23 septembre 2012. Cette manifestation a bénéficié du soutien des structures suivantes :

l'Association Française de Karstologie ;
le Grand Projet LA GROTTE Chauvet Pont-d'Arc ;
le syndicat mixte de l'Espace de Restitution de la Grotte Chauvet ;
la commune d'Orgnac-l'Aven et le Grand Site de l'Aven d'Orgnac ;
le ministère de la Culture et son Centre National de Préhistoire ;
l'université de Savoie ;
la délégation Alpes du CNRS (DR11) ;
le comité départemental de spéléologie de l'Ardèche ;
les Amis du musée de préhistoire d'Orgnac.

Imprimé par : Imprimerie Brailly, Parc INOPOLIS - 62, route du Millénaire - BP 34, 69564 St-Genis-Laval cedex.

Exemplaires disponibles au Laboratoire EDYTEM, Université de Savoie, Campus scientifique,
73376 Le Bourget-du-Lac cedex, France, ou auprès de : sec-edytem@univ-savoie.fr

Site web du laboratoire : http://edytem.univ-savoie.fr/

On trouvera à la fin de cet ouvrage la présentation de l'ensemble des publications du Laboratoire EDYTEM

Dépôt légal : septembre 2012

ISSN : 1762-4304 - ISBN : 978-2-918435-05-1 - EAN : 9782918435051

Éditorial

Ce numéro répond à plusieurs objectifs. Le premier d'entre eux est d'accompagner les Journées annuelles de l'Association Française de Karstologie (AFK) qui se déroulent dans le Sud-Ardèche, du 20 au 23 septembre 2012. L'AFK a retenu la proposition du laboratoire EDYTEM d'organiser ces journées sur un de ses sites d'étude privilégiés, le Sud-Ardèche, et sur un des objets emblématiques du laboratoire, les milieux et territoires karstiques. Présenter les recherches menées dans cette région et la diversité des démarches initiées, portées et accompagnées par le laboratoire, est également un des objectifs de ce numéro de la Collection EDYTEM.

Le laboratoire EDYTEM est, depuis 1998, impliqué dans l'étude des systèmes et paysages karstiques sud-ardéchois et plus particulièrement sur les sites majeurs que sont la grotte Chauvet - Pont-d'Arc, l'aven d'Orgnac et les gorges de l'Ardèche. À ce titre, un premier numéro de la Collection EDYTEM avait été consacré aux travaux conduits à l'aven d'Orgnac (numéro 5, 2007).

C'est autour de ces sites et des entrées « paysages karstiques, relations hommes-milieux passées et actuelles et enjeux touristiques et territoriaux » qu'ont été organisées ces Journées 2012 de l'AFK.

Les recherches menées par le laboratoire dans le Sud-Ardèche s'inscrivent dans des programmes plus larges portés par le Ministère de la Culture et de la Communication (équipe scientifique de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc), le Ministère de l'Environnement (DREAL Lyon) et par les collectivités territoriales (Région Rhône-Alpes, Conseil général de l'Ardèche, commune d'Orgnac-l'Aven). Les articles de ce numéro, tous inédits, sont l'expression de ces programmes et actions de recherche. En dehors des chercheurs du laboratoire, plusieurs membres de l'équipe scientifique de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc et chercheurs travaillant sur le Grand site d'Orgnac ont fait l'honneur de contribuer à cet ouvrage et ainsi de souligner les coopérations engagées avec le laboratoire. Il nous importe ici de les remercier de leur soutien et de leur intérêt.

Ce numéro de la Collection EDYTEM est également l'expression de la dynamique engagée entre les acteurs du territoire et de la recherche pour diffuser au mieux les résultats et les démarches scientifiques issus des travaux de l'équipe scientifique de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc et des recherches menées par notre laboratoire. Il s'inscrit dans la démarche partenariale engagée entre le Syndicat Mixte de l'Espace de Restitution de la Grotte Chauvet (SMERGC), le Grand Projet régional « LA GROTTE Chauvet Pont-d'Arc » et l'Université de Savoie pour poser les bases d'une future structure de formation scientifique.

Nous tenons ici à remercier l'Association Française de Karstologie pour sa confiance dans l'organisation de ces Journées 2012. Celles-ci et ce numéro de la Collection ont bénéficié du soutien du Ministère de la Communication et de la Culture, du Syndicat Mixte de l'Espace de Restitution, du Grand Projet régional « La GROTTE Chauvet Pont-d'Arc », de l'Université de Savoie, de la Délégation régionale « Alpes » du CNRS, de la commune de Vallon - Pont-d'Arc, du Grand site d'Orgnac, des Amis du Musée de Préhistoire d'Orgnac, du Comité Départemental de Spéléologie 07 et de la base départementale de Salavas. La diversité de ces soutiens souligne bien la dimension collective de ce numéro et la diversité des liens tissés par le laboratoire sur ce territoire.

Jean-Jacques Delannoy
Directeur du laboratoire EDYTEM



Avant-propos

Entre karsts, paysages et Préhistoire, l'Ardèche et le Bas-Vivarais

JEAN-JACQUES DELANNOY, STÉPHANE JAILLET, BENJAMIN SADIER

Laboratoire EDYTEM, Université de Savoie/CNRS, Pôle Montagne, Campus scientifique, 73376 Le Bourget-du-Lac cedex.

Les Gorges de l'Ardèche. Quelle pouvait être l'impression d'un Homme parcourant celles-ci il y a plus de 30 000 ans ? Quel regard portait-il sur ces versants abrupts, ces roches calcaires aux formes spectaculaires et ses nombreux porches et autres abris sous roche ? Quelle conscience avait-il de leurs prolongements souterrains, dans la pénombre d'abord, dans l'obscurité des grottes ensuite ? Force est de relever que ces différentes interrogations n'ont pas de réponse car quels que soient les modes d'investigation, il n'est guère possible de reconstituer ce qui est au plus profond de nous, les pensées, et ce d'autant moins si elles sont contemporaines d'une période sans écrit, comme c'est le cas de la Préhistoire. Cette absence de réponse ne signifie pas qu'il ne faille pas se pencher sur ces questions, bien au contraire, et sur la place des paysages, des monuments naturels, de lieux particuliers comme les grottes dans les choix des Hommes de la Préhistoire pour les explorer, les aménager, les utiliser comme supports de représentations et de transmission des savoirs. Ne pouvant répondre directement à ces interrogations, il est nécessaire de définir des modes de recherche permettant de bâtir des hypothèses les plus robustes possibles pour appréhender au mieux les représentations et les actions des Hommes de la Préhistoire. La robustesse de ces hypothèses repose, à la fois, sur les données produites par les différents champs de recherche souhaitant s'investir sur ces questions et sur la multiplicité des travaux sur différents terrains et aires culturelles. Cet ouvrage s'inscrit dans cette démarche en croisant différents regards sur les paysages et patrimoines du Sud-Ardèche.

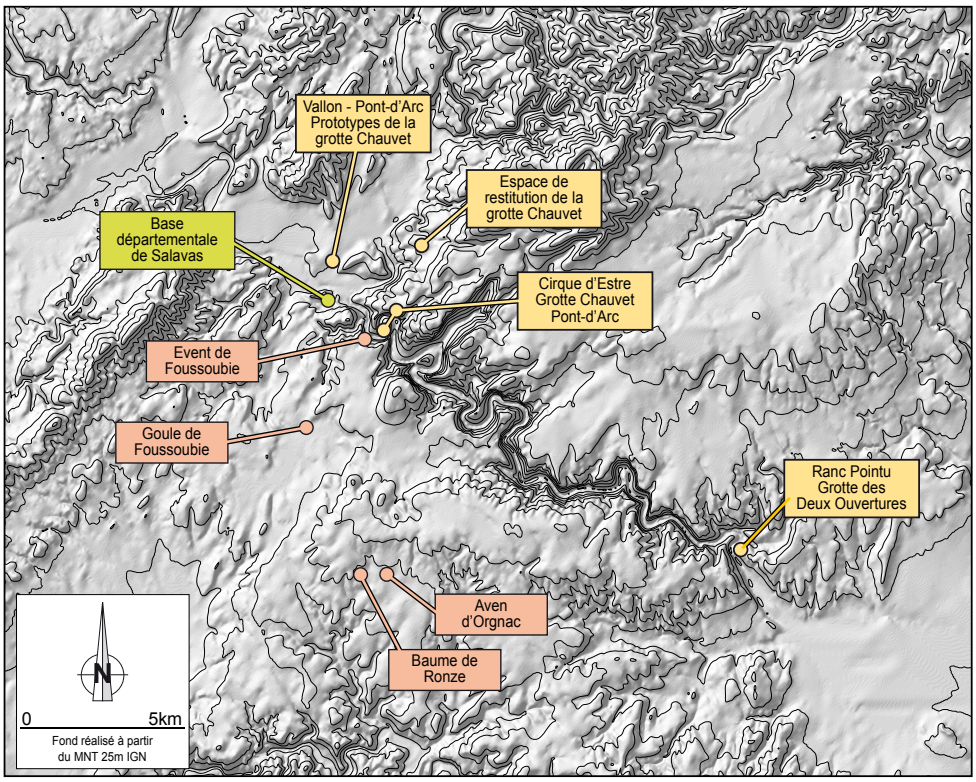


Figure 2 - Localisation des sites visités durant les journées d'excursion (21 et 22 septembre 2012).

Figure 1, ci-contre - Les Gorges de l'Ardèche depuis le rocher du Saleyron. Au fond, le pont d'Arc et la grotte Chauvet. Photo S. Jaillet.

Terre des grottes, karst emblématique par excellence, l'Ardèche et le Bas-Vivarais semblent prédisposés à une telle rencontre entre différentes lectures, différentes approches scientifiques : celle de la Préhistoire d'abord avec l'archéologie et la paléontologie ; celle des géosciences associant ici la géologie, la géomorphologie et l'hydrologie ; celle enfin de la géographie, portant un regard spatialisé sur les recompositions territoriales et touristiques. De ces regards parallèles et croisés à la fois, naissent parfois de nouveaux faits, de nouvelles interprétations, voire de nouveaux concepts. Cette diversité de regards, cette volonté de croiser les approches sont au cœur des ambitions du présent ouvrage qui vient en accompagnement aux « Journées 2012 de l'Association Française de Karstologie ». Composée de géographes, de géologues, de préhistoriens et de spéléologues, il semblait logique pour cette association scientifique de tenir dans le Bas-Vivarais ces journées annuelles de terrain. Treize articles composent ce volume. Ils sont organisés dans l'ordre chronologique des excursions des 21 et 22 septembre 2012.

Les trois articles de Jean-Michel Geneste, Julien Monney, Jean-Jacques Delannoy et collaborateurs traitent des paysages karstiques et des grottes ornées au premier rang desquelles, la grotte Chauvet. Sont abordées les questions sur l'appropriation, la perception et l'utilisation des paysages karstiques de surface et souterrains. Les Gorges de l'Ardèche (Ranc Pointu, Cathédrale, Pont-d'Arc) et la grotte Chauvet sont ici abordées en tant que vecteurs d'information sur les modes d'appropriation et d'aménagement de ces paysages par nos ancêtres. Les deux articles suivants de Benjamin Sadier et collaborateurs et de Dominique Genty font le point sur les recherches récentes en terme de géochronologie à la grotte Chauvet. La datation récente de l'écroulement du porche de la grotte fournit une donnée nouvelle et décisive dans la confirmation des dates de fréquentation de la cavité. Les spéléothèmes constituent un support de choix dans l'étude des paléoclimats et la reconstitution des paléoenvironnements contemporains des Hommes de Chauvet.

Les contributions de Gilles Tosello et collaborateurs et de Charlotte Malgat et collaborateurs nous projettent dans les travaux en cours autour du vaste défi qu'est l'Espace de Restitution de la Grotte Chauvet (ERGC). Les techniques les plus récentes ont été et sont mises en œuvre pour reproduire le plus fidèlement possible la force des représentations pariétales et leur inscription dans les paysages souterrains exceptionnels de la grotte. Partager avec le plus grand nombre les plus vieilles peintures connues de l'Humanité et l'émotion ressentie est un des objectifs forts de cet espace



de reconstitution. L'accompagnement scientifique de cette réalisation nourrit aussi de nombreuses questions sur les notions de copie, de faux et le statut du fac-similé. Nul doute que l'Ardèche méridionale, en pleine recomposition touristique, est un terrain fécond pour ce type de questionnement.

Ce premier ensemble de contributions clôt la première journée d'excursion consacrée à la rive gauche des Gorges de l'Ardèche. La seconde journée a pour objet les paysages du karst et leurs patrimoines archéologiques situés en rive droite des gorges. L'article de Stéphane Jaillet et collaborateurs l'ouvre et porte sur le système karstique de Foussoubie dont les crues spectaculaires constituent un thème central fédérateur à des recherches en hydrologie, géomorphologie et biologie. Les quatre articles suivants traitent de l'aven d'Orgnac. L'article d'Isabelle Couchoud et collaborateurs souligne l'intérêt de croiser l'analyse isotopique des spéléothèmes (paléoenvironnement) et les suivis environnementaux actuellement réalisés au sein de la cavité. Le cône d'éboulis de la salle de Joly (première salle de la visite touristique) est l'objet d'une fouille paléontologique et archéologique, sous la direction de Lydia Gamberi et collaborateurs. Celle-ci a été accompagnée d'un suivi 3D qui permet de repositionner les objets archéologiques dans l'espace et la chronologie de formation du cône. Lieu d'anciennes et de nombreuses explorations, l'aven d'Orgnac et plus particulièrement « Orgnac I » a été étudié au travers d'une analyse historiographique originale de la topographie et de la toponymie. Une nouvelle synthèse topographique est présentée (articles de Christophe Gauchon et collaborateurs puis de Stéphane Jaillet et collaborateurs). Enfin la Baume de Ronze, site majeur associant karstogenèse, préhistoire et potentiel patrimonial semblait tout indiquée pour clore ce volume (article de Philippe Barth et collaborateur).

Nous avons conscience que ce tour des gorges et des grottes de l'Ardèche n'est pas exhaustif. Ce n'était pas l'objectif de cet ouvrage. Notre souhait était de proposer des contributions d'origine et d'approche variées afin de mettre en avant les spécificités et valeurs de ce territoire où depuis des millénaires, et aujourd'hui encore, se développe une dialectique particulière entre l'Homme et les paysages du karst, qu'ils soient de surface ou souterrains. Gageons que ce travail ne sera que le début d'une nouvelle série d'études sur les grottes et les mondes souterrains. L'Ardèche et le Bas-Vivarais portent en eux tout le potentiel pour constituer un centre scientifique majeur, support à ce type de recherches scientifiques et de diffusion des savoirs.



Figure 3 - Travaux de relevés cartographiques dans la grotte Chauvet-Pont-d'Arc. Photo S. Jaillet.



Figure 4 - Détail du panneau des Chevaux à la grotte Chauvet - Pont-d'Arc. Photo G. Tosello et C. Fritz.

Sommaire

Éditorial, par Jean-Jacques DELANNOY 3

Avant-propos, Entre Karsts, Paysages et Préhistoire - L'Ardèche et le Bas-Vivarais,
par Jean-Jacques DELANNOY, Stéphane JAILLET, Benjamin SADIER 5

Ouverture, La Grotte Chauvet - Pont-d'Arc, 1994-2012 : une rétrospective anthropologique,
par Jean-Michel GENESTE 13

Et si d'un paysage l'on contait passé. Tissu de sens et grottes ornées le long des gorges de l'Ardèche,
par Julien MONNEY 21

Les aménagements et structures anthropiques de la grotte Chauvet - Pont d'Arc.
Apport d'une approche intégrative géomorpho-archéologique,
par Jean-Jacques DELANNOY, Jean-Michel GENESTE,
Stéphane JAILLET, Élisa BOCHE, Benjamin SADIER 43

Datations ^{36}Cl de la fermeture de la grotte Chauvet, implications géomorphologiques et archéologiques,
par Benjamin SADIER, Lucilla BENEDETTI, Jean-Jacques DELANNOY, Didier BOURLÈS,
Stéphane JAILLET, Judicaël ARNAUD, Benoit JARRY, Guillaume VERMOREL, Jean-Michel GENESTE .. 63

Les spéléothèmes de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc : apports chronologiques et paléoclimatiques.
Synthèse des travaux publiés,
par Dominique GENTY 79

Copier pour montrer, connaître avant de copier. Entre recherche et médiation, le fac-similé d'art préhistorique,
par Gilles TOSELLO, Alain DALIS, Carole FRITZ 89

Donner à voir un patrimoine invisible : de l'original à la copie.
Le cas de l'Espace de restitution de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc,
par Charlotte MALGAT, Mélanie DUVAL, Christophe GAUCHON 99

Les crues du système karstique de Foussoubie (Ardèche, France). Une analyse géomorphologique
et hydrodynamique des circulations dans la zone épinoyée du karst,
par Stéphane JAILLET, Didier CAILHOL, Judicaël ARNAUD, Laurent ASTRADE, Christelle BELINGARD,
Élisa BOCHE, Thomas CORNILLON, Isabelle COUCHOUD, Rémi DUGUET, Norbert FRANCK,
Christophe GAUCHON, John HELLSTROM, Patrick LE ROUX, Philippe MONTEIL, Olivier PEYRONEL,
Edwige PONS-BRANCHU, Benjamin SADIER, Matthieu THOMAS 115

Les spéléothèmes de l'aven d'Orgnac, potentialités et études en cours,
par Isabelle COUCHOUD, Dominique GENTY, François BOURGES, Russell DRYSDALE,
Stéphane JAILLET 139

Le cône d'éboulis de l'aven d'Orgnac : un dépôt entre apports externes et édification endokarstique,
par Lydia GAMBÉRI ALMENDRA DE CARVALHO, Élisa BOCHE, Isabelle COUCHOUD,
Stéphane JAILLET, Rachel PELTIER-MUSCATELLI, Françoise PRUD'HOMME, Benjamin SADIER 149

Dynamique de la construction topographique et toponymique à l'aven d'Orgnac (Ardèche, France),
par Christophe GAUCHON, Stéphane JAILLET, Françoise PRUD'HOMME 157

Une nouvelle synthèse topographique des salles et galeries d'Orgnac I,
par Stéphane JAILLET, Élisa BOCHE, Didier CAILHOL, Christophe GAUCHON,
Gabriel HEZ, Amandine LABORDE, Françoise PRUD'HOMME, Benjamin SADIER,
Matthieu THOMAS, Stéphane TOCINO (+ planche hors-texte, format A2). 177

La baume de Ronze, entre karstogenèse, archéologie et patrimoine,
par Philippe BARTH, Bernard GÉLY 183

Postface, La Grotte Chauvet - Pont-d'Arc - Un trésor de l'humanité,
par Hervé SAULIGNAC, Georges FANGIER 191

Complétez votre collection 194



La grotte aux Points s'ouvre en rive droite des gorges de l'Ardèche, en vis-à-vis de la Cathédrale. Le sol très perturbé révèle une phase d'utilisation, probablement historique, de la cavité. L'ornementation a été découverte par Éliette Brunel, Jean-Marie Chauvet et Christian Hillaire en 1993 peu avant la découverte de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc (1994), d'où sa moindre notoriété. Cependant, la richesse de ces points-mains confirme son intérêt pour le Paléolithique supérieur et c'est avec justesse qu'elle est qualifiée parfois de « petite sœur » de la grotte Chauvet. Photo S. Jaillet.



Ouverture

LA GROTTE CHAUVET - PONT-D'ARC 1994-2012 : UNE RÉTROSPECTIVE ANTHROPOLOGIQUE

JEAN-MICHEL GENESTE

Directeur de l'équipe scientifique de la grotte Chauvet

Centre National de Préhistoire, Sous direction de l'Archéologie, Ministère de la Culture et de la Communication, 24000 Périgueux.

La Grotte Chauvet - Pont-d'Arc a été révélée au monde en décembre 1994 par trois spéléologues, Jean-Marie Chauvet, Éliette Brunel et Christian Hillaire La grotte est située dans l'environnement visuellement riche, monumental et spectaculaire des falaises calcaires des gorges de l'Ardèche qui marquent ce lieu. Le paysage très singulier du cirque d'Estre, avec la gigantesque arche naturelle du pont d'Arc sous lequel la rivière Ardèche a creusé son lit depuis plus de quarante millénaires, a donc pu être mémorisé, mieux que d'autres probablement, par des générations d'humains.

Elle est en effet indissociable d'un paysage remarquable et unique en son genre dans une vaste région, comme le sont souvent, ailleurs dans le monde, les sites privilégiés sinon sacrés de tous les groupes de chasseurs-cueilleurs, mais pas seulement eux, et les sites d'art rupestre qui leur sont associés. Le mont Kamberg dans le Drakensberg en République sud africaine, les Tsodilo Hills dans le Kalahari au bord du delta de l'Okavango au Botswana, le Mont Huashan le long de la Moi river dans le sud de la Chine, Uluru (Ayers Rock) à Alice Springs dans le centre de l'Australie, par exemple, sont des sites sacrés à composante rupestre qui possèdent une monumentalité similaire à celle du cirque d'Estre au plan du paysage naturel mais aussi du milieu culturel qui leur est associé (Figure 1).

En Europe occidentale, elle est indissociable d'un riche ensemble de falaises, d'abris-sous-roches et grottes profondes, tous ornés, qui sont répartis entre France (au total plus de 200 grottes), Espagne, Portugal, un peu Italie, presque rien ailleurs, une en Roumanie, des traces en Hongrie, un ensemble plus sérieux dans l'Oural. Elles datent du Paléolithique supérieur, soit entre plus de 36 000 et 10 000 ans avant l'actuel.

Cette grande caverne somptueuse est une ressource naturelle rare et précieuse qui fut fréquentée par l'ours des cavernes à la fin de son existence au Pléistocène supérieur puis par des générations d'humains jusqu'à sa fermeture.

La grotte de la combe d'Arc n'est pas isolée dans cet environnement privilégié. D'autres cavités, dans son voisinage immédiat et dans cette zone des gorges de l'Ardèche, renferment aussi des vestiges paléolithiques ; on a donc affaire ici à un haut lieu d'une province du début du Paléolithique supérieur. La grotte a conservé de sa fonction pré-



Figure 1 - L'entrée des Gorges de l'Ardèche depuis l'amont est marquée par la présence du spectaculaire pont d'Arc. C'est dans ce paysage exceptionnel que s'ouvre la grotte Chauvet - Pont-d'Arc dans la boucle du méandre abandonné. Photo DREAL Rhône-Alpes.

historique, une abondance inhabituelle de manifestations pariétales : des dessins au charbon de bois et à l'ocre rouge, des estompes au pigment noir charbonneux sur paroi calcaire plastique (Figure 2), des tracés digités, des gravures. Les thèmes traités dans tout cet espace souterrain sont à la fois un riche corpus de signes et des représentations figuratives animales et humaines dans l'ambiance émotionnelle d'une magistrale mise en scène, donc en lumière, au cœur de ténèbres denses (Figure 3).

La totalité de l'espace accessible a été parcouru et socialisé par les groupes paléolithiques qui l'ont fréquenté ; en témoignent les nombreux aménagements et transformations intentionnelles du milieu souterrain qui sont parvenus jusqu'à nous plus ou moins intacts malgré l'évolution physique de la cavité et l'intense activité du monde animal : accumulation de blocs, dépôts et déplacement d'ossements, d'artefacts, d'éléments lithiques, transformation physique de l'espace par déplacement, accumulation ou extraction de matériel. Ces témoins matériels nombreux et diversifiés sont à mettre en relation avec des activités techniques encore aisément identifiables (les aires de combustion réparties dans toute la cavité et dont l'état de conservation est très inégal en sont un exemple), des activités sociales et des actions plus résolument symboliques dont la nature nous échappe, mais dont les traces font sens dans ce lieu et sont donc, à ce titre, inséparables de l'art rupestre qu'il abrite.

Douze ans de recherches pluridisciplinaires ininterrompues

Suite à un appel d'offre scientifique du ministère de la Culture et de la Communication en 1995, elle fait l'objet, depuis 1998, de recherches pluridisciplinaires réévaluées tous les trois ans. L'équipe scientifique réunie par Jean Clottes puis dirigée par lui-même jusqu'en 2002 est aujourd'hui dirigée par l'auteur de ces lignes. En 1998, les premiers travaux de recherche collectifs commencèrent, après une étude de faisabilité qui fut conduite par le Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques (LRMH), qui étudia la microbiologie, et le Laboratoire Souterrain du CNRS à Moulis (Ariège), qui étudia la climatologie du milieu souterrain, afin de déterminer le nombre de personnes que la cavité pouvait accueillir quotidiennement. L'accès actuel, distinct de l'entrée paléolithique, est un boyau étroit qui aboutit au plafond de la Salle d'Entrée, à environ huit mètres au-dessus du sol.

Depuis ses débuts, la philosophie de la recherche a reposé sur des principes directeurs de multidisciplinarité étendue au-delà de l'art rupestre, de modernité et d'originalité scientifique dans les démarches et les techniques, de conservation préventive prioritaire et enfin de formation. L'équipe scientifique contribue à former de jeunes chercheurs et des étudiants français ou étrangers dans le domaine de l'art rupestre.

Loin de revenir sur les résultats déjà publiés dans de multiples champs disciplinaires, au premier rang desquels figurent les études d'art pariétal, le propos de cet article est de souligner quelques-unes des dimensions, démarches, intentions qui ont parfois pu passer sous silence ou demeurer trop discrètes, et qui cependant ont marqué ces douze années de recherche. Pour un bilan récent et exhaustif des recherches pluridisciplinaires et de la conservation du site, on peut utilement se reporter à l'article de Clottes et Geneste (2012).



Figure 2 - Les chevaux sont particulièrement bien représentés dans le bestiaire de la grotte Chauvet. On note ici une utilisation précoce des estompes au pigment noir charbonneux sur paroi calcaire plastique. Photo J.-M. Geneste/CNP.

Avancement des études sur le terrain et en laboratoire

Deux phases principales sont perceptibles de manière rétrospective dans le déroulement de la recherche.

De 1998 à 2006 une phase de découvertes et d'inventaire

C'est réellement un période de découverte et d'inventaire dans tous les domaines. La recherche s'inscrit alors sur une indispensable démarche d'inventaire. C'est le domaine de l'art pariétal qui a conduit et déterminé les travaux et la productivité maximale de la recherche. Les études descriptives et les inventaires ont concerné en première instance les manifestations pariétales qui était alors, sans nul doute, le domaine le plus exceptionnel, prioritaire et le plus original dans ce site archéologique (Baffier et Feruglio, 1998 ; Fritz et Tosello, 2007 ; Azéma et Clottes, 2008 a, b ; Figure 4). Actuellement, près de 430 animaux et de très nombreux signes, points-mains, mains négatives et positives ont été répertoriés. Les animaux appartiennent à 14 espèces différentes au moins, fait unique dans l'art pariétal (mammouths, lions, rhinocéros, chevaux, bisons, aurochs, bouquetins, ours, rennes, cerfs, mégacéros, bœufs musqués, panthère, hibou, plus possiblement une hyène).

Y furent aussitôt associées la topographie détaillée du site et des sols géologiques, les études des vestiges archéologiques, paléontologiques, anthracologiques, palynologiques, les traces animales et humaines (Garcia, 1999). Les premiers travaux sur les régimes alimentaires des ursidés par H. Bocherens et D. Drucker sont conduits à cette époque. La totalité des zones accessibles du site fut reconnue pendant ces années. Les problématiques initiales vont alors justifier de nombreuses analyses ; les premières synthèses ont lieu pendant cette phase.

L'histoire et les principes de formation du réseau karstique de la grotte Chauvet, dans le secteur des gorges de l'Ardèche, et les modalités de son remplissage figurent parmi les premières études publiées. La stratigraphie naturelle du Grand Effondrement, dans la salle Hillaire, a occupé une large partie des travaux de géomorphologie, de paléontologie et d'archéologie pendant ces années ; elle a permis de mettre en évidence la fréquentation de la grotte par les ours bien avant la venue des hommes (Debard et *al*., 2002).

Une cartographie géomorphologique dynamique détaillée de tous les sols et formations minéralogiques visibles à l'affleurement dans la cavité fut achevée en 2005. Cet atlas cartographique diffusé au sein de l'équipe n'a pas été publié en tant que tel. Il s'agit cependant de la formalisation originale et inédite d'une masse de données géologiques, karstologiques, géomorphologiques et, dans une moindre mesure, archéologiques (Delannoy et *al*., 2000 ; Delannoy et *al*., 2004 ; Figure 5).

Les datations par le radiocarbone, particulièrement nombreuses, réalisées au cours de ces quelques années, confirmèrent vite l'existence de deux périodes d'occupation de la cavité, la plus ancienne aurignacienne et la dernière gravettienne. La situation chronologique de la phase principale de décoration noire aux environs de 30 à 32 000 ans BP, fut établie par plusieurs datations directes, ainsi que par des méthodes de datation croisées et indépendantes (Genty



Figure 3 - La grotte Chauvet révèle ses œuvres peu à peu à la lumière des éclairages portés par le visiteur. Deux ours dessinés au fusain sont encore perceptibles sous une draperie de calcite qui les ronge depuis des millénaires. Photo J.-M. Geneste / CNP.



Figure 4 - Archéologues au travail devant le Panneau des Chevaux entre la salle Hillaire et la salle du Crâne. Les figures animales dessinées au charbon de bois, cadrées dans des fenêtres blanches établies sur la paroi préalablement raclée, surgissent des ténèbres dans l'ambiance émotionnelle d'une magistrale mise en scène ou « mise en lumière ». Photo J.-M. Geneste/CNP.

et *al*., 2004). Ces résultats ont été validés par un programme international d'intercalibration (Clottes, 1999 ; Valladas et *al*., 2004 ; Cuzange et *al*., 2007) de même que par les observations sur les activités et la présence des ours dans la grotte en relation avec les passages humains. Les charbons de bois datés appartiennent au pin (*Pinus sylvestris/nigra*) (travaux S. Thiébault et I.Théry).

La technique du tamponnage avec des paumes de mains colorées est identifiée très tôt pour la réalisation de certains panneaux peints dans la salle Brunel. Les chaînes opératoires conduisant à la réalisation des panneaux ornés et utilisation de procédés graphiques originaux sur les parois les plus tendres et humides, tels que l'estompe, sont alors détaillées.

L'équipe scientifique qui, par sa diversité et sa complémentarité, constitue l'un des pôles mondiaux les plus dynamiques de la recherche fondamentale en art rupestre, a régulièrement publié des synthèses sur l'avancement de ses travaux pendant cette phase (Clottes (dir.), 2001 ; Geneste (dir.), 2005 ; Clottes et Geneste, 2007 a,b), ainsi que des ouvrages thématiques (Clottes et Azéma, 2005 ; Gély et Azéma, 2005), outre de nombreux articles dans des revues spécialisées.

De 2007 à 2012 : bilans, approfondissements, nouvelles méthodes et problématiques

Au cours des années qui suivirent, l'intensité des travaux et le rythme des publications n'ont pas changé, mais des études ont abouti et ne se sont pas prolongées, telles certaines études paléo-environnementales, la cartographie dynamique des sols ou encore les études des artefacts.

Les bilans progressifs et l'accumulation de données ont fait peu à peu émerger de nouvelles problématiques qui aujourd'hui prolongent celles de la première phase de la recherche.

Dans le domaine de l'art pariétal, les découvertes sont devenues plus discrètes mais non moins importantes avec de nouveaux types de signes gravés et des découvertes de manifestations pariétales difficilement visibles jusqu'alors. Ce sont les processus de composition progressive des panneaux pariétaux qui apparaissent désormais dans les études. La contribution d'anthropologues à l'étude des empreintes de mains enregistrées sur une série de panneaux ornés ouvre de séduisantes perspectives méthodologiques et expérimentales. L'analyse des superpositions, effacements, reprises, met en évidence des complexités et isole des phases de réalisation jusqu'alors très localisées qui sont peu à peu corrélées dans le site et que des datations par des prélèvements adaptés seront peut-être en mesure de dégager. Une phase de décoration noire antérieure à celle datée de 31 à 32 000 ans BP est ainsi mise en évidence dans la salerie des Mégacéros ainsi que les salles du Crâne et Hillaire.

Dans le domaine des datations des événements pariétaux, les techniques se diversifient et les résultats sont croisés

ce qui autorise, outre un renforcement du cadre chronologique, des perspectives inédites. On dispose depuis 2011 de 82 dates radiocarbone, la plupart calculées par la méthode AMS (Valladas et *al*., 2004 ; Cuzange et *al*., 2007). L'étude systématique des traces charbonneuses (désignées aussi comme mouchages de torches) a mis en évidence des régularités topographiques et spatiales inédites qui devraient aussi ouvrir sur un phasage chronologique spécifique.

La philosophie des datations est désormais de corréler au mieux les datations des phases d'occupation avec des phénomènes environnementaux et culturels, et d'obtenir ainsi un cadre chronologique multidisciplinaire renforcé. Parallèlement au développement des datations AMS, on assiste à la croissance quantitative des datations par Uranium/Thorium, par thermoluminescence (TL) et enfin plus récemment par le ^{36}Cl, sur des matériaux différents et à l'aide de techniques indépendantes. Le cadre chronologique des phases d'occupation de la cavité par l'animal et l'homme est en passe de se construire de plus en plus rigoureusement et de s'appuyer sur de nombreux faits et constructions de chronologie relative. Les communications faites au colloque sur le radiocarbone à Paris en 2012 illustrent parfaitement ces tendances.

La datation par le ^{36}Cl de négatifs des zones d'arrachement des volumineux effondrements identifiés sur la falaise qui surplombe l'entrée de la cavité, couplée à une modélisation tridimensionnelle de la morphologie de cette zone intra-cavitaire et du pied de falaise (Delannoy et *al*., 2010), a permis de proposer un scénario daté de la fermeture progressive de l'entrée entre 29 000 et 21 000 ans BP, ce qui permet d'argumenter de manière contraignante la fréquentation animale et humaine de la grotte qui se terminerait donc vers 21 000 ans (Sadier et *al* ., 2012).

Les sondages dans les niveaux sédimentaires sous-jacents aux surfaces d'occupation qui sont à l'affleurement ont mis en évidence l'existence d'au moins deux autres épisodes d'occupation du site, qui sont désormais observés en quatre emplacements différents : dans la galerie des Mégacéros, dans la salle Hillaire (sondage SH1C), dans le Grand effondrement de la salle Hillaire et au bas de l'éboulis d'entrée. Les datations par radiocarbone AMS sur des charbons de bois les situent aux alentours de 32 000 ans BP, soit contemporains d'une partie des dessins noirs.

Des études très spécifiques ont alors vu le jour dans ce site du fait de ses caractéristiques propres ou de sa richesse singulière. Ainsi en est-il des études paléontologiques des ursidés, de l'étude détaillée de l'action parfois très discrète des ours sur les parois naturelles et ornées et des recherches paléogénétiques relatives aux populations d'ours des cavernes du Paléolithique supérieur ancien dont le génome a été reconstitué (Bon et *al*., 2008).

Les parois naturelles et ornées sont depuis 2006 l'objet de programmes d'études afin d'inventorier puis d'interpréter les variations locales des faciès calcaires dans cette vaste cavité, tout en abordant la question fondamentale de l'évolution dans le temps des parois et des œuvres qui leur sont encore ou leur ont été associées, le cas échéant. Plusieurs laboratoires et équipes ont récemment rejoint l'équipe initiale afin de développer ces études taphonomiques des parois qui réunissent des compétences pluridisciplinaires. Les traces d'élévation thermique sur les débris calcaires détachés des parois ont ainsi autorisé des interprétations relatives à l'existence d'anciennes aires de combustion dispa-



Figure 5 - Le pendant du Hibou, dans la salle Hillaire est réalisé par gravure au doigt sur paroi molle. Cette œuvre est aujourd'hui inaccessible du fait de l'évolution morphologique de la cavité ; elle est située au-dessus d'un soutirage karstique. Photo J.-M. Geneste / CNP.

rues et ces études permettent d'espérer l'obtention de datations par TL sur carbonates. Par ailleurs, dans le domaine du milieu physique, une modélisation de l'évolution climatique de la cavité est actuellement envisagée avec les personnes et le laboratoire qui ont mis au point le simulateur climatique de la grotte de Lascaux.

L'étude des aménagements anthropiques du milieu, dont il a déjà été question plus haut, et qui fait l'objet d'une contribution autonome dans ce volume, est un domaine actuellement en cours de réexamen à l'aide d'outils conceptuels et de démarches novatrices adaptées aux enjeux de ce type de manifestations, qui sont moins exceptionnelles dans les grottes ornées que la rareté des études tend à le faire penser.

L'étude des aménagements au sens large (aires de combustion, structures par accumulation, dépôts d'objets, etc.) a commencé dès 1998 par leur inventaire, leur localisation et de premières couvertures photographiques. Le relevé détaillé de certains a été réalisé lorsque l'accessibilité le permit.

Plusieurs types d'aires de combustion furent déterminés : celles qui ont fourni du charbon de bois pour servir de pigment (étage inférieur de la galerie des Mégacéros) ; celles, plus dispersées, qui résultent de dispositifs d'éclairage de certains panneaux ornés ou espaces de la cavité. Ces dernières, plus difficiles à étudier du fait de leur démantèlement, sont également attestées par des traces de rubéfaction, de carbonisation et des chocs thermiques sur les parois ; elles sont l'objet d'études physico-chimiques déjà évoquées.

Les marques charbonneuses sur les parois et les objets ont retenu l'attention de plusieurs chercheurs parmi lesquels M.-A. Garcia qui effectua une étude de leur orientation dans la galerie des Croisillons et envisagea leur liaison avec la piste de pas. Partant de ce travail, J. Monney a réalisé un inventaire et une mise sur plan de l'intégralité des traces charbonneuses de la cavité et de leur datation déjà évoquée plus haut.

Aujourd'hui, ce sont des types d'aménagements moins évidents qui sont en cours d'étude et de publication : accumulation de matériel lithique, extractions, déplacements de masses rocheuses volumineuses, édification de bassins, etc. Ces aménagements localisés du sol et des parois marquent parfois les abords de quelques zones ornées (Panneaux Rouges au niveau du Seuil, Panneau du Cheval Gravé dans la salle Hillaire) ; ailleurs il peut s'agir, par exemple, de dépôts d'objets en parois, dissimulés ou non.

La démarche d'étude, anthropologique par essence, emprunte dans ces travaux autant à la géomorphologie qu'à l'archéologie générale et à celle des vestiges archéologiques au sol (Delannoy et *al*., sous presse ; Delannoy et *al*., 2012).

Acquis majeurs obtenus dans d'autres domaines transversaux de la recherche

Relevé 3D de la cavité

Dès le début des recherches, ou peu après, l'équipe scientifique a accordé un vif intérêt au relevé numérique tridimensionnel comme outil adapté à la pluridisciplinarité des différentes approches : relevé topographique, outil d'étude scientifique (art pariétal, archéologie des sols et des parois, géologie, géomorphologie, paléontologie etc.), mais aussi à la gestion des données et à la conservation.

N. Aujoulat, au cours de son étude du Panneau du Cheval Gravé, identifia à l'aide de procédés optiques la morphologie tridimensionnelle des zones actives, les profils essentiellement, des outils employés, et retrouva les figures réalisées avec un même tranchant. Il expérimenta aussi, en collaboration avec le cabinet Perazio, l'apport des modèles numériques de terrain (MNT) sur une figure de cet ensemble gravé.

Autant les résultats ont été rapidement manifestes dans le domaine de la topographie, autant l'aboutissement de la mise à disposition d'un outil manipulable par chaque scientifique, de façon autonome, est long à atteindre sa phase de maturité. Malgré les avancées spectaculaires de la restitution 3D des volumes de la cavité depuis quelques années, la mise en texture à l'aide d'images à haute résolution, afin de procéder aux études pariétales proprement dites, est très lourde et donc lente. En outre, il est clair que les besoins destinés à la réalisation du fac-similé de la grotte, qui ont déterminé la mise ou point de techniques et de procédures affinées par la société chargée de ce travail de numérisation tridimensionnelle, ont néanmoins bénéficié d'une priorité qui a fait passer au second plan les applications à la recherche, inversant ainsi une démarche au départ initiée par des chercheurs de l'équipe. En 2012, alors que la plus importante partie des recherches en art pariétal est accomplie, on n'a pas encore pu utiliser, sauf à titre expérimental dans quelques secteurs limités, les relevés numériques tridimensionnels pourtant si utiles et on ne peut plus adaptés à la restitution des volumes et de la morphologie de la paroi, qui joue un rôle déterminant dans le choix de l'implantation des œuvres.

Le relevé 3D est aussi utilisé à d'autres fins ; ainsi en est-il des études géomorphologiques conduites sur le site dans le secteur d'entrée, pour la reconstitution de l'effondrement de la falaise au droit du porche ou encore pour l'étude des aménagements anthropiques (Delannoy et *al*., 2010 ; Delannoy et *al*., à paraitre).

Valorisation du site, diffusion des résultats de la recherche, formation des chercheurs

L'équipe scientifique a tenu à accorder une place importante à la gestion et à l'archivage des données scientifiques de terrain. Plusieurs principes, en accord avec les dispositions réglementaires dans ce domaine, ont été mises en place et soutenues au fil des années.

Les archives photographiques sont régulièrement déposées au Centre national de préhistoire du ministère de la Culture et de la Communication par tous les chercheurs ; elles abondent une base iconographique dédiée forte de plusieurs milliers de documents. Un fonds de films vidéo tournés par l'équipe scientifique depuis le début de la recherche est aussi constitué et en cours de traitement et de numérisation sous un unique standard adapté à la diffusion et à au partage.

Un SIG rassemblant la totalité des données et des informations scientifiques portées à la connaissance des chercheurs a été constitué ; il est entretenu et régulièrement abondé. Cet outil fondamental n'est actuellement accessible qu'aux membres de l'équipe qui en sont à l'origine ; il a bénéficié lors de sa conception et de sa réalisation des ressources multidisciplinaires et pluri-institutionnelles de l'équipe scientifique. En matière de formation, l'équipe scientifique a régulièrement accueilli en son sein un nombre maximum de jeunes chercheurs dans l'ensemble des champs disciplinaires concerné par les recherches.

Les enjeux de la restitution au public des résultats de la recherche, de l'art pariétal paléolithique de la grotte Chauvet dans le cadre de manifestations scientifiques, d'œuvres audiovisuelles de valorisation (série de documentaires scientifiques de P.-O. Lévy produits par Ardèche Images Production ou documentaire de W. Herzog *Cave of Forgotten Dreams*) ont particulièrement mobilisé tous les chercheurs qui ont toujours activement soutenu ces démarches de restitution sociale de la recherche.

Depuis le lancement du projet de l'ERGC, les chercheurs impliqués dans les études conduites autour de ce site se sont spontanément et systématiquement mobilisés pour accorder leur soutien et leur expertise à toutes les phases de son développement. Plusieurs personnes plus particulièrement concernées par les études d'art pariétal, karstologiques et géomorphologiques ont apporté un concours assidu aux réflexions des cabinets d'étude ; par leur intermédiaire a circulé un flux d'informations qui a tenu l'ensemble de l'équipe au plus près du processus. Les liens entre les équipes de l'ERGC et l'équipe scientifique ont été marqués par des rencontres régulières au cours des campagnes de terrain annuelles. La réalisation du dossier de candidature de la Grotte Chauvet sur la liste du Patrimoine mondial de l'Unesco a elle aussi bénéficié le plus largement des compétences des chercheurs au cours des années 2010 et 2011. Dans le même temps, le Conseil scientifique de la Grotte Chauvet, a été placé sous l'autorité scientifique de Jean Clottes et plusieurs personnalités scientifiques de l'équipe de recherche y ont été nommées ; c'est souligner les relations scientifiques fortes qui rassemblent toutes les communautés scientifiques impliquées et les collectivités d'acteurs territoriaux autour de ce projet phare. Sans s'avancer plus avant sur ce qui n'est encore qu'un projet informel, mais en en se projetant tout de même vers l'avenir, soulignons l'ambition régionale de valoriser les prestigieuses ressources patrimoniales du site et les importants résultats de la recherche en cours en pérennisant sur place une structure de formation scientifique relevant de l'enseignement supérieur.

Conclusion

Au cours de douze années de travaux, la pluridisciplinarité a été extrême et s'accentue certainement encore aujourd'hui. Elle témoigne de la vivacité des problématiques de départ en regard de la richesse exceptionnelle du site.

Elle rappelle à tous qu'au-delà d'une nécessaire programmation scientifique officielle, la recherche progresse aussi de manière opportuniste et pragmatique en découvrant peu à peu de nouveaux objectifs qui étaient hors de portée auparavant. Les études actuelles bénéficient par exemple d'un effet cumulatif, en boule de neige, qui explique qu'au-dessous d'un certain seuil de développement les résultats stagnent, puis qu'au-delà, on assiste à une rapide productivité. Les recherches relatives à la calibration de l'ensemble de dates radiocarbone (et autres), obtenues ces dernières années, et l'analyse statistique bayesienne réalisée en 2012 auront certainement un effet de ce type, elles-mêmes n'ont été rendues possibles qu'à l'issue d'une phase d'accumulation préliminaire. L'accumulation de connaissances sur les chaînes opératoires et les phases de réalisation et de superposition des actions sur des panneaux dans les salles Hillaire, du Crâne et de la galerie des Mégacéros ont ainsi débouché récemment sur des conceptions chronologiques qui se croisent et viennent contraindre un modèle chronologique transversal à tous ces panneaux étudiés séparément par différentes groupes de chercheurs.

Remerciements

Cette synthèse n'a été possible que grâce à la mobilisation de données pluridisciplinaires de l'équipe scientifique de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc ; elle est le fruit d'une expression collective formalisée par ma contribution et mon regard personnels qui n'engagent que moi-même.

Bibliographie

Azéma M., Clottes J., 2008 a. Les signes de type Chauvet. Chauvet-type signs. *INORA*, 50, 2-7.

Azéma M., Clottes J., 2008 b. Traces de doigts et dessins dans la Grotte Chauvet (Salle du Fond). Traces of finger marks and drawings in the Chauvet Cave (Salle du Fond). *INORA*, 52, 1-5.

Baffier D., Feruglio V., 1998. Premières observations sur deux nappes de ponctuations de la grotte Chauvet (Vallon-Pont-d'Arc, Ardèche, France). *INORA*, 21, 1-4.

Bon C., Caudy N., de Dieulevaut M., Fosse P., Philippe M., Maksud F., Beraud Colomb E., Bouzaid E., Kefi R., Laugier C., Rousseau B., Casane D., van der Plicht J., Elalouf J-M., 2008. Deciphering the complete mitochondrial genome and phylogeny of the extinct cave bear in the paleolithic painted cave of Chauvet. *Proc nat. Acad Sciences USA*, 105, 17447-17452.

Clottes J., 1999. The Chauvet Cave Dates. *In* HARDING A.F. (ed.), Experiment and Design. Archaeological Studies in Honour of John Coles, 13-19.

Clottes J. (éd.), 2001. La Grotte Chauvet : L'art des origines. Paris, Seuil, 2001. Republished in 2010. Published in English: Return to Chauvet Cave. Excavating the Birthplace of Art : The First Full Report, London, Thames et Hudson, and Chauvet Cave : The Art of Earliest Times, Salt Lake City, The University of Utah Press.

Clottes J., Azéma M., 2005. Les Félins de la grotte Chauvet. Paris. Éd. du Seuil, 125 p.

Clottes J., Geneste J.-M., 2007 a. La grotte Chauvet, dix ans après. *In* Grottes ornées en France, *Les Dossiers d'Archéologie,* 324, 10-19.

Clottes J., Geneste J.-M., 2007 b. Le contexte archéologique et la chronologie de la grotte Chauvet. *In* Floss H. et Rouquerol N. (éd.), Les chemins de l'art aurignacien en Europe. Das Aurignacien und die Anfänge der Kunst in Europa. Colloque international, Internationale Fachtagung, Aurignac, 16-18 Septembre 2005, Éditions Musée-forum Aurignac, Aurignac, cahier 4, 363-378.

Clottes J., Geneste J.-M., 2012. Twelve years of Research in Chauvet cave: Methodology and Main Results. *In* McDonald J., Veth P., (ed.), A Companion to Rock Art , Wiley-Blackwell, 583-604.

Cuzange M.-T., Delque-Colice, Goslart, Grootes P.-M., Higham T., Nadeau M.-J., Oberlin C., Paterne M., Van Der Plicht J., Bronk Ramsey C., Valladas H., Clottes J. Geneste J.-M., 2007. Radiocarbon Intercomparison Program for Chauvet Cave. *Radiocarbon*, 49, 2, 339-347.

Debard É., Delannoy J.-J., Debard É., Ferrier C., Kervazo B., Perrette Y., Perroux A.-S., 2002. Les Études karstogéniques menées dans la grotte Chauvet. Préhistoire, art et sociétés. *Bulletin de la Société préhistorique Ariège-Pyrénées*, LVII, 29-52.

Delannoy J.-J., Debard É., Ferrier C., Kervazo B., Perrette Y., 2000. Contribution de la cartographie morphologique souterraine dans l'étude spéléogénique de la grotte Chauvet : Premiers éléments spéléogéniques et implications paléogéographiques, préhistoriques et paléontologiques. *In* Debard É. (dir.), Moyenne vallée du Rhône et Vivarais (Drôme et Ardèche) : Loess de Saint-Vallier, karst du Bas-Vivarais, volcanisme quaternaire du Vivarais. Lyon, Université Claude-Bernard Lyon 1.Livret-guide de l'excursion annuelle de l'AFEQ des 29-31 août 2000, 78-95.

Delannoy J.-J., Perrette Y., Debard É., Ferrier C., Kervazo B., Perroux A.-S., Jaillet S., Quinif Y., 2005. Intérêt de l'approche morphogénique pour la compréhension globale d'une grotte à haute valeur patrimoniale. La Grotte Chauvet (Ardèche-France). *Karstologia*, 44, 2, 25-42.

Delannoy J.-J., Jaillet S., Sadier B. (dir.), 2012. Karsts - Paysages et Préhistoire. *Collection EDYTEM*, 13, 196 p.

Fritz C., Tosello G., 2007. Le secteur de la Salle Hillaire et de la Salle du Crâne : diversité, styles et datation de l'art paléolithique dans la Grotte Chauvet. Die sectoren Salle Hillaire und Salle du Crâne: diversität, stile und datierung der paläolithischen kunst der Grotte Chauvet. *In* Floss H., Rouquerol N. (dir.), Les chemins de l'art aurignacien en Europe. Das Aurignacien und die Anfänge der Kunst in Europa. Colloque international, Internationale Fachtagung, Aurignac, 16-18 Septembre 2005, Éditions Musée-forum Aurignac, Aurignac, cahier 4, 393-378.

Garcia M.-A., 1999. La Piste de pas humains de la grotte Chauvet à Vallon-Pont-d'Arc. *INORA*, 24, 1999, 1-4.

Gély B., Azéma M., 2005. Les Mammouths de la grotte Chauvet. Paris, Éd. du Seuil, 115p.

Geneste J.-M. (éd.), 2005. Recherches pluridisciplinaires dans la Grotte Chauvet. Journées SPF, Lyon, 11-12 Octobre 2003. S*ociété Préhistorique Française, Travaux,* 6, 2005.

Genty D., Ghaleb B., Plagnes V., Causse C., Valladas H., Blamart D., Massault M., Geneste J.-M., Clottes J., 2004. Datations U/Th (TIMS) et ^{14}C (AMS) des stalagmites de la grotte Chauvet (Ardèche, France) : intérêt pour la chronologie des évènements naturels et anthropiques de la grotte. *C. R. Palevol*, 3, 629-42.

Pacher M., Stuart A.-J., 2008. Extinction chronology and palaeobiology of the cave bear (Ursus spelaeus). *Boreas*, 38, 2, 189-206.

Sadier B., Delannoy J.-J., Benedetti L., Bourlès 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, 8002-8006

Valladas H., Clottes J., Geneste J.-M., 2004. Chauvet, la grotte ornée la mieux datée du monde. Dossier Le Temps des Datations, *Pour la Science*, 82-87.

ET SI D'UN PAYSAGE L'ON CONTAIT PASSÉ
TISSU DE SENS ET GROTTES ORNÉES
LE LONG DES GORGES DE L'ARDÈCHE

What if the past was told from a landscape :
Web of meanings and rock art caves along the Ardèche river (France)

Julien MONNEY

Université Paris X - Nanterre, 21 allée de l'Université, 92000 Nanterre.
Contact : julien@monocycle.ch

Résumé

Dans le sud-est de la France se concentre un peu moins d'une trentaine de grottes et d'abris-sous-roche ornés attribués au Paléolithique supérieur. En raison de son relatif isolement, cet ensemble modeste fut précocement individualisé, au début du 20e siècle, sous forme d'une "province" de l'art paléolithique à part entière au même titre que la Dordogne, le Lot ou les Pyrénées (Breuil, 1952 ; Glory, 1947, p. 285) ; et bien qu'un tel découpage soit, somme toute, artificiel, cette partition héritée de l'histoire des recherches répond aujourd'hui encore à une réalité géographique ancrée dans l'appréhension de l'art pariétal de la région. Cet espace, qui se développe principalement en marge de l'axe rhodanien, se trouve marqué par la présence, en rive occidentale du Rhône, de deux affluents importants – l'Ardèche et le Gardon – présentant des paysages ainsi qu'un environnement très comparables. C'est le long de ceux-ci, et tout particulièrement le long des gorges de l'Ardèche, que se rassemble la majorité des grottes ornées paléolithiques de la région – soit une vingtaine – dont la densité fait contraste avec le caractère clairsemé des sites alentours (particulièrement avec les gorges de la Cèze, exemptes de cavités ornées) et montre ainsi l'hétérogénéité de leur répartition. Le constat de cette distribution spatiale très particulière, auquel une fréquentation actuelle assidue du pays semble conduire, suggère une relation intime et récurrente entre grottes ornées et paysage, tant du point de vue de leur implantation à large échelle (présence ou absence de grottes ornées le long de certains cours d'eau) ou plus restreinte (entrée et sortie des gorges) que de leur contexte archéologique. La question est alors de savoir comment faire sens en termes de passé de l'expérience intime du paysage – rupestre ou pariétal – qu'il nous est donné de vivre dans cette région, de ses points focaux que constituent les grottes ornées, et des motifs qu'elles contiennent. Mais aussi en quoi, dans quelles conditions et de quelle manière notre propre façon d'arpenter ce pays participe à la construction de ce paysage et amène à faire résonner en nous ne serait-ce que la présence coïncidente d'une arche rocheuse et d'une grotte ornée.

***Mots-clés** : Ardèche, art pariétal paléolithique, grottes ornées, paysage, sud-est de la France, subjectivité.*

Abstract

In South-eastern France, about thirty rock art caves and shelters attributed to the Upper Palaeolithic have been discovered. Because of its relative isolation, this small cluster was early individualized, at the beginning of the 20th century, as a "province" of Palaeolithic art in its own, alongside the Dordogne, the Lot or the Pyrenees clusters (Breuil, 1952; Glory, 1947: 285). Although this partition inherited from the history of research is necessarily an artificial one, today it still responds to a geographical reality rooted in the apprehension of the rock art of the region. This space, which extends mainly along the Rhone river valley, is marked on the west bank of the Rhone by the presence of two major tributaries – the Ardèche and Gardon rivers – which feature very similar environments and landscapes. It is along those and especially along the Ardèche river gorges that the majority of Palaeolithic cave art of the region – about twenty – are scattered. Their density contrasts with the sparseness of the sites in the surrounding areas (particularly with the Cèze river gorges which are totally devoid of rock art sites). The assessment of this very heterogeneous spatial distribution to which seems to lead our present frequentation of the country suggests the existence of an intimate and recurrent relationship between the rock art sites and the landscape, in terms of location at a regional scale (along certain rivers) but also at a smaller scale (presence at the beginning or at the end of the gorges) and in terms of archaeological context. Thus the question is how to make sense in terms of past of the intimate experience of the landscape that we can have today of this region, of its focal points (of its rock art sites), and of the pictures that they contain. We must also question in which respect and under which conditions our own way of experiencing the country participates in the constitution of this landscape and leads a rocky bridge to resonate so much inside of us with a painted cave.

***Keywords** : Ardèche river, palaeolithic rock art, cave art, landscape, south-east France, subjectivity.*

« […] et jamais un plateau n'est séparable des vaches qui le peuplent, et qui sont aussi les nuages du ciel. On écrit l'histoire, mais on l'a toujours écrite du point de vue des sédentaires, et au nom d'un appareil d'Etat, au moins possible même quand on parlait de nomades. Ce qui manque, c'est une nomadologie, le contraire d'une histoire. »

Deleuze et Guattari, 1980, p. 34.

I - Un homme

Imaginons un homme. Ou plus précisément, imaginons pour tout dire un homme pressé. Un homme de notre temps habitué à aller droit au but, à l'efficacité, au chiffre, au réel, et qui un jour, intéressé de peinture, entendrait parler au détour d'une conversation de l'existence de dessins rupestres fabuleux tapis dans l'obscurité de grottes profondes. Imaginons alors que, la rumeur aidant et confiant dans l'entreprise de monstration dont procède notre société, ce "on dit" inconsistant – ce fait narratif par excellence – fasse son chemin et que parvienne un jour à la conscience de notre homme le désir de voir. Imaginons alors que cet homme, cet homme pressé, désireux encore et toujours d'aller à l'essentiel se renseigne plus avant, apprenne de source sûre que "s'il n'y en a qu'une, c'est celle-là !" et obtienne un beau jour – privilège du hasard ou hasard de la fonction – de la visiter.

Hé bien, cet homme, cet homme pressé, se retrouvera un jour pour y accéder à marcher lentement sur un sentier escarpé, à peiner dans la montée et à s'arrêter même – privilège de la contemplation ou contingence du souffle – pour laisser son regard parcourir le paysage, avant qu'il ne puisse se laisser finalement glisser dans la cavité et arriver enfin au terme de son parcours à *l'essentiel* : à ces quelques images désirées qui motivèrent, à elles seules, le voyage et ses *impondérables*.

De retour, peut-être ne retiendrait-t-il alors dans ses discours que quelques lionnes au regard de madones. Mais de l'expérience, de l'expérience vécue qu'il saurait désormais, sans commune mesure vis-à-vis du cliché reproduit dans un livre ou même de toute autre représentation, comment cet homme pourtant habitué que tout soit produit, que tout se lise, que tout advienne au réel, au visible et au chiffre de l'efficacité[1], comment pourrait-il ignorer les *à-côtés* secondaires de l'expérience et dissocier désormais la perception de ces quelques images rupestres ne serait-ce que du sentier d'accès, de la rivière en contrebas, de sa montée ardue ou d'une arche rocheuse aperçue en passant, voire même des pensées peut-être inaccoutumées et inattendues qu'elles suscitèrent sur le moment et qui le traversèrent soudain. Comment saurait-il détacher alors ces images ou cette grotte de leur environnement pour les considérer à l'équivalent des tableaux ou des toiles modernes exposés bien temporairement chez lui et qui, n'étant liés pour leur part à aucun endroit fixe grâce au cadre qui les entoure, s'offrent quant à eux dans une autonomie parfaite (Gadamer, 1996, p. 152) ?

C'est que l'art rupestre, à la différence de ces toiles mobiles, se manifeste à nous comme une coloration et une forme particulière indissociables d'un lieu donné. Sa perception se trouve ainsi inextricablement liée, dans l'expérience que l'on peut en avoir, à tout un réseau de relations, ne serait-ce que de contiguïté, vis-à-vis d'autres formes, d'autres colorations et d'autres agencements topographiques – d'autres sensations – qui, loin d'être adventices, participent du phénomène et si, pour un temps, le jeu de notre mémoire peut sans doute abstraire ces images de leur contexte, celui des sens le rappelle inexorablement.

Au cours d'un peu plus d'un siècle de recherches, le regard porté à ces images s'est ainsi progressivement élargi à leur contexte environnant pour envisager non plus exclusivement leur contenu *en lui-même*, mais bien ce qui se trouvait *tissé avec* et qui procurait sens à l'expérience. Ces regards sont ainsi passés successivement d'une vision découpée et "pointilliste" des images, isolées une à une tant de leur contexte iconographique que physique sur les relevés et dans l'œuvre de l'abbé Breuil (Breuil, 1952 ; Capitan et *al.,* 1903, 1910, 1924 ; Cartailhac et Breuil, 1906) ; à une articulation des unes par rapport aux autres au sein de structures syntagmatiques telle qu'elle fut prônée à l'origine par M. Raphaël (1945, 1974, 1986) et développée par A. Laming-Emperaire (1962) ; puis à la notion de *caverne participante* selon la célèbre formule d'A. Leroi-Gourhan (1971, p. 20), prenant en considération l'espace souterrain dans sa relation aux images[2] ; pour finalement aboutir aux études pluridisciplinaires actuelles telles que celles menées à la grotte Chauvet (Clottes, 2001 ; Geneste, 2005).

Dans cette dynamique d'ouverture, il convient alors peut-être de reconsidérer également le regard que l'on porte aujourd'hui à ces cavernes pour les resituer au sein d'un paysage et donc en tant qu'éléments faisant partie intégrante d'ensembles et d'agencements plus vastes. Le caractère particulier de la démarche ne tient alors pas tant au fait de mettre ces grottes ornées en relation les unes avec les autres – de comparer leurs contenus –, ce qui demeure somme toute banal, mais de

[1] *Baudrillard, 1979, p. 53.*

[2] *À noter que si A. Leroi-Gourhan s'intéressa effectivement au fait que dans les arts pariétaux «* la composition sollicite la participation de la caverne *» (1971, p. 20), l'expression et la notion de «* caverne participante *» ainsi que ses implications plus spécifiques ont surtout été développées en théorie et exploitées sur le terrain par ses successeurs : voir entre autres, Lorblanchet, 1995, p. 167-178 ; Vialou, 1987, p. 22-39.*

les intégrer et de les tisser également aux côtés d'autres éléments divers et variés (et notamment d'ordre topographique) au sein de *réseaux de sens hétérogènes* mieux à même de restituer un paysage représentationnel ; un paysage certes complexe, mais néanmoins cohérent, dont on puisse ainsi reconnaître qu'il soit porteur de sens. En effet, le caractère bien circonscrit de ces espaces souterrains ainsi que leur aspect confiné (voire clos) au niveau topographique tout autant que les impératifs inhérents aux études pluridisciplinaires actuelles (recherches monographiques intensives de longue durée au sein d'un site unique) tendent bien souvent à les isoler du reste du monde. Cependant, pour celui qui s'y est rendu, l'existence de ces grottes ornées participe non pas uniquement de leur appartenance à un ensemble d'objets directement comparables (les grottes ornées), mais aussi de tout un jeu de positionnement relatif vis-à-vis d'autres formes, d'autres aspects du relief ou d'autres traits saillants de l'environnement – une rivière, une combe, une draille ou une figure topographique particulièrement marquante – qui s'imposent au visiteur actuel comme autant d'évidences vécues faisant intimement partie, jusqu'à en être inséparables, de son expérience des grottes ornées.

II - La Rivière

Pour ma part, c'est avant tout l'omniprésence de la rivière qui s'est ainsi manifestée à moi de manière prégnante lors de mes différentes visites aux grottes ornées du sud-est de la France. Cet ensemble qui comprend aujourd'hui un peu moins d'une trentaine de grottes et d'abris sous-roche ornés attribués au Paléolithique supérieur[3], se développe principalement en marge de l'axe rhodanien et se trouve marqué par la présence, en rive occidentale du Rhône, de plusieurs affluents importants. C'est le long de deux d'entre eux – l'Ardèche et le Gardon – mais plus particulièrement le long des gorges de l'Ardèche que se rassemble la majorité des grottes ornées paléolithiques de la région (Figures 1 et 2).

À chaque visite, j'ai avant tout été frappé de retrouver à proximité immédiate de chacune d'entre elles la présence d'une rivière[4]. Qu'il s'agisse de l'Ardèche, du Gardon, de l'Hérault, de l'Ibie[5] ou de la Cesse, celle-ci était généralement visible depuis l'entrée de ces cavités dont elle se situe toujours à moins d'un kilomètre sur la carte (généralement même à moins de 600 m) coulant approximativement entre 15 et 180 m en contrebas (Tableau 1 et Figure 3). Partant de ce constat, ma première réaction a été de penser que cette proximité entre grottes ornées et cours d'eau d'importance moyenne dépendait peut-être uniquement de la dispersion peu homogène des réseaux karstiques dans la région. J'en vins ainsi à me demander pour un temps, sans même me l'expliquer, si la proportion de cavités naturelles n'était tout simplement pas plus importante le long de ce type de drainage. Cependant, un examen de la répartition des cavités dénuées d'ornementation au sein de la région, loin d'accréditer cette idée, montre aujourd'hui que de nombreuses cavités naturelles, la plupart même, sont connues dans des secteurs éloignés de tout cours d'eau (Figure 1).

Cette question de distance et d'altitude par rapport à la rivière aurait pu s'arrêter là. Cependant, au moment de reprendre des campagnes de sondages dans plusieurs grottes ornées et faisant le bilan préliminaire des fouilles précédentes, il apparut alors, à la consultation de la documentation existante, que les sites ornés ayant révélé sous leur porche des dépôts archéologiques conséquents attribuables au Paléolithique supérieur étaient également ceux qui, d'une manière générale, se trouvaient le plus près de la rivière (Tableau 1). À l'inverse, ceux situés plus loin, et surtout plus haut par rapport aux cours d'eau, avaient certes pu livrer parfois quelques éléments lithiques ou osseux mais, à l'exception d'Oulen, je ne pus retrouver dans leur cas aucune mention de couches paléolithiques supérieur comparables par leur ampleur à celles des sites proches de la rivière (Figure 3).

Lorsque l'on considère ce graphique, il semble exister sur celui-ci une sorte de limite altitudinale, située aux environs de 60-80 m au-dessus du niveau de la rivière, au-delà de laquelle n'a plus été retrouvé de dépôt archéologique important (Figure 3 et Tableau 1) ; limite qui coïncide alors avec certaines conceptions quant aux contraintes pratiques liées à un approvisionnement quotidien en eau lesquelles rendent tout à fait attendu, voire même prévisible, de retrouver préférentiellement des traces d'occupations humaines répétées et/ou durables (et donc la majorité des vestiges) à proximité de points d'eau. Qui plus est, dans les milieux calcaires où coulent ces rivières, l'eau de pluie a tendance à s'infiltrer dans le terrain pour rejaillir en grande partie dans les fonds de vallée, une tendance

[3] *Brunel et* al.*, 2004 ; Chauvet et* al.*, 1995 ; Collectif, 1984, p. 310-349, 588-633 ; Clottes, 2001 ; Clottes et Courtin, 1994 ; Clottes et* al.*, 2005 ; Colomer, 1987 ; Combier, 1984 a, 1990 ; Combier et* al.*, 1958 ; Drouot, 1953, 1957, 1968, 1970 ; Gély, 2000, 2001, 2005 a, 2005 b ; Gély et* al.*, 2002 ; Prud'homme, 2008.*

[4] *La seule exception à cela est la grotte Cosquer dont l'entrée est actuellement sous le niveau marin. Et bien que cela reste difficile à juger même s'il existe des cartographies précises du réseau hydrographique sous-marin, il semblerait qu'aucun paléo-cours d'eau de dimensions respectables ne soit à signaler aux environs de celle-ci.*

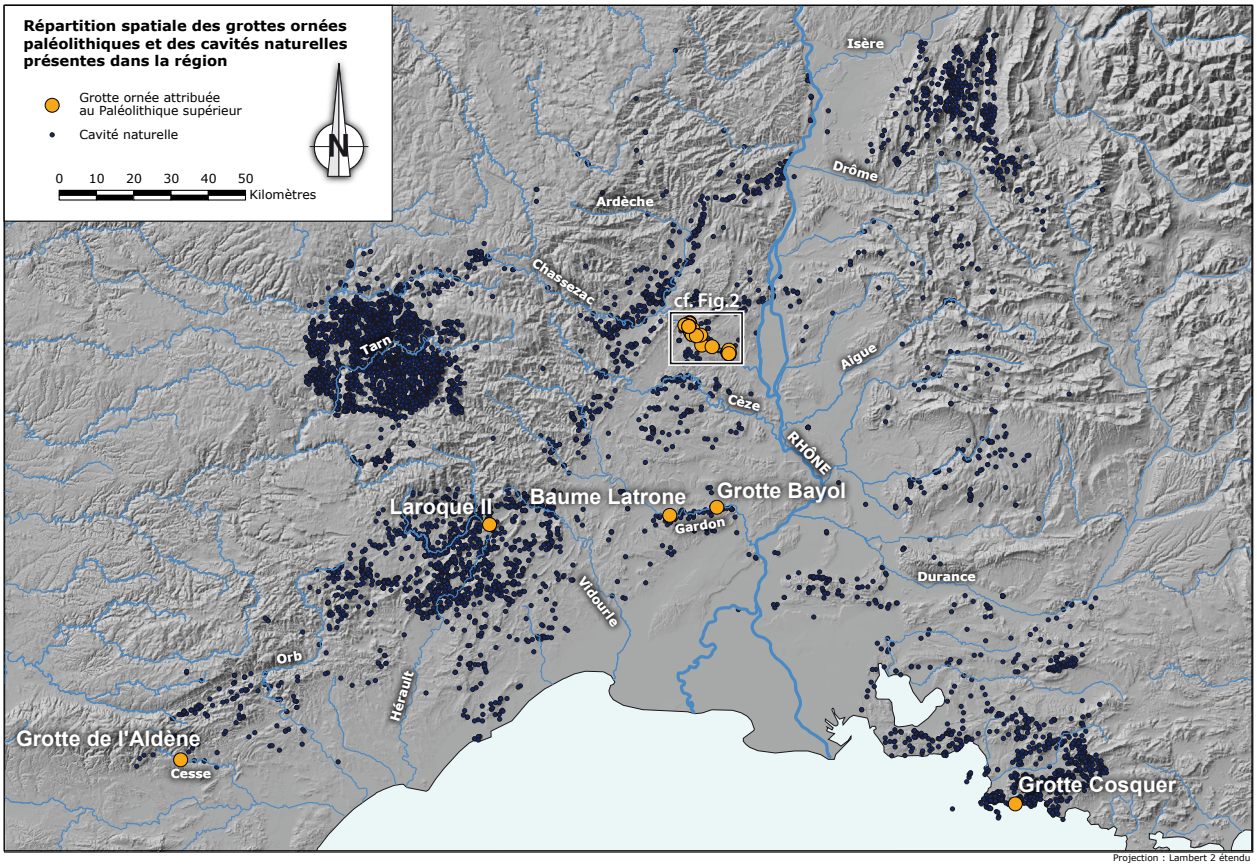
[5] *Le cas des grottes ornées de l'Ibie - Déroc, Louoï et Chasserou (Brunel et* al.*, 2004, 2007 ; Monney, 2011 a) – mérite cependant d'être discuté, car ce cours d'eau temporaire constitue le dernier affluent de l'Ardèche avant les gorges. Ces cavités pourraient alors être envisagées plutôt dans leur relation vis-à-vis de l'Ardèche distante respectivement de 1275 m, 1500 m et 1650 m (cf. discussion ci-dessous et Figure 3).*

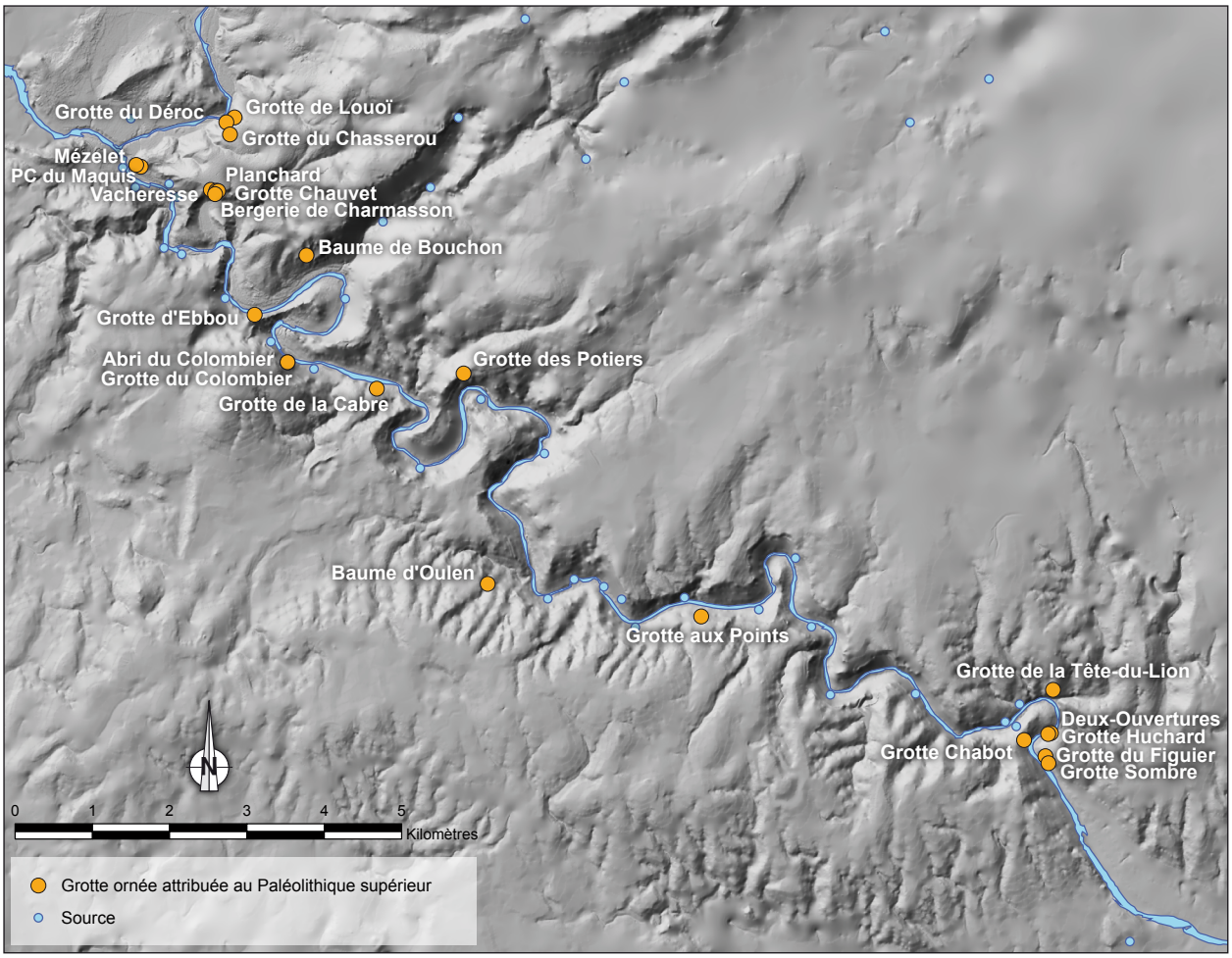
Code	Site	Altitude [m.]	Alt. au dessus de la rivière [m.]	Distance rivière [m.]	Dépôts archéo. sous le porche	Plein jour / Obscurité
OUL	Oulen	235	178	569	+++	○ et ●
CHS	Chasserou	265	175	238	?	●
BAU	Baume du Bouchon	240	167	331	?	●
VAC	Vacheresse	210	137	518	–	●
TET	Tête-du-Lion	165	119	122	?	●
CHV	Grotte Chauvet	180	107	610	?	●
LOU	Louoï	195	105	125	–	●
PLC	Planchard	175	102	585	–	◑
DER	Déroc	190	100	83	–	●
POT	Potiers	160	97	189	?	●
BCH	Charmasson	170	97	582	–	●
BAY	Bayol	106	83	551	–	●
LAT	Baume Latrone	126	79	146	–	●
LAR	Laroque	185	59	75	++	○
MEZ	Mézelet	132	55	183	+	○
PTS	Grotte aux Points	100	45	90	+	●
ALD	Aldène	270	45	85	?	●
PCM	Pc du Maquis	120	43	141	+	◑
FIG	Figuier	85	39	45	+++	○
COL	Grotte du Colombier	100	31	59	+	●
HUC	Huchard	71	25	41	+	○
CAB	La Cabre	92	24	76	?	○
DEE	Deux-Ouvertures	67	21	40	?	●
CLM	Abri du Colombier	90	21	59	++	○
CHB	Chabot	63,5	18	30	+++	○
EBB	Ebbou	90	17	43	+	●
SOM	Grotte Sombre	60	14	28	+	○

Tableau 1 - Tableau synoptique présentant l'altitude des grottes ornées, leur altitude et la distance par rapport à la rivière la plus proche, ainsi qu'une évaluation de la présence ou de l'absence de dépôts archéologiques sous le porche et la localisation de leur ornementation (● = Art en zone d'obscurité totale ; ◑ = pénombre ; ○ = lumière du jour). Les sites sont classés en fonction de leur altitude au-dessus de la rivière. On constate une différence entre ceux présents au-dessus d'une limite altitudinale située aux alentours de 60-80 m (absence de dépôts archéologique et art rupestre dans l'obscurité) et ceux situés en dessous (présence de dépôts archéologique et art rupestre à la lumière du jour).

Figure 1, ci-contre en haut - Carte de répartition des grottes ornées attribuées au Paléolithique supérieur du sud-est de la France et des cavités naturelles dénuées d'ornementation préhistorique dans les départements de l'Ardèche, des Bouches-du-Rhône, du Gard, de l'Hérault, de l'Isère, de la Lozère et du Vaucluse (données pour les cavités naturelles : BRGM www.bdcavite.net). À noter que seules les cavités naturelles «horizontales» ont été retenues ici. Les avens et autres puits dont l'entrée verticale est susceptible de constituer un facteur limitant aux incursions humaines n'ont donc pas été reportés sur le plan.

Figure 2, ci-contre en bas - Carte de répartition des grottes ornées attribuées au Paléolithique supérieur le long des gorges de l'Ardèche (points orange) et distribution des sources (points bleu). (Données hydrologiques : Belleville, 1983, 1985, p. 63, 72 ; Boissin, 1975).


Répartition spatiale des grottes ornées paléolithiques et des cavités naturelles présentes dans la région
Grotte ornée attribuée au Paléolithique supérieur
Cavité naturelle
0 10 20 30 40 50
Kilomètres
N
Isère
Drôme
Ardèche
Chassezac
cf. Fig.2
Tarn
Aigue
Cèze
RHÔNE
Laroque II
Baume Latrone
Grotte Bayol
Gardon
Durance
Vidourle
Orb
Hérault
Grotte de l'Aldène
Cesse
Grotte Cosquer
Projection : Lambert 2 étendu


Grotte du Déroc
Grotte de Louoï
Grotte du Chasserou
Mézelet
PC du Maquis
Vacheresse
Planchard
Grotte Chauvet
Bergerie de Charmasson
Baume de Bouchon
Grotte d'Ebbou
Abri du Colombier
Grotte du Colombier
Grotte des Potiers
Grotte de la Cabre
Baume d'Oulen
Grotte aux Points
Grotte de la Tête-du-Lion
Deux-Ouvertures
Grotte Huchard
Grotte du Figuier
Grotte Sombre
Grotte Chabot
N
0 1 2 3 4 5
Kilomètres
Grotte ornée attribuée au Paléolithique supérieur
Source

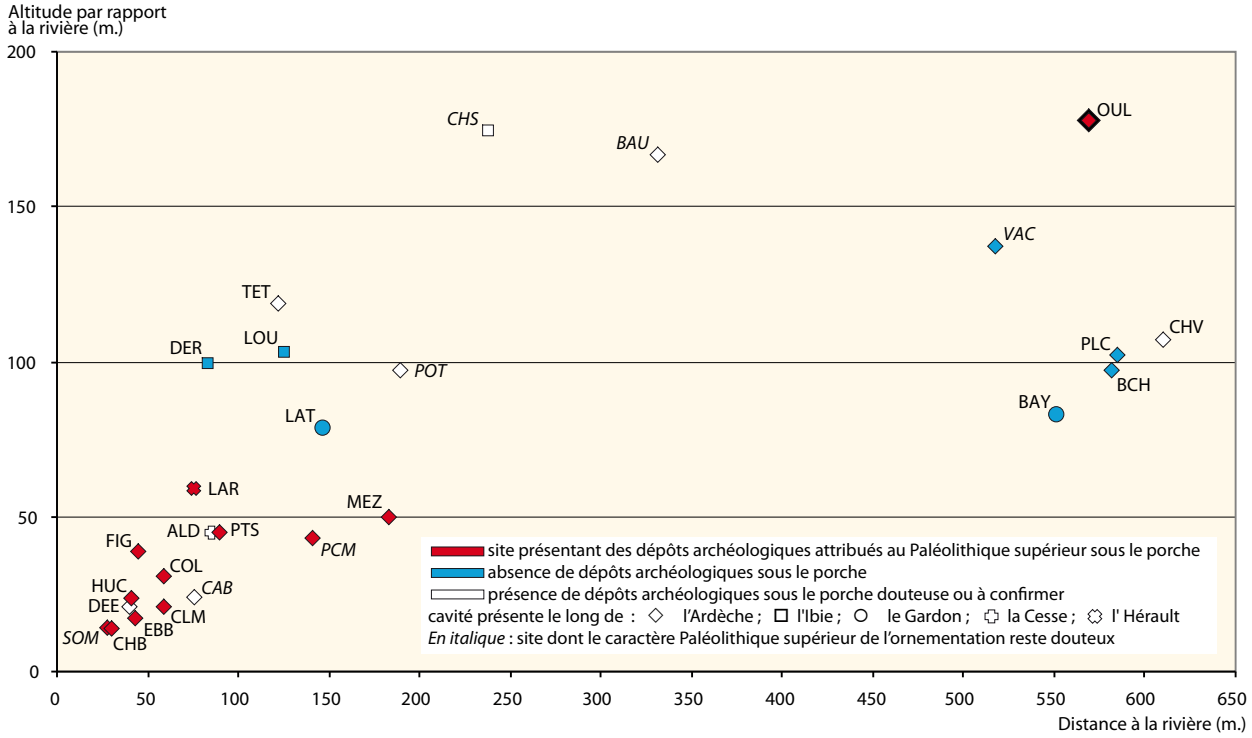


Figure 3 - Distance et altitude des grottes ornées par rapport à la rivière, en fonction de la présence ou de l'absence de dépôts archéologiques devant l'entrée. Chaque grotte ornée est identifiée par un code de trois lettres (cf. Tableau 1).

particulièrement marquée le long des gorges de l'Ardèche (Belleville, 1983, 1985, p. 63, 72 ; Boissin, 1975). Sans imaginer que la répartition des sources actuelles, qui se concentrent surtout au niveau de la rivière, puisse correspondre à celle du Paléolithique supérieur, elle donne cependant un ordre d'idée quant aux contrastes existants entre ces gorges et l'aridité relative des plateaux environnants (Figure 2). La seule exception notoire à cela, et nous aurons à en reparler plus tard, est alors la baume d'Oulen auprès de laquelle il n'est cependant pas exclu qu'ait anciennement existé une source et/ou des écoulements de surface (Debard, 1988, p. 271).

Face à cette image relativement tranchée (proche de la rivière = dépôts archéologiques / loin de la rivière = absence de dépôts) et à ses ramifications conceptuelles, il faut cependant rester conscient que ce que décrit effectivement un tel graphique n'est rien d'autre qu'un état actuel du monde : ce qui est maintenant. Qui plus est cet état du monde n'est pas celui d'une réalité de terrain vérifiable par le biais d'une expérience reproductible (nous aurions beau retourner sur bon nombre de sites, il serait impossible d'y retrouver aujourd'hui les remplissages en question fouillés de fond en comble ou disparus depuis), mais essentiellement ce qui se trouve décrit dans la littérature existante. En d'autres termes, cette image est le fruit de multiples facteurs et reflète avant tout ce que j'ai retenu de ce que j'ai lu (et expérimenté), de ce qui a été écrit, sur ce qui a été fouillé, de ce qui a été conservé, de ce qui s'était déposé dans ces sites[6]. Produire du sens en termes de passé sur cette réalité actuelle (ce graphique ou cette carte) revient alors en grande partie à en discuter la construction, ou mieux encore à en écrire l'histoire : écrire l'histoire causale de la construction de ce graphique.

Ainsi, on l'aura compris, si ces grottes ornées sont indissociables de leur contexte, prendre en compte celui-ci ne signifie pas uniquement s'intéresser au contexte environnemental et physique de ces cavités, mais implique également de considérer le contexte social et humain dans lequel des connaissances – nos connaissances – sont produites à leur sujet. En effet, les cartes de répartition et les inventaires dont nous disposons aujourd'hui sont le produit de moyens d'investigation modernes, de leur technologie, des questions que l'on se pose et de l'investissement fourni afin d'y répondre. Leur contenu dépend du fonctionnement d'institutions et de dispositifs de production, de validation et de diffusion du savoir dont ils sont indissociables (Latour, 1997, p. 11 ; Latour et Fabbri, 1977). Replacer les grottes ornées paléolithiques de la région dans leur contexte nécessite alors de rendre également apparents les mécanismes qu'impliquent l'élaboration de savoirs les concernant et la façon dont ces connaissances sont construites.

[6] *Ceci pour prolonger les réflexions d'A. Gallay (1986, p. 127) sur l'infime part que représentent les vestiges étudiés aujourd'hui par rapport aux événements culturels qui les produisirent.*

Dans cette entreprise, la question centrale est alors de savoir quel sera le poids donné – quel sera le sens attribué – à l'image qui s'offre à nous aujourd'hui ? Sera-t-elle considérée comme le fruit d'un parcours personnel et d'une réunion partielle, voire même partiale de documentation ? Celui d'une histoire des recherches et des publications ayant nécessairement laissé de côté certains sites ou certains aspects ? Celui de conditions de conservation différentielles ? Ou encore celui de choix préhistoriques particuliers dans l'implantation des occupations humaines ? A moins, bien entendu, que l'on n'aboutisse finalement à une image composite, hétérogène, ambiguë et dénuée de solution simple dont tout l'intérêt résiderait justement dans l'impossibilité de trancher de façon définitive et catégorique.

Lorsque l'on aborde la façon dont sont construites ces connaissances actuelles (la Figure 3 par exemple), il est alors plus aisé de mettre en perspective certains aspects – telle que l'influence de l'histoire des recherches – vis-à-vis de leur part prise dans l'image obtenue, que certains autres (comme notamment d'éventuels choix d'implantation préhistorique). En règle générale, pour le lecteur, le procédé se fait de façon très naturelle, et la mention écrite de dépôts archéologiques dans un ouvrage ou un compte-rendu de fouille (voire de la présence de matériel dans un musée) sont vus comme le reflet de la présence passée de dépôts archéologiques sur le terrain, et par extension comme celui de la présence passée d'occupations préhistoriques[7]. Même si ce lecteur ne sait alors pas comment faire sens de la présence de ce site sur la carte en termes de comportements préhistoriques, il peut néanmoins le mettre en relation avec ses connaissances quant à l'histoire des recherches et donc en faire sens en termes d'intensité des prospections (du type : ce site a été découvert par L. Chiron qui menait des recherches dans la région à la fin du 19e siècle). Il est en revanche toujours plus délicat de savoir comment interpréter une absence dans la littérature existante et donc comment passer de cette réalité de papier – que mon graphique décrit de fait – à cette autre réalité physique que constituent (ou que constituaient du moins dans un proche passé) ces cavités et leurs remplissages.

"Absence d'évidence, n'est pas évidence d'absence" avais-je retenu de mes études universitaires. Parfois les comptes-rendus de fouilles archéologiques donnent clairement l'idée que l'entrée de certaines grottes était exempte de couches paléolithiques d'importance (notamment à la grotte Bayol (Bayol, 1935), à Baume Latrone (Louis, 1953), à la Bergerie de Charmasson et au Planchard (Gély et Gauthier, 1999) ainsi qu'au Louoï (Ollier de Marichard, 1869 ; Tscherter et Monteil, 2002[8]). En revanche, dans d'autres cas, il est nettement moins évident de s'en faire une idée aujourd'hui. À la grotte Chauvet, l'absence de dépôts archéologiques enregistrés sous le porche pourrait simplement être due à leur enfouissement sous l'effondrement du pan de paroi qui ferma la grotte, les rendant inaccessibles. À la Tête-du-Lion, la grotte a été découverte suite à un tir de mine. Par conséquent, même si l'on peut penser que son entrée d'origine était proche de l'actuelle (Deschamps 1985, p. 2), celle-ci a été emportée par la construction de la route touristique des gorges et il est impossible de vérifier l'existence éventuelle de dépôts archéologiques devant son entrée (Combier, 1972, p. 2-3). Au Déroc, bien que J. Ollier de Marichard (1869, p. 21-22) ait effectué une série de sondages à l'intérieur de la galerie principale, les vestiges qui pourraient être attribués au Paléolithique supérieur semblaient plutôt rares (Gély et *al.,* 2002, p. 27). Il n'est pas évident cependant que ces fouilles aient également concerné l'une des trois entrées de la cavité et le doute reste permis quant à l'importance des dépôts qui pourraient s'y trouver. Par ailleurs, à ma connaissance et que ce soit à la Cabre (Braize et Raimbault, 2003), au Chasserou (Tscherter et Székely, 1994) ou aux Potiers (Chauvet et *al*, 1994), aucune opération archéologique à proprement parler n'a encore été entreprise sous le porche. Enfin, aux Deux-Ouvertures, la situation est un peu différente dans le sens où les sols situés sous le porche principal semblent avoir été vidangés à un moment ou à un autre de leur histoire et, malgré un sondage dans l'entrée (Onoratini, 1990), de nouvelles fouilles seraient nécessaires pour le confirmer.

Mais s'il est toujours difficile de reconnaître formellement une absence, la présence de dépôts archéologiques signalés sous le porche n'est pas non plus dénuée d'ambiguïtés. En effet, cette présence n'implique pas nécessairement que les vestiges retrouvés à l'entrée soient contemporains (ne serait-ce que de façon très lâche) de l'ornementation pariétale adjacente et ce lien de contemporanéité est souvent peu évident à étayer (Monney, 2003). À la grotte Sombre,

[7] *Lorsque c'est le cas, la présence de dépôts archéologiques rapportés au Paléolithique supérieur est très clairement mise en avant dans les textes existants et leur ampleur est bien soulignée. Il en va ainsi pour la grotte Sombre (Combier, 1967, p. 312-14) ; le Figuier (Combier, 1967, p. 220-231, 300-311 ; Moncel et* al.*, 2012) ; Chabot (Combier, 1967, p. 272-299) ; Huchard (Combier, 1967, p. 362-364) ; Oulen (Bazile et Bazile-Robert, 1979 ; Combier, 1967, p. 232-45, 260-71, 350-9, 1984 b) ; le Mézelet (Thévenot, 1968) ; la grotte aux Points (Monney, 2011 b) ; la grotte du Colombier (Bayle des Hermens, 1973 ; Combier, 1973 b) ; l'abri du Colombier (Combier, 1967, p. 323-339 ; Héritier, 1957) ; Ebbou (Ayroles, 1976 b ; Thévenot, 1967) ; le PC du Maquis (cf. Grotte n°47 ; Combier, 1973 a ; Obs. pers./matériel au Musée d'Orgnac-l'aven) et la grotte de Laroque (Bazile, 1980 ; Ravoux, 1966). Les seules véritables doutes en ce sens concernent Aldène, où l'exploitation industrielle des phosphates a supprimé une bonne partie des remplissages et si la présence (rare) de vestiges paléolithiques supérieur sous le porche a parfois été évoquée (Barral et Simone, 1972, p. 45), il reste peu évident d'évaluer aujourd'hui leur importance initiale (Ambert et* al.*, 2007, p. 12-13).*

[8] *À noter que dans chacun de ces sites, des silex d'allure paléolithique supérieur ont été signalés, mais sans jamais constituer plus de quelques pièces isolées.*

à Huchard, au Mézelet, au PC du Maquis et même, dans une certaine mesure, à Chabot (Monney et *al.,* 2012), les arguments manquent qui permettent de rattacher ces couches archéologiques, à une partie au moins de l'ornementation rupestre. A Laroque et à la grotte du Colombier, et bien que cela reste fragile, seuls des arguments stylistiques (avec tous les présupposés que cela implique) permettent de renforcer ce lien (respectivement : Lorblanchet, 1967 ; Combier, 1984 d). Il en va de même pour quelques figures d'Ebbou (n°11, 15 et surtout le bison n°74), considérées à l'instar de l'unique niveau paléolithique du site comme magdaléniennes (Combier, 1984 c, p. 614), bien que les couches profondes d'Ebbou n'aient jamais été atteintes (Thévenot, 1967 ; Combier, 1977, p. 602-3) et que l'on ait plutôt tendance actuellement à associer la majorité de l'ornementation à une phase plus ancienne (Gély, 2005 a) (voire même plus particulièrement au Gravettien et/ou au Solutréen par analogie avec les figures de la grotte Cosquer). Ce qui pourrait correspondre, pourquoi pas, au gisement salpêtrien de la Rouvière situé juste de l'autre côté de la rivière (Gallet, 1971, 1973). Tandis qu'au Figuier, l'existence d'une importante séquence stratigraphique qui, autant que l'on puisse en juger aujourd'hui, couvrait la quasi-totalité des périodes du Paléolithique supérieur (Combier, 1967 ; Madelain, 1976 ; Moncel et *al.,* 2012) permet (mais est-ce vraiment mieux) d'évacuer de fait les cas de conscience…

L'abri du Colombier et Oulen sont alors les seules de ces cavités pour lesquelles il existe des éléments de discussion quant à une relation chronologique entre dépôts archéologiques et ornementation pariétale. Le premier – l'abri du Colombier – en raison de l'intégration de petits blocs gravés au sein des couches sous-jacentes et du recouvrement du panneau orné par des niveaux archéologiques procurant à tout le moins un *terminus ante quem* pour la réalisation des gravures (Ayroles, 1976 a ; Onoratini et *al.*, 1992). Et le second – Oulen – du fait de la présence de morceaux de colorant bruts (hématite) (obs. pers.), d'un fragment d'os portant des traces d'ocre (Musée de Préhistoire d'Orgnac) et de gouttes de peintures au pied des dessins, le tout mélangé sur les sols de la seconde salle avec une industrie du Solutréen supérieur (Combier, 1984 b) suggérant qu'une partie, si ce n'est la totalité, de l'ornementation pariétale puisse être contemporaine des dépôts solutréens présents dans la première salle (Monney et *al.,* 2012).

III - Ombre et lumière

Lorsque je décidai, tant par jeu que par intuition, de m'intéresser à la localisation possible des motifs rupestres au sein des cavités, un schéma de distribution tout à fait semblable se dessina à nouveau : les grottes ornées dont les motifs rupestres se situent dans la zone d'entrée – et donc à la lumière du jour – se concentrant de manière générale à proximité immédiate de la rivière (Figure 4). Tandis qu'à l'inverse, les cavités situées à une altitude relative supérieure à 60 m présentent, pour leur part, une ornementation qui se place exclusivement dans l'obscurité totale de leur réseau profond (Figure 5). Dans ce tableau, Oulen joue, une fois encore, le rôle d'exception puisqu'elle est alors la seule cavité éloignée de la rivière à disposer de gravures rupestres dans un secteur où la lumière du jour diffuse encore. Elle est aussi la seule dont l'ornementation se développe à la fois dans la lumière du jour de son porche et dans le noir total de sa seconde salle. Elle offre ainsi un contre-exemple flagrant, souligné par la présence – sans équivalent dans la région – de dépôts paléolithiques dans son secteur profond.

Cela dit, lorsque l'on désire en faire sens, la localisation presque exclusive des motifs rupestres éclairés par la lumière du jour dans des cavités proches de la rivière ne laisse alors que peu de place, bien moins en tout cas qu'en matière de présence/absence de dépôts archéologiques sous le porche, à une discussion centrée sur des raisons d'ordre historique (comment imaginer en effet que la prospection des parois se soit faite préférentiellement dans les sites proches des rivières ?). De même, une conservation différentielle des parois, dépendant de la proximité d'un cours d'eau, s'avère peu envisageable à large échelle. En effet, si la proximité de l'Ardèche a sans doute joué un rôle important dans la conservation des tracés de Chabot – les crues en recouvrant les gravures de sable les ayant soustraites à l'action du gel (Debard, 1988, p. 240-2) –, un tel phénomène ne peut guère être étendu aux autres cavités. En dehors éventuellement de la grotte Sombre (située à une altitude relative et dans une situation comparables à celles de Chabot), rien ne permet de supposer, bien au contraire, que les motifs rupestres des autres cavités en question aient pu bénéficier de conditions de conservation particulièrement favorables dues à la présence de la rivière. Les unes (abri du Colombier, Figuier) parce que leur remplissage n'a révélé aucun niveau d'inondation attribuable au Paléolithique supérieur[9] (Puaud, 2010 ; Combier, 1967 ; Debard, 1988, p. 237-40 ; Moncel et *al.,* 2012) ; les autres (p. ex. La Cabre) parce que leurs motifs, peints ou dessinés,

[9] *La possible présence de niveaux d'inondation avait été évoquée à l'abri du Colombier (Brochier, 1978, p. 79-88 ; Debard, 1988, p. 276-7). Cependant les études sédimentologiques récentes ne confirment pas cette hypothèse (Puaud, 2010).*



Figure 4 - Porche de la grotte de Laroque (Hérault). La flèche indique l'emplacement de la paroi gravée, laquelle se trouve à la lumière du jour. Photo J.-M. Geneste.

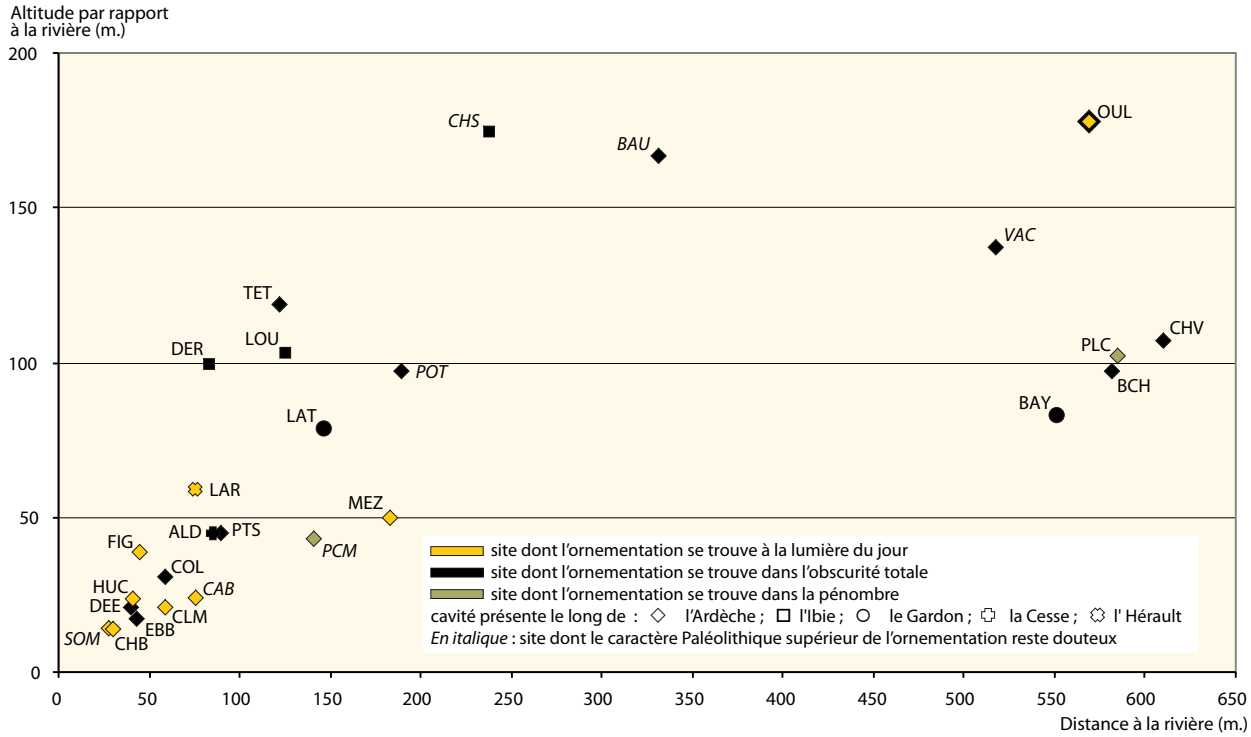


Figure 5 - Distance et altitude des grottes ornées par rapport à la rivière, en fonction de la position des motifs rupestres vis-à-vis de la lumière du jour. Chaque grotte ornée est identifiée par un code de trois lettres (cf. Tableau 1).

auraient été irrémédiablement détruits dans le même temps ; d'autres enfin (Mézelet, Huchard, Laroque) parce que leur altitude relative les place hors de portée de toute crue vraisemblable (Figure 6)[10].

Plus que toute autre chose, c'est le phénomène de coïncidence entre ces deux schémas (ombre / lumière ; présence / absence de dépôt archéologique), allant jusqu'à présenter chacun la même exception récurrente (Oulen), qui me fascinait alors et qui me fascine encore. Le trouble est d'autant plus grand que la forme prise par l'un et par l'autre paraît ne pas pouvoir être imputée à des facteurs de conservation ou de prospection dont l'action aurait produit deux schémas de répartition en tous points comparables. Pour donner sens à l'image de ces grottes ornées à laquelle aboutit aujourd'hui mon parcours, les explications historiques et conservatoires s'avèrent ainsi peu pertinentes et il ne semble rester au final d'autres possibilités de mise en sens qu'en termes de comportements préhistoriques ou de coïncidence fortuite… Ainsi, lorsque j'y reviens, cette image m'évoque avant tout une région dans laquelle des sites d'occupation et/ou d'activité importants/ récurrents (habitats ou autres), implantés à proximité immédiate des rivières, furent ornés sur les lieux même de vie/d'activité, tandis que d'autre part, des cavités bien distinctes, dénuées d'occupation à leur entrée et souvent plus distantes des cours d'eau n'auraient reçu de figures rupestres que dans l'obscurité totale de leurs tréfonds.

Dire cependant que je me mis dès lors à vivre pleinement cette image comme le reflet d'une réalité préhistorique effective et à imaginer une situation dans laquelle des sites de hauteur *secrets* (et *sacrés*) auraient été distincts spatialement de sites d'habitat *profanes* concentrés près des rivières serait exagéré. Autant que je puisse en juger, ce n'est pas parce que des motifs rupestres se trouvent à la lumière du jour et à proximité de dépôts archéologiques qu'ils sont nécessairement profanes. En effet, plutôt que de les soustraire à la vue en les plaçant dans l'obscurité totale d'un lieu connu des seuls individus mis dans la confidence, il existe des moyens radicaux et tout aussi efficaces, si ce n'est plus, de maintenir secrets des motifs (ou leurs significations), même dans des lieux à ciel ouvert. Une première façon de faire consiste à prohiber purement et simplement l'accès aux sites en s'assurant que la localisation de ceux-ci et les peines encourues en cas de transgression soient parfaitement connues de tous ; une démarche bien plus efficace, et largement répandue notamment en Australie (par exemple Gould, 1969, p. 142-6 ; Love, 1936, p. 24 ; Peterson, 1972, p. 18 ; Spencer et Gillen, 1899, p. 631 ; mais aussi en Amérique du Nord : McIlwraith, 1948, p. 177-8 ; MacLean, 1892, p. 93-4 ; et en Afrique : Schaeffner, 1933, p. 52), et qui évite du coup l'éventualité d'une découverte fortuite toujours possible dans le cas d'une cachette réellement secrète.

Dans la région, si certaines grottes ont pu faire l'objet de restrictions d'accès à un moment ou à un autre de leur histoire, il faut bien imaginer au vu de la dimension de la plupart des porches, ou de leur localisation en des endroits particulièrement visibles dans le paysage, que leur emplacement devait sans doute être connu de tous, même (et surtout, aurais-je envie de dire) de ceux qui n'auraient pas le droit de s'y rendre. Lors de mes visites, j'ai d'emblée été frappé de constater ainsi à quel point les grottes ornées paléolithiques, et tout spécialement celles qui ont le plus grand nombre de motifs rupestres, présentent aussi souvent les plus vastes porches (figurant parfois même parmi les plus grands de la région, toutes cavités confondues) ou occupent à tout le moins des positions visibles et bien repérables dans le paysage. Il en va ainsi d'Oulen (Figure 7), d'Ebbou, de la grotte Chauvet – dont le porche avant son effondrement devait être relativement imposant (Delannoy et *al.,* 2010) –, d'Aldène, de Latrone, et dans une moindre mesure, bien que leur position soit particulièrement marquante, de Chabot (située droit dans l'angle du dernier méandre de l'Ardèche), des Deux-Ouvertures (à l'extrémité d'une vire, directement à l'aplomb du Ranc Pointu), du Mézelet (au sommet d'une colline à l'entrée des gorges) et du Colombier dans son ensemble. Enfin, le Figuier, le Déroc, le Louoï, la grotte aux Points, Huchard, la Vacheresse, le Planchard et Laroque quoique plus modestes n'en présentent pas moins des porches de dimensions respectables.

Parmi celles dont l'entrée pourrait avoir été plus dissimulée, ne reste en définitive, et de manière intéressante, que des cavités peu ornées ou dont le caractère Paléolithique supérieur de l'ornementation reste difficile à démontrer : grotte Sombre, la Cabre, le PC du Maquis, les Potiers, Bouchon, Bergerie de Charmasson. Seules Bayol (dont les dépôts d'entrée ont été entièrement fouillés ne laissant aucune possibilité de retrouver les sols paléolithiques) et la Tête-du-Lion (dont la morphologie du porche est inconnue en raison du tir de mine qui a permis sa découverte) laissent planer le doute quant à l'existence d'entrées dissimulées.

Cela dit, il existe un second moyen de maintenir secret le contenu informatif de motifs rupestres, lequel consiste à restreindre non pas l'accès aux motifs eux-mêmes, mais à leurs significations et donc à hiérarchiser l'accès à certaines connaissances (voir p. ex. Elkin, 1952, p. 246 ; Flood, 1997, p. 303 ; Mulvaney, 1996, p. 10 ; Taçon, 1992, p. 203). Dans ce cas, des motifs peuvent être conservés à la vue de tous, et ce même dans des lieux de vie quotidiens, puisque les véritables restrictions ne concernent pas le fait de voir leur forme, mais bien d'avoir accès à leur sens.

[10] *Ce type de crue n'est pas vraisemblable dans le sens où en imaginer une qui atteigne la grotte Huchard ou le Mézelet, impliquerait que d'autres cavités situées plus bas ou dans des secteurs de crues de plus grande amplitude (notamment Ebbou et les Deux-Ouvertures) auraient également été ennoyées. Ce genre d'événement, en plus d'avoir un impact direct sur leurs motifs rupestres, aurait alors dû laisser des traces géologiques dont je n'ai pour ma part aucune connaissance.*

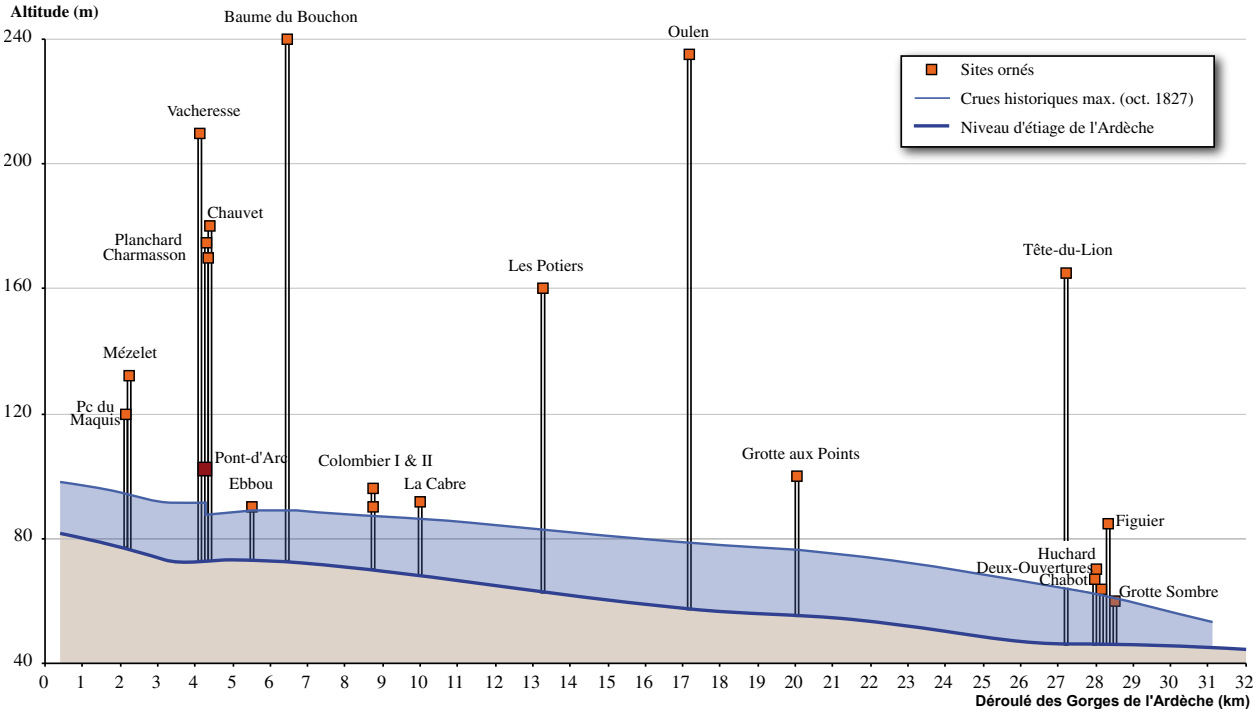


Figure 6 - Représentation des gorges de l'Ardèche sous forme de "déroulé kilométrique" entre le pont de Salavas et Sauze. La position des grottes ornées paléolithiques a été marquée le long de la rivière en fonction de leur altitude. Le niveau d'étiage de l'Ardèche a également été indiqué, de même que celui de la crue du 10 octobre 1827 (seconde en terme de débit après celle de 1890, mais seule dont on dispose de hauteurs d'eau sur tout le long des gorges). À noter que si la crue de 1890 a étée la plus importante en termes de débits et de hauteur d'eau tant à Vallon qu'au pont d'Arc (avec 21 m au pont d'Arc en 1890, contre 19,25 m en 1827), elle semble néanmoins avoir atteint son maximun absolu en 1821 à Gournier où l'onde de crue atteignit une hauteur de 21,4 m. Les deux fois l'arche du pont d'Arc constitua une retenue d'eau suffisante pour que les flots envahissent l'ancien méandre de la combe d'Arc. Rétrospectivement, il semblerait que la grotte Sombre ait été submergée lors de cet épisode au moins. En revanche, les autres grottes restèrent hors d'atteinte même si plusieurs d'entre elles (Chabot, Ebbou, abri du Colombier) se situaient alors juste au-dessus du niveau des flots (nivellement de la rivière : carte IGN n° 2939 OT 1/25 000 ; données hydrologiques d'après Bravard, 1993, p. 30 ; De Mardigny, 1860).



Figure 7 - Vue de l'intérieur du porche monumental de la Baume d'Oulen en cours de fouille. Photo J.-L. Roudil.

La présence de dépôts archéologiques et même de structures d'habitat dans un site orné n'implique donc pas nécessairement que la signification des figures adjacentes soit ouverte et connue de tout le monde. Elle n'implique même pas que ces sites soient accessibles à tous. En effet, il est tout à fait envisageable que des campements réservés à une certaine frange de la population prennent place dans des sites secrets et/ou sacrés pour des périodes relativement longues (notamment lors de la réalisation de cérémonies) et que ces occupations produisent des vestiges archéologiques comparables à ceux retrouvés dans des campements familiaux (p. ex. Wallace et Wallace, 1977, p. 41).

De même, les raisons, ne serait-ce que sociales, d'une absence de dépôts archéologiques importants à l'entrée d'une grotte ornée peuvent être multiples et ne révèlent pas obligatoirement d'une séparation entre sites d'habitat et sites sacrés. Indépendamment de cette dichotomie, elles peuvent tenir en effet au mode de visite de ces sites et au caractère privé des activités qui y sont entreprises – que celles-ci requièrent l'isolement (p. ex. Stands in Timber et Liberty, 2006, p. 139-40) ou qu'elles soient connotées négativement (p. ex. dans le cas de sorcellerie : Berndt et Berndt, 1951, p. 207-8 ; Hale et Tindale, 1934, p. 91) – ou encore que le site et/ou les figures soient considérés, à un niveau ou à un autre, comme dangereux (Chaloupka et *al.,* 1985, p. 146-7 ; Taçon, 1988, p. 22).

Sans compter enfin que la simple distinction entre *sacré* et *profane* à partir de laquelle on aurait tendance aujourd'hui à catégoriser les sites ornés de la région afin de donner sens à leur répartition spatiale dans le paysage constitue une distinction actuelle qui n'a pas forcément de valeur dans d'autres cultures…

Bref, rien de simple et d'univoque dans tout cela. Et, on l'aura compris, entrer dans le détail de la construction d'une image, c'est nécessairement ne plus tout à fait y croire. Ou plus exactement, c'est prendre conscience que cette image isolée de son contexte de production ne demeurerait en elle-même qu'une affirmation assertive, une vérité quelque peu brutale, ne nous laissant d'autre choix que de nous y rallier ou de la rejeter alors même que tout l'enjeu dans la prise en compte d'une complexité n'est sans doute pas là – n'est sans doute pas dans le fait de décréter ce qui est ou ce qui n'est pas – mais dans le jeu formel de la construction et de la déconstruction continue, ou en un mot, dans le jeu de la discussion.

Pour ma part, force est de constater que mes pensées n'ont de cesse d'osciller, et, durant un temps, il m'arrive ainsi de vivre pleinement ces images, en parole et en actes, comme le reflet d'une réalité préhistorique effective, pour l'instant d'après vivre tout aussi pleinement le caractère construit de ces représentations et l'arbitraire de leur création (parce que liée à un parcours personnel, à un contexte culturel, à des moyens d'investigation actuels et à des structures de production du savoir qui en conditionnent la forme). De cet état paradoxal, je ne me sentirais plus désormais, ni le courage ni la volonté et encore moins la capacité (pas moindre d'ailleurs que celle de n'importe qui d'autre) de trancher et de décider si cette image actuelle doive avoir *valeur de passé* ou si elle n'est finalement que le produit d'autres contingences. Elle se *présente* alternativement à moi comme l'un puis l'autre, comme l'un et l'autre, et si elle structure sans doute en profondeur mes pensées et mes actes, elle n'en demeure pas moins une image.

IV - L'Anticipation

Cela dit, ces représentations sont essentielles en ce qu'elles permettent à chacun de gérer ses nouvelles expériences (nécessairement différentes des précédentes) au moment où elles surviennent et de réaliser des prédictions afin de ne pas être totalement soumis à l'étrange étrangeté d'un soudain inattendu.

Aujourd'hui, si l'on m'annonçait la découverte de nouvelles grottes ornées dans des conditions comparables à celles déjà connues et présentant des caractéristiques similaires aux précédentes, je n'en serais alors pas étonné. Bien au contraire, c'est plutôt là que je les attendrais et que j'aurais tendance à diriger mes prospections, c'est-à-dire dans les zones situées à moins de 650 m d'une rivière de moyenne importance (mettons 1000 m pour compter large), et à une altitude absolue inférieure à 300 m. En effet, quelles qu'en soient les causes, c'est dans ces conditions qu'ont été découvertes jusqu'à présent la quasi-totalité des grottes ornées paléolithiques de la région (Tableau 1). Quant à leur voie d'accès préhistorique, aucune ne s'est révélée jusqu'à présent être verticale (aven), s'agissant plus généralement de porches bien visibles, largement ouverts vers l'extérieur ; même si, à l'instar de la grotte Chauvet, cette entrée a parfois pu être bouchée depuis par un éboulis[11].

J'ai donc regardé quels étaient, dans le sud-est de la France, les secteurs où des cavités naturelles étaient connues dans des conditions similaires (Figure 8), avec l'idée que ces zones constituaient en l'état actuel des connaissances, les zones les plus propices à la découvertes de nouvelles grottes ornées paléolithiques. Par ordre d'importance, ce sont les gorges de l'Ardèche qui s'affichent sans surprise et de très loin comme possédant la plus grande densité de réseaux karstiques

[11] *Dans le cas de la découverte d'une grotte ornée dont l'accès se ferait aujourd'hui par un puit vertical (ce que l'on ne peut, somme toute, exclure), il faudrait alors s'assurer qu'il n'existe pas d'autre entrée obstruée depuis par laquelle auraient pu accéder les visiteurs préhistoriques.*

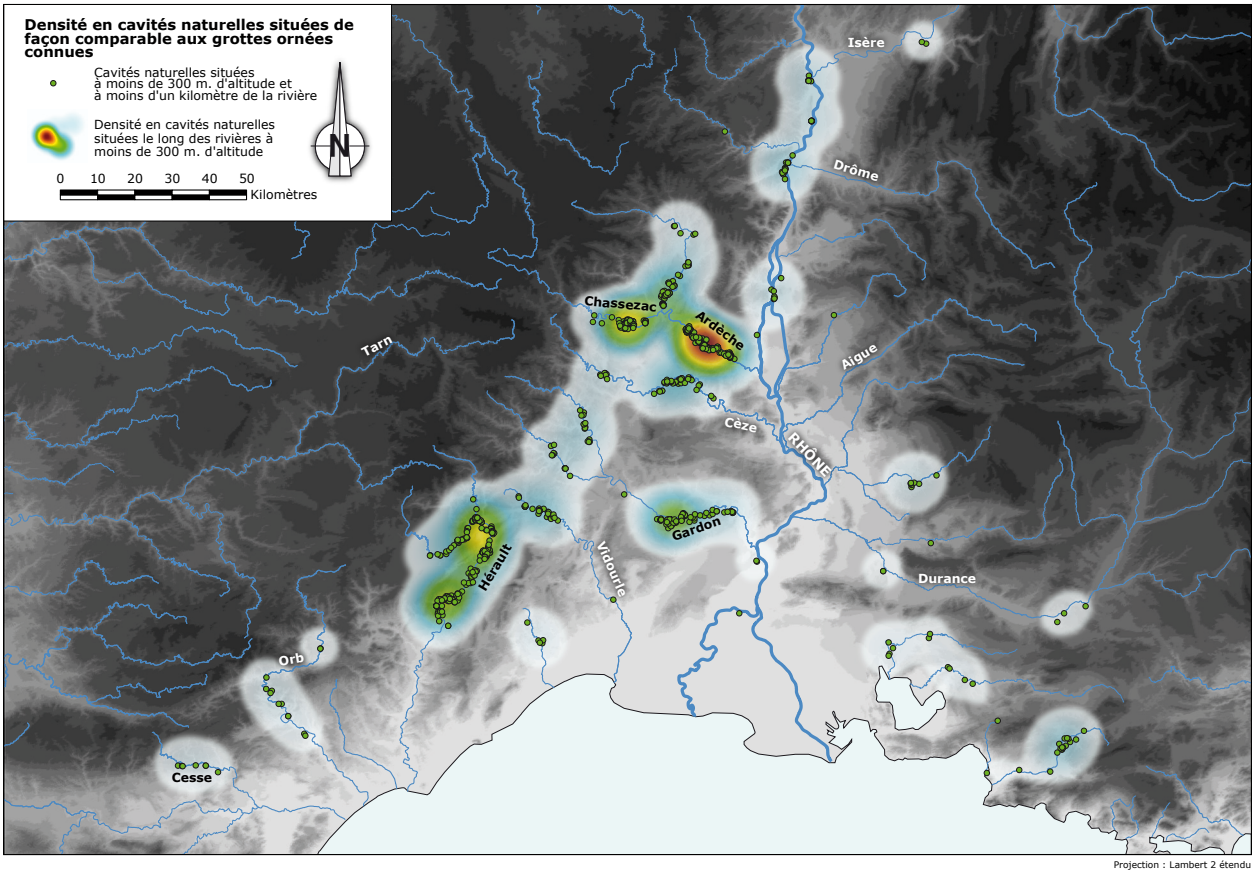


Figure 8 - Densités de cavités naturelles situées dans des conditions géographiques comparables à celles des grottes ornées connues (<300 m. alt. et <1000 m de la rivière). Les gorges de l'Ardèche correspondent à la zone de plus forte densité, suivies par l'Hérault, le Chassezac, le Gardon et la Cèze. Au vu des connaissances actuelles, ces zones sont sans doute les plus favorables à la découverte de nouvelles grottes ornées.

dans ce type de situation (< 300 m d'altitude et < 1 km de la rivière)[12]. Plus étonnamment, la seconde zone la plus favorable se révèle être la vallée de l'Hérault où n'est connue pour l'heure qu'une seule grotte ornée (Laroque). La vallée du Chassezac présente, pour sa part, une concentration similaire alors même qu'aucun site rupestre n'y a encore été reconnu[13]. Tandis qu'au niveau de Ruoms, l'Ardèche, dénuée de grottes ornées à cet endroit de son cours, montre une concentration comparable à celle des gorges du Gardon (où sont inventoriées en revanche deux grottes ornées : Baume Latrone et Bayol). La Cèze enfin, ainsi que le Vidourle, paraissent quant à eux moins favorables de ce point de vue.

Si l'on devait établir aujourd'hui les secteurs de la région où seraient le plus susceptibles d'émerger de nouveaux sites ornés, c'est donc la vallée de l'Hérault et celle du Chassezac qui seraient à surveiller en priorité. Cependant, la présence de la grotte d'Aldène dans l'une des plus faibles concentrations mise en évidence (le long de la Cesse) doit maintenir attentifs au fait que d'autres contingences ont pu – ont dû nécessairement – entrer en ligne de compte dans la répartition potentielle des grottes ornées paléolithiques actuelles (conservation, sélection d'architectoniques particulières, etc.). Il faut alors rester conscient que de telles prédictions sont essentiellement basées sur nos connaissances antérieures et que si l'on s'en était entièrement remis à ce schéma, Cosquer (totalement atypique de ce point de vue) n'aurait jamais dû être découvert… On se doit donc de rester ouvert à l'inattendu (même au plus extravagant des inattendus qui s'éloignerait tant

[12] *Ce qui est peut-être un peu logique vu que la majorité des grottes ornées ayant permis de définir ces critères viennent directement des gorges de l'Ardèche. Il est intéressant de constater cependant que si les grottes ornées connues le long de l'Ardèche montrent deux zones de densités distinctes situées respectivement sur l'entrée et la sortie des gorges, la densité en cavités naturelles dans des conditions similaires est centrée sur la partie médiane du canyon. Ce qui laisse supposer l'intervention d'autres facteurs (accessibilité ?) dans l'implantation des sites ornés paléolithiques à l'échelle de cette microrégion.*

[13] *En fait, je viens d'apprendre en cours de rédaction qu'une nouvelle grotte ornée, le gouffre Émilie, vient d'être signalée dans la vallée de La Beaume, tout près de la confluence entre l'Ardèche et le Chassezac (http://elebrun.canalblog.com/). Bien qu'elle soit légèrement en marge de la concentration du Chassezac mise en évidence ici, cette nouvelle découverte conforterait néanmoins un peu plus l'image qui se présentait jusqu'alors de la répartition des grottes ornées paléolithiques dans la région.*

de nos schémas établis), car ces images – commodes substituts de nos expériences passées – ne sont rien d'autres finalement que d'utiles points de repère grâce auxquels donner sens à nos actes présents et les projeter vers le futur.

V - Le pont d'Arc

Mais revenons seulement à l'Ardèche. Je ne sais pourquoi mais, lors de mes passages réguliers dans les gorges et autant que je puisse m'en souvenir, j'ai toujours vécu la présence coïncidente du pont d'Arc et de la grotte Chauvet comme une association logique, voire presque normale, qui donnait sens au caractère exceptionnel des figures rupestres de cette cavité (Figure 9). Il n'y avait là dans ce lien rien d'évident (ni de particulièrement original), si ce n'est leur proximité réciproque et leur exceptionnalité, mais ce constat ne m'en a pas moins amené peu à peu à réfléchir aux grottes ornées non plus en tant que mondes clos, séparés de l'espace alentour, pour prendre finalement conscience de tout le sens qu'elles tiraient dans mon esprit de leurs relations à d'autres formes environnantes et envisager celui qu'il y aurait à les considérer comme participant d'un contexte plus général.

Aujourd'hui, il me plait de croire que cette ouverture sur l'environnement des grottes ornées naquit alors essentiellement de ma fréquentation de la combe d'Arc. Cependant, comment savoir avec le recul si elle n'était pas directement liée à mes lectures ethnographiques de l'époque et tout particulièrement à la notion de *complexe de sites* empruntée à R. Gunn (1997). La notion de *complexe de site* a été développée dans le désert central australien où les sites archéologiques tels que nous pouvons les concevoir (comprenant aussi bien des sites stratifiés – habitats ou autres – que des sites ornés) sont rarement considérés isolément. Au contraire, ils sont vus de manière générale comme les composantes d'unités plus vastes incluant des caractéristiques que l'on n'envisage habituellement pas comme faisant partie intégrante du site archéologique proprement dit et qui se caractérisent



Figure 9 - Le pont d'Arc : sans aucun doute une figure topographique proéminente. Photo J. Monney.



Figure 10 - Vue du dernier méandre des gorges de l'Ardèche depuis Dona Vierne. Dans cet environnement, le Ranc-Pointu à proximité duquel se situent plusieurs grottes ornées constitue un point particulièrement saillant du paysage. Photo J. Monney.

par l'association au sein d'un périmètre restreint : (i) d'un ou de plusieurs site/s orné/s, (ii) de figure/s topographique/s proéminente/s, (iii) de point/s d'eau et (iv) de site/s archéologique/s. En pays Arrernte, ce sont alors ces unités – ces complexes de sites – qui possèdent une valeur spatiale et symbolique plutôt que des unités plus réduites.

Est-ce alors mon expérience vécue de la combe d'Arc qui contribua à retenir mon attention sur la notion de complexe de site ? Ou au contraire, est-ce mes lectures préalables qui orientèrent ma façon de structurer ces expériences ardéchoises ? Je ne saurais le dire ; si ce n'est qu'aujourd'hui l'évocation de l'un fait immanquablement résonner l'autre en moi, et inversement.

De manière étonnante, une association comparable peut assez aisément être retrouvée en plusieurs endroits des gorges de l'Ardèche, et en premier lieu au niveau de la combe d'Arc où coexistent (i) la grotte Chauvet, mais aussi d'autres grottes ornées : Bergerie de Charmasson, Planchard, Vacheresse, (ii) le pont d'Arc et (iii) l'Ardèche. Même s'il manque au tableau la présence de sites archéologiques stratifiés attribuables au Paléolithique supérieur, ce constat ouvre des perspectives de recherche intéressantes. En effet, partant de ce modèle, l'existence d'un tel site d'habitat chronologiquement associé aux phases de fréquentation de la grotte Chauvet est loin d'être impossible et mérite d'être testée. C'est la raison pour laquelle une série d'opérations ont été initiées dans le méandre abandonné de la combe d'Arc où des campements sont susceptibles d'avoir été implantés anciennement (Leroux et *al.,* 2010). Bien que les recherches soient à leurs débuts et qu'il faille encore attendre avant de disposer des premiers résultats, il s'agit d'une zone particulièrement prometteuse, tant en termes d'implantations préhistoriques, qu'en termes de conservation des vestiges (sédimentation fine à l'occasion de crues exceptionnelles et de la mise en eau du méandre abandonné).

Un second secteur n'est pas non plus sans m'évoquer ce genre de complexes de sites. À l'autre extrémité des gorges de l'Ardèche, le méandre du Ranc-Pointu qui correspond à la dernière boucle de la rivière concentre, en effet, à lui seul pas moins de six grottes ornées paléolithiques (Chabot, Figuier, Huchard, Deux-Ouvertures, Tête-du-Lion et grotte Sombre) dont plusieurs constituent des gisements archéologiques de première importance. S'il est peu évident d'y reconnaître une figure topographique proéminente, le Ranc-Pointu qui surplombe les cavités n'est pas sans frapper l'imagination (Figure 10) et cette association mérite que l'on s'y arrête. En effet, vu la proximité des sites (tous, à l'exception de la Tête-du-Lion, se placent à moins de 10 minutes de marche les uns des autres), il est intéressant de les envisager comme un unique complexe de sites et de les réfléchir en tant que tel. D'autant plus que si on leur appliquait

les critères généralement employés afin de définir les limites des sites d'art rupestre de plein air – deux sites sont considérés comme différents à partir du moment où plus de 500 m séparent deux figures rupestres (Anati, 1986, p. 784) – tous feraient alors partie d'un seul et même site (Figure 11) !

Prendre en considération de possibles interdépendances ou de possibles complémentarités entre une grotte et l'autre au sein de cet ensemble implique alors d'en analyser le dispositif pariétal et archéologique comme un tout étendant ses ramifications au-delà des limites bien arbitraires de chacune des cavités. Ceci est renforcé par l'existence de certaines affinités graphiques perceptibles entre Chabot et les Deux-Ouvertures qui suggèrent de tels rapprochements. Ce qui m'a marqué ainsi était de retrouver certaines solutions graphiques originales très comparables dans l'une et l'autre grotte. Sur la grande frise de Chabot, le sommet du crâne de plusieurs mammouths vient se stopper et disparaître à l'approche du bord rocheux sus-jacent, comme si les animaux étaient "décalottés" par celui-ci ou qu'ils se trouvaient "accrochés" à la limite du banc calcaire, sans cependant que cet arrêt récurrent des traits gravés au niveau du rebord rocheux ne puisse être mis sur le compte d'une erreur de placement ou d'un mauvais centrage de la figure sur la surface disponible. En effet, pour atteindre leur profondeur actuelle, les traits ont nécessairement été repassés de nombreuses fois et si, au moment du premier tracé, leur disposition sur la paroi n'avait pas été jugée satisfaisante, elle aurait alors pu être corrigée par la suite en cours d'exécution. Or, ce genre de détail trouve des contreparties très similaires à la grotte des Deux-Ouvertures (DEE-01, 03, 15 et 23). Là, même lorsque aucun rebord rocheux n'est présent, les traits s'interrompent parfois sur le sommet du crâne pour s'effacer presque totalement (DEE-03, 15) (Monney et *al.,* 2010, p. 4).

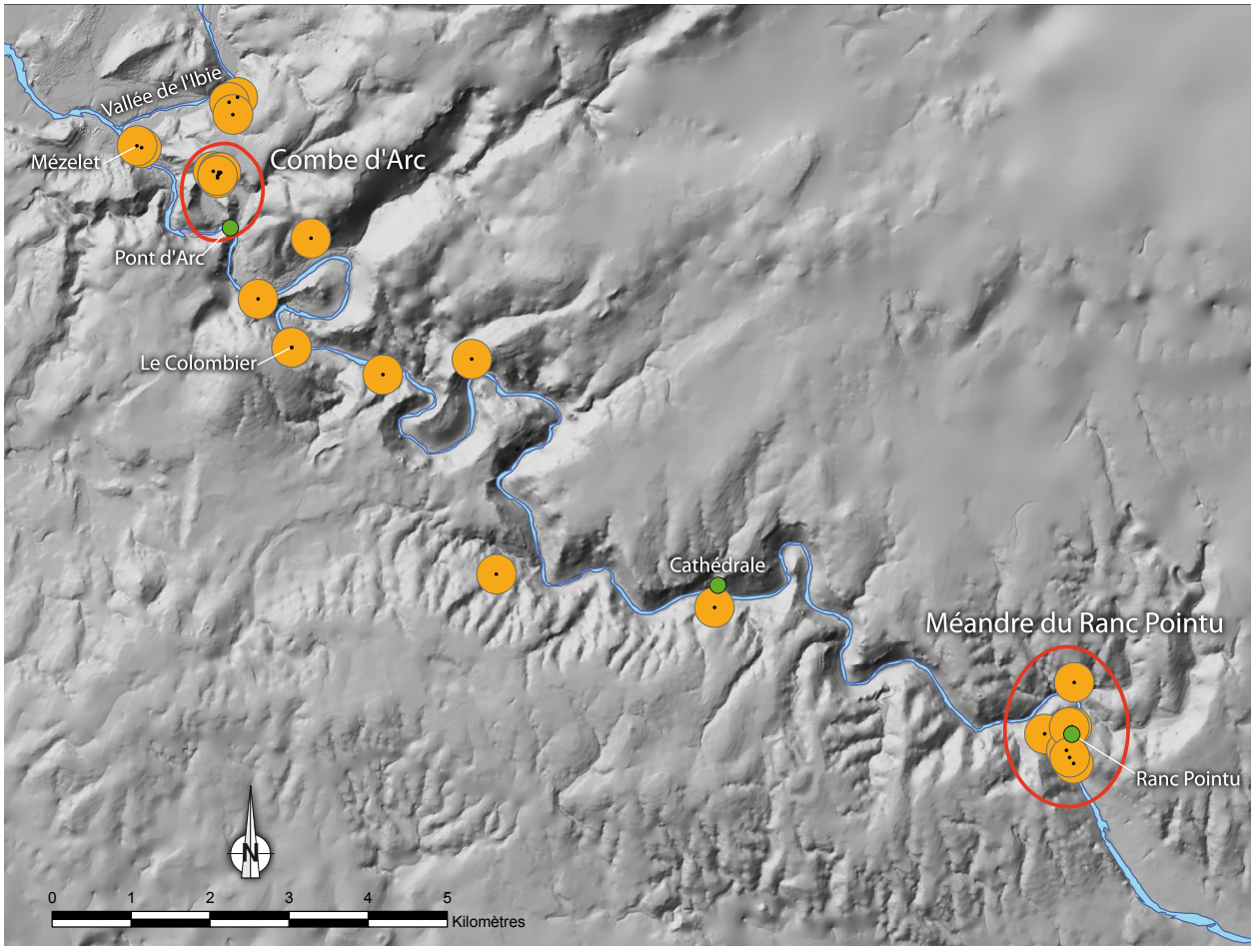


Figure 11 - Définition de sites et de complexes de sites le long des gorges de l'Ardèche – Sur cette carte, les grottes ornées sont signalées par un point noir. Un cercle de 250 m de rayon a été tracé autour de chacune d'entre elles. Lorsque deux cercles se recoupent, cela signifie que les deux grottes en question sont éloignées de moins de 500 m à vol d'oiseau. Si l'on appliquait ici les critères employés lors de l'individualisation de sites d'art rupestre de plein air (Anati, 1986, p. 784), certaines grottes pourtant distinctes devraient alors être considérées comme un seul et même site. Le long des gorges, une telle situation se produit en plusieurs endroits : dans la vallée de l'Ibie, sur le Mézelet, dans la combe d'Arc, au niveau du Colombier, et enfin dans le méandre du Ranc pointu. Ceci est d'autant plus intéressant que le premier et le dernier méandres des gorges (ellipses rouges) possèdent certaines caractéristiques propres aux complexes de sites, notamment la présence de figures topographiques proéminentes (points verts).

Le cas des crânes des mammouths constitue, bien entendu, un exemple isolé, mais dont le caractère est suffisamment particulier et répété pour qu'il ait attiré mon attention sur les relations susceptibles d'être tissées entre Chabot et les Deux-Ouvertures. Au vu de ces analogies et même si cela reste à vérifier, j'en suis ainsi venu à me demander si l'absence de dépôts archéologiques importants sous le porche des Deux-Ouvertures ne devait pas être envisagé sous l'angle d'une interdépendance entre ces deux sites ornés et si les activités menées dans l'une ne gagneraient pas alors à être pensées comme complémentaires, ou à tout le moins différenciées, de celles menées parallèlement dans l'autre…

De même, et à un autre niveau, je n'ai jamais pu m'empêcher de penser et de vivre la présence de la grotte Huchard – devant laquelle le visiteur actuel doit nécessairement passer lorsqu'il désire se rendre aux Deux-Ouvertures – autrement que comme une station dans un cheminement vers le secteur orné des Deux-Ouvertures.

Dans la partie centrale des gorges de l'Ardèche, les grottes ornées – tout comme les sites du Paléolithique supérieur en général – sont moins densément présentes qu'à l'entrée et à la sortie du canyon. Pour ma part, j'ai avant tout mis cet état de fait sur le compte des difficultés d'accès sensiblement plus grandes lorsque l'on décide de se rendre dans la partie centrale du canyon et qui ont pu influer tant sur les fréquentations humaines au Paléolithique supérieur que sur l'intensité des prospections actuelles, le premier et le dernier méandres se retrouvant ainsi plus investis tant en termes de recherches que d'occupations préhistoriques. Cela dit, vu le faible nombre de grottes ornées recensées dans le secteur médian de la vallée, la présence de l'une des rares d'entre elles – la grotte aux Points d'Aiguèze – en face de la Cathédrale, n'est pas sans interroger, surtout lorsque l'on sait que la Cathédrale est sans doute l'un des rochers les plus marquants des gorges après le pont d'Arc (Figure 12).



Figure 12 - Vue de la partie médiane des gorges de l'Ardèche dont l'une des figures topographiques les plus marquantes est sans conteste le rocher de la Cathédrale (à gauche sur la photo). Photo J. Monney.



Figure 13 - Arc-en-ciel faisant le pont entre la grotte Chabot et la Tête-du-Lion au-dessus du méandre du Ranc-Pointu. Photo J. Monney.

VI - Le Paysage

Dans ces quelques secteurs, cesser d'appréhender des unités discrètes – la grotte, le site, la rivière, le rocher – pour envisager un autre découpage spatial où ils fassent partie intégrante d'entités géographiques plus vastes – de complexe de sites – présente un réel intérêt heuristique. En termes d'étude sur le terrain, cette façon d'appréhender les lieux contribue en effet à réorienter la façon de conduire les campagnes de prospections et modifie la manière d'aborder les recherches archéologiques[14]. La notion de *complexe de site* est également à même de replacer la gestion des grottes ornées dans une appréhension plus globale de leur contexte et ce tant du point de vue de leur protection légale que dans l'optique d'une politique de conservation conjointe des espaces naturels environnants. Ainsi, une notion telle que celle-ci, transposée "abusivement" au Paléolithique supérieur ardéchois malgré les différences climatiques, environnementales, historiques et culturelles indéniables qui séparent son contexte d'origine de celui de son application (l'Ardèche paléolithique d'aujourd'hui n'est pas le désert australien actuel ou sub-actuel) n'enlève rien à son intérêt en tant qu'outil conceptuel afin d'enrichir notre perception de certaines réalités archéologiques. Cet usage "inapproprié" apporte au contraire de nouvelles perspectives de recherche susceptibles de s'avérer fructueuses. Tout l'enjeu n'est alors pas de juger si l'opération est inappropriée (elle l'est nécessairement), mais plutôt de mettre en place les moyens de resituer le concept et son usage vis-à-vis de ses contextes d'énonciation et de production. Il ne faut pas oublier alors que ce que l'on décrit – ce que je décris ici – ce sont avant tout des paysages intérieurs. Un paysage, tel que je peux l'entendre, doit être compris comme un ensemble d'éléments hétéroclites dont l'unité découle de leur visibilité – de leur perception – simultanée depuis un point de vue donné (un belvédère notamment) ; c'est ce qui se donne donc comme contemporain, comme co-présent dans l'instant et qui seul peut être décrit vraiment. Ce que l'on dépeint alors sont des paysages où la proximité entretenue entre deux idées, ou deux concepts, n'est pas liée uniquement à une proximité spatiale, encore moins à leur appartenance à un groupe homogène d'expériences, mais à tout un réseau de relations logiques – à une représentation du monde – au sein duquel le proche n'est pas nécessairement le proche, et le lointain pas nécessairement lointain.

Ainsi, on l'aura compris, parler de *paysages* et envisager les grottes ornées paléolithiques au sein de *paysages* ne revient pas à envisager ceux-ci en eux-mêmes, en tant qu'espaces physiques, mesurables dont la valeur serait foncièrement objective et donc indépendante du sujet qui les contemple. Il ne s'agit pas non plus de parler de paysages au sens pictural du terme (une peinture de Turner par exemple), mais bien de considérer des paysages expérientiels en tant qu'ensembles de sensations et états de conscience vécus dans l'instant par un individu présent dans un lieu donné (p.ex. Layton et Ucko, 1999 ; Wilson et David, 2002, p. 9). Ne pouvant alors connaître d'autres états intérieurs que les siens propres, c'est ceux-là, et ceux-là seuls, plutôt que d'improbables et inatteignables états de conscience des Hommes d'autrefois, qu'il s'agit de décrire.

[14] *Voir notamment les remarques à ce sujet de M. Lorblanchet (1988, p. 276-280, 1989, p. 62).*

VII - Soi

Dans mon expérience de cette petite région du sud-est de la France et tel que je peux vivre ces lieux – cette combe d'Arc, ce dernier méandre ou d'autres – les *complexes de site* font ainsi partie du paysage au même titre que d'autres perceptions que l'on voudrait peut-être croire plus immédiates. Décrire les grottes ornées ardéchoises, ces grottes ornées que je connais aussi bien par le biais de leur fréquentation qu'au travers de lectures et de conversations, revient ainsi à tenter de recontextualiser, ne serait-ce qu'imparfaitement, cette suite d'expériences personnelles, tant littéraires que physiques et intellectuelles qu'elles ont suscitées. Il s'agit alors non pas de s'attacher à ce qu'elles seraient indépendamment du sujet qui les fréquente, mais de rendre compte d'un *parcours* à leur abord.

C'est la *cartographie* de ces *paysages intérieurs* qui furent vécus, et non celui d'une contrée véritable que j'ai tenté de retranscrire ici. Loin de m'aventurer à dire finalement ce que serait ces grottes ornées *en elles-mêmes*, il s'agissait au contraire d'exprimer la façon dont je suis peu à peu venu à faire sens de leur existence et de leur distribution, quelque peu chaotique au demeurant, et de montrer ce qu'un tel travail de *mise en sens* possédait d'intérêt (notamment d'un point de vue prédictif, mais aussi en termes de gestion des grottes ornées et d'écriture de la Préhistoire) lorsqu'il s'incarnait sur le terrain dans une pratique effective de l'archéologie. Car que l'on ne s'y trompe pas, pour tout subjectif et personnel qu'une telle cartographie intérieure puisse paraître, elle n'en demeure pas moins le reflet d'une façon de se représenter le monde, de réseaux de sens et d'une expérience permettant de s'y mouvoir avec aisance ; et à ce titre, elle est donc susceptible à son tour de constituer pour autrui un moyen privilégié, essentiel même, afin de prévoir, prédire et composer dans l'instant avec une réalité présente au sein de laquelle on ne saurait faire la part des choses entre ce qu'elle est en soi et ce qui se manifeste d'elle en nous (Kant, 1967, p. 74.).

Remerciements

Mes remerciements vont ici avant tout à ceux qui m'ont fait l'amitié d'être des guides fabuleux sur les sentiers des grottes ornées et qui m'ont peu à peu appris avec générosité à connaître ce pays et ses cavités. Un grand merci donc à Claude Braize, Eliette Brunel, Jean-Marie Chauvet, Philippe Galant, Bernard Gély, Thierry Montecinos et les membres de l'ASN, Michel Philippe et Michel Raimbault, sans oublier Jean Combier. Merci également à Jean Clottes et Jean-Michel Geneste qui m'ont si bien accueilli dans l'équipe scientifique de la grotte Chauvet ainsi qu'à Dominique Baffier. Il va de soi, par ailleurs qu'un tel travail n'aurait pu avoir lieu sans le soutien administratif et financier des SRA Rhône-Alpes et Languedoc-Roussillon, ainsi que celui du Conseil général de l'Ardèche, de la mairie de St-Martin-d'Ardèche et de la base départementale de loisirs de Salavas. Merci enfin au musée régional de préhistoire d'Orgnac-l'Aven et à toute son équipe pour le soutien et les échanges si enrichissants de même qu'au syndicat de gestion des gorges de l'Ardèche. Il y a bien entendu derrière les noms et les institutions des hommes et des femmes que je ne saurais tous citer ici tant ils sont nombreux et qui, d'une façon ou d'une autre, ont participé grâce à leur rencontre à donner forme à mon parcours et ont tant contribué à l'enrichir. Un grand merci à tous !

BIBLIOGRAPHIE

AMBERT P., GALANT P., GUENDON J.-L., COLOMER A., DAINAT D., BEAUMES B., GRUNEISEN A., REQUIRAND C., QUINIF Y., 2007. Les gravures et les empreintes humaines de la grotte d'Aldène (Cesseras-Hérault) dans leur contexte chronologique et culturel. *Bulletin du Musée d'anthropologie préhistorique de Monaco*, 47, 3-36.

ANATI E., 1986. Etat de la Recherche sur l'art rupestre : rapport mondial. *L'Anthropologie*, 90, fasc. 4, 783-800.

AYROLES P., 1976a. Abri Inférieur du Colombier – 07 : Rapport de fouilles 1976. Rapport de fouilles, SRA Rhône-Alpes, Lyon.

AYROLES P., 1976b. Grotte d'Ebbou. *In* COMBIER J., THÉVENOT P. (éds.), Livret-guide de l'excursion A8 : Bassin du Rhône au Paléolithique et Néolithique. IX^{ème} congrès UISPP, 13-18 septembre 1976, Nice, 197-201.

BARRAL L., SIMONE S., 1972. Le Mindel-Riss et le Riss à la grotte d'Aldène. *Bulletin du Musée d'anthropologie préhistorique de Monaco*, 18, 45-68.

BAUDRILLARD J., 1979. De la séduction : L'horizon sacré des apparences. Éd. Denoël/Gonthier, Paris, 243 p.

BAYLE DES HERMENS R. de, 1973. Le Magdalénien de la grotte du Colombier (Ardèche) : Fouilles de l'Abbé A. Glory 1947-49. *Etudes préhistoriques*, 5, 15-24.

BAYOL J., 1935. Mémoires d'un vieux fouilleur III : La Grotte à peintures de Collias. Rhodania, Congrès de Genève, 1933. *Bulletin de Rhodania*, 1651, 1-40.

BAZILE F., 1980. Le Magdalénien de la moyenne vallée de l'Hérault. *Bulletin de la Société d'Etude des Sciences Naturelles de Nîmes*, 56, 27-36.

BAZILE F., BAZILE-ROBERT E., 1979. Le Solutréen à pointes à cran de la Baume d'Oullins (Le Garn, Gard et Labastide-de-Virac, Ardèche) : Position chronostratigraphique. *Etudes Préhistoriques*, 15, 1-6.

Belleville L., 1983. Compte rendu des opérations de recherches menées sur l'hydrogéologie et les sources de la Réserve Naturelle des Gorges de l'Ardèche. Rapport d'activité 1982-1983, Université scientifique et médicale, Grenoble.

Belleville L., 1985. Hydrologie karstique : géométrie, fonctionnement et karstogenèse des systèmes karstiques des gorges de l'Ardèche. Thèse doctorat, Institut Dolomieu, Grenoble, 228 p.

Berndt R. M., Berndt C., 1951. Sexual behaviour in western Arnhem Land. (Viking fund publication in Anthropology ; 16). Viking fund.

Boissin J.-P., 1975. Carte hydrogéologique des Cévennes et du Bas Vivarais et de la vallée du Rhône entre Pont St-Esprit et La Voulte : notice explicative. Feuille 1 N de la carte hydrogéologique du Languedoc-Roussillon à l'échelle du 1/200 000. Éd. CERH.

Braize C., Raimbault M., 2003. Un nouveau témoignage d'art pariétal dans les gorges de l'Ardèche : la grotte de la Cabre. *Ardèche Archéologie*, 20, 20-23.

Bravard J.-P., 1993. Quelques caractères de la morphodynamique fluviale des Gorges de l'Ardèche. *Bulletin du Centre de géomorphologie de Caen*, 42, 23-32.

Breuil H., 1952. Quatre cents siècles d'art pariétal : les cavernes ornées de l'âge du renne. Centre d'études et de documentation préhistoriques, F. Windels.

Brochier J.-L., 1978. Les modifications de l'environnement du Würmien récent au Postglaciaire en Languedoc. Éd. du CNRS, 203 p.

Brunel E., Chauvet J.-M., Dugas A., Hillaire C., Raimbault M., Raimbault M., 2004. Nouvelles découvertes d'art pariétal dans la vallée de l'Ibie (Vallon-Pont-d'Arc) et révélation d'une technique inédite. *Ardèche Archéologie*, 21, 1-6.

Brunel E., Chauvet J.-M., Dugas A., Raimbault M., Renda M., 2007. Découverte d'art pariétal dans la basse vallée de l'Ardèche : Une gravure de cervidé inédite dans la grotte du Déroc (Vallon-Pont-d'Arc, Ardèche). *Spelunca*, 108, 33-35.

Capitan L., Breuil H., Peyrony D., 1903. Les Figures gravées de l'époque paléolithique sur les parois de la grotte de Bernifal. *Revue de l'Ecole d'Anthropologie*, 13, 202-212.

Capitan L., Breuil H., Peyrony D., 1910. La Caverne de Font-de-Gaume au Eyzies. (Peintures et gravures murales des cavernes paléolithiques ; 1). Monaco.

Capitan L., Breuil H., Peyrony D., 1924. Les Combarelles aux Eyzies (Dordogne). (Peintures et gravures murales des cavernes paléolithiques ; 2). Monaco.

Cartailhac E., Breuil H., 1906. La Caverne d'Altamira, Santillane près Santander (Espagne). Monaco.

Chaloupka G., Kapirigi N., Nayidji B., Namingum G., 1985. Cultural survey of Balawuru Deaf Adder Creek, Amarrkananga, Cannon Hill and the Northern Corridor : a report to the Australian National Parks and Wildlife Service. Museum and Art Galleries Board of the Northern Territory limited edition manuscript, Darwin.

Chauvet J.-M., Deschamps E., Hillaire C., 1994. Prospections, découvertes et inventaire d'une partie des sites archéologiques des cavités des Gorges de l'Ardèche. Rapport de prospection, SRA Rhône-Alpes, Lyon.

Chauvet J.-M., Brunel Deschamps E., Hillaire C., 1995. La Grotte Chauvet à Vallon Pont-d'Arc. Le Seuil, 114 p.

Clottes J. (dir.), 2001. La Grotte Chauvet : L'art des Origines. Le Seuil, 224 p.

Clottes J., Courtin J., 1994. La Grotte Cosquer : Peintures et gravures de la caverne engloutie. Le Seuil, 196 p.

Clottes J., Courtin J., Vanrell L., 2005. Cosquer Redécouvert. Le Seuil, 255 p.

Collectif, 1984. L'Art des Cavernes : Atlas des Grottes ornées paléolithiques françaises (Atlas Archéologiques de la France). Ministère de la Culture, Paris.

Colomer A., 1987. Les Grottes ornées Paléolithiques du Midi Méditerranéen. *Bulletin de l'Association pour le Développement de l'Archéologie en Languedoc*, 28, 1-20.

Combier J., 1967. Le Paléolithique de l'Ardèche dans son cadre paléoclimatique. Publications de l'Institut de Préhistoire de l'Université de Bordeaux ; mémoire 4. Éd. Delmas, Bordeaux.

Combier J., 1972. La grotte à peintures de la Tête-du-Lion à Bidon (07). *Etudes préhistoriques*, 3, 1-11.

Combier J., 1973 a. L'industrie solutréenne de deux nouveaux sites de l'Ardèche. *Etudes préhistoriques*, 5, 1-7.

Combier J., 1973 b. La Grotte magdalénienne du Colombier à Vallon - Pont-d'Arc : données complémentaires. *Etudes préhistoriques*, 7, 5-8.

Combier J., 1977. Informations archéologiques (1965-1975) de la circonscription Rhône-Alpes : l'Ardèche. *Gallia Préhistoire*, 20, 2, 572-608.

Combier J., 1984 a. Grottes ornées de l'Ardèche. *Les Dossiers Histoire et Archéologie*, 87, 80-86.

Combier J., 1984 b. Grotte d'Oulen. *In* Leroi-Gouran A. (dir.), L'Art des Cavernes : Atlas des Grottes ornées paléolithiques françaises. Atlas Archéologiques de la France, Ministère de la Culture, Paris, 327-332.

Combier J., 1984 c. Grotte d'Ebbou. *In* L'Art des Cavernes : Atlas des Grottes ornées paléolithiques françaises. Atlas Archéologiques de la France, Ministère de la Culture, Paris, 609-616.

Combier J., 1984 d. Grotte du Colombier I. *In* L'Art des Cavernes : Atlas des Grottes ornées paléolithiques françaises. Atlas Archéologiques de la France, Ministère de la Culture, Paris, 617-620.

Combier J., 1990. L'art rhodanien. *In* Chroniques des années de pierre… : Art préhistoriques – Sciences et Techniques modernes. Césura, 37-90.

Combier J., Drouot E., Huchard P., 1958. Les Grottes solutréennes à gravures pariétales du canyon inférieur de l'Ardèche. *Mémoires de la Société préhistorique française*, 5, 61-117.

Debard E., 1988. Le Quaternaire du Bas-Vivarais d'après l'étude des remplissages d'avens, de porches de grottes et d'abris sous roche: Dynamique sédimentaire, Paléoclimatologie et chronologie. *Documents des Laboratoires de Géologie de Lyon*, 103.

Delannoy J.-J., Sadier B., Jaillet S., Ployon E., Geneste J.-M., 2010. Reconstitution de l'entrée préhistorique de la grotte Chauvet-Pont-d'Arc (Ardèche, France) : les apports de l'analyse géomorphologique et de la modélisation 3D. *Karstologia*, 56, 17-34.

Deleuze G., Guattari F., 1980. Capitalisme et Schizophrénie 2 : Mille Plateaux. Les éditions de Minuit,.

DESCHAMPS E., 1985. Grotte de la Tête du Lion à Bidon (Ardèche): sauvetage 29-1985. Rapport de fouille, SRA Rhône-Alpes, Lyon.

DROUOT E., 1953. Les peintures de la grotte Bayol à Collias (Gard) et l'art pariétal en Languedoc Méditerranéen. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 50, 392-405.

DROUOT E., 1957. L'art pariétal paléolithique du Languedoc méditerranéen. *Rhodania*, 2, 9-10.

DROUOT E., 1968. L'art pariétal paléolithique du Languedoc méditerranéen. In: *La Préhistoire, problèmes et tendances*. Éd. du CNRS, 145-60.

DROUOT E., 1970. Les caractères de l'art rupestre paléolithique en Languedoc oriental. *Bulletin de l'Ecole Antique de Nîmes*, 5, 13-41.

ELKIN A. P., 1952. Cave-paintings in southern Arnhem Land. *Oceania*, 22, 4, 245-255.

FLOOD J., 1997. Rock art of the dreamtime : images of ancient Australia. Harper Collins.

GADAMER H.-G., 1996. Vérité et Méthode : Les grandes lignes d'une herméneutique philosophique. Éd. du Seuil.

GALLAY A., 1986. L'Archéologie demain. Éd. Belfond.

GALLET M., 1971. Note préliminaire sur un gisement paléolithique de plein air, dans les gorges de l'Ardèche. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 68, fasc.1, 375-385.

GALLET M., 1973. Les pièces à crans de la Rouvière à Vallon - Pont-d'Arc (07). *Etudes préhistoriques*, 5, 8-14.

GÉLY B., 2000. Grottes ornées de l'Ardèche. Coll. Les Patrimoines, Éd. du Dauphiné Libéré, Veurey.

GÉLY B., 2001. Les hommes dans l'Ardèche aux temps glaciaires. *In* Clottes J. (dir.), La Grotte Chauvet : L'art des origines. Le Seuil, 28-29.

GÉLY B., 2005a. La Grotte Chauvet à Vallon - Pont-d'Arc (Ardèche) : Le contexte régional paléolithique. *In* GENESTE J.-M. (dir.), Recherches pluridisciplinaires dans la grotte Chauvet. Journées SPF, Lyon, 11-12 octobre 2003. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 102, fasc.1, et *Karstologia Mémoires*, 11, 17-33.

GÉLY B., 2005b). De Chabot à Chauvet : 130 années de découvertes d'Art paléolithique dans les Gorges de l'Ardèche. *In* EVIN J., PHILIPPE M. (éds.), 150 ans de Préhistoire autour de Lyon. *Cahiers scientifiques - Centre de conservation et d'étude des collections*, Hors série, 3, 117-22.

GÉLY B., CHAUVET J.-M., GALANT P., 2002. Les grottes ornées paléolithiques des gorges de l'Ardèche ». *Bulletin de l'Ecole Antique de Nîmes*, 25, 13-28.

GÉLY B., GAUTHIER A., 1999. Campagne de sondage dans la grotte Chauvet et trois autres cavités du Cirque d'Estre à Vallon - Pont-d'Arc (07). *Ardèche Archéologie*, 16, 17-24.

GENESTE J.-M. (dir.), 2005. Recherches pluridisciplinaires dans la grotte Chauvet. Journées SPF, Lyon, 11-12 octobre 2003. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 102, fasc.1, et *Karstologia Mémoires*, 11.

GLORY A., 1947. Les gravures préhistoriques de la grotte d'Ebbou à Vallon-Pont-d'Arc. *La Nature*, 3143, 283-5.

GOULD R. A., 1969. Yiwara : Foragers of the Australian Desert. Collins.

GUNN R. G., 1997. Rock art occupation and myth : The correspondence of symbolic and archaeological sites within Arrernte rock art complexes of central Australia. *Rock art Research*, 14, 124-36.

HALE H. M., TINDALE N., 1934. Aborigines of Princess Charlotte Bay: Part I. *Records of the South Australian Museum*, 5, 1, 63-116.

HÉRITIER A., 1957. L'abri du Colombier (Ardèche). *Cahiers Rhodaniens*, 4, 3-8.

KANT E., 1967. Critique de la raison pure. PUF.

LAMING-EMPERAIRE A., 1962. La signification de l'art rupestre paléolithique : Méthodes et Applications. Éd. Picard.

LATOUR B., 1997. Nous n'avons jamais été modernes : essai d'anthropologie symétrique. La Découverte.

LATOUR B., FABBRI P., 1977. La rhétorique de la science. *Actes de la recherche en sciences sociales*, 13, 81-95.

LAYTON R., UCKO P. J., 1999. Introduction : gazing on the landscape and encountering the environment. *In* UCKO P. J., LAYTON R. (eds), The Archaeology and Anthropology of Landscape : Shaping your landscape. Routledge, 1-20.

LEROI-GOURHAN A., 1971 [1965], Préhistoire de l'Art occidental. Mazenod.

LEROUX O., MENARD G., SADIER B., JAILLET S., DELANNOY J.-J., MONNEY J., 2010. Tomographies électriques dans la Combe d'Arc. *In* MONNEY J. (dir.), Projet Datation Grottes Ornées 2010 : Grotte des Deux-Ouvertures (St-Martin-d'Ardèche) et Combe d'Arc (Vallon-Pont-d'Arc) Rapport d'activité, SRA Rhône-Alpes, Lyon. 19-24.

LORBLANCHET M., 1967. Découverte de gravures pariétales paléolithiques dans la grotte de La Roque (Hérault). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 64, 1, 143-54.

LORBLANCHET M., 1988. De l'art pariétal des chasseurs de rennes à l'art rupestre des chasseurs de kangourous. *L'Anthropologie*, 92, fasc.1, 1988, 271-316.

LORBLANCHET M., 1989. Art Préhistorique et Art Ethnographique. *In* MOHEN J.-P. (éd.), Le temps de la préhistoire. Archeologia, Paris, 60-62.

LORBLANCHET M., 1995. Les Grottes Ornées de la Préhistoire : Nouveaux regards. Éd. Errance.

LOUIS M., 1953. Le Néolithique dans les Baumes Latrone : essai de céramographie stratigraphique. *Cahiers Ligures de Préhistoire et d'Archéologie*, 2, 47-70.

LOVE J. R. B., 1936. Stone Age Bushman of Today : Life and Adventure Among a Tribe of Savages in North-Western Australia. Blackie, London.

MACLEAN J., 1892. The Indians of Canada : Their Manners and Customs.

MADELAIN R., 1976. Grotte du Figuier. *In* COMBIER J., THÉVENOT P. (éds.), Livret-guide de l'excursion A8 : Bassin du Rhône au Paléolithique et Néolithique. IX^{e} congrès UISPP, 13-18 septembre 1976, Nice, 213-7.

MARDIGNY P. G. de, 1860. Mémoire sur les inondations des rivières de l'Ardèche. *Annales des Ponts et Chaussées*, t. XIX, 258, 3^{e} série, 249-296.

MCILWRAITH T.F., 1948. The Bella Coola Indians. Vol. 1. University of Toronto press.

Moncel M.-H., Puaud S., Daujeard C., Lartigot-Campin A.-S., Millet J.-J., Theodoropoulou A., Cregut-Bonnoure E., Gély B., Vercoutere C., Desclaux E., Roger T., Bourges F., 2012. La Grotte du Figuier (Saint-Martin-d'Ardèche) : bilan des travaux récents sur un site du Paléolithique moyen et supérieur de la moyenne vallée du Rhône (Sud-Est de la France). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 109, fasc.1, 35-67.

Monney J., 2003. L'élaboration des chronologies de référence dans le domaine de l'art rupestre : une approche théorique. *In* Besse M., Stahl Gretsch L.-I., Curdy P. (dir.), ConstellaSion : Hommage à Alain Gallay. *Cahiers d'archéologie romande*, 95, 417-443.

Monney J., 2011a. Bouquetins et armure : une nouvelle représentation paléolithique à la grotte du Déroc. *Ardèche Archéologie*, 28, 11-13.

Monney J. (dir.), 2011b. Projet Datation Grottes Ornées 2011 : Grotte aux Points (Aiguèze). Rapport d'activité, SRA Languedoc-Roussillon, Montpellier.

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, 3-12.

Monney J., Combier J., Kaltnecker E., Lateur N., Stocchetti S., Valladas H., 2012. Nouveaux éléments de discussion chronologiques dans le paysage des Grottes ornées de l'Ardèche : Oulen, Chabot et Tête-du-Lion. Actes du colloques MADAPCA, 16-18 novembre, Paris. DAF, Paris. À paraître.

Mulvaney K., 1996. What to do on a rainy day : Reminiscences of Mirriuwung and Gadjerong artists. *Rock Art Research*, 13, fasc.1, 3-20.

Ollier de Marichard J., 1869. Recherches sur l'ancienneté de l'homme dans les grottes et monuments mégalithiques du Vivarais. Éd. C. Coulet.

Onoratini G., 1990. Grotte des Deux Ouvertures (Saint-Martin d'Ardèche) : Fouilles de sauvetage 13-1990. Rapport d'activité, Ministère de la Culture, Direction des Antiquités de la région Rhône Alpes, Lyon.

Onoratini G., Combier J., Ayroles P., 1992. Datation ^{14}C d'une gravure pariétale de bouquetin de l'abri du Colombier à Vallon-Pont-d'Arc (07). *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, série II, 314, 405-10.

Peterson N., 1972. Totemism yesterday : sentiment and local organisation among the australian aborigines. *Man*, 7, fasc.1, 12-32.

Prud'homme F., 2008. Les grottes ornées des gorges de l'Ardèche. *In* Raimbault M., Rouchouse C., Ozil H. (dir.), *De la Dent de Rez aux Gorges de l'Ardèche : Histoire et environnement d'un territoire*. Éd. du Chassel / SGGA, 148-159.

Puaud S., 2010. L'abri du Colombier II : Etude géologique du remplissage et reconstitution du cadre paléoenvironnemental et paléoclimatique du sud de l'Ardèche au Tardiglaciaire. *Ardèche Archéologie*, 27, 13-19.

Raphaël M., 1945. Prehistoric cave paintings. (The Bollingen series ; IV). Pantheon Books.

Raphaël M., 1974. Sur la méthode d'interprétation de l'art paléolithique. *Raison présente*, 32, 35-63.

Raphaël M., 1986. Trois essais sur la signification de l'art pariétal paléolithique. Éd. Kronos.

Ravoux G., 1966. La grotte magdalénienne de La Roque. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 63, 239-250.

Schaeffner A., 1933. Peintures rupestres de Songo. *In* Mission ethnologique et linguistique Dakar-Djibouti 1931-1933. *Le Minotaure*, 1, 2, 52-55.

Spencer W. B., Gillen F. J., 1899. The Native Tribes of Central Australia. MacMillan, London.

Stands in Timber J., Liberty M., 2006. De Mémoire Indienne : vie et histoire de mon peuple. Collection Terre Indienne, Albin Michel, Paris.

Taçon P. S. C., 1988. Contemporary Aboriginal interpretations of western Arnhem Land rock paintings. *In* West M. (ed.), The inspired dream-life as art in Aboriginal Australia. Queensland Art Gallery, Brisbane, 20-5.

Taçon P. S. C., 1992. Somewhere over the rainbow : an ethnographic and archaeological analysis of recent rock paintings of western Arnhem Land, Australia. *In* McDonald J., Haskovec I. (eds.) State of the art : regional rock art studies in Australia and Melanesia. Archaeological publications. (Occasional AURA publications ; 6). Melbourne, 202-215.

Thévenot J.-P., 1967. Rapport sur les fouilles exécutées en 1967 dans la Grotte d'Ebbou à Vallon-Pont-d'Arc (Ardèche). Rapport d'activité, SRA Rhône-Alpes, Lyon.

Thévenot J.-P., 1968. La grotte 3 de Mézelet à Vallon-Pont-d'Arc (Ardèche). Rapport d'activité, SRA Rhône-Alpes, Lyon.

Tscherter E., Monteil P., 2002. La grotte de Louoï à Vallon Pont-d'Arc. *Ardèche Archéologie*, 19, 36-45.

Tscherter E., Székely M., 1994. Grottes murées et grottes aménagées. *Rencontres avec le passé*, publication des Amis de l'histoire de la région de Vallon, 2, 15-25.

Vialou D., 1987. L'art des cavernes. Éds. Le Rocher, Paris.

Wallace P., Wallace N., 1977. Killing me softly : the destruction of a heritage. Thomas Nelson Ltd.

Wilson M., David B., 2002. Introduction. *In* David B., Wilson M. (eds), Inscribed Landscapes : Marking and Making Place. University of Hawai'i Press, Honolulu, 1-9.

LES AMÉNAGEMENTS ET STRUCTURES ANTHROPIQUES DE LA GROTTE CHAUVET - PONT-D'ARC

APPORT D'UNE APPROCHE INTÉGRATIVE GÉOMORPHO-ARCHÉOLOGIQUE

THE SOCIAL CONSTRUCTION OF CAVES IN CHAUVET - PONT-D'ARC CAVE
PROVIDING AN INTEGRATIVE APPROACH IN GEOMORPHOLOGY AND ARCHAEOLOGY

Jean-Jacques DELANNOY [1], Jean-Michel GENESTE [1], Stéphane JAILLET [1],
Élisa BOCHE [1, 2], Benjamin SADIER [1]

[1] *Laboratoire EDYTEM, Université de Savoie/CNRS, Pôle Montagne, Campus scientifique, 73376 Le Bourget-du-Lac cedex.*

[2] *Centre National de Préhistoire, Sous direction de l'Archéologie, Ministère de la Culture et de la Communication, 24000 Périgueux.*

Contact : jean-jacques.delannoy@univ.savoie.fr

RÉSUMÉ

Les recherches menées au sein de la grotte Chauvet ont souligné le caractère exceptionnel de cette cavité tant d'un point de vue préhistorique, paléontologique que géomorphologique. D'essence disciplinaire, celles-ci ont apporté des informations de premier ordre sur les panneaux ornés, les occupations humaines et animales, l'évolution de la cavité et leur cadre chronologique. Néanmoins, différents éléments du paysage souterrain (amas, alignement de blocs, objets déplacés, os plantés), bien qu'ils aient retenu très tôt l'attention des chercheurs, avaient peu fait l'objet de recherche spécifique jusqu'à ces dernières années. Le croisement des regards géomorphologiques et archéologiques a permis de mettre en avant le caractère culturel de ces éléments du paysage ainsi que différents types d'aménagement de la cavité (bassins, marches).

Les résultats des travaux menés sur trois structures anthropiques de la grotte Chauvet (Cactus, Panneaux Rouges, bassins du Cierge) sont présentés ici. L'accent est mis sur les développements méthodologiques qui ont été nécessaires pour discriminer, sur des critères objectifs, le caractère naturel ou anthropique des structures étudiées. L'approche géomorphologique couplée aux relevés cartographiques et relevés 3D a aidé à déterminer les processus morphogéniques ou anthropiques nécessaires à leur construction. L'approche archéologique permet, quant à elle, de contextualiser ces structures en regard des objets pariétaux, préhistoriques et paléontologiques présents dans la cavité.

Ces premiers résultats soulignent que la grotte Chauvet possède, en dehors des œuvres pariétales, de nombreux témoignages anthropiques inscrits dans le paysage souterrain de la cavité. Ces témoignages offrent un nouveau regard sur l'appropriation de la grotte par les Hommes de la préhistoire.

L'étude des aménagements et de structures anthropiques de la grotte Chauvet permet de poser une nouvelle dimension à l'approche géomorphologique telle qu'elle est appliquée dans cette cavité : celle de vecteur de connaissance sur des actes intentionnels, pensés et construits des Hommes de la Préhistoire. La géomorphologie porte ici une dimension sociale et culturelle.

MOTS-CLÉS *: GROTTES ORNÉES, AMÉNAGEMENTS, ARCHÉOLOGIE, GÉOMORPHOLOGIE SOCIALE, GROTTE CHAUVET - PONT-D'ARC, ARDÈCHE.*

Abstract

Research conducted in the Chauvet cave show the exceptional nature of this cavity in prehistory, palaeontology and geomorphology. These sciences have provided information on panels decorated, human and animal occupation, the evolution of the cavity and chronological framework. However, different elements of the landscape underground (accumulation, blocks aligned, moving objects, bones planted), even they have retained the attention of early researchers had been little specific research until recent years. Geomorphological and archaeological studies helped to highlight the cultural character of the landscape elements and different types of development of the cavity (bath, steps).

The results of the work on three man-made structures in the Chauvet cave (Cactus, Panneaux Rouges, bassins du Cierge) are presented here. The emphasis is on methodological developments that were required to discriminate, on objective criteria, the natural or anthropogenic structures studied. The approach coupled with geomorphological mapping surveys and 3D surveys helped us to determine the morphogenic processes or anthropogenic necessary for their construction. The archaeological approach can contextualize these structures in relation to the parietal objects, prehistoric and paleontological present in the cavity.

These preliminary results underline that the Chauvet Cave has, apart from works parietal anthropogenic, many testimonies in the landscape of the underground cavity. These stories offer a new perspective on the appropriation of the cave by the Men of prehistory.

The study of the structures and facilities of the Chauvet cave propose a new dimension to the geomorphological approach as it is applied in the cavity: the vector of knowledge on intentional acts, designed and built by the Men of Prehistory. Geomorphology gives now a social and cultural dimension.

Keywords *: cave paintings, social construction, archaeology, geomorphology social, Chauvet - Pont-d'Arc, Ardèche.*

« Lorsque nous affirmons que le monde se compose d'entités naturelles, d'humains et d'objets artificiels, nous énonçons les principes d'une cosmologie particulière : la nôtre. D'autres peuples n'établissent pas ces distinctions et voient le monde selon d'autres cosmologies ».
Philippe Descola, 2010.

Introduction

Les recherches menées au sein de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc ont souligné le caractère exceptionnel de cette cavité tant d'un point de vue préhistorique, paléontologique que géomorphologique (Clottes et Geneste, 2007 ; Geneste, 2012). Ces recherches ont apporté des informations de premier ordre sur (i) les panneaux ornés, leur âge, les techniques mises en œuvre, (ii) les différentes périodes de fréquentation de la grotte, (iii) les espèces animales qui l'ont parcourue, (iv) l'évolution de la cavité et de son environnement physique ainsi que sur (v) les conditions environnementales et climatiques contemporaines des « occupations » préhistoriques (Genty et *al.*, 2004, 2012 ; Bon et *al.*, 2008, 2011 ; Delannoy et *al.*, 2010 ; Sadier et *al.*, 2012). La richesse des données obtenues permet de proposer une vision chaque fois plus intégrée de l'histoire de la grotte ainsi que des hommes et des animaux qui l'ont fréquentée. Cela nécessite, néanmoins, de disposer de référentiels communs qui permettent de confronter et de croiser les différentes lectures disciplinaires. Deux référentiels sont fréquemment mobilisés : le temps et l'espace. La datation de représentations pariétales, de foyers, de mouchages de torche, d'ossements animaux, d'objets géomorphologiques (Valladas et *al.*, 2003, 2004) a permis de proposer un canevas chronologique cohérent des fréquentations connues de la grotte préhistorique ainsi que de sa fermeture (Delannoy et *al.*, 2010 ; Sadier et *al.*, 2012). Ce premier référentiel a permis d'intégrer au sein d'un même canevas les données acquises par les différents champs disciplinaires ; il favorise de fait une dynamique fédératrice. Par ailleurs, la confrontation des différentes « temporalités disciplinaires » a été un réel vecteur d'échanges et également de construction de nouveaux regards sur la cavité. Cela suppose, néanmoins, que la définition de l'échelle temps permette de croiser à bon escient les résultats des différents travaux. Le temps de création d'une représentation pariétale n'est pas celui des processus d'altération d'une paroi anté- et post- interventions humaines ; et cependant, ces deux échelles doivent être prises en compte pour aborder aussi bien la facture des panneaux ornés que leur état de conservation. Un des moyens de prendre en compte les différentes temporalités d'une cavité comme la grotte Chauvet - Pont-d'Arc qui fait appel tant au temps des processus naturels (morphogéniques, altération…) qu'à celui des Hommes et de leurs fréquentations est

de mobiliser un autre référentiel commun : l'espace, le lieu, la paroi sur lesquels se sont inscrits les processus naturels et les actions des hommes et des animaux quelle que soit leur temporalité. La prise en compte de l'espace dans lequel se situe tel ou tel objet d'étude n'est pas aussi simple qu'il y paraît. Celui-ci a d'ailleurs été moins mobilisé en tant que support de discussion et de mise en perspective des données acquises par les différents champs de recherche. Cette moindre mobilisation n'est pas synonyme de désintérêt car la plupart des disciplines impliquées dans l'étude de la grotte Chauvet intègrent la dimension spatiale. Cette dimension est même essentielle dans les réflexions sur le choix des parois ornées par les Hommes de la Préhistoire et sur la répartition spatiale des structures anthropiques. La moindre mobilisation du « référentiel spatial » résulte plus ici de la difficulté de définir le niveau pertinent d'échelle qui permette de croiser sur un même support les informations issues de différentes disciplines, avec la granularité suffisante pour que chacune y trouve son compte [1].

Cette difficulté de résolution d'échelle temporelle et/ou spatiale pour développer de nouveaux savoirs construits sur l'interdisciplinarité peut être contournée *via* la définition de problématiques communes. Celle-ci ne passe assurément pas par la juxtaposition des connaissances acquises par chacun des champs disciplinaires qui sont légitimement mus par leurs propres problématiques mais passe par une (re)mobilisation des savoirs respectifs autour de questions communes. Ces dernières devenant le dénominateur fédérateur entre les différentes disciplines souhaitant travailler ensemble, il est plus aisé de s'affranchir des problèmes d'échelle tant temporelle que spatiale. Cet article a pour objet une de ces questions communes de recherche : les « structures anthropiques ». A la fois révélées par les observations archéologiques et par la cartographie géomorphologique des sols, ces structures sont de différentes natures (amas de blocs, cheminement, bassins, déplacement de crânes d'ours, etc.). Cette entrée permet ainsi de (i) mobiliser différents champs disciplinaires, (ii) développer des approches méthodologiques multiscalaires intégrant au mieux le temps et l'espace des différents aménagements et (iii) construire de nouvelles connaissances sur les actions de l'Homme dans la grotte Chauvet - Pont-d'Arc.

Après avoir exposé le principe de cartographie géomorphologique en tant que support commun de travail et les méthodes développées pour étudier les différentes « structures anthropiques » actuellement connues, trois d'entre elles sont ici analysées. Leur analyse souligne leur statut culturel. Il est intéressant de relever que leur dimension culturelle repose, en partie, sur l'analyse géomorphologique.

I - La cartographie géomorphologique en tant que support fédérateur de recherche

Dès les premières années de l'étude scientifique de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc, une cartographie des sols au 1/50ème a été réalisée afin de pouvoir croiser sur un même support les objets géomorphologiques, préhistoriques et paléontologiques, à la fois, dans l'espace et dans le temps (superposition, emboîtement de ces différents objets) (Delannoy et *al.*, 2001, 2004). Cette carte à haute résolution spatiale a été par la suite intégrée dans un Système d'Information Géographique, progressivement alimenté par les nouveaux résultats scientifiques (Boche et *al.,* 2011). Un des objectifs de ce SIG, en dehors de sa fonction de base de données, est de faire ressortir des interactions non perçues sur le terrain entre les différentes catégories d'objets, leur disposition, leur état de conservation et l'évolution de la cavité syn- et post-fréquentations humaines et animales. Cette démarche a été menée ici sur les « structures anthropiques ». Elle est en cours sur les ossements au sol, leur distribution spatiale, leur datation, leur remobilisation potentielle et leur état de conservation. Elle reste à développer sur d'autres domaines de convergence scientifique (reconstitution de la morphologie de la cavité lors des fréquentations humaines et animales ; distribution de la lumière dans la première partie de la cavité avant la fermeture du porche préhistorique ; répartition spatiale des panneaux ornés en lien avec les autres objets archéologiques).

La cartographie des sols avait pour base le relevé géomorphologique des différentes formations présentes au sol (dépôts clastiques, argileux, concrétions etc.). Couplée à des coupes sériées des réseaux souterrains, l'étude géomorphologique a permis de reconstituer les différentes étapes de la genèse et de l'évolution de la grotte et de les rattacher aux événements géologiques qui ont marqué le Bas-Vivarais (Delannoy et *al.,* 2004, 2007). La démarche géomorphologique qui repose sur l'analyse de l'emboîtement des morphologies lisibles dans le paysage en associant à chaque type de forme un processus morphogénique, a été appliquée dans la grotte Chauvet - Pont-d'Arc dans le but de mieux appréhender la physionomie de la cavité lors des occupation humaines et les changements morphologiques ultérieurs (concrétionnement, remobilisation d'objets paléontologiques, réajustement mécanique…).

La cartographie systématique des différents objets au sol et leur insertion, dès le relevé, dans une chronologie relative et une dynamique morphogénique, a également souligné la présence de « structures » parti-

[1] *On retrouve ici les mêmes écueils que ceux soulevés précédemment pour définir les échelles temporelles permettant de recouper les données issues de différents champs disciplinaires.*

culières (ossements relevés, amas de blocs, alignement de blocs…) dont la plus emblématique est, sans nul doute, le crâne d'ours posé sur un bloc de dimension métrique (Salle du crâne ; Figure 1) (Clottes, 2001 ; Geneste, 2001 ; Clottes et Geneste, 2007). L'étude de ces structures a mobilisé les archéologues et géomorphologues afin de définir leur statut : résultent-elles de processus naturels (remobilisation naturelle d'objets archéologiques et paléontologiques) ou d'actions humaines intentionnelles ? Cette question a été à l'origine d'une nouvelle dimension du travail géomorphologique menée au sein de la cavité : définir l'origine de ces structures et leur statut (naturel ou culturel) sur une base objective. L'approche mise en place vise (i) à distinguer les objets issus des seuls processus naturels (morphogéniques) de ceux liés à l'action des hommes, (ii) à révéler l'inscription d'actions volontaires, pensées, construites dans la morphologie d'un lieu donné, et (iii) à inscrire ces différents objets dans le temps (chronologie relative) et dans l'espace (emboîtement des formes).

Le support utilisé pour construire ce raisonnement est la cartographie géomorphologique à haute résolution spatiale afin de prendre en compte les modifications apportées par l'homme, quelque-soit leur emprise spatiale. En complément à la cartographie des sols, des coupes transversales ont été levées dans les secteurs présentant des « structures » afin de travailler sur les relations paroi/sol et/ou plafond/sol. Des modèles 3D ont également été mobilisés (i) pour traiter d'emboîtements d'objets difficilement visibles depuis les points d'observation dans la cavité (passerelles), (ii) pour quantifier les éléments mobilisés au sein des structures et (iii) pour définir leurs lieux d'origine. Ce croisement des informations plafond/paroi/sol *via* ces trois supports de travail (carte, coupes, 3D ; Figure 2 - étape 1) a permis (i) de situer les différents objets étudiés (physiques et culturels) dans leur environnement, (ii) de travailler sur leur emboîtement spatial, (iii) de définir les processus responsables de leur disposition spatiale et (iv) *in fine* de définir leur statut (naturel / culturel) et leur position dans une chronologie de faits (Delannoy *et al.*, 2004 et soumis).

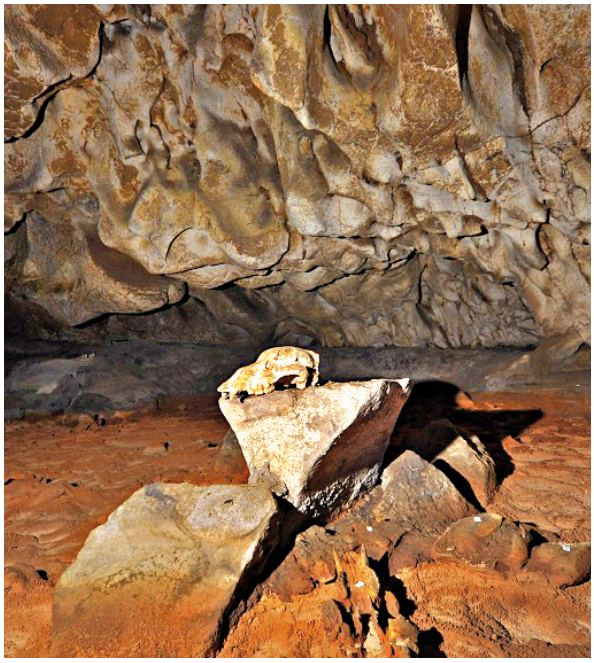


Figure 1 - Le crâne d'ours posé sur un bloc est la structure anthropique la plus emblématique de la grotte Chauvet. Photo J.-M. Geneste.

II - Les structures anthropiques de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc

Les observations archéologiques, paléontologiques et géomorphologiques ont mis en avant dans la grotte Chauvet - Pont-d'Arc une dizaine de « structures » de nature différente (Figure 3). Elles se présentent sous forme d'amas de roches, d'alignement de blocs, de concentration d'ossements (et/ou de crânes d'ours), d'os plantés, d'éléments lithiques disposés dans des niches ou alvéoles de la roche, etc. La nature anthropique de certaines de ces « structures » ne fait pas discussion (exemples du crâne d'ours de la salle du Crâne, des amas de blocs des Panneaux Rouges et du Cheval Gravé, de la marche d'accès à la salle Hillaire). Dans d'autres cas, il est plus délicat de faire d'emblée la part entre les phénomènes naturels et les actions anthropiques (exemples de la structure du Cactus ; os plantés de la salle des Bauges ; concentration de crânes de la salle Hillaire ; disposition au sol des crânes dans la salle du Crâne…). Trois structures sont ici présentées avec les deux objectifs suivants : (i) mettre en avant des actions construites, volontaires, pensées des Hommes de la Préhistoire dans l'aménagement, la structuration, l'appropriation de la grotte ; (ii) présenter les approches méthodologiques et raisonnements mis en place pour aborder ces structures dans une démarche résolument interdisciplinaire.

1 - La structure du Cactus

La structure du Cactus a été vite identifiée : c'est d'ailleurs une des rares à disposer d'un toponyme ayant donné son nom à la galerie où elle se situe (galerie du Cactus). Dès les premières années de recherche dans la grotte, son statut a été discuté : certains y voyaient un dispositif construit autour de la stalagmite dite du Cactus (Figure 4) ; d'autres l'attribuant entièrement

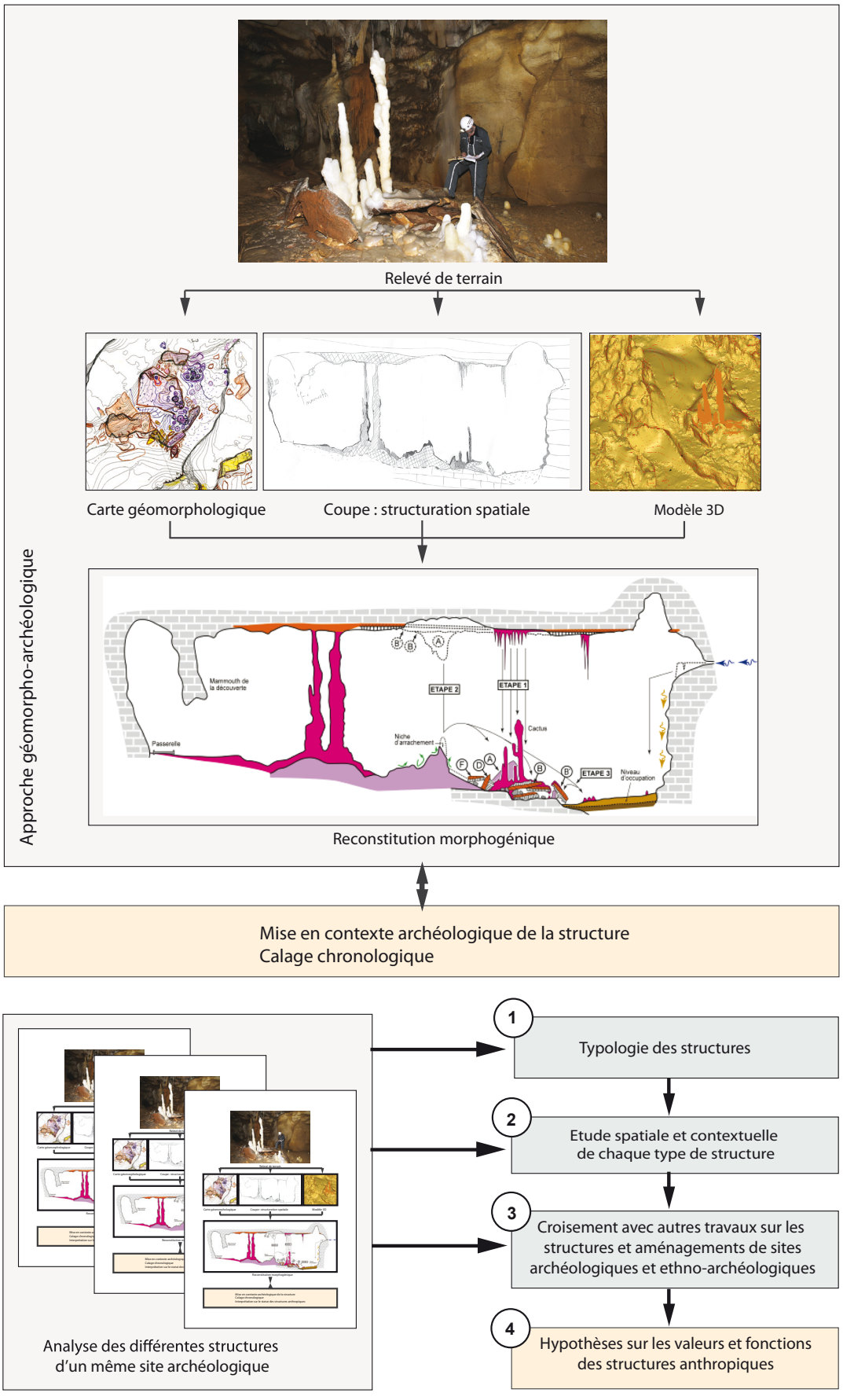


Figure 2 - Présentation schématique de l'approche géomorpho-archéologique développée pour étudier les structures anthropiques de la grotte Chauvet. Seule l'étape 1 est présentée ici sur la base de 3 exemples.

Figure 3 - Grotte Chauvet-Pont-d'Arc. Carte de localisation des structures anthropiques actuellement identifiées. Les foyers et les dépôts d'artéfacts isolés (silex, os) ne sont pas représentés.

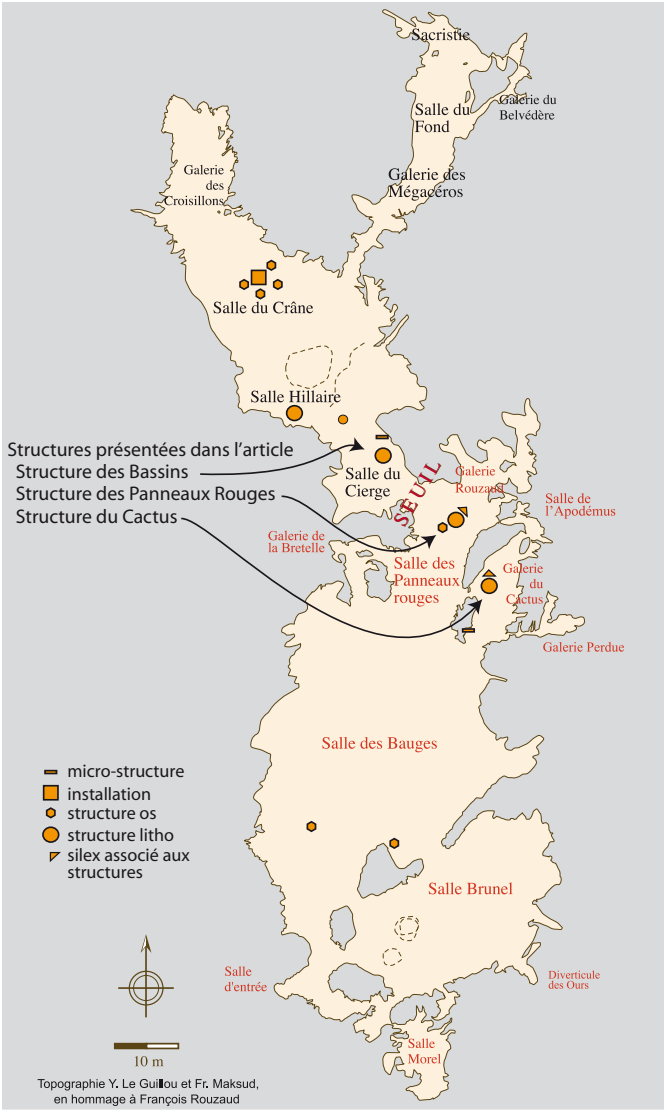


Figure 4, ci-dessous - La structure de la galerie du Cactus. Vue générale de la structure de blocs qui est au centre de la galerie du Cactus. Les blocs identifiés sur cette photo font référence aux figures 5 et 6. Photo J.-M. Geneste.



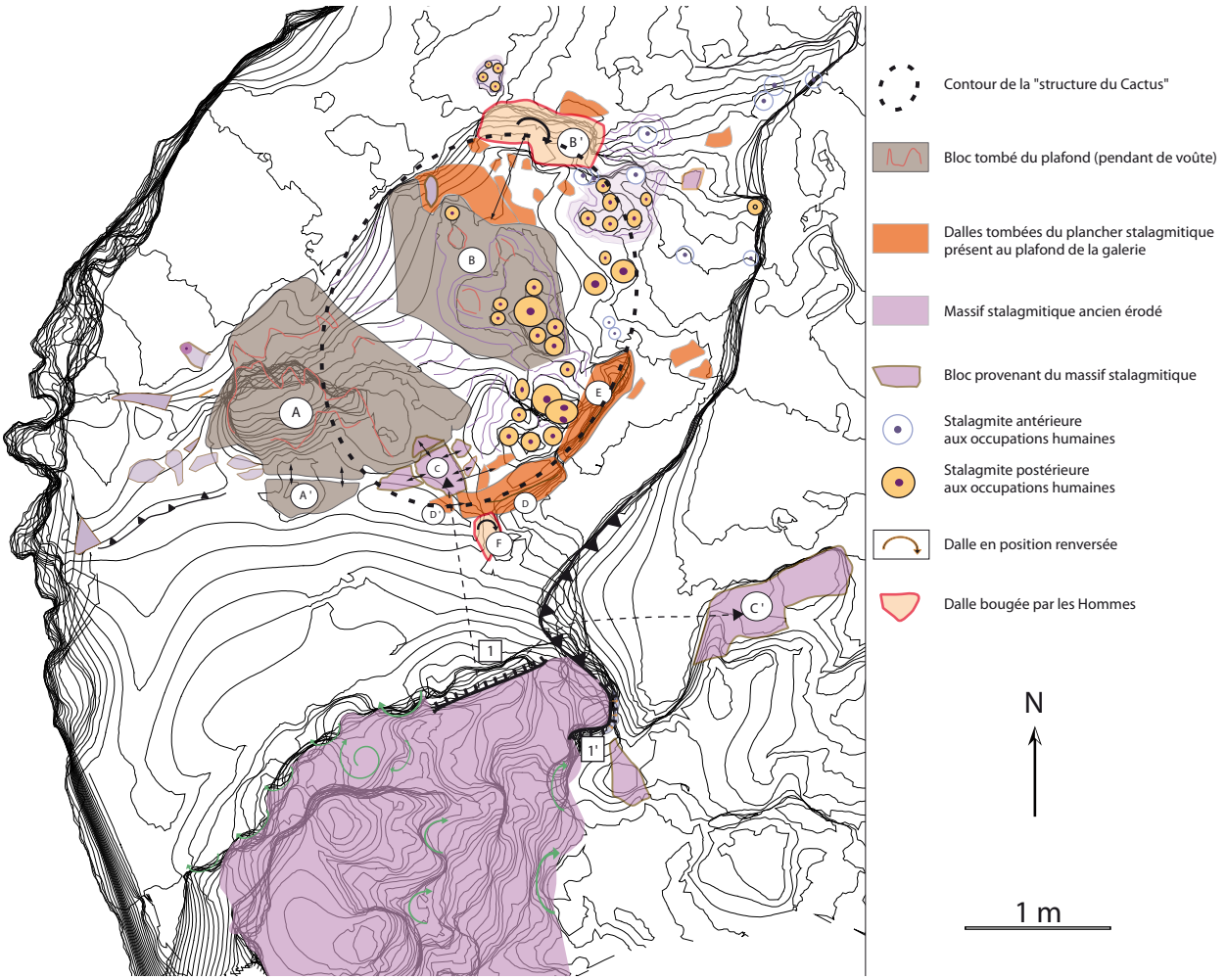


Figure 5 - Carte géomorphologique détaillé de la « structure du Cactus ». Les références (A,B,C...) des blocs de la structure se réfèrent aux figures 4 et 6.

à des blocs effondrés. Une étude morphogénique à haute résolution spatiale a dès lors été menée dans le but de définir l'origine et les raisons de la présence de chacun des éléments composant cet amas de blocs.

Cette structure se caractérise par une dizaine de dalles disposées en rond autour d'un groupe de stalagmites (Figure 4). En dehors de leur distribution concentrique, plusieurs de ces dalles sont en position relevée. L'analyse détaillée de leur géométrie et de leur emboîtement spatial a permis de reconstituer la genèse de cette structure et la chronologie suivante (Figures 5 et 6) :

1 – l'étude pétrographique des dalles souligne qu'elles sont, pour l'essentiel, issues d'un ancien plancher stalagmitique dont on peut encore observer des témoins au plafond de la galerie. Cet ancien plancher, plus ou moins solidaire du plafond est soumis aux processus gravitaires expliquant ainsi la présence de ces éléments au sol (cf. éléments D et E sur la carte figure 5) ;

2 – suite à cet épisode, un autre événement gravitaire entraine la chute d'un pendant de voûte (éléments A et B) qui, en tombant, percute un puissant édifice stalagmitique (point 1 sur la carte Figure 5). Sous l'effet de l'impact, cet édifice explose en plusieurs éléments métriques (éléments C et C'). De même, le pendant de voûte éclate en plusieurs blocs (A et A' ; B et B'). Ces blocs, en arrivant sur les dalles stalagmitiques présentes au sol (D et E), les fragmentent (D-D') tout en contribuant à leur relèvement.

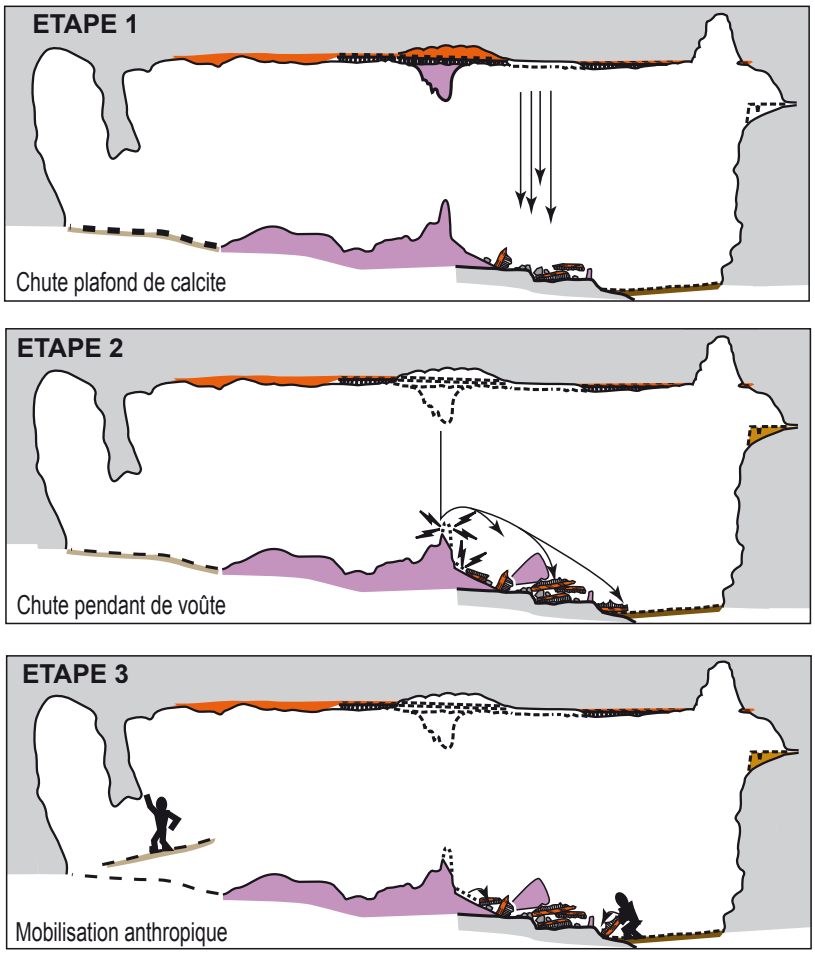
Le temps entre ces deux événements gravitaires est difficilement estimable (quelques secondes à plusieurs millénaires). Par contre, on sait que ce dispositif tel qu'il est décrit, préexistait lors de la « seconde » période de fréquentation humaine rapportée au Gravettien[1]. En effet, un outil lithique[2] (silex) a été trouvé dans une des alvéoles du bloc A où il a été intentionnellement déposé, ce qui signifie que le dispositif morphologique était alors acquis. On relève également la présence sur ce bloc de charbons de bois,

[1] *Gravettien : aux environ de - 29 000 à - 22 000 ans BP.*

[2] *Cet objet est un outil typique des cultures techniques du milieu du Paléolithique supérieur. Par sa facture, il est vraisemblablement contemporain de la seconde phase d'occupation de la cavité rapportée au Gravettien.*

de légers mouchages de torche et de plaquettes calcaires déposées dans d'autres alvéoles.

3 – à ce stade de l'analyse, on pourrait conclure à un agencement naturel de cette structure rocheuse. Néanmoins l'analyse détaillée des positions des blocs B' et F met en évidence des remaniements anthropiques. Le bloc B' a été intentionnellement bougé, relevé et calé contre une concrétion dans le but de prolonger le dispositif semi-concentrique des blocs engendré par les phénomènes gravitaires ; il en est de même pour le bloc F qui a été déplacé, posé sur la dalle D et calé par un petit bloc pour le maintenir en position « relevée ». Ces interventions anthropiques, aussi mimines soient-elles, suffisent à conférer une dimension culturelle à l'ensemble de la « structure du Cactus ».



La place du concrétionnement au cœur de cette structure interroge : celui-ci est aujourd'hui un élément majeur du paysage souterrain de la galerie et de la structure. Ce concrétionnement était-il déjà présent lors de l'aménagement anthropique de la structure ou est-il ultérieur à la mise en place de la structure ? Le fait que le bloc B" soit calé contre une concrétion d'une dizaine de centimètres de hauteur suggère que celle-ci, bien que modeste, était déjà présente et préexistait lors des fréquentations préhistoriques. Néanmoins, l'essentiel des dépôts carbonatés, dont la stalagmite du Cactus, est rapporté à l'Holocène (Delannoy et *al*., 2004) et est, de fait, postérieur aux aménagements anthropiques. Cette précision semble d'autant plus importante que l'actuel paysage souterrain pour-

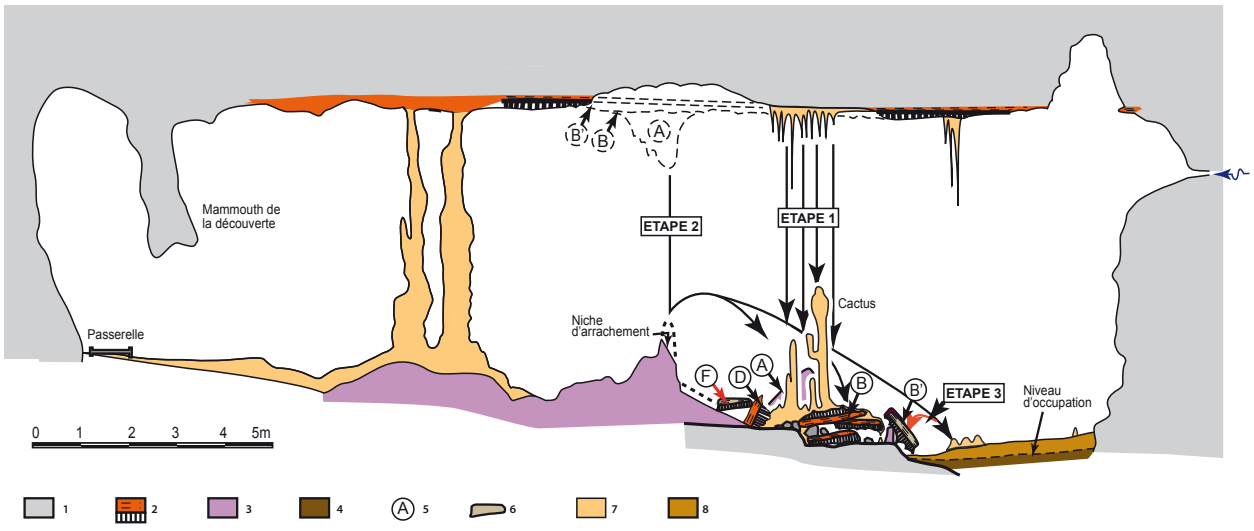


Figure 6 - Reconstitution schématique de la « structure du Cactus ». Les références (A,B,C...) des blocs de la structure se réfèrent aux figures 4 et 5. 1- Calcaire ; 2- Plancher stalagmitique ancien ; 3- Stalagmite ancienne 4- Sol d'occupation ; 5- Blocs de la structure ; 6- Bloc déplacé par l'Homme ; 7- Stalagmite holocène (post-occupation humaine) ; 8- Sol remanié meuble.

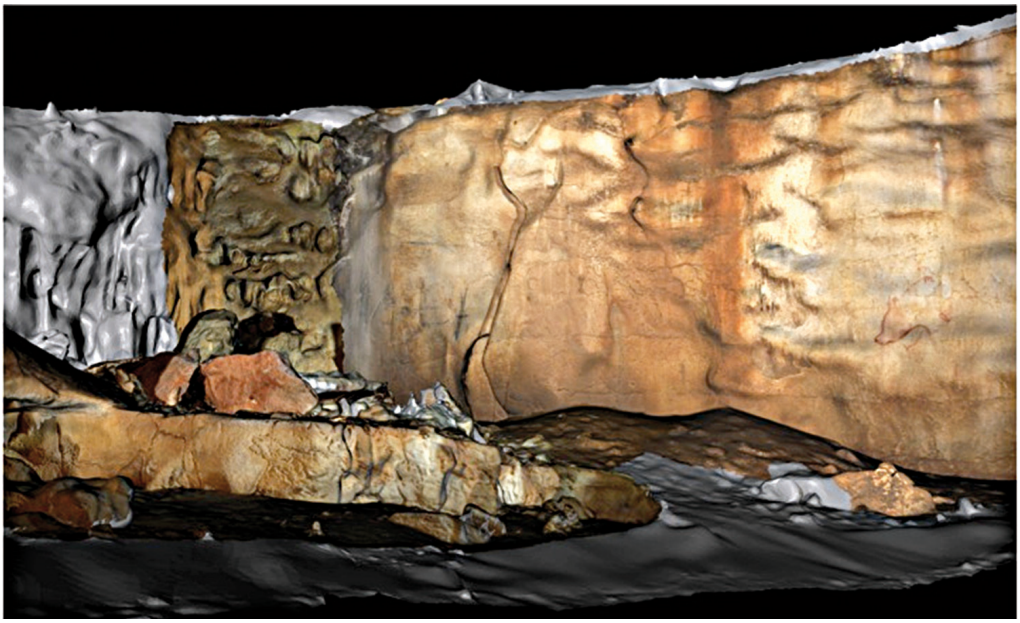


Figure 7 - Essai de reconstitution du paysage souterrain de la galerie du Cactus contemporain des fréquentations humaines. Montage et réalisation B. Sadier.

rait laisser penser que cette structure a été organisée autour des stalagmites dont celle du Cactus. En ce qui concerne la galerie du Cactus, il est important de relever que le paysage que nous observons aujourd'hui n'est pas celui que percevaient les Hommes de la Préhistoire. Le couplage géomorphologie - 3D permet ici de proposer une reconstitution de ce que devait être cette galerie lors des périodes de fréquentations préhistoriques (Figure 7). Cette différence de « paysage » souterrain est prise en compte par les pariétalistes dans l'analyse de la distribution des panneaux ornés dans cette galerie particulière en cul de sac.

L'analyse de la structure du Cactus a permis de mettre en évidence une intervention humaine (déplacement de deux dalles) même si l'essentiel du dispositif est d'origine naturelle. Cet aménagement, aussi minimal soit-il, confère à la structure lithique du Cactus un statut culturel dont il reste à définir le sens. Il convient de s'interroger sur les raisons de cette structure dans cette galerie latérale, sans issue, qui possède une décoration autonome. On relève de plus dans cette galerie d'autres faits anthropiques : plaquettes calcaires disposées dans de petites alcôves, empreintes digitales dans un remplissage argileux, etc. Faut-il associer la structure aux toutes proches peintures pariétales ou à la présence d'un étroit conduit supérieur qui permet de rejoindre la « galerie des Panneaux Rouges » où se situe une autre structure lithique ?

Le fait d'avoir pu trancher sur le statut de la structure du Cactus, *via* l'approche géomorphologique, mobilise de nouvelles problématiques et interrogations d'ordre anthropologique. Celles-ci se sont traduites, entre autres, (i) par le développement d'une cartographie géomorpho-archéologique dans le but de mieux appréhender la spatialisation des actes anthropiques au sein de cette cavité (travail en cours) et (ii) par la mobilisation d'autres méthodes de traitement des informations spatiales (3D couplée à la géomorphologie ; approche quantitative et spatiale de la répartition des objets déplacés et/ou aménagés). Ces méthodes ont été appliquées à l'étude des structures des Panneaux Rouges et du bassin (galerie du Cierge).

2 - La structure des Panneaux Rouges

La structure des Panneaux Rouges se situe dans la salle du même nom (Figure 3), à quelques mètres de la bifurcation, entre le passage du Seuil et la galerie Rouzaud. Cette structure se caractérise par un amas de blocs pluridécimétriques autour desquels a été relevée une concentration de silex taillés (Figures 8 et 9). A la différence de la structure du Cactus, les blocs qui la composent ne proviennent pas du plafond exempt de toutes traces d'effondrement et de réajustement mécanique. Aussi, bien que de dimension modeste, elle a été rapidement identifiée comme une structure résultant d'actions intentionnées de déplacement de blocs et de leur organisation en amas (Le Guillou, 2005 ; Geneste, 2005). En dehors des interrogations sur la signification, le rôle et l'objectif premier de cette structure, se posent d'autres questions d'ordre structurel, organisationnel et factuel. Est-ce que la structure telle que nous la voyons aujourd'hui présente la même physionomie, la même organisation que lors de sa construction initiale ? Sinon, peut-on reconstruire au mieux sa structure originelle à partir des témoins actuellement visibles ? D'où proviennent les blocs ? Leurs déplacements ont-ils mobilisé l'énergie d'une ou de plusieurs personnes ? Afin de répondre à ces questions, un relevé géomorpho-archéologique a été réalisé. Celui-ci a été couplé à un modèle 3D afin de faciliter l'observation et le traitement des informations morphogéniques ; en effet, la présence au sol



Figure 8 - La structure des Panneaux Rouges. Au premier plan, on relève au sol un amas de 12 blocs rapportés dont un de l'ordre de 60 kg. Cette structure se situe dans une double situation spatiale - au croisement de trois galeries et au centre d'un dispositif orné (Panneaux Rouges). Photo J.-M. Geneste.



Figure 9 - Vue rapprochée de la structure de blocs des Panneaux Rouges et des sols. Photographie réalisée depuis une passerelle tertiaire. Photo S. Jaillet.

de nombreux témoins archéologiques ne permet pas d'approcher de près la structure. Le relevé direct n'a pu se réaliser qu'à partir de deux points d'observation distants tous deux de 2 m. de la structure[3]. Le modèle 3D acquis par lasercanning a été un vecteur de travail important pour travailler sur la disposition actuelle des blocs, leur dimension, leur poids et pour appréhender l'organisation de la structure.

Un inventaire exhaustif des différents blocs constituant la structure a été réalisé depuis les 2 points d'observation (Figure 10). L'éloignement n'a pas toujours permis une identification aisée des éléments situés dans la partie centrale de la structure et sous les blocs qui la chapeautent. Des photographies prises à bout de perche ont facilité l'analyse interne de la structure. Chacun des blocs a été numéroté. Pour chacun d'entre eux, ont été notés le nom, la dimension, la nature lithologique et le support sur lequel il repose. Quinze dalles et blocs ont ainsi pu être identifiés et reportés sur la carte des sols (Figure 10) et dans le Tableau 1. La nature lithologique de la plupart des blocs a été relevée, sauf pour ceux trop éloignés ou peu visibles.

Dépassant le stade de l'inventaire, les technologies 3D ont permis de procéder à une analyse plus fine de l'organisation de la structure, notamment *via* des vues cavalières impossibles en « réalité terrain » (Figure 11). Pour constituer le modèle 3D, plusieurs nuages bruts provenant de différentes positions de balayage laser ont été assemblés[4].

Après assemblage, seule la structure et son pourtour immédiat ont été conservés (dans un périmètre de deux mètres environ). À partir du clone numérique, il a été possible :

– d'extraire du nuage de points bruts les points appartenant à chacun des blocs. Ce travail a été réalisé manuellement avec un contrôle naturaliste point à point ;

– de mailler unitairement chacun des blocs dans l'espace 3D, c'est-à-dire de transformer ce nuage de points en une peau numérique à maille irrégulière, mais continue. C'est la création des modèles RTI (Réseau de Triangles Irréguliers) ;

– d'évaluer le volume, puis le poids de chaque bloc en appliquant une densité de 2,6 à 2,7 (celle du calcaire) ;

[3] *Les règles de déplacement dans la cavité imposent un travail d'observation depuis les passerelles principales du cheminement actuel ou depuis des passerelles temporaires (dites tertiaires) mise en place ponctuellement et provisoirement.*

[4] *Tous ces nuages de points ont été acquis par le cabinet Perazio (lidar terrestre Leica HDS 6000) pour le modèle 3D de l'ensemble de la cavité (Espace de restitution).*

N°	Nom	Dimensions (cm)	Masse	Nature	Repose sur	Observations
1	Dalle occidentale	36 x 21 x 4	7 kg	Calcite	sol	Mobile et esseulée
2	Vieille stalagmite	28 x 28 x 26	21 kg	Calcite génération III	sol	Mobile et esseulée
3	Bloc pointu	48 x 20 x 18	23 kg	Plancher stalagmitique	sol	Aspect « biscornu »
4	Petit bloc	21 x 15 x 7	3 kg	concrétion	sol	Mobile mais proche structure
5	Bloc gréseux	27 x 22 x 6	8 kg	Concrétion ?	6	Aspect gréseux
6	Dalle litée	37 x 16 x 3	3 kg	Dalle litée blanche	4	Petite dalle recouverte
7	Pointe centrale	48 x 43 x 9	34 kg	Dalle calcite à face rouge	sol	Apparence dalle calcaire
8	Grande dalle orientale	77 x 35 x 12	65 kg	Dalle calcite blanche	7	En partie renversée
9	Morceau de pointe centrale	44 x 26 x 6	12 kg	Dalle calcite à face rouge	7 et 8	Morceau de 7
10	Dalle méridionale	25 x 20 x 6	7 kg	Dalle à encroûte-ment rougeâtre	sol	Mobile et esseulée
11	Plancher stalagmitique	32 x 23 x 2	4 kg	Idem 8	sol	Idem 8 position renversée
12	Plancher stalagmitique seul	37 x 31 x 4	11 kg	Dalle plancher	sol (et scellée par le sol)	Éloignée au nord
13	Petite cale	10 x 5 x 5	1 kg (ajusté)	Bloc calcite	14	Cale du bloc 8
14	Grande cale cachée	30 x 10 x 10	8 kg (ajusté)	Bloc calcite	sol	Cale cachée sous 8 et 9
15	Dalle septentrionale	-	-	Dalle calcaire	sol	Éloignée struct. : hors carto

Tableau 1, ci-dessus - Inventaire préliminaire et provisoire des blocs de la structure des Panneaux Rouges.
La numérotation renvoie à la cartographie (Figure 10) et au diagramme chronologique (Figure 13).

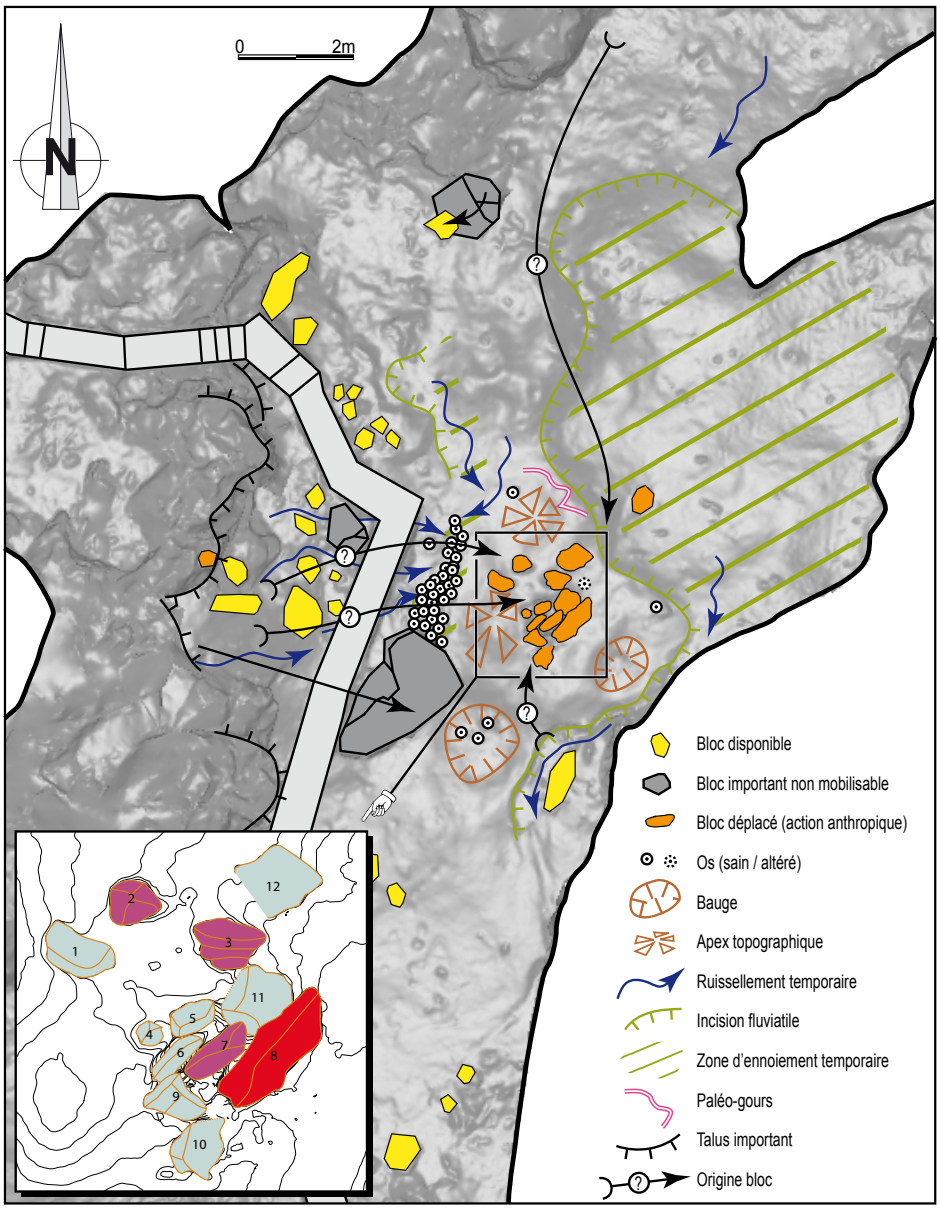


Figure 10 - Carte géomorphologique simplifiée des éléments environnant la structure des Panneaux Rouges et détail des 15 blocs (ici 12 visibles dans le carton détaillé) constitutifs de la structure Panneaux Rouges. Noter la position de chacun d'eux en fonction de leur classe d'appartenance.

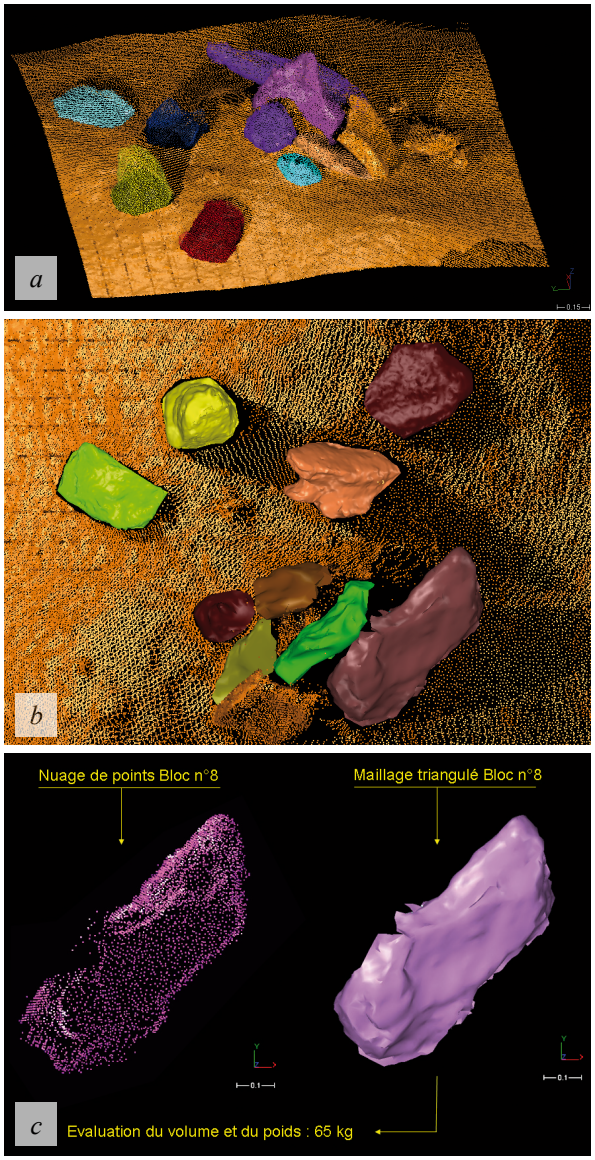


Figure 11 - Différentes étapes de réalisation du modèle 3D, depuis les nuages de points bruts assemblés jusqu'au traitement unitaire de chaque bloc :
a - vue cavalière du nuage de points où chaque bloc a été extrait ;
b - vue de dessus, chaque bloc a été unitairement maillé ;
c - extraction du bloc n°8, le maillage clos permet d'évaluer son volume et sa masse, le tout sans contact.

Légende	Intitulé	Anthropique	Processus naturel	Paléontologie
	Aggradation sédimentaire	☐	■	☐
	Edification de la structure		■	
	Démantèlement de la structure	☐	☐	☐
	Vidange du placage rouge dalle n°7		■	
	Creusement Bauges et projection boulettes			■
	Ornementation noire (rhino)	■		
	Ornementation rouge (points...)	■		
	Silex au sol	■	☐	
	Charbon au sol	■	☐	
	Traces charboneuses sur bloc n°8	■		
	Ruissellement joint de stratification (2 joints)		■	
	Netoyage / dégagement de fragments osseux		■	
	Apports sédimentaires latéraux		■	
	Accumulation osseuse		■	■
	Coloration violacée sur crâne altéré		■	
	Coloration violacée des argiles périphériques		■	
	Incision chenal central		■	
	Incision chenal latéral		■	
	Progradation calcite récente		■	
	Pietinements / écrasement os	☐		☐
	Piste animale			■
	Gravures sur banquette calcaire	■		

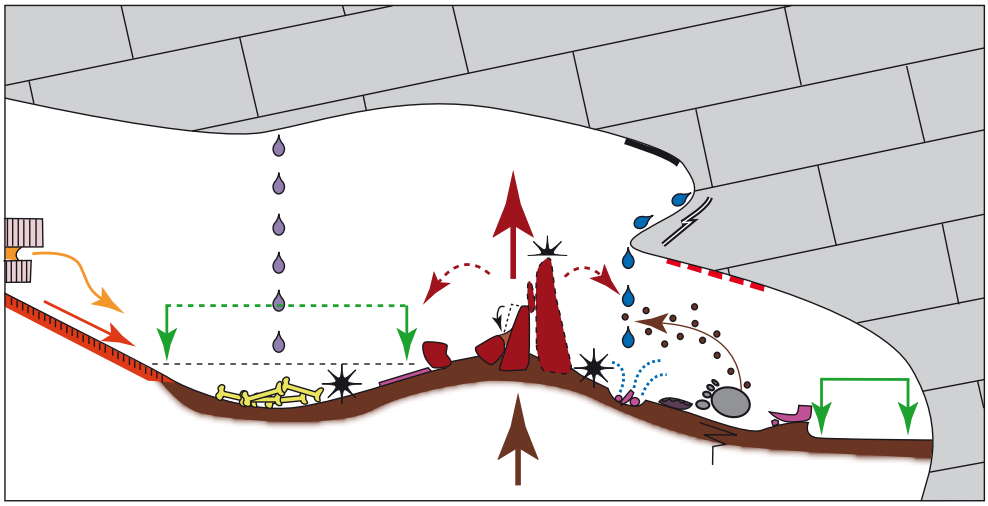


Figure 12 - Ensemble des événements naturels, paléontologiques et anthropiques du secteur de la structure des Panneaux Rouges. Attention cette liste n'a pas de valeur chronologique.
La légende est au-dessus du dessin.
Carrés noirs : certain ; carrés blancs : possible.

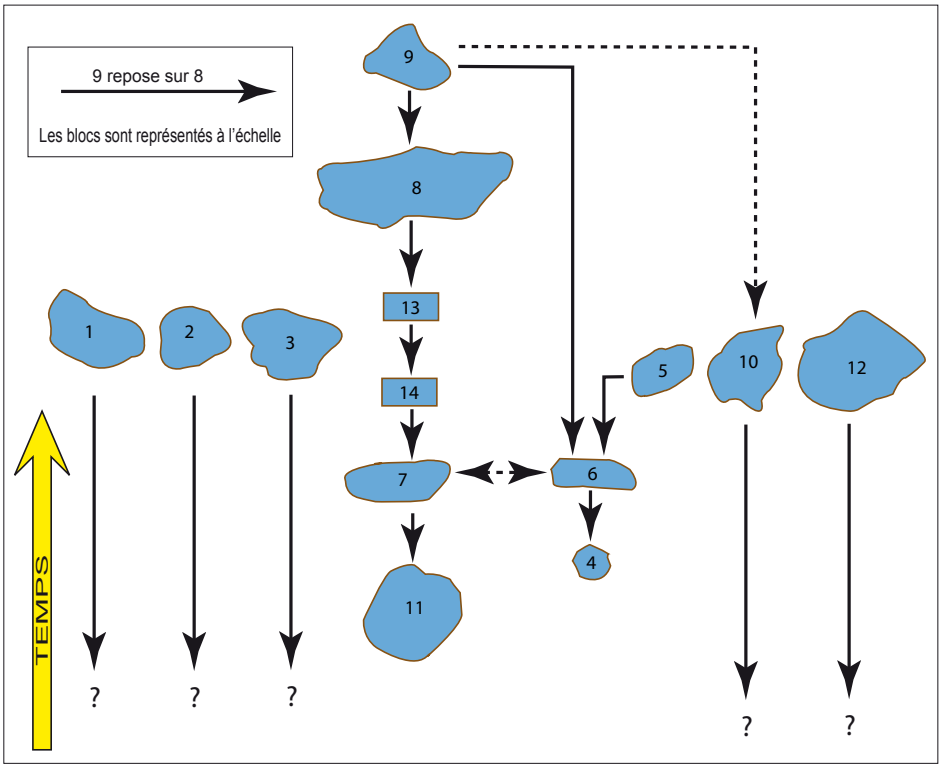
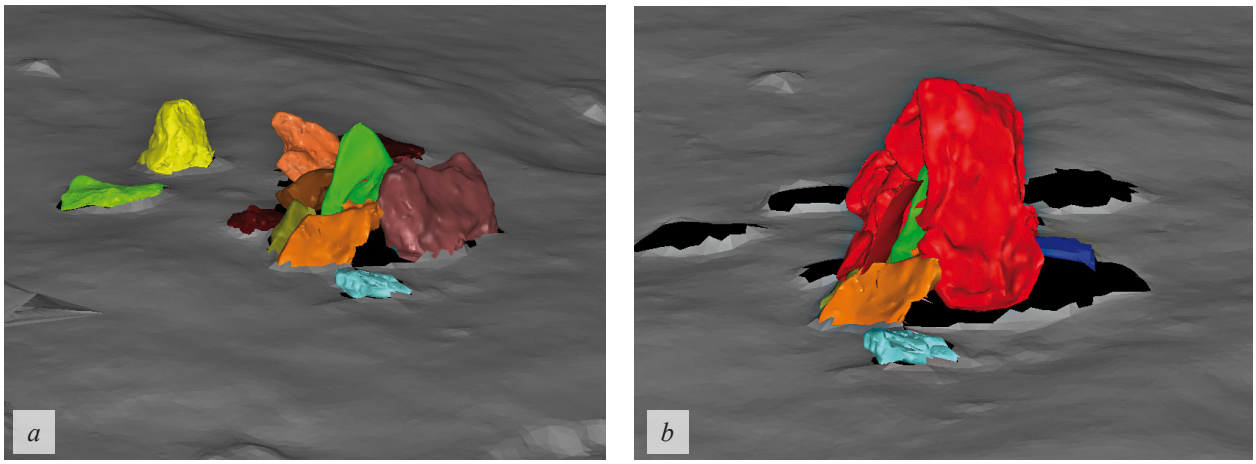


Figure 13 - Diagramme chronologique d'édification de la structure des Panneaux Rouges. On note que plusieurs blocs « flottent ». On note aussi que plusieurs cheminements chronologiques sont parfois possibles. Les blocs sont représentés à l'échelle les uns par rapport aux autres.

Figure 14, ci-dessous - Vue cavalière du modèle 3D de la structure des Panneaux Rouges dans sa position actuelle (a) et dans une position initiale possible proposée ici (b).



– de préciser la chronologie de l'édification de la structure (tel bloc repose sur tel bloc, etc..).

La combinaison « approche géomorphologique/modèle 3D » a permis dans un premier temps d'évaluer le poids de chacun des blocs de la structure et par incidence, de questionner la faisabilité de leur déplacement. Les quinze blocs de la structure peuvent être classés en :

– des éléments inférieurs à 10-12 kg. C'est la classe majoritaire. Dix blocs entrent dans cette catégorie. On peut raisonnablement manipuler ces blocs avec une seule main sur de courtes distances, et notamment pendant l'édification de la structure. Ces éléments sont repartis en périphérie de la structure, à sa base et sous les blocs majeurs ;

– des éléments moyens compris entre 20 et 35 kg. Il s'agit des blocs n°2, 3 et 7. Les deux premiers ont un rapport longueur/largeur proche de un. Ils sont assez massifs. Ces blocs peuvent être manipulés seul, possiblement porté par un individu, dans les bras et/ou contre le ventre. Notons que les blocs 7 et 9 sont un même et unique bloc cassé en deux. Il n'est pas possible de savoir si cette rupture s'est opérée durant le prélèvement ou à l'arrivée du bloc dans le secteur de la structure.

– un bloc important (n°8) ayant une masse de 65 kg. C'est le plus gros bloc de la structure et il semble raisonnable de penser que deux personnes ont été nécessaires pour le transporter.

Au final, l'ensemble de la structure pèse 207 kg (+/- 10 à 20 kg).

Le couplage du modèle 3D (morphologie des blocs) et de leur lithologie a également permis de relever que la plupart des éléments de cette structure se situe dans

un environnement relativement proche (Figure 10). La majorité d'entre eux provient des vieux édifices stalagmitiques à l'entrée du Passage du Seuil, soit à quelques mètres de la structure. Les dalles les plus importantes semblent issues de l'entrée de la galerie Rouzaud (rebord NW), où on relève des empreintes de blocs dans le sol argileux et une cicatrice de rupture sur un pan de paroi écroulée.

Le couplage « cartographie géomorphologique-modèle 3D » a permis de travailler sur la construction de la structure en se centrant sur des questions simples du type « qui repose sur qui ». La Figure 12 est un essai de représentation des différents éléments constitutifs de la structure en lien avec l'évolution du site dans lequel elle s'insère. Ont été portés sur cette figure les éléments aussi bien naturels (processus morphogéniques, creusement des bauges, etc.) qu'anthropiques (silex, représentations pariétales, etc.).

Si pour six éléments constitutifs de la structure, une filiation claire a pu être établie, pour cinq autres blocs les arguments manquent encore. Ces derniers reposent directement sur le sol et ne sont pas (plus) en connexion directe avec les autres éléments de la structure. Sur le schéma (Figure 13), les blocs sont représentés à l'échelle les uns par rapport aux autres. Deux petits blocs (Figures 13 et 14) sont figurés schématiquement. En effet, ils ne sont pas représentés dans le modèle 3D, ni sur la cartographie. Trop petits, ils ont été identifiés à l'occasion d'une reconnaissance rapprochée de la structure. Cependant, ils semblent avoir une fonction majeure de calage des blocs les plus importants.

Au stade actuel du travail, il est plus que probable que cette structure a subi, suite à sa mise en place, une déstructuration partielle. Les blocs flottants qui l'entourent devaient certainement être dans une position primaire plus rapprochée. La structure, telle que nous l'observons aujourd'hui, peut être considérée comme une structure « secondaire » qui n'a plus sa physionomie initiale, contemporaine de son édification. Cela implique une visibilité différente, un impact dans le cheminent différent et renvoie alors à nouveau à la question de sa fonction.

Le modèle 3D permet de remobiliser les blocs du clone de la structure afin de proposer différentes positions primaires crédibles compte tenu des connexions existantes entre les blocs et les mouvements postérieurs potentiels au regard de l'évolution géomorphologique du site (Figure 14). Ces propositions sont géométriquement et techniquement tenables ; elles ne constituent cependant pas, dans l'état actuel des travaux, des reconstitutions étayées sur des arguments archéologiques. Ces propositions présentent un avantage : être un support de discussion, d'échanges et de recherche des arguments permettant d'étayer telle ou telle position primaire. En ce sens, il s'agit ici également d'un outil de travail mobilisant les différentes communautés travaillant sur les structures anthropiques.

L'accent a été mis dans l'analyse de la structure des Panneaux Rouges sur de nouvelles approches rendues possibles grâce à la modélisation 3D pour étudier les structures anthropiques composées d'amas de blocs. Ces méthodes ont été appliquées sur d'autres structures de la cavité, notamment celle du Cheval Gravé (salle Hillaire) et la marche d'accès à la salle Hillaire (depuis la galerie du Cierge). Dans ces deux cas, les outils 3D couplés à l'analyse lithologique et géomorphologique ont permis d'identifier la source du matériel rocheux.

Ces approches morphogéniques des structures sont à croiser avec les données issues des relevés archéologiques et paléontologiques afin de pouvoir les étudier dans leur environnement archéologique et culturel.

3 - La structure des bassins (galerie du Cierge)

La Galerie du Cierge, bien que pauvre en représentations pariétales (quelques ponctuations rougeâtres), est riche d'intérêts d'un point de vue archéologique et géomorpho-archéologique. Elle possède, en effet, de nombreux témoins qui renseignent sur les fréquentations humaines et animales (pistes d'empreintes, Garcia, 2005 ; mouchages de torche et foyer, Monney, 2009 ; points et traces de pigment rouge ; tassement du sol lié au cheminement, J. Clottes (dir.), 2001). Plusieurs structures anthropiques sont présentes dans cette galerie qui conduit aux salles Hillaire et du Crâne (Figure 3). La plus importante d'entre elles est la structure des bassins. Contrairement aux structures du Cactus et des Panneaux Rouges, celle-ci n'avait jusqu'à présent jamais été identifiée en tant qu'aménagement : elle était tout au plus associée à des gours naturels. L'attention portée aux structures et aménagements anthropiques de la cavité, via l'approche géomorphologique et la cartographie à haute résolution spatiale, a permis de souligner un élément particulièrement important dans le paysage souterrain mais jusque là non identifié comme structure anthropique : l'alignement parfait au sol de dalles sur près de cinq mètres de longueur ; alignement derrière lequel l'eau s'est accumulée en différents bassins (Figures 15 à 17).

La structure des bassins se situe à l'arrière d'un important dôme stalagmitique qui subdivise la galerie du Cierge en deux passages. Ce dôme, témoin d'une très ancienne phase de concrétionnement, est à l'origine d'un épais plancher stalagmitique qui repose sur un remplissage argileux rougeâtre[5]. À l'arrière de ce dôme (sens entrée-fond), la galerie du Cierge s'élargit et change de physionomie : l'eau et le concrétionnement deviennent des éléments majeurs du paysage souterrain, du moins tel que nous l'observons aujourd'hui. L'eau provient d'un écoulement stalactitique qui est

[5] *Ce remplissage argileux et ce plancher stalagmitique correspondent à de très anciennes étapes morphogéniques (Delannoy et* al.*, 2004 ; génération II).*



Figure 15 - Structure des bassins, galerie du Cierge, grotte Chauvet. On visualise bien l'alignement parfait des blocs issus de la rupture (naturelle ou intentionnelle) d'un ancien plancher stalagmitique. Photo S. Jaillet.

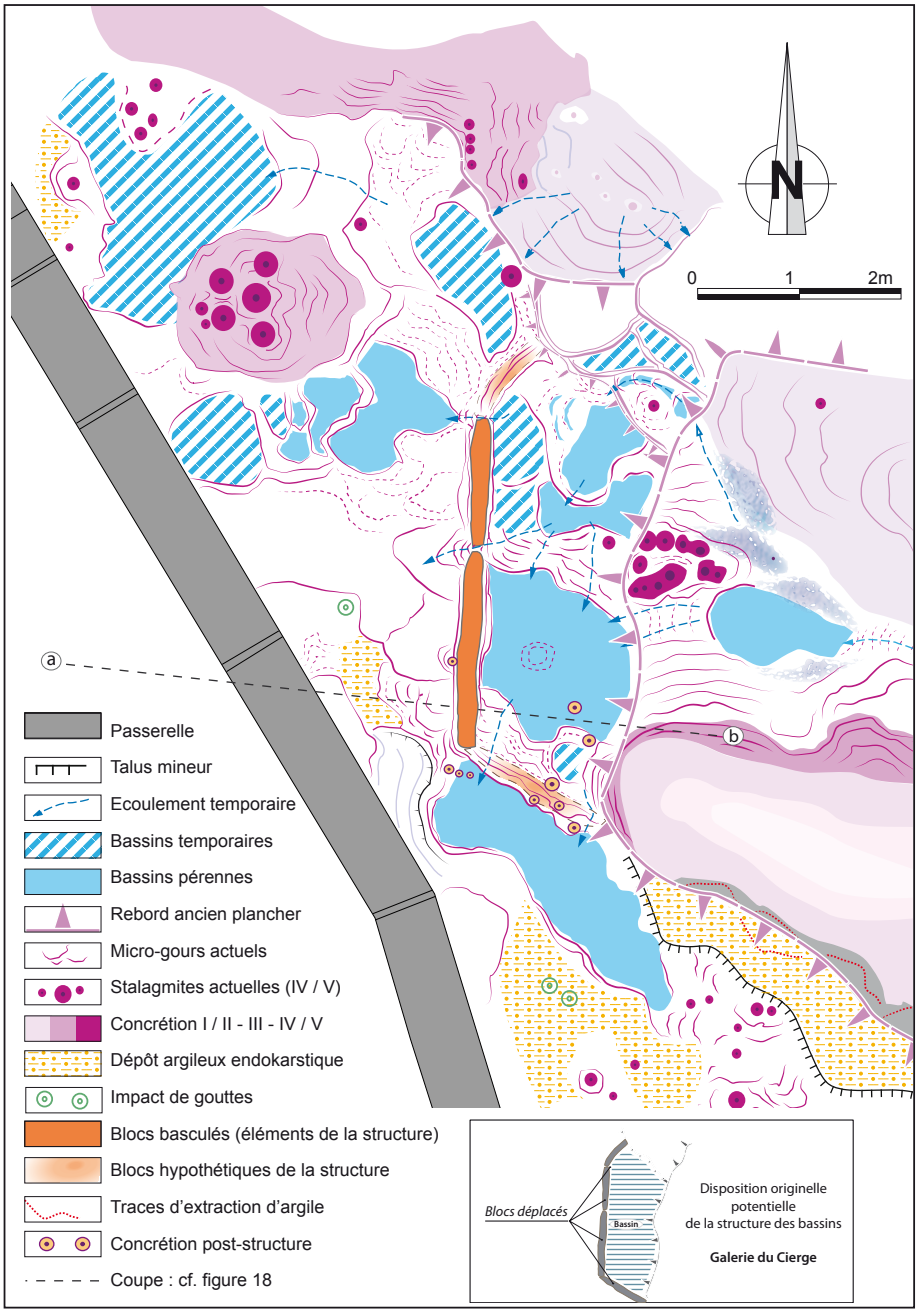


Figure 16 - Cartographie géomorphologique de la structure des bassins et de son proche environnement physique.



Figure 17 - Vue de la structure des bassins (galerie du Cierge) depuis la passerelle. Photo S. Jaillet.

une des rares alimentations pérenne de la cavité[6]. Cette eau rejoint le fond de la galerie du Cierge après avoir franchi une « marche » topographique liée à l'ancien plancher stalagmitique (Figure 15). C'est en contrebas de cette « marche » que se développe la structure des bassins. Barrant les écoulements provenant du passage du dôme, ces dalles sont responsables de la mise en eau de petits bassins de retenue. Après avoir franchi le « barrage » de dalles, l'eau s'écoule en direction de la salle Hillaire en une fine nappe à l'origine d'un concrétionnement progradant de petits gours ; cet encroûtement stalagmitique très blanc recouvre le remplissage argilo-limoneux de la galerie sur lequel ont cheminé les Hommes et les animaux de la Préhistoire. Une lecture attentive des gours progradants souligne que leurs rebords correspondent le plus souvent à d'anciens témoins archéologiques et paléontologiques (tassement du sol lié au passage, ossements, enlèvement de blocs présents au sol…).

Le travail sur les aménagements anthropiques dans la cavité interroge sur l'origine et la nature des bassins de la galerie du Cierge : sont-ils d'origine anthropique ou naturelle ? Le relevé cartographique à haute résolution a été réalisé en veillant à répondre aux questions simples suivantes : l'origine des dalles, les causes de leur alignement, les processus responsables de l'organisation des blocs. Ce relevé s'est appuyé sur le nuage de points 3D et sur le positionnement dans l'espace tridimensionnel de chacun des objets observés.

[6] *Cet écoulement est l'objet d'un suivi physico-chimique et isotopique mené par D. Genty.*

Le relevé cartographique avait pour objet de positionner dans l'espace les différents objets de la structure en précisant pour chacun d'entre eux leur nature lithologique et/ou géomorphologique ainsi que leur relation avec les objets environnants. L'attention s'est portée dans un premier temps sur les deux principales dalles alignées qui émergent du concrétionnement. Ces dalles constituent les éléments majeurs de la structure : respectivement de 2 m et de 1,5 m de longueur pour 25 cm de largeur. Elles proviennent de l'ancien plancher stalagmitique (Figures 16 et 17) comme en témoignent leur structure « stratifiée » caractéristique des planchers stalagmitiques et leur épaisseur similaire à celle de l'ancien plancher. Si leur origine ne fait pas de doute, leur disposition alignée et leur distance par rapport au rebord « cassé » du plancher (de l'ordre de 1,5 m) interrogent. L'observation de la partie saillante des dalles pose également question : en effet, celle-ci ne présente pas de morphologies caractéristiques de rupture mécanique (en regard avec le rebord cassé de l'ancien plancher stalagmitique) : on relève, au contraire, des formes arrondies et la présence de microformes de dissolution caractéristiques de reprise d'érosion sur d'anciens planchers stalagmitiques. L'ensemble de ces éléments permet d'avancer que ces deux dalles ne sont pas dans une position géomorphologique naturelle et qu'elles ont fait l'objet de déplacements successifs conduisant à leur alignement (étapes 1 à 3 de la Figure 18).

L'attention a également été portée aux extrémités des deux dalles alignées. Au nord, le prolongement des

dalles correspond à un rebord de gour présentant un tracé rectiligne ; au sud, on relève un changement de direction, avec un angle d'environ 120° entre l'alignement des dalles et un rebord de gour possédant également un tracé rectiligne. Il est intéressant de relever que ces deux gours, en dehors de leur tracé rectiligne, présentent une épaisseur similaire d'une vingtaine de centimètres (du même ordre que les dalles). Ces deux caractéristiques (tracé et épaisseur) contrastent, par ailleurs, avec la morphologie des gours qui recouvrent le reste de la galerie (rebord sinueux et de quelques centimètres d'épaisseur). Compte tenu de ces caractéristiques, on peut poser comme hypothèse que ces rebords de gour correspondent à deux anciennes dalles qui ont été intentionnellement déplacées pour fermer l'espace et ainsi parachever un barrage retenant les écoulements.

Cette reconstitution morphogénique permet de poser comme hypothèse forte de recherche que les bassins de la galerie du Cierge résultent d'une construction anthropique composée de quatre dalles jointives fermant l'espace en contrebas du rebord occidental du dôme stalagmitique. Ce dispositif a eu pour effet de contrarier les écoulements issus des concrétions et de favoriser la mise en eau de ces bassins « artificiels ». Reste posée la question de l'étanchéité de ces bassins avant que le concrétionnement ne vienne colmater les jointures inter-dalles. Le relevé géomorpho-archéologique a permis d'identifier à proximité de la structure une extraction d'argiles rouges (scellées sous l'ancien plancher stalagmitique) : cette extraction se caractérise par un surcreusement du dépôt argileux et des empreintes digitales. L'utilisation de cette argile à des fins d'étanchéité (étape 4, Figure 18) reste à confirmer par des micro-forages au niveau d'une des jointures de dalles. D'autres utilisations peuvent aussi être avancées quant à l'exploitation de ces argiles (médicale, peinture corporelle…) : en effet, des extractions similaires de matériaux argileux et de moondmilch ont été observées dans d'autres grottes ornées ou non (grotte Cosquer par exemple, Clottes *et al.*, 2005).

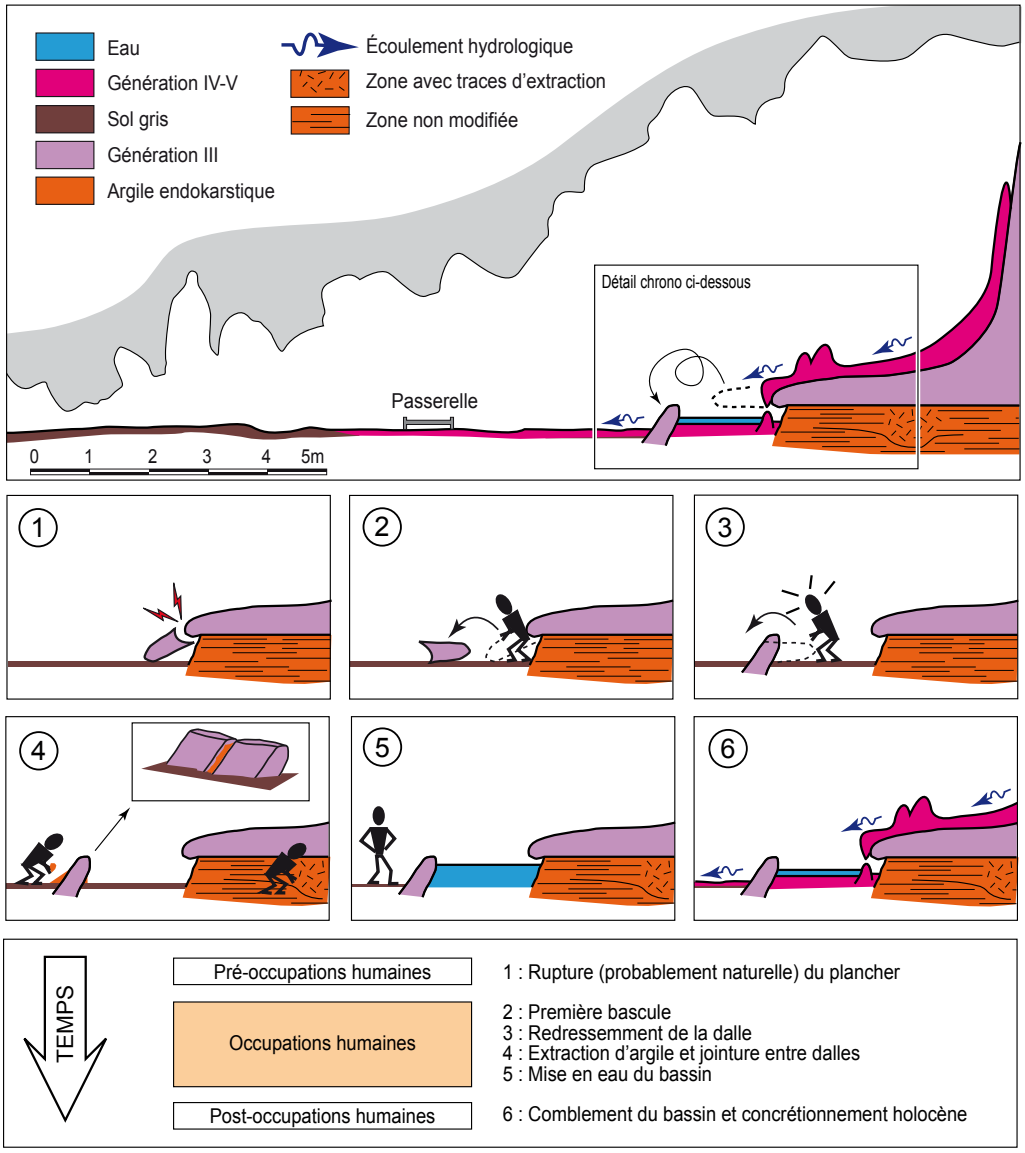


Figure 18 - Coupe schématique de la structure des bassins dans son contexte géomorphologique. Reconstitution des différentes étapes de construction de la structure.

La structure des bassins de la galerie du Cierge constitue un aménagement original de la cavité qui n'avait pas été identifié au premier abord comme structure anthropique. Des liens sont ici à effectuer avec un élément naturel important : l'eau qui n'est présente qu'en quelques points de la cavité et de manière temporaire (salle Brunel, salle des Panneaux Rouges, galerie du Cierge, salle du Crâne, terminus de la galerie des Croisillons). La question de la finalité de ces bassins reste entière. Les hypothèses sont nombreuses et sont à discuter au regard des autres témoins anthropiques présents dans la galerie, de sa position dans la cavité (entre des sites pariétaux majeurs : Panneaux Rouges, gravures de la salle Hillaire, panneau des Chevaux), et de ses particularités archéologiques (rares et discrets éléments pariétaux ; foyers ; extraction de matériel lithologique, exploitation d'argiles rouges, etc.).

L'étude de la structure des bassins met en avant qu'en dehors de l'approche géomorpho-archéologique (cartographie à haute résolution, définition des processus et de la chronologie des processus à son origine), il importe de la resituer (comme les autres structures et les aménagements anthropiques) dans son contexte archéologique avec toutes les difficultés que cela induit : peut-on, avec les regards, les « repères » culturels qui sont les nôtres, penser, interpréter, reconstituer les gestes, les actes, les intentions des Hommes de la Préhistoire ? Ce qui pourrait être interprété comme des repères spatiaux (amas de blocs des Panneaux Rouges ou du Cheval Gravé) n'avait-ils pas d'autres fonctions ? La structure des bassins qui, avec nos acquis cognitifs, semble avoir une fonction de réservoir d'eau, n'avait-elle pas une autre fonction ? Doit-on leur associer une valeur utilitaire ? N'ont-ils pas un autre statut d'ordre plus symbolique voire sacré ? Ces interrogations restent aujourd'hui posées et constituent un point de rencontre entre les différents champs de recherche qui, en apportant leurs regards, leurs méthodes et leurs expériences respectives, permettront, peut-être, d'apporter des éléments convergents de réponse.

Le travail mené sur la structure des bassins a permis de reconstituer la physionomie de la galerie du Cierge lors des fréquentations préhistoriques. Cette galerie, comme celle du Cactus, était en grande partie exempte du concrétionnement qui aujourd'hui la caractérise. Le sol était alors argilo-limoneux et relativement meuble si on se réfère (i) aux empreintes laissées, à la fois, par les animaux et par la chute de blocs de plancher stalagmitique exploité pour l'aménagement d'autres structures (marche d'accès à la salle Hillaire ; structure du Cheval Gravé) (ii) ainsi qu'au surcreusement lié aux passages des hommes et des animaux. Le concrétionnement postérieur (Holocène) est à l'origine de l'encroûtement des bassins, de leur subdivision en plusieurs gours ainsi que du fin encroûtement progradant (micro-gours) qui recouvre progressivement le sol archéologique. On retrouve ici un des apports déjà exposés de l'approche géomorphologique : reconstituer la physionomie des galeries et des salles de la cavité telle qu'ont pu les percevoir les Hommes de la Préhistoire.

Conclusion

La grotte Chauvet - Pont-d'Arc est l'objet de nombreuses recherches qui permettent de disposer d'une connaissance chaque fois plus riche et précise sur la cavité ainsi que des hommes et des animaux qui l'ont fréquentée. L'objet était ici de présenter une démarche intégrative de recherche autour d'une problématique commune : les aménagements et structures laissés par les Hommes de la Préhistoire lors de leurs visites et fréquentations de la cavité.

L'étude des structures du Cactus, des Panneaux Rouges et des bassins a souligné l'apport de l'approche géomorphologique qui permet de reconstituer leur morphogenèse et de discriminer la part des processus naturels et des actions anthropiques. Par essence naturaliste, la géomorphologie a pour objet d'expliquer la genèse et la facture du relief en s'attachant à identifier les différentes étapes de sa structuration et dans la mesure du possible de les caler dans le temps. Cette démarche repose sur la lecture de l'emboîtement des morphologies lisibles dans le paysage en associant à chaque type de forme un processus morphogénique. En appliquant cette démarche à des objets résultant d'actions anthropiques, on approche une nouvelle dimension : celle des rapports qu'ont entretenus les Hommes de la Préhistoire avec la grotte. Le paradigme de « géomorphologie sociale» a été proposé (Delannoy et *al.*, soumis) dans le sens où l'approche géomorphologique telle qu'elle est développée ici, a pour objet (i) de distinguer les objets issus des seuls processus naturels (morphogéniques) de ceux liés à l'action des hommes, (ii) de révéler l'inscription d'actions volontaires, pensées, construites dans la morphologie d'un lieu donné, et (iii) d'inscrire ces différents objets dans le temps (chronologie relative) et dans l'espace (emboîtement des formes).

Pont entre les sciences humaines et sociales et les géosciences, la « géomorphologie sociale » fait émerger les éléments du milieu physique qui ont été façonnés par l'homme dans un but donné qui reste souvent à préciser, voire à rechercher. Elle permet, également, de décrire et de localiser les morphologies issues des actions anthropiques (morphographie), de rechercher les processus à l'origine des formes « construites » (morphogenèse) et, enfin, de déterminer les dyna-

miques (naturelles et/ou anthropiques) responsables de leurs transformations passées et plus récentes (morphodynamique). Elle s'attache ainsi à identifier la part de l'Homme dans l'aménagement de la cavité. En cela, elle participe à la définition et la formalisation d'une véritable anthropologie sociale de l'espace tel qu'il a été construit au fil du temps et tel qu'il est aujourd'hui perçu et interprété. Les exemples traités ici avaient pour objet de mettre en avant cette nouvelle dimension de l'approche géomorphologique. Elle permet de faire ressortir le statut de « paysage » pour plusieurs secteurs de la grotte : ceux-ci portent dans leur facture la part de l'Homme… aussi minimale et temporaire que fût son action. Aurait-on donné autant d'attention à la structure du Cactus sans la disposition en cercle relevé des dalles ? La physionomie de la galerie du Cierge, la répartition au sol du concrétionnement seraient-elles les mêmes sans l'aménagement du barrage (bassins) ?

L'accent a également été ici mis sur la volonté de croiser différents regards disciplinaires sur de mêmes objets afin de définir leurs statuts et leurs rôles au sein de la cavité. En ce sens, la cartographie géomorphologique a pour intérêt de mettre en perspective la répartition spatiale de ces objets, leur localisation et leur lien avec les données archéologiques. Le fait de rendre visible ces informations sur un même support de travail oblige à répondre sur leur présence et leur statut.

Dans l'avenir, notre souhait est de croiser, d'intégrer, de confronter les temporalités issues des recherches archéologiques et géomorphologiques afin de reconstituer de manière la plus fine possible « l'historicité » des aménagements et des structures anthropiques. La question de temporalité, posée en introduction, est essentielle pour aller plus loin dans la compréhension des structures anthropiques et de leur « fonction ». Sont-elles contemporaines de la première période de fréquentation de la grotte (Aurignacien) ou de la seconde (Gravettien), voire antérieures à ces deux périodes ? Le calage chronologique (direct ou indirect) de ces structures permettra d'aller plus loin dans l'interprétation de ces aménagements qui, au-delà de leur dimension matérielle (élévations, structures, déplacements d'objets), nous interrogent sur la socialisation immatérielle de l'espace d'une cavité telle que la grotte Chauvet. Ce travail correspond à la première étape de la Figure 1. La dynamique de recherche créée autour de l'étude des structures anthropiques à la grotte Chauvet mais également sur d'autres sites d'art rupestre va permettre de nourrir les réflexions sur les fonctions et valeurs de tels aménagements. L'approche comparative entre différents sites préhistoriques et ethnoarchéologiques présentant différents types d'aménagements anthropiques constitue une des voies privilégiées pour approcher, autant que cela est possible, les actes de nos ancêtres.

Remerciements

Nous remercions l'ensemble des membres de l'équipe scientifique de la grotte Chauvet pour leurs apports dans les discussions et nos travaux sur les structures anthropiques. Nos remerciements s'adressent également au Cabinet Perazio qui a mis à notre disposition le nuage de points issus du relevé 3D de la cavité. Nos recherches s'inscrivent dans le cadre de l'équipe scientifique et des actions de recherche du Ministère de la Culture et de la Communication (Sous-direction de l'Archéologie).

Bibliographie

Boche É., Monney J., Ployon E., Sadier B., Delannoy J.-J., Geneste J.-M. , Jaillet S., 2011. Le SIG comme outil fédérateur de recherche interdisciplinaire: application à la grotte Chauvet-Pont d'Arc. Actes du Colloque JIAP, juin 2010, sous-presse.

Bon C., Caudy N., de Dieuleveult M., Fosse P., Philippe M., Maskud F., Beraud-Colomb E., Bouzaid E., Kefi R., Laugier C., Rousseau B., Casabe D., van der PLICHT J., Elalouf J.-M., 2008. Deciphering the complete mitochondrial genome and phylogeny of the extinct cave bear in the Paleolithic painted cave of Chauvet. *Proceedings of the National Academy Sciences*, USA, 105, 17447-17452

Clottes J., Chauvet J.-M., Brunel Deschamps E., Hillaire C., Daugas J.-P., Arnold M., Cachier H., Evin J., Fortin P., Oberlin C., Tisnérat N., Valladas H., 1995. Les peintures paléolithiques de la grotte Chauvet à Vallon-Pont-d'arc (Ardèche, France) ; datations directes et indirectes par la méthode du radiocarbone. *CR Acad. Sciences Paris,* 320, 1133-1140.

Clottes J. (dir.), 2001. La Grotte Chauvet : L'Art des Origines. Le Seuil, Paris.

Clottes J., Courtin J., Vanrell L., 2005. Cosquer redécouvert. Le Seuil. 256 p.

Clottes J., Geneste J.-M., 2007. Le contexte archéologique et la chronologie de la grotte Chauvet. *In* Floss H. et Rouquerol N. (éd.), Les chemins de l'art aurignacien en Europe. Das Aurignacien und die Anfänge der Kunst in Europa. Colloque international, Internationale Fachtagung, Aurignac, 16-18.

Cuzange M.-T., Delqué-Kolic E., Goslar T., Grootes P.-M., Higham T., Kaltnecker E., Nadeau M.-J., Oberlin C., Paterne M., Plicht J. van der, Bronk Ramsey C., Valladas H., Clottes J., Geneste J.-M., 2007. Radiocarbon intercomparison program for Chauvet cave. *Radiocarbon*, 49, 2, 339-347.

Delannoy J.-J., Debard E., Ferrier C., Kervazo B., Perrette Y., 2001. Contribution de la cartographie morphologique souterraine dans l'étude spéléogénique de la grotte Chauvet : Implications paléogéographiques, préhistoriques et paléontologiques. *Quaternaire,* 12, 235-248.

Delannoy J.-J., Perrette Y., Debard E., Ferrier C., Kervazo B., A.-S. Perroux, Jaillet S., Quinif Y., 2004. Intérêt de l'approche morphogénique pour la compréhension globale d'une grotte à haute valeur patrimoniale: la grotte Chauvet (France). *Karstologia,* 44, 25-42.

Delannoy J.-J., Jaillet S., Fudral S., Gasquet D. Kaufmann O., Sabaut M., Ployon E., 2007. L'aven d'Orgnac : un jalon karstique pour la reconstitution paléogéographique de l'interfluve Ardèche/Cèze. *In* Delannoy J.-J., Gauchon C., Jaillet S., (dir), L'Aven d'Orgnac, valorisation touristique, apports scientifiques. *Collection EDYTEM,* 5, 117-147.

Delannoy J.-J., Sadier B., Jaillet S., Ployon E., Geneste J.-M., 2010. Reconstitution de l'entrée préhistorique de la grotte Chauvet-Pont d'Arc (Ardèche, France) : les apports de l'analyse géomorphologique et de la modélisation 3D. *Karstologia,* 56, 21-38.

Delannoy J.-J., Geneste J.-M., David B., Katherine M., Gunn R.G., Whear R.-L. (soumis). Apports de la géomorphologie dans l'aménagement et la construction sociale de sites préhistoriques. Exemples de la grotte Chauvet-Pont-d'Arc (France) et de Nawarla Gabarnmang (Australie). *Revue Paléo.*

Descola P., 2010. Diversité des natures, diversité des cultures. *Les petites conférences* Bayard, 84 p.

Garcia M., 2005. Ichnologie générale de la grotte Chauvet *in* Geneste J.-M. (dir.) : Recherches pluridisciplinaires dans la grotte Chauvet. *Karstologia Mémoires*, 11 et BSPF, 102, 1, 103-108.

Geneste J.-M., 2001. La fréquentation et les activités humaine in Clottes J. (dir.) : La grotte Chauvet : L'art des origines. Paris. Éd. du Seuil., 44-50.

Geneste J.-M. (éd.), 2005. Recherches pluridisciplinaires dans la Grotte Chauvet. Journées SPF, Lyon, 11-12 Octobre 2003. *Société Préhistorique Française, Travaux,* 6, 2005.

Geneste J.-M., 2005. L'archéologie des vestiges matériels dans la grotte Chauvet - Pont-d'Arc. *Bull. Soc. Préhistorique française*, 102, 1 ; *Karstologia Mémoires,* 11, 135-144.

Geneste J.-M., 2012. La Grotte Chauvet - Pont-d'Arc, 1994-2012 : une rétrospective anthropologique. *In* Delannoy J.-J., Jaillet S., Sadier B. (dir.), Karsts - Paysages et Préhistoire. *Collection EDYTEM*, 13, 13-20.

Genty D., Ghaleb B., Plagnes V., Causse C., Valladas H., Blamart D., Massault M., Geneste J.-M., Clottes J., 2004 Datations U/Th (TIMS) et 14C (AMS) des stalagmites de la grotte Chauvet (Ardèche, France): intérêt pour la chronologie des événements naturels et anthropiques de la grotte. *Comptes Rendus Palevol,* 3, 629-642.

Genty D., 2012. Les spéléothèmes de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc, apports chronologiques et paléoclimatiques. Synthèse des travaux publiés. *In* Delannoy J.-J., Jaillet S., Sadier B. (dir.), Karsts - Paysages et Préhistoire. *Collection EDYTEM*, 13, 79-88.

Le Guillou Y., 2005. Circulations humaines et occupation de l'espace souterrain à la grotte Chauvet-Pont-d'Arc. *Bull. Soc. Préhistorique française*, 102, 1 ; *Karstologia Mémoires,* 11, 117-134.

Monney J., 2009. Les marques charbonneuses dans la grotte Chauvet-Pont d'Arc. Rapport triennal 2007-2009. Ministère de la Culture, 324-356.

Sadier B., Delannoy J.-J., Benedetti L., Bourlès D., Jaillet S., Geneste J.-M., Lebatard A.-E. , Arnold M., 2012. Further constraints on the Chauvet cave artwork elaboration. *PNAS* 109, 21, 8002-8006.

Valladas H., Clottes J., Geneste J.-M., Garcia M., Arnold M., Cachier H., Tisneat Laborde N., 2001. Evolution of prehistoric cave art. Nature, 413, 479.

Valladas H., Clottes J., 2003. Style, Chauvet and radiocarbon. *Antiquity,* 77, 142-145.

Valladas H., Clottes J., Geneste J.-M., 2004. Chauvet, la grotte ornée la mieux datée du monde. Dossier Le Temps des Datations, *Pour la Science*, 82-87.

DATATIONS ^{36}Cl DE LA FERMETURE DE LA GROTTE CHAUVET

IMPLICATIONS GÉOMORPHOLOGIQUES ET ARCHÉOLOGIQUES

^{36}Cl cosmogenic dating of the Chauvet cave closure

Geomorphological and archaeological implications

Benjamin SADIER [1], Lucilla BENEDETTI [2], Jean-Jacques DELANNOY [1], Didier BOURLÈS [2], Stéphane JAILLET [1], Judicaël ARNAUD [3], Benoit JARRY [3], Guillaume VERMOREL [3], Jean-Michel GENESTE [4]

[1] *Laboratoire EDYTEM, Université de Savoie/CNRS, Pôle Montagne, Campus scientifique, 73376 Le Bourget-du-Lac cedex.*

[2] *Aix Marseille Université, CEREGE, UMR CNRS 7330, BP 80, 13545 Aix-en-Provence.*

[3] *Comité départemental de Spéléologie de l'Ardèche, les Blaches, 07120 Chauzon.*

[4] *Centre National de Préhistoire, Ministère de la Culture, 38 rue du 26e RI, 24000 Périgueux.*

Résumé

La découverte de la grotte Chauvet-Pont-d'Arc, en 1994, et surtout l'âge des représentations préhistoriques, ont bouleversé les schémas jusque-là admis sur l'art pariétal. Ce travail de recherche géomorphologique, qui s'insère dans le cadre des études scientifiques pluridisciplinaires menées sur cette cavité, porte sur le processus et la datation de la fermeture qui a rendu inaccessible cette grotte aux Hommes et aux animaux de la Préhistoire, suite à l'accumulation d'un dépôt d'écroulement dans le paléoporche de la grotte.

L'analyse 3D de la niche d'arrachement et de la masse écroulée a été complétée par une étude chronologique via l'utilisation de l'isotope cosmogénique du ^{36}Cl. Le détachement du pan de paroi à l'origine de la fermeture de la grotte préhistorique a mis au jour une nouvelle surface auparavant non exposée aux rayonnements cosmiques. La stratégie d'échantillonnage a été guidée par l'identification de plusieurs niches d'arrachement révélées sur la paroi par des mesures topographiques au LiDAR terrestre. Enfin, les facteurs de production ont été contraints à partir des connaissances géométriques et géomorphologiques du site. Ces résultats permettent d'établir un cadre cohérent et absolu de l'évolution de l'entrée de la grotte Chauvet depuis 34 000 ans jusqu'à sa fermeture brutale et définitive il y 22 000 ans.

***Mots-Clés** : géomorphologie 3D, isotope cosmogénique, datation absolue, grotte Chauvet, Aurignacien.*

Abstract:

The chauvet cave discovery in 1994 has challenged our archeological, art and chronological benchmarks previously admitted and based on the chronological stylistic framework. The aim of this study is dating of the major rockfalls, which have closed the Chauvet cave to the human and animals. This work shows the results of the geomorphological approach combining high-resolution topographic survey (terrestrial LiDAR) and cosmogenic dating.

The rockfall scars and rockfall deposit 3D analysis has permitted to reconstruct the Chauvet cave paleo entrance. The rock sampling strategy is based on the existence of three rockfall scars on the rockwall overhanging the Chauvet cave. All the ^{36}Cl production factor was considered and both of them are derived from the 3D topographic. These results allow establishing a coherent and absolute chronological framework of the Chauvet cave entrance for 34,000 years until its definitively and sudden closure there 22,000 years.

***Keywords**: 3D geomorphology, nucleid cosmogenic, absolute dating, Chauvet cave, Aurignacien.*

Introduction

La grotte Chauvet - Pont d'Arc, découverte en 1994, est connue pour la qualité esthétique et graphique de ses peintures et gravures, qui sont les plus anciennes actuellement connues. Cette cavité constitue un site majeur dans l'étude des représentations pariétales dans leur environnement culturel et naturel. Une équipe pluridisciplinaire (*dir.* Clottes puis Geneste) a été constituée dans le but de répondre aux diverses problématiques qu'un tel site soulève (Clottes, 1995, 2001). Au cœur de celles-ci se situent les questions relatives à la chronologie des fréquentations humaines et animales. Celle-ci repose sur la datation radiocarbone des nombreux vestiges archéologiques et paléontologiques (Valladas et *al.*, 2005 ; Cuzange et *al.*, 2007). Compte tenu des bouleversements archéologiques, artistiques et chronologiques qu'impliquent les résultats chronologiques (Valladas et *al.,* 2001) et de l'expression d'un certain scepticisme (Züchner, 2007 ; Pettitt, 2008), il était important de contraindre les résultats acquis avec d'autres informations chronologiques issues d'autres champs disciplinaires.

Les recherches géomorphologiques présentées dans cet article se focalisent sur le processus de fermeture, qui a rendu inaccessible cette grotte aux Hommes et aux animaux depuis plusieurs millénaires suite à l'accumulation d'un dépôt d'écroulement dans le paléoporche d'entrée de la grotte Chauvet (Delannoy et *al.*, 2004, 2010). L'objet de cet article est de présenter succinctement la méthodologie mise en œuvre sur le terrain et en laboratoire afin de contraindre géométriquement et chronologiquement le scénario de la fermeture de la grotte Chauvet.

C'est tout d'abord l'analyse géomorphologique, qui repose sur la cartographie 3D du dépôt d'écroulement (fermant aujourd'hui la grotte) et de la niche d'arrachement, qui a permis d'identifier et de restituer en 3D le porche d'entrée de la grotte avant sa fermeture. Ces résultats reposent sur l'utilisation de la technologie du LiDAR terrestre (Light Detection And Ranging). L'outil lasergrammétrique a permis ici de contraindre finement la géométrie et la masse des dépôts obstruant aujourd'hui la grotte et de reconstituer la topographie de l'entrée préhistorique, ainsi que d'identifier très clairement le processus de fermeture de la cavité par écroulement, et finalement de choisir la meilleure stratégie de datation.

La chronologie absolue de ces événements a été établie avec la méthode de datation utilisant les isotopes cosmogéniques et en particulier celui du ^{36}Cl. En effet, en milieu calcaire, cet isotope est essentiellement produit par la spallation de l'élément cible ^{40}Ca contenu dans la calcite. Le détachement du pan de paroi à l'origine de la fermeture de la grotte a eu pour effet de mettre au jour une nouvelle surface géomorphologique fraîche (niche d'arrachement) auparavant non exposée au rayonnement cosmique, rendant ainsi favorable l'utilisation des cosmonucléides pour dater cet événement. La stratégie d'échantillonnage a été guidée par l'identification de plusieurs niches d'arrachement à partir des mesures topographiques au LiDAR terrestre et de l'observation géomorphologique. Enfin, les facteurs de production ont été contraints à partir des connaissances géométriques et géomorphologiques du site. Les résultats chronologiques ont permis d'affiner les connaissances sur le processus d'écroulement, de mieux contraindre la géométrie de l'ancien porche d'entrée et d'établir un cadre chronologique absolu et cohérent avec toutes les données radiométriques acquises à partir des vestiges archéologiques et paléontologiques de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc. Ce cadre géométrique et temporel permet de proposer un scénario sur l'évolution topographique de l'entrée de la grotte Chauvet depuis 34 000 ans jusqu'à sa fermeture brutale et définitive il y a environ 22 000 ans (Sadier et *al.*, 2012).

I - La fermeture de la grotte Chauvet et la reconstruction de la paléo-entrée

L'arrêt des fréquentations humaines et animales est due à un écroulement de la paroi à l'aplomb de l'ancien porche (Delannoy et *al.*, 2010). La masse écroulée, qui a fermé la cavité, a favorisé la conservation exceptionnelle des vestiges archéologiques en tamponnant les conditions climatiques de la cavité. L'étude géomorphologique, à une échelle spatiale qui permet de considérer chaque élément de ce dépôt clastique, a permis d'identifier et de quantifier les différents processus responsables de la fermeture totale de la cavité.

1 - Description de la zone d'étude

La grotte Chauvet se caractérise par une galerie de grande dimension (environ 30 m de large), subhorizontale, et de direction sub-méridienne (Figure 1). Elle se développe à la cote altitudinale d'environ 190 m NGF sous le plateau calcaire de la plaine des Gras (250 m NGF) ; elle est perchée à une centaine de mètres au-dessus du talweg actuel de l'Ardèche. La zone d'étude correspond à trois ensembles topographiques distincts (Figure 1) : la surface du dépôt

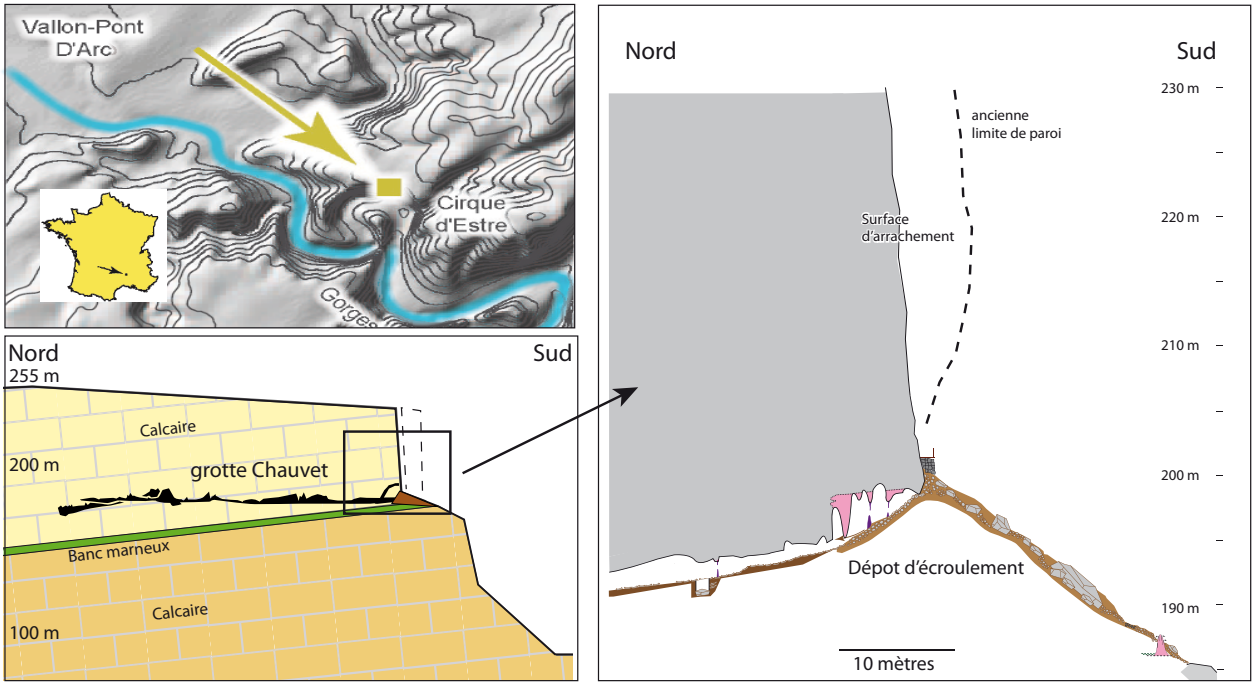


Figure 1 - Localisation du secteur d'étude.

clastique à l'intérieur de la cavité, à l'extérieur de la cavité et la niche d'arrachement d'où provient l'essentiel du matériel gravitaire.

Le dépôt clastique présent dans la zone d'entrée de la cavité (intérieur) présente différents aspects. La zone proximale est composée de blocs calcaires nappés de sédiments terrigènes. La partie distale du dépôt est composée de blocs calcaires de taille hétérogène (pluri-décimétrique), recouverts de clastes de desquamation provenant de la voûte de la galerie (mise en place d'une voûte d'équilibre). Ces clastes sont localement scellés par des stalagmites et encroûtement stalagmitiques (Delannoy et *al*., 2010).

À l'extérieur de la cavité, le dépôt se caractérise par un ensemble de gros blocs pluri-métriques qui se situe directement à l'aplomb de la niche d'arrachement. Ce dépôt se caractérise par une extension latérale et frontale d'environ 30 m et 10 m de dénivelé.

La niche d'arrachement, bien visible dans le paysage, se développe sur 47 m de hauteur pour 25 m de largeur ; elle affecte la corniche calcaire urgonienne sur toute sa hauteur (Delannoy et *al*., 2010). Son extension spatiale est marquée par des arêtes saillantes de chaque coté de la surface.

Les blocs calcaires provenant de la paroi se sont dispersés aussi bien à l'intérieur de la cavité que sur le versant de la vallée. Afin de connaître l'extension spatiale de cet écroulement (Delannoy et *al*. 2010), l'approche géomorphologique couplée à des relevés LiDAR a été privilégiée.

2 - Volume de roche écroulée et extension spatiale du dépôt d'écroulement

La complexité géométrique globale de la zone d'étude réside dans le fait qu'elle se développe dans un espace à la fois en surface et en souterrain. Afin d'appréhender la totalité de l'objet sur un seul support cartographique, nous avons eu recours aux relevés topographiques par LiDAR terrestre. La grande précision de ce type de cartographie répond aux besoins de quantifier le volume écroulé et déposé au sol. Il permet, de même, de proposer une géométrie du dépôt dans son environnement physique. Les relevés LiDAR ont été effectués avec un Leica HDS 6000 pour l'intérieur de la cavité et un OPTECH Ilris 3D pour le reste du secteur d'étude. La précision obtenue dans les trois dimensions est centimétrique (Delannoy et *al*., 2010). Après filtrage de la végétation et homogénéisation du modèle 3D, la densité du nuage de points varie entre 1 et 10 cm. Le modèle triangulé est constitué de triangles d'environ 20 cm de coté, ce qui représente environ 500 000 triangles.

a - Calcul du volume écroulé

La première étape a consisté en l'estimation du volume écroulé à l'origine de l'obstruction de l'ancienne entrée naturelle de la grotte. Ce travail fut effectué à partir des caractéristiques géométriques de la niche d'arrachement et des parois environnantes. L'extension spatiale de la niche d'arrachement est très bien conservée dans le paysage. La modélisation de la surface externe de l'écaille aujourd'hui absente de la paroi a

été réalisée en tenant compte des limites spatiales mais aussi des statistiques d'orientation et de pendage des parois voisines. Pour cela, la géométrie des différents escarpements proche du secteur d'étude a été mesurée à partir du modèle 3D. Pour chacune des parois, l'orientation de la normale des triangles a été calculée par rapport au nord, puis la distribution des ces mesures a été classée dans des rosaces de directions. Les faces rocheuses de la niche d'arrachement et des deux parois qui l'encadrent sont orientées à 190° par rapport au nord (Figure 2). La surface de l'ancienne écaille (paléo-surface aujourd'hui disparue) a été modélisée en reliant les limites latérales de la niche d'arrachement : le rocher d'Abraham à l'est et une arête saillante située au niveau de la faille. L'orientation de la surface tient compte des contraintes géométriques mesurées sur la surface à l'ouest de la niche d'arrachement, de cette dernière et du pilier d'Abraham. La Figure 3 illustre les différentes hypothèses de reconstruction topographique. L'hypothèse retenue est celle qui minimise l'épaisseur et donc le volume de l'écaille rocheuse écroulée. Ce choix est apparu le mieux adapté afin de minimiser le rôle de l'écroulement dans la fermeture de l'ancienne entrée de la grotte Chauvet et de maximiser le facteur de l'héritage dans le calcul des âges d'exposition (voir *infra*). La reconstruction de cette surface géomorphologique, en retenant cette hypothèse, permet de calculer un volume de roche correspondant au matériel écroulé : il est d'environ 4 500 m^3, si l'on relie la surface topographique jusqu'à l'arête occidentale (Delannoy et *al.*, 2010) ou d'environ 4 000 m^3 en arrêtant la modélisation au niveau de la première arête qui sépare la zone

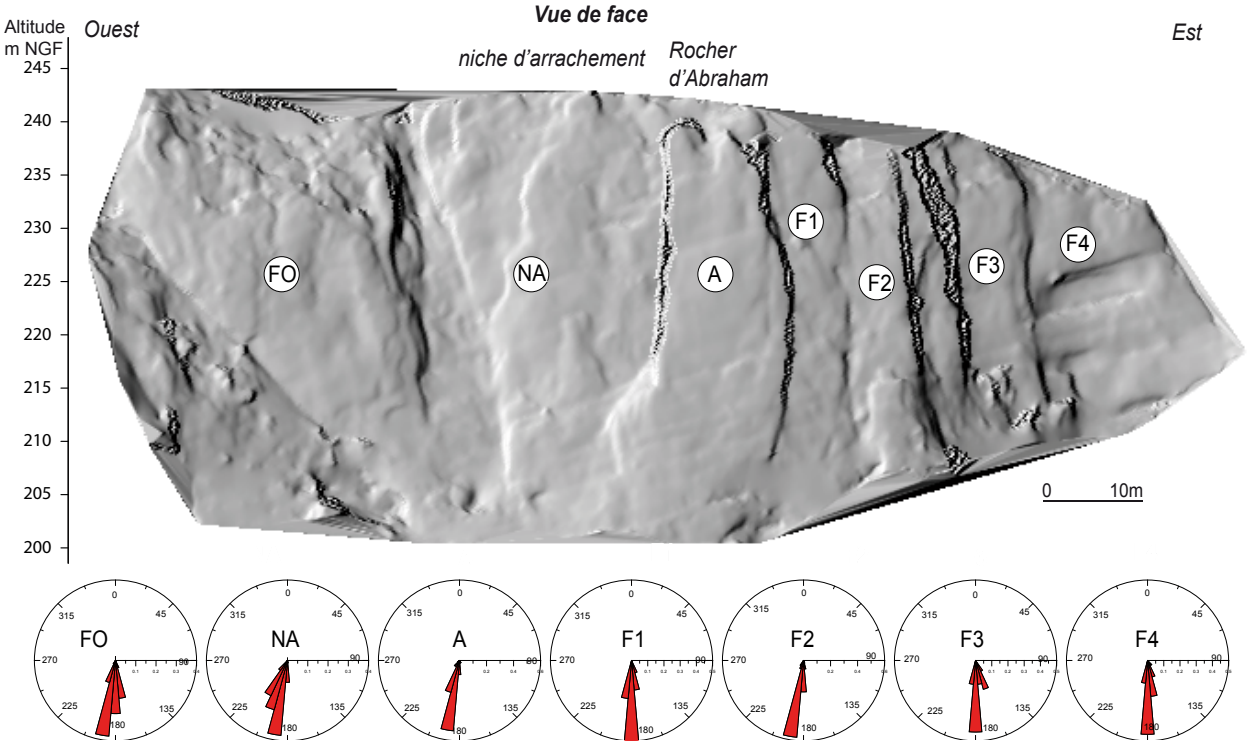


Figure 2 - Mesure des orientations des faces rocheuses sur les escarpements voisins de la grotte Chauvet. L'ancienne surface topographique de l'écaille écroulée a été modélisée en tenant compte des principales directions des parois à proximité directe de la niche d'arrachement.

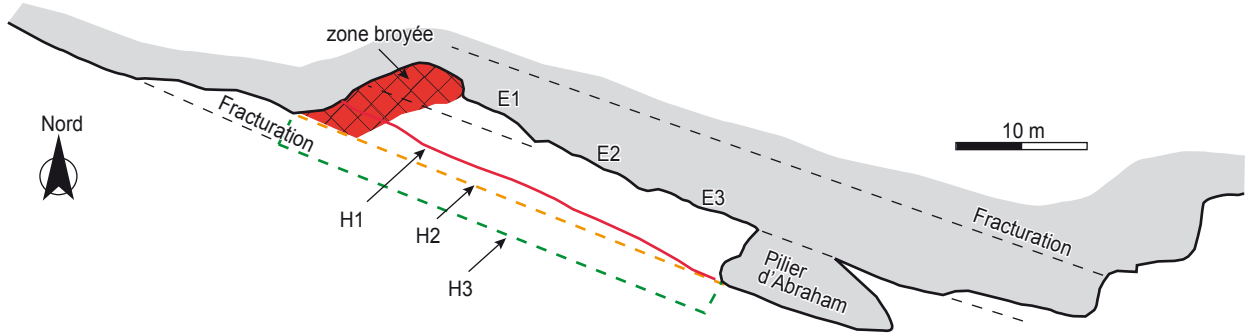


Figure 3 - Hypothèses de reconstitution de la surface topographique de la masse rocheuse détachée de la paroi. L'hypothèse H1 minimise l'épaisseur de roche mais la direction générale de sa topographie n'est pas parallèle à l'orientation de la paroi sous jacente (aujourd'hui à l'affleurement) ni à celle du pilier d'Abraham. L'hypothèse H2 tient compte de l'orientation moyenne des parois déterminée statistiquement sur le modèle 3D.

de broyage (faille décrochante) et E1. L'hypothèse H2 invoquerait un volume d'environ 6 000 m^3 et l'hypothèse H3 environ 7 000 m^3 pour l'ensemble de la niche d'arrachement.

b - Le volume du dépôt d'écroulement

L'étude géomorphologique du dépôt d'écroulement a permis de relier ces estimations volumétriques et leurs incidences spatiales aux données présentes sur le versant de la vallée et dans la cavité. Une attention particulière a été portée aux contacts entre la roche encaissante et le matériel gravitaire. Sur la partie distale, ce dernier repose sur des grès et de très anciennes stalagmites appartenant à une des toutes premières phases morphogéniques de la grotte (Delannoy et *al.*, 2004) avant que celle-ci ne soit recoupée par le recul des versants. L'identification de ces contacts géologiques a permis de déterminer l'altitude du sol avant l'écroulement à l'extérieur de la cavité. À l'intérieur de la cavité, la stratigraphie d'un sondage archéologique montre que le matériel écroulé repose sur des couches d'occupations anthropiques datées de 35 ka (Gély et *al.*, 2010 ; Delannoy et *al.,* 2010). Le report de ces observations sur le modèle 3D a conduit à la segmentation du toit du dépôt écroulé actuellement présent dans la paléoentrée. Le mur de ce dépôt, qui correspond en fait à l'ancien sol de la paléoentrée, a été modélisé en tenant compte des contraintes géométriques, et en particulier altitudinales, fournies par l'observation géomorphologique à l'extérieur de la cavité et par les données stratigraphiques du sondage dans le secteur d'entrée dans la grotte Chauvet. Les contraintes géométriques de la cavité permettent d'estimer une altitude maximale comprise entre 187,5 m NGF et 189 m NGF. Le volume du dépôt écroulé correspondant oscille entre 3 000 m^3 dans le cas d'une altitude à 189 m NGF et 3 500 m^3 dans le cas où le mur de l'éboulis aurait une altitude minimum de 187 m NGF, altitude à laquelle ont été reconnus des vestiges rapportés à la période aurignacienne (la partie distale du dépôt étudié). D'après les observations effectuées dans d'autres porches de grotte (Debard, 1997 ; Miskovsky, 1997), il est tout à fait possible, sous l'effet de la gélifraction ou de petites chutes de pierre, qu'un cône d'éboulis préexistât au dépôt d'écroulement actuellement visible. Mais sa quantification ou sa géométrie n'avait jusqu'à présent pas été abordée du fait de l'absence de données stratigraphiques ou géophysiques à son propos. Des hypothèses peuvent être désormais proposées à partir des nouvelles connaissances géomorphologiques induites par la datation des écroulements (*cf. infra*).

c - Reconstitution de la topographie de l'entrée de la grotte Chauvet avant l'écroulement

Les différents calculs des volumes de roches successivement mesurés sur la niche d'arrachement (4 500 m^3) puis mesurés au sol (entre 3 000 et 3 500 m^3) mettent en avant un différentiel de volume compris entre 1 000 et 1 500 m^3. Ce différentiel peut s'expliquer par le fait qu'une partie du matériel écroulé a continué sa chute plus bas sur le versant, jusqu'à rejoindre l'ancien talweg. Ce différentiel montre aussi que l'entrée qui préexistait à l'écroulement était trop petite pour accueillir toute la masse détachée de la paroi et que, par conséquent, elle a pu être totalement colmatée par l'écroulement. Cela suggère une fermeture brève de l'ancien porche d'entrée (Delannoy et *al.,* 2010). Une reconstitution topographique de l'ancienne entrée de la grotte Chauvet aujourd'hui disparue a été proposée. La Figure 4 présente la topographie en 2D depuis l'extrémité sud de l'entrée correspondant aux témoins endokarstiques cartographiés sur le versant jusqu'à l'entrée de la salle des Bauges et de la salle Brunel dans la

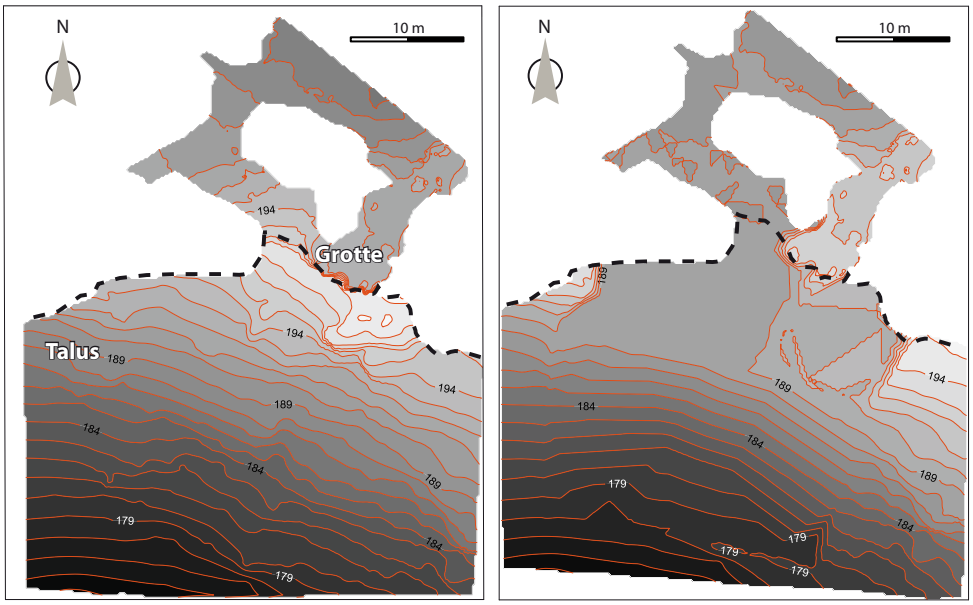


Figure 4 - Topographie de l'entrée de la grotte Chauvet :
- à gauche : sol actuel ;
- à droite : sol tel qu'il était avant l'écroulement total de la masse rocheuse correspondant au volume de la niche d'arrachement présente à l'aplomb de la grotte. Le trait en pointillé représente le pied de l'escarpement, séparant, au nord, la grotte et au sud, le talus extérieur.

grotte Chauvet. Les courbes de niveaux indiquent les paléoaltitudes correspondantes aujourd'hui au mur du dépôt d'écroulement. On voit qu'un porche de dimension assez importante existait lorsqu'il était encore ouvert, c'est-à-dire avant que les différents écroulements identifiés sur la paroi ne le colmatent. En effet, une étude détaillée de la niche d'arrachement montre l'emboîtement de plusieurs niches (E1, E2 et E3) dans la paroi (Figure 5). C'est pour donner un cadre chronologique absolu à ces événements successifs qu'une campagne de prélèvements et de datations a été entreprise.

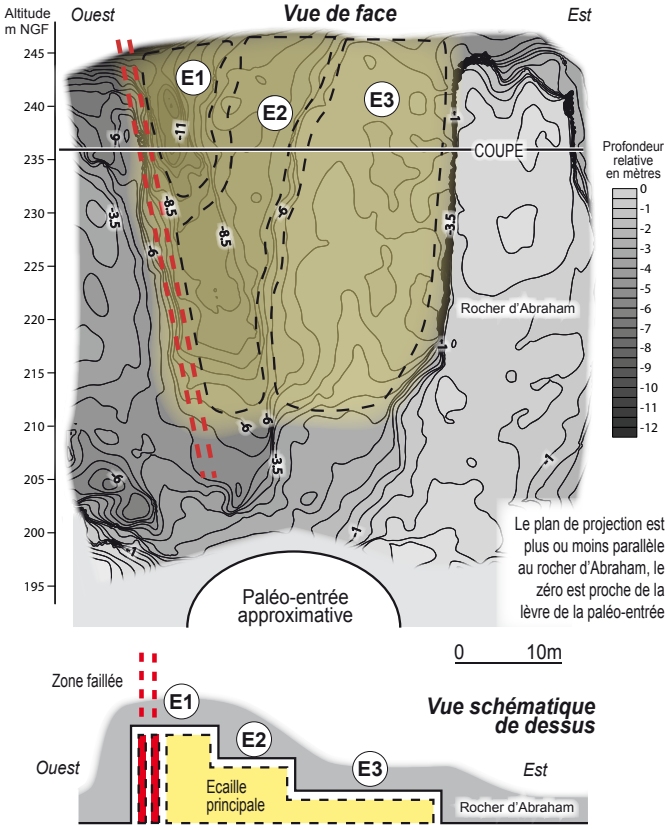


Figure 5 - Modèle numérique de terrain de la paroi, au niveau de l'entrée de la grotte Chauvet, construit à partir de données LiDAR. L'identification des niches d'arrachement est réalisée à partir des arêtes topographiques vues sur le MNT. La coupe schématique illustre l'emboîtement des trois niches identifiées (d'après Delannoy et al.*, 2010).*

III - La datation de la fermeture de la grotte Chauvet : l'apport des nucléides cosmogéniques

Les nucléides cosmogéniques permettent de dater le temps d'exposition d'une roche aux rayons cosmiques. Ici, le détachement du pan de paroi a eu pour effet de mettre au jour une nouvelle surface (niche d'arrachement) auparavant non exposée aux rayonnements cosmiques, rendant ainsi favorable l'utilisation des cosmonucléides. Plusieurs échantillons ont donc été prélevés dans chaque niche d'arrachement, selon une stratégie définie auparavant à partir de la géométrie de la paroi relevée sur le modèle 3D.

1 - La stratégie d'échantillonnage

Les nucléides cosmogéniques sont produits lors de réactions nucléaires entre les particules issues du rayonnement cosmique et les atomes constituant la croûte terrestre exposée à la surface (Gosse *et al.,* 2001). Dans les carbonates, c'est en particulier l'isotope du ^{36}Cl, produit par spallation du ^{40}Ca (Stone, 1996), qui est utilisé pour calculer des âges d'exposition des surfaces rocheuses. Les réactions nucléaires responsables de la production de ces isotopes varient en fonction de la quantité de particules cosmiques qui atteignent le sol. Cette quantité dépend du contexte topographique et géomorphologique du site d'étude. En effet, le rayonnement cosmique impacte la surface terrestre depuis toutes les directions à la fois, et l'existence d'un écrantage topographique (montagne, falaise) peut faire baisser localement le taux de production du nucléide cosmogénique. Une connaissance précise des paramètres géométriques et des facteurs qui influencent la production des nucléides cosmogéniques s'avère indispensable dans la définition de la stratégie d'échantillonnage, car c'est ensuite leur intégration dans l'équation du calcul d'âge qui garantit un résultat représentatif de l'événement à dater. Il est admis qu'un âge dérivé de la concentration d'un isotope cosmogénique peut être rapporté à un événement si l'échantillon possédait une concentration nulle en nucléide cosmogénique avant ledit événement. En cas d'une concentration héritée d'une pré-exposition, la soustraction de cet héritage à la concentration totale est indispensable pour obtenir le temps d'exposition réel de la surface étudiée. La détermination de cet héritage provient de la bonne connaissance de l'évolution géomorphologique et géométrique du terrain. Dans le cas d'un escarpement, la production de cosmonucléides en profondeur peut venir, à la fois, par la surface du plateau et par la paroi. En effet, bien que les réactions nucléaires qui produisent les isotopes cosmogéniques se concentrent dans les premiers cen-



Figure 6 - Vue générale de la paroi surplombant la grotte Chauvet lors des prélèvements d'échantillons de roche calcaire à la surface des différentes niches d'arrachements (avril 2011). Noter la taille des quatre personnes accrochées à la paroi (repères rouges). Photo L. Benedetti.

timètres de roche, la production d'isotopes du ^{36}Cl par spallation est présente jusqu'à une profondeur de 10 m, bien qu'elle décroise exponentiellement avec la profondeur ; au-delà de 3 m, elle est jugée négligeable. Dans cette configuration où la production provient de sources multiples, il aurait été donc difficile de quantifier l'héritage provenant du plateau et de la paroi puis de la soustraire à la concentration totale. C'est pourquoi seules les surfaces se situant en dessous de 234 m NGF, soit 10 m en dessous de l'altitude du plateau, ont été échantillonnées. Ceci permet de ne tenir compte que de l'héritage lié à l'épaisseur de l'écaille rocheuse avant son effondrement. Vingt-deux échantillons ont été prélevés au sein des différentes niches d'arrachement (Figures 6 et 7) ; deux échantillons (P1 et P2) ont été prélevés pour la détermination du taux d'érosion locale et un échantillon (G1) a été prélevé dans la grotte du Treuil pour la détermination de la teneur en ^{36}Cl muogénique *in situ* dans les roches (Figure 8).

2 - Le calcul des âges d'exposition

Les âges d'exposition sont le rapport entre la concentration et le taux de production annuel de l'isotope cosmogénique mesuré. Plusieurs paramètres, tels que la topographie ou l'héritage, influent sur la concentration mesurée et sur le taux de production annuelle. Afin de calculer un âge d'exposition qui soit représentatif de l'événement à dater, il est indispensable de déterminer et d'intégrer ces différents paramètres dans les calculs d'âge.

La concentration a été mesurée par spectrométrie de masse par accélérateur (*Aster Facility*) au CEREGE après que l'extraction chimique de l'isotope du ^{36}Cl a été réalisée selon le protocole élaboré par Stone (Stone, 1996 ; Dunaï, 2009) et décrit par Braucher et *al.* (2011). Les concentrations mesurées sur les échantillons du pilier d'Abraham sont comprises entre 3,1 et 3,4 x 10^5 at/g de roche. Les concentrations en ^{36}Cl des échantillons prélevés dans la niche d'arrachement ont des valeurs comprises entre 1,6 et 3,0 x 10^5 at/g de roche. Les valeurs des échantillons provenant du plateau sont bien supérieures aux précédentes et sont comprises entre 1,2 et 1,1 x 10^6 at/g de roche. Enfin, la concentration en ^{36}Cl de l'échantillon provenant de la grotte du Treuil est de 1,0 x 10^4 at/g de roche (Tableau 1).

Le taux de production élémentaire SLHL (*sea level and high latitude*) choisi est celui révisé par Braucher (Braucher et *al.,* 2011) et correspond à 42,0 ± 2,0 atomes de ^{36}Cl / g / an. Ce taux a été établi à La Ciotat,



Figure 7 - Les échantillons sont prélevés, sur corde, à la disqueuse, sur les premiers centimètres de la surface qui sont les plus adaptés à la détermination des âges d'exposition aux rayons cosmiques d'une surface géomorphologique. C'est en effet dans les premiers centimètres que la production d'isotopes cosmogéniques du ^{36}Cl par spallation du ^{40}Ca est la plus importante. Photos S. Jaillet.

Code Echantillon	Masse dissoute (g)	CaO[a] (%)	^{36}Cl / ^{35}Cl (10^{-14})			^{35}Cl / ^{37}Cl			Spike (mg Cl)	[Cl] ppm	^{36}Cl (10^5 at/g)			Héritage[b] ^{36}Cl (at/g)	pendage	Facteur d'écrantage	épaisseur (cm)	Profondeur d'enfouissement (m)
1,01	37,09	55,48	35,69	±	1,2	28,02	±	0,3	0,496	7	3	±	0,11	1,76E+04	S 88°	0,5	2	5,6
1,02	38,02	55,83	35,05	±	0,97	23,58	±	0,29	0,4836	8,2	2,87	±	0,09	1,63E+04	S 88°	0,5	3	6,1
1,03	37,92	55,64	30,17	±	0,75	20,2	±	0,24	0,4972	10,1	2,61	±	0,07	2,03E+04	S 88°	0,5	2	4,9
1,05	36,18	56,04	23,4	±	0,69	26,4	±	0,3	0,496	7,7	2,01	±	0,06	1,44E+04	S 88°	0,5	2	5,7
1,06	36,82	56,05	26,42	±	0,93	33,65	±	0,37	0,4961	5,7	2,18	±	0,08	1,42E+04	S 88°	0,5	4,5	6,4
2,01	36,52	56,1	27,77	±	0,78	23,56	±	0,33	0,4958	8,7	2,42	±	0,08	1,51E+04	S 89°	0,51	3,5	6,6
2,02	36,93	56,32	31,38	±	0,84	22,16	±	0,36	0,4948	9,3	2,73	±	0,09	1,62E+04	S 89°	0,51	2	6,2
2,03	36,26	55,27	29,06	±	0,75	23,09	±	0,28	0,4946	9	2,55	±	0,07	1,39E+04	S 89°	0,5	2,5	5,9
2,04	36,92	55,39	27,45	±	0,73	19,48	±	0,26	0,4931	10,8	2,43	±	0,07	1,55E+04	S 89°	0,49	2,5	5
2,05	34,84	55,95	22,97	±	0,69	22,49	±	0,26	0,4953	9,7	2,1	±	0,07	1,96E+04	S 89°	0,5	3,5	5
2,06	37,6	56,53	25,12	±	0,78	19,73	±	0,22	0,4929	10,4	2,17	±	0,07	1,62E+04	S 89°	0,48	3	4,9
2,07	36,83	56,31	26,34	±	1,16	24,25	±	0,39	0,495	8,3	2,26	±	0,11	2,50E+04	S 89°	0,48	3	4,7
2,08	36,79	56,51	19,85	±	0,77	31	±	0,36	0,4894	6,2	1,62	±	0,07	2,46E+04	S 89°	0,46	5	4,9
2,09	36,83	56,51	25,78	±	0,68	29,66	±	0,41	0,4924	6,5	2,14	±	0,06	1,68E+04	S 89°	0,46	2,5	5,3
3,01	38,12	56,08	28,15	±	0,73	30,92	±	0,2	0,499	6,1	2,27	±	0,06	1,76E+04	S 86°	0,49	1,5	5,3
3,02	37,7	56,3	29,56	±	1,12	24,08	±	0,11	0,4992	8,3	2,49	±	0,09	1,80E+04	S 87°	0,5	2,5	5
3,03	31,46	55,99	27,15	±	0,74	25,88	±	0,23	0,4982	9,1	2,71	±	0,08	2,03E+04	S 88°	0,5	3	4,9
3,04	38,2	56,03	27,53	±	0,69	22,77	±	0,14	0,4974	8,7	2,3	±	0,06	1,96E+04	S 89°	0,48	3	4,7
3,06	37,77	56,24	22,57	±	0,56	14,89	±	0,13	0,4966	14,9	2,07	±	0,05	1,68E+04	S 89°	0,48	3,5	5,4
4,01	37,98	55,95	26,05	±	0,64	19,77	±	0,14	0,4968	10,4	2,24	±	0,06	1,68E+04	S 89°	0,48	3	5,6
6,01	37,06	55,54	41,1	±	0,99	18,68	±	0,13	0,4619	10,6	3,43	±	0,09	1,24E+04	S 90°	0,5	1,5	n.a
6,02	37,36	56,55	37,78	±	0,89	32,18	±	0,23	0,4956	5,9	3,09	±	0,08	1,24E+04	S 90°	0,5	2,5	n.a.
P1	37,05	55,65	136,9	±	1,84	20,03	±	0,11	0,4998	10,5	12,35	±	0,18		0	1	5	None
P2	39,34	55,19	123,83	±	1,8	17,27	±	0,07	0,4994	11,9	10,83	±	0,16		0	1	8	None
G1	36,01	55,61	1,93	±	0,25	16,66	±	0,17	0,496	13,5	0,12	±	0,02		0		6	12,4

	^{36}Cl / ^{35}Cl (10^{-14})			^{35}Cl / ^{37}Cl			Spike (mg Cl)	Cl (10^{16} atoms)	^{36}Cl (10^5 atoms)
Blanc 1	0,66	±	0,09	567,3	±	8,83	0,4898	8,71	1,85
Blanc 2	0,77	±	0,09	549,47	±	12,17	0,4958	9,48	2,19

Tableau 1 - Résultats des analyses physico chimiques sur les échantillons de roche (d'après Sadier et al.*, 2012). Les concentrations en ^{36}Cl et en Cl sont mesurées par spectrométrie de masse par accélérateur. Les concentrations en CaO sont mesurées par ICP – OES (Inductively coupled plasma by optical emission spectrometry). Sont aussi reportés la géométrie, le coefficient d'écrantage, l'épaisseur de l'échantillon, et l'épaisseur de roche qui recouvrait chaque échantillon avant sa mise à l'exposition directe aux rayonnements cosmiques. a : les incertitudes de mesure du CaO est inférieure à 2% ; b : L'héritage en ^{36}Cl est la somme de la contribution nucléogénique acquise avant l'écroulement additionnée à la contribution muogénique.*

sur un site distant de 150 km de la grotte Chauvet avec des caractéristiques pétrographiques similaires. La production d'isotopes cosmogéniques est essentiellement liée à des réactions de neutrons rapides et de muons sur des éléments cibles dans la roche. Ces réactions dépendent essentiellement du nombre de ces particules arrivant sur terre et sont donc sous contrôle du champ magnétique terrestre et de la densité de l'air. Ces valeurs n'étant pas constantes en latitude et en altitude, des facteurs de corrections ont été apportés pour chaque échantillon en fonction de leur positionnement géographique x, y, z (Stone, 2000). Le taux de production générale est ensuite corrigé avec un coefficient d'écrantage (*shielding factor*). Ce coefficient correspond à la part de l'horizon masqué par la topographie environnante et qui bloque ainsi le rayonnement cosmique (Dunne et *al.,* 1999 ; Dunaï et *al.,* 2010) et doit être appliqué pour chaque échantillon en fonction de l'horizon environnant mais aussi de son orientation et de sa pente. Ces paramètres ont été calculés à partir du modèle topographique 3D construit avec les relevés lasergrammétriques. L'intégration de ces trois paramètres permet ainsi de calculer un taux de production local représentatif du contexte topographique pour chaque échantillon.

De plus, la nature karstique du site implique que les processus de dissolution sont omniprésents en surface comme l'atteste la présence de formes lapiazées. Dans le contexte de paroi de notre objet d'étude, l'érosion est à la fois mécanique (Curry et *al.,* 2004), avec des phénomènes de micro écaillage de la paroi, et chimique (Inkpen et *al.*, 2010). Ces deux processus se retrouvent sur le terrain et il est probable que la paroi recule doucement sous l'effet de cette érosion progressive et continue. L'érosion a pour effet de rajeunir continuellement la surface exposée. En effet, la surface aujourd'hui visible était enfouie de quelques centimètres il y a plusieurs milliers d'années. Il faut donc prendre en compte ce lent recul de paroi dans le calcul d'âge. La valeur retenue pour ce travail est de 10 mm par millénaire (André et *al.,* 2008 ; Jaillet et *al.*, 2008 ; Inkpen et *al.*, 2010). Cette valeur a été appliquée au calcul d'âge afin de rendre compte de l'âge réel de la surface.

Par ailleurs, il est probable que les échantillons prélevés à la surface de la niche d'arrachement aient accumulé une concentration de nucléides cosmogéniques du ^{36}Cl avant leur exposition directe. En effet, l'épaisseur de l'écaille écroulée, comprise entre 4,5 et 6,5 m, n'était pas suffisante pour bloquer complètement la pénétration du rayonnement cosmique dans

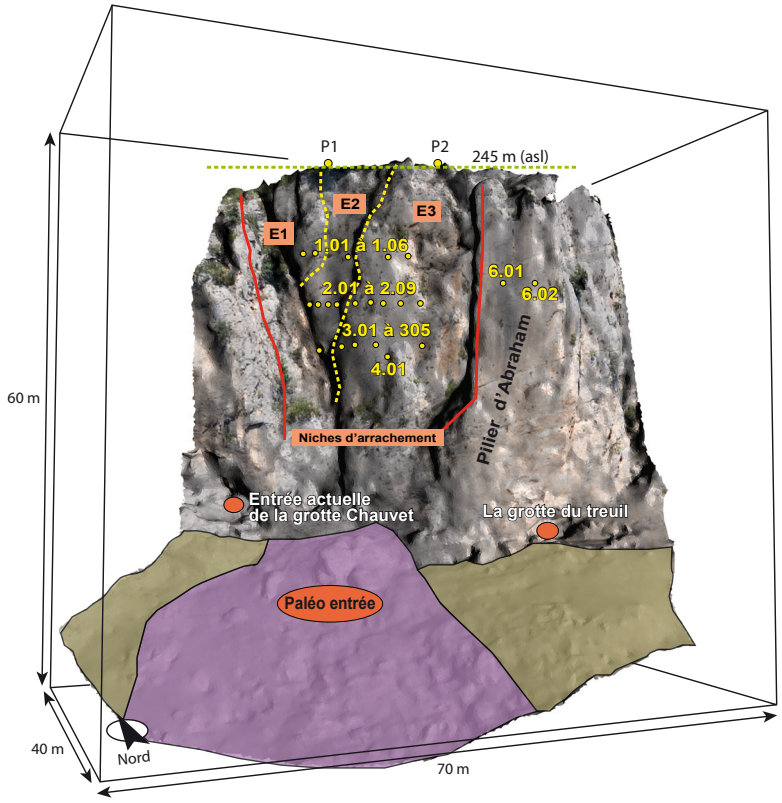


Figure 8 - La position de chaque échantillon (point jaune ; numérotation de gauche à droite) est reportée sur le modèle 3D triangulé à partir des nuages de points LiDAR. Le violet correspond à l'emprise spatiale du dépôt d'écroulement au sol, le marron au bedrock. Les traits continus rouges délimitent la niche d'arrachement globale et les traits pointillés jaunes délimitent chacune des niches emboitées E1, E2 et E3. Le trait en pointillé vert marque la surface du plateau (d'après Sadier et al*., 2012, modifiée).*

la roche. Afin de ne pas « vieillir » les âges calculés, il est donc nécessaire de retrancher cette accumulation héritée d'une production indirecte. Ainsi, l'épaisseur de roche qui recouvrait chaque échantillon a été déterminée à partir de l'écaille reconstruite, pour calculer ensuite, *via* la réalisation de profils (Schimmelpfennig, 2009), les concentrations d'atomes produites sous leur épaisseur respective. Le temps de préexposition choisi est celui du rocher d'Abraham, exposé (34,5 ka voir *infra*). Enfin, la part de la concentration en ^{36}Cl issue des autres sources de productions (muogénique et épithermale) a été estimée en mesurant la concentration de ^{36}Cl (1 x 10^4 at/g de roche) contenu dans l'échantillon prélevé suffisamment profond dans la grotte du Treuil pour être à l'abri des réactions de spallation. Les valeurs de l'héritage, soustraites aux concentrations totales, sont comprises entre 1,4 et 2,7 x 10^4 at/g de roche. L'ensemble des valeurs de concentration et des facteurs de correction sont reportées Tableau 1.

C'est à partir de la connaissance de l'ensemble de ces facteurs de production, d'héritage et d'érosion que les âges d'exposition ont été calculés. Chaque variable a été maximisée, les âges présentés sont par conséquent minimisés.

3 - Les âges d'exposition

La distribution temporelle (Tableau 2) des âges d'exposition aux rayons cosmiques atteste l'existence de trois événements distincts eux-mêmes corrélés avec chacune des surfaces identifiées sur la cartographie de la niche d'écroulement. Pour chaque niche d'arrachement, l'occurrence d'un seul événement a été confirmée par un test statistique *T* (Ward et *al*., 1979),donné par :

$$T = \sum_{1}^{n} (N_i - N_w)^2 / \sigma_i^2$$

où N_w est donné par :

$$N_w = (\sum_{1}^{n} N_i / \sigma_i^2) / (\sum_{1}^{n} 1 / \sigma_i^2)$$

où Ni et σi sont les âges ^{36}Cl individuels et leurs incertitudes associées à 1 sigma. Σi est déterminé en propageant la somme quadratique des erreurs instrumentales uniquement.

T correspond à la distribution du Chi^2 (χ^2) avec (n-1) degrés de liberté, n étant le nombre d'échantillons datés au ^{36}Cl pour la niche d'arrachement considérée. Ainsi, à un intervalle de confiance de 95 %, équivalent à 2 sigma, les âges représentent statistiquement le même événement si *T* est inférieur ou égal à $\chi^2_{((n-1),\ 95\%)}$. Dans ce cas, l'âge le plus probable de l'événement est donné par N_w et l'incertitude associée est donnée par :

$$\sigma_w = \sqrt{1 / (\sum (1 / \sigma_i^2))}$$

Si *T* est plus grand que $\chi^2_{((n-1),\ 95\%)}$, alors le test échoue et cela signifie que le groupe d'âges considéré n'appartient pas à la même population. Dans ce cas, les valeurs aberrantes sont identifiées et exclues du calcul jusqu'à ce que le test de distribution réussisse avec les données restantes. Pour chaque étape, *T,* N_w and σ_w sont recalculés comme décrits précédemment.

Cette procédure permet de ne pas minimiser l'impact de la principale source d'erreur dans le calcul individuel de chaque âge d'exposition (taux de production du ^{36}Cl). L'incertitude associée à l'âge pondéré de chaque surface est obtenue en propageant la somme quadratique des incertitudes relatives au taux de production et aux âges individuels. Ici, les valeurs de χ^2 sont inférieures aux valeurs de χ^2 limite. Par conséquent, il est possible d'associer l'ensemble des dates correspondant à une même surface géomorphologique (E1, E2 ou E3) et de fait à un seul événement dont l'âge le plus probable correspond à la moyenne pondérée. Une seule valeur (l'échantillon 2.08) a été exclue du calcul pour la surface E3 à 21,5 ka. Son âge d'exposition beaucoup

plus jeune que l'ensemble E3 peut être expliqué par un réajustement mécanique de la paroi post-écroulement. En effet, consécutivement à un écroulement qui a pour effet de modifier la géométrie de la paroi, des réajustements mécaniques ponctuels ont lieu afin de rétablir les conditions nécessaires à l'équilibre mécanique de la paroi (Hantz et *al*., 2007 ; Frayssines et *al.,* 2010 ; Ravanel et *al.*, 2010)

Code échantillon	age ^{36}Cl individuel (ka)*	age ^{36}Cl pondéré (ka)**	Chi^2
1.01	30,2 ± 1,9	29,4 ± 1,8	2,6
1.02	28,6 ± 1,8		
1.03	24,1 ± 1,5	23,5 ± 1,2	10,34
2.01	22,6 ± 1,5		
2.02	25,9 ± 1,6		
2.03	25 ± 1,6		
2.04	23,3 ± 1,5		
3.01	21,1 ± 1,3		
1.05	19,1 ± 1,3	21,5 ± 1	10,12
1.06	21,4 ± 1,4		
2.05	19 ± 1,3		
2.06	21 ± 1,4		
2.07	22,5 ± 1,7		
2.08	*14,3 ± 1,1*		
2.09	21,9 ± 1,4		
3.02	23,5 ± 1,6		
3.03	24,8 ± 1,6		
3.04	22,2 ± 1,4		
3.06	21 ± 1,3		
4.01	22 ± 1,4		
6.01	35,4 ± 2,1	34,5 ± 2	0,41
6.02	33,7 ± 1,9		

Tableau 2 - Le tableau présente les âges d'exposition des échantillons prélevés sur les différentes niches d'arrachement et sur le rocher d'Abraham. Les lignes jaunes correspondent à la niche E1, les lignes orange à E2, les lignes bleues à E3 et les lignes jaune pâle au rocher d'Abraham.
** les âges individuels sont reportés avec une incertitude à 1σ.*
*** les âges moyens pondérés sont calculés sans tenir compte des valeurs aberrantes notées en italiques dans le tableau. Ces valeurs aberrantes sont identifiées en utilisant un test du Chi² avec un intervalle de confiance à 95% (2σ).*

IV - Scénario de fermeture de la grotte Chauvet et implications sur les fréquentations humaines et animales

Les âges obtenus par détermination de la durée d'exposition des surfaces rocheuses aux rayonnements cosmiques apportent de nouvelles connaissances chronologiques sur le déroulé du scénario de la fermeture de la grotte Chauvet mais aussi des connaissances géomorphologique sur le processus d'écroulement. Ces connaissances conduisent à affiner les hypothèses portant sur la géométrie du paléo-porche préhistorique de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc et permettent de proposer un scénario sur son évolution topographique depuis le début des fréquentations de la grotte Chauvet jusqu'à aujourd'hui.

1 - La chronologie de la fermeture de la grotte

a - Les implications pour la connaissance géomorphologique du processus d'écroulement

Ces nouvelles dates apportent un éclairage sur les mécanismes de déstabilisation de la paroi. Les âges obtenus sur les différentes niches d'arrachement démontrent l'existence de trois écroulements (E1, E2, E3). Ces trois événements se sont succédé d'ouest en est ; le prochain événement de grande ampleur pourrait être logiquement le pilier d'Abraham : les fentes de décollement sont ouvertes sur plus de quatre mètres au sommet de la paroi et se propagent en sifflet sur environ trente mètres de commandement. Seuls les 10 m à la base de ce pilier sont encore en contact avec la paroi.

Cette dynamique spatiale (d'ouest en est) et la présence d'une zone de broyage à l'ouest de E1 montrent que la déstabilisation de la paroi ne s'est pas effectuée par le bas (des blocs sous-jacents tombent et déstabilisent la paroi sus-jacentes) mais latéralement au niveau de la zone de broyage qui constituait alors un secteur préférentiel pour l'érosion. C'est environ un volume de 600 m^3 (Delannoy et *al.,* 2010) qui s'est détaché de la paroi par éboulisation, probablement sous forme de blocs à la granulométrie hétérogène. Ce volume s'est accumulé sous forme d'un dépôt d'éboulis au niveau de l'entrée et précéda les écroulements E1, E2, E3.

En connaissant son volume et la surface de l'aire de réception reconstruite (Delannoy et *al.,* 2010), il est désormais possible de préciser la fourchette altitudinale proposée pour la surface de la paléo-entrée de la grotte. En effet, cette surface avait pour altitude minimale 187 m à proximité de la salle des Bauges et 184 m au niveau de l'extrémité du versant. La répartition en 3D du volume de 600 m^3 sur cette surface en forme de cône (Figure 9) permet de déduire l'altitude maximale du sommet du cône en condition d'équilibre : 189 m NGF environ. Cette hypothèse concorde avec l'altitude des

plafonds (Figure 4) en laissant un espace suffisant pour que des blocs puissent pénétrer assez profondément dans la grotte malgré la présence d'imposants pendants de voûte.

Le renfoncement de la paroi ainsi créé par éboulisation suivant le tracé de la faille a conduit à la déstabilisation de l'écaille E1, positionnée le plus à l'ouest et au sommet de la paroi où les fentes de décollement sont les plus ouvertes. Ce secteur de la paroi était donc le plus favorable à la déstabilisation des 500 m^3 correspondant à la surface E1 âgée de 29,4 ka. L'aire de réception de cet écroulement, composée de blocs d'éboulis, était favorable à l'amortissement de l'énergie libérée par l'impact des blocs provenant de E1, et il est probable que dès cette époque, l'entrée de la grotte ait été encombrée par de gros blocs d'effondrement.

L'arrachement au sommet de la paroi de ce volume, ajouté à celui manquant le long de la zone faillée, a entrainé la déstabilisation et la chute du pilier correspondant à la surface E2 (23,5 ka) suivie de la chute du pilier (correspondant à la surface E3 - 21,5 ka). La présence des blocs issus de E1 a joué un rôle fondamental pour retenir la masse rocheuse écroulée au niveau de l'aire de réception en constituant une barrière assez résistante pour freiner la course des blocs résultants de la fracturation des piliers E2. La pente d'équilibre de l'actuel dépôt d'écroulement fut probablement acquise au cours de l'événement E3 (Figure 9). On observe, en effet, que le toit théorique du dépôt correspondant au volume d'E3 est bien au dessus de l'altitude actuelle du dépôt d'écroulement. Il est fort probable que le surplus de matériel se localise quelque part entre le présent dépôt et le talweg de l'Ardèche. Le colmatage total de la paléo-entrée de la grotte Chauvet est donc subséquent à l'événement E3 et chronologiquement instantané à l'échelle de temps considérée. Sur ce dépôt, on trouve ponctuellement quelques blocs liés à des réajustements mécaniques de la paroi et des concrétions (13,5 ka et 11 ka) scellant la surface à l'intérieur de la cavité.

b - Les implications archéologiques

Ce sont donc trois écroulements distincts qui ont eu lieu au-dessus du paléo-porche de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc : entre 29,4 ka et 21,5 ka. L'absence d'empreintes morphologiques supplémentaires à E1, E2 et E3 et l'absence d'âge d'exposition plus jeune que 21,5 ka sur la paroi investiguée montre que la paroi a acquis sa physionomie actuelle vers 21 ka. De même, une éboulisation de la paroi, postérieure à cette date, aurait conduit à une dispersion des âges d'exposition beaucoup plus importante. Il n'aurait pas été, dès lors, possible de les relier statistiquement à un seul événement. Par conséquent, la fermeture de la grotte Chauvet est subséquente à ces trois écroulements. Seuls des réajustements mineurs ont pu avoir lieu, comme en témoigne la date plus jeune à 14,1 ka. Cependant, le volume de ces chutes de blocs épars est mineur et estimé à quelques m^3. Cet ordre de grandeur est cohérent avec les observations des parois sujettes à des écroulements de grande ampleur (Ravanel et *al.*, 2010). La confrontation de ces nouvelles données avec les datations radiocarbones effectuées sur des ossements d'animaux prélevés dans la grotte Chauvet permet de valider l'hypothèse d'une fermeture brutale et définitive à la suite du dernier écroulement. En effet,

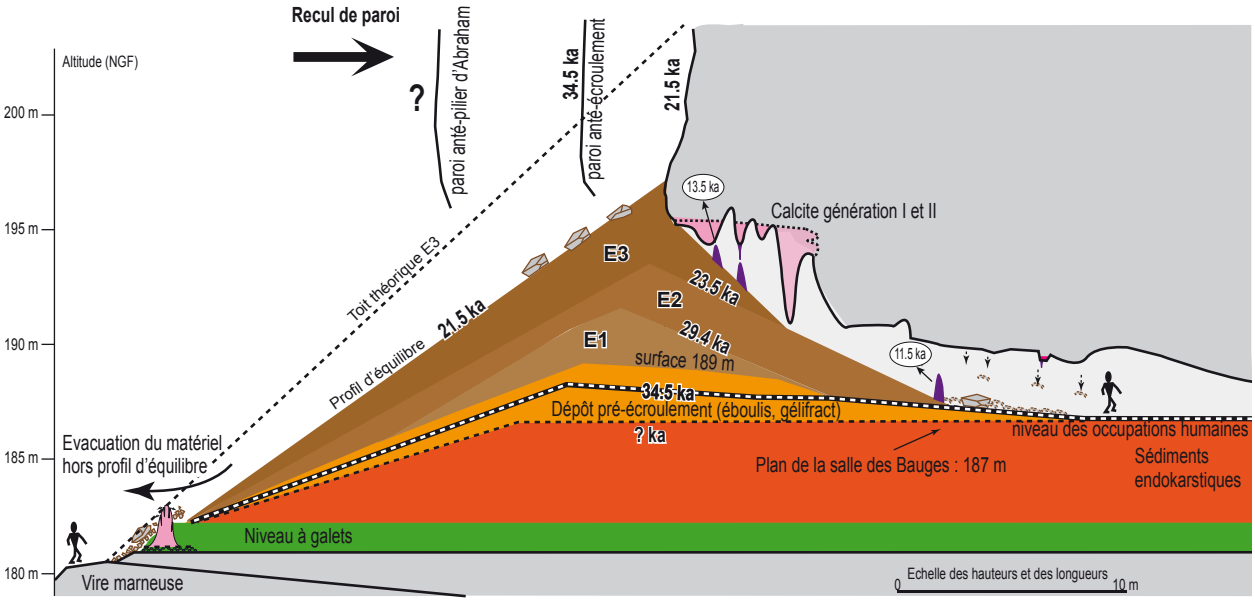


Figure 9 - Synthèse géométrique et chronologique des événements qui ont affecté le porche d'entrée de la grotte Chauvet. Chaque surface ou élément de surface sur le porche est daté en rapport avec l'événement qui l'a enfoui. Ainsi, l'âge de la surface marquant la transition entre les sédiments endokarstiques et le cône d'éboulis pré-écroulement n'est pas connu. Mais le début de sa construction est postérieur à l'écroulement qui a mis au jour le rocher d'Abraham et il s'est construit progressivement jusqu'à la déstabilisation et la chute de la masse rocheuse correspondante à E1.

aucune intrusion animale n'existe après les deux derniers écroulements c'est-à-dire entre 23,5 ka et 21,5 ka (Figure 10). Le fait qu'aucun animal ne pénètre dans la grotte après cette date révèle un lien de cause à effet entre les écroulements et l'arrêt des fréquentations animales et humaines. Il est donc possible d'écarter la possibilité d'une intrusion humaine postérieure à cette date, confirmant du même coup l'ancienneté de l'art présent dans la grotte Chauvet (Sadier et *al.,* 2012).

2 - Reconstitution de la fermeture du porche d'entrée

Un scénario chronologique et géométrique de la fermeture de la grotte Chauvet peut maintenant être proposé depuis le début des fréquentations humaines et animales jusqu'à l'actuel. Cette reconstitution est construite à partir d'indices géomorphologiques (Delannoy et *al.,* 2010) et chronologiques (Sadier et *al.,* 2012).

Le premier temps se situe depuis environ 45 ka (âges radiocarbone les plus anciens) jusqu'à 34,5 ka, l'âge auquel le pilier d'Abraham a été mis au jour par un écroulement de grande ampleur. A cette époque, la cavité était déjà recoupée par l'érosion régressive mais la lèvre supérieure du porche devait s'avancer d'une dizaine de mètres plus en avant que la position actuelle de la paroi (Figure 9). L'altitude du paléo-porche, contrainte par l'identification de formations endokarstique, faisant référence à la genèse de la cavité, scellées elles-mêmes par des dépôts carbonatés, se situait à environ 184 mètres NGF à l'extrémité du versant, à 187 m au niveau de la salle des Bauges et à 189 m NGF à l'aplomb de l'entrée correspondant à l'apex du cône d'éboulis alimenté par les blocs provenant de la zone de broyage (zone occidentale de la niche d'arrachement). Ses limites latérales correspondaient aux limites

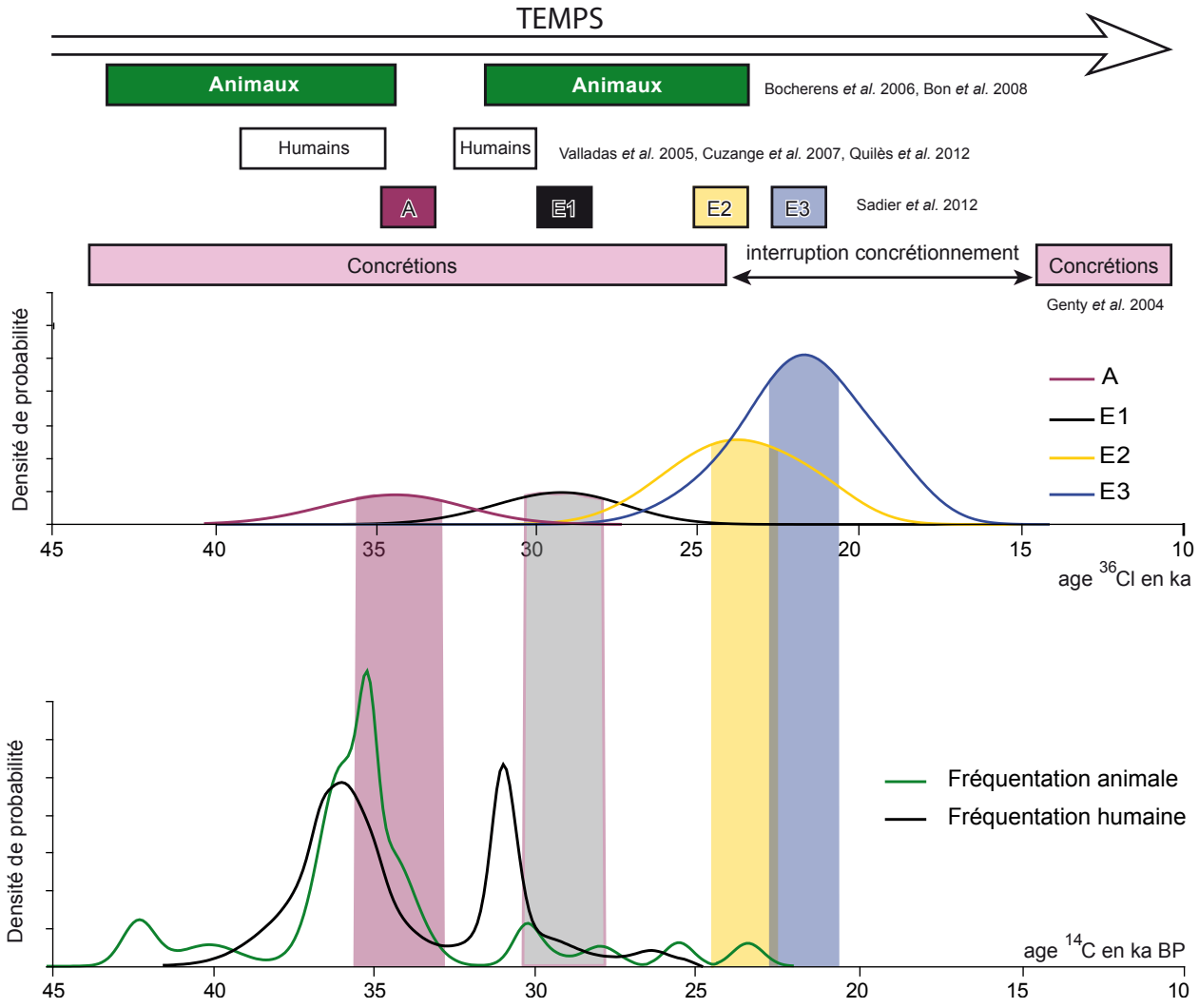


Figure 10 - Courbe de densité de probabilités des âges d'exposition ^{36}Cl et des âges ^{14}C calibrés (Intcal09, Reimer et al.*, 2009) des fréquentations humaines et animales. On note la bonne concordance entre la fin de la période de fréquentation animale et les âges des derniers écroulements, E2 et E3. «A» représente l'événement qui a mis au jour la paroi du pilier d'Abraham, E1, E2 et E3 correspondent aux trois niches d'arrachement (d'après Sadier et* al. *2012, modifiée).*

de parois actuelles. La géométrie a été reconstruite sur la base d'indice géomorphologiques (Delannoy et *al.,* 2010) ainsi qu'en reliant les contacts géologiques visibles sur le dépôt d'écroulement. Si les limites topographiques du porche d'entrée lui confèrent une large ouverture directement à l'aplomb de l'escarpement (Figure 11), les importants pendants de voûtes et piliers stalagmitiques, présents dès les premiers mètres de la cavité, réduisaient l'ouverture à un gabarit proche de deux mètres de diamètre cumulé dès les premiers pas dans la cavité. L'accès à la grotte devait se faire par l'entrée donnant directement sur la salle des Bauges.

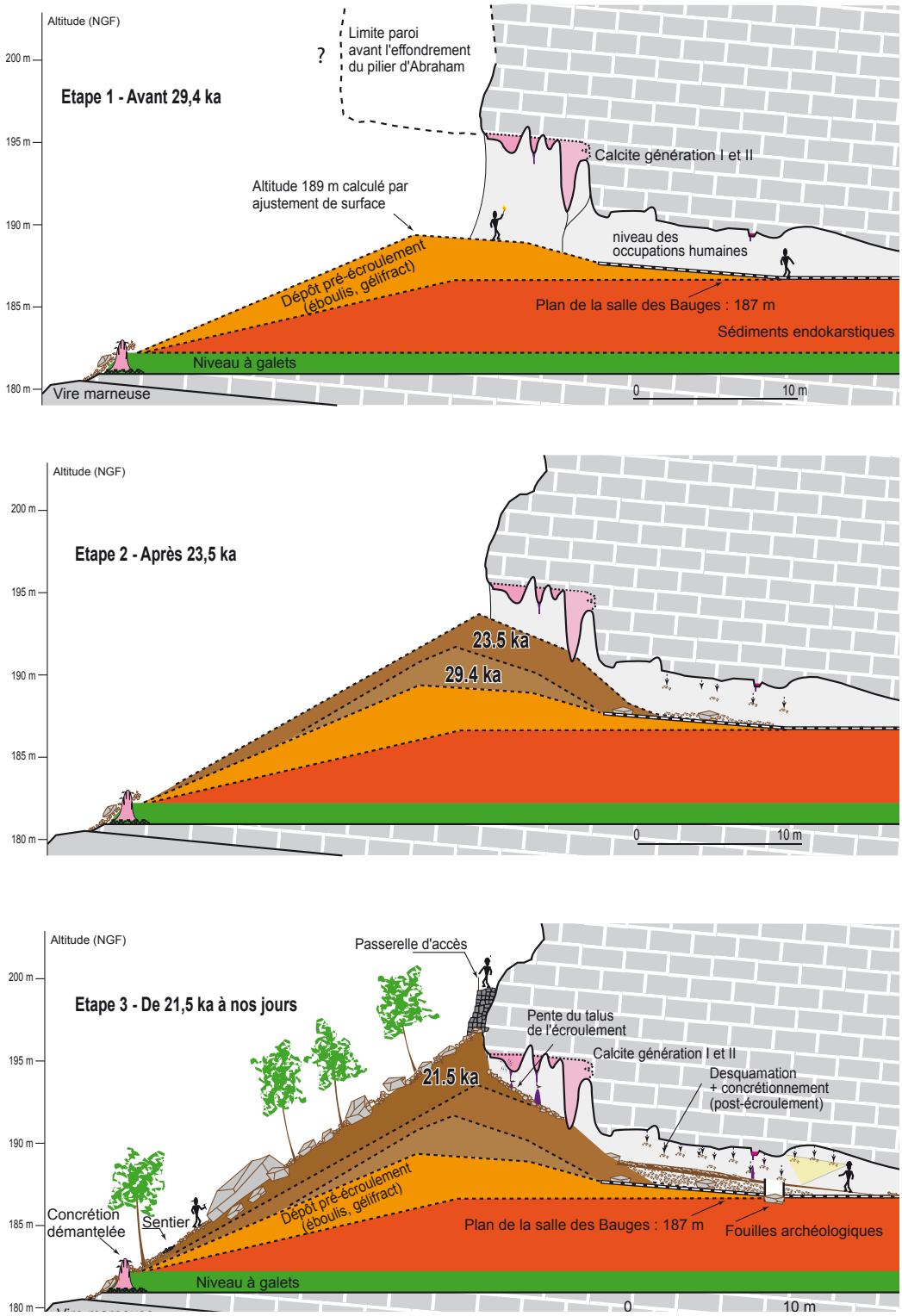


Figure 11 - Evolution géomorphologique du porche d'entrée de la grotte Chauvet. Les cotes altitudinales sont rattachées au système de nivellement Français (NGF). Les limites topographiques sont basées sur les relevés LiDAR.

En effet, un ressaut de trois mètres environ existait au niveau de l'entrée dans la galerie des passerelles (Figure 3). Ainsi, bien que la lumière de l'extérieur pénétrait par cette ouverture, l'entrée pour les hommes devait y être plus compliquée. La fin de cette période se marque par un écroulement qui met au jour la face du pilier d'Abraham. Il ne reste aucune trace visible de cet événement aujourd'hui dans le paysage mais c'est aussi à cette date que correspond statistiquement (Quilès et *al.,* 2012) la fin de la première période de fréquentation (Figure 11). Il conviendra à l'avenir de développer les recherches autour des relations de causalité entre ces différents événements.

La deuxième étape (Figure 11) correspond au premier écroulement daté à 29,4 ka, provenant de la niche d'arrachement E1, située le long d'une zone de broyage (faille décrochante senestre - Figure 4). Il est probable que c'est le délitement de la paroi au niveau de cette zone de broyage qui entraîna la déstabilisation du compartiment E1. La surface de réception étant alors une vaste plateforme correspondant à l'entrée de la grotte, le volume relativement modeste (500 m^3) de cet écroulement pouvait être entièrement stocké devant l'entrée de la grotte. Les dimensions du porche ont favorisé la dispersion de certains blocs assez loin à l'intérieur de la cavité. Cet événement correspond statistiquement (Quilès et *al.,* 2012) à la fin de la deuxième période de fréquentation humaine (Figure 10) mais pas animale. Cette dernière (mammifères de grande taille) prend fin consécutivement à l'écroulement correspondant à l'âge de la niche d'arrachement E2 à 23,5 ka. En effet, il est possible que le volume important de cet écroulement, évalué à 1 300 m^3 ait réduit très significativement l'entrée de la grotte, sans toutefois la fermer totalement. La réduction du gabarit de l'entrée est liée à l'accumulation des blocs au niveau des piliers et des pendants de voûtes au niveau de l'entrée qui ont eu un effet barrière.

La dernière étape (Figure 11) correspond à l'obstruction complète et à la fermeture définitive de la grotte consécutivement à l'écroulement qui eut lieu à 21,5 ka. Cet écroulement correspond à la surface E3 dont le dépôt est aujourd'hui scellé par des concrétions dont les âges varient entre 11,5 ka et l'actuel (Genty et *al.,* 2004). Depuis, le dépôt d'écroulement n'a pas connu de nouvelle phase de croissance comme le montre l'absence de matériel cryoclastique sur sa partie superficielle à l'extérieur de la cavité et l'absence d'âge significativement plus jeune sur la paroi. De plus, la présence de stalagmites déconnectées de leur point d'alimentation montre plutôt que le dépôt d'écroulement est depuis plusieurs milliers d'années dans une phase de compaction, et de fluage de la surface, traduisant donc une réduction de la surface et non une accrétion du toit du dépôt.

Conclusion

L'utilisation combinée des outils modernes de recherches géomorphologiques (LiDAR, isotopes cosmogéniques) a permis de contraindre les différentes étapes de la fermeture de la grotte Chauvet. C'est tout d'abord le processus d'écroulement qui a été mieux cerné dès lors que les âges des écroulements ont été connus. En retour, il a été possible d'affiner les hypothèses de reconstruction topographique de la paléo-entrée de la cavité.

Le cadre géométrique et temporel proposé dans cet article sur les conditions d'accès à la grotte par les hommes préhistoriques permet d'affirmer qu'aucun Homme ou animal n'a pu pénétrer et circuler dans la grotte après 21,5 ka, ce qui participe ainsi à clore le débat sur l'ancienneté de l'art présent dans la grotte Chauvet. Ce débat, ouvert depuis la publication des âges radiocarbone (Clottes et *al.*, 1995) en opposition avec les références jusque-là établies pour l'art préhistorique à partir de l'analyse stylistique (Leroi Gourhan, 1965), demandait de construire un raisonnement destiné à établir un cadre chronologique suffisamment solide pour qu'une grotte ornée puisse constituer un point de référence fiable en l'absence d'équivalents comparables (Chippindale et *al.*, 1998 ; Moro Abadia et *al*., 2007).

Le modèle chronologique (Sadier et *al*., 2012) et géométrique (Figures 10 et 11) proposé où convergent les résultats issus de trois ensembles de données méthodologiquement indépendantes (^{14}C, U/Th et ^{36}Cl) vise à répondre à ces attentes.

La cohérence des résultats tient aussi aux choix méthodologiques et à la stratégie d'échantillonnage sur le terrain. Une bonne connaissance géomorphologique associée à un cadre topographique précis ont permis de réduire de façon conséquente les incertitudes associées aux calculs d'âge d'exposition. Enfin, la reconstitution d'un cadre paléo-topographique (Figures 4 et 11) précise directement l'environnement des Hommes de la Préhistoire. Ceux-ci ont connu un grand porche au sol assez plan. Toutefois, la présence de pendants et de piliers stalagmitiques dès la zone d'entrée a dû limiter la propagation de la lumière à l'intérieur de la grotte. Cela ouvre des perspectives nouvelles et prometteuses sur l'étude de l'art pariétal en offrant maintenant la possibilité de modéliser le contexte endokarstique dans lequel évoluaient les hommes du Paléolithique et d'analyser les interactions qui pouvaient exister entre l'Homme et la grotte (Pastoors, 2011).

Remerciements

Nous tenons à remercier le cabinet Perazio pour les facilités d'utilisation des données 3D acquises dans la grotte.

Bibliographie

André M.-F., Etienne S., Mercier D., Vautier F., Voldoire O., 2008. Assessment of sandstone deterioration at Ta Keo temple (Angkor) : first results and future prospect. *Environnemental geology*, 56, 677-688.

Bocherens H., Drucker D., Billiou D., Geneste J.-M., van der Plicht J, 2006. Bears and humans in Chauvet cave (Vallon Pont d'Arc, Ardèche, France): insights from stable isotopes and radiocarbon dating of bone collagen. *J. Hum Evol,* 50, 370-376.

Bon C., Caudy N., de Dieulevaut M., Fosse P., Philippe M., Maksud F., Beraud Colomb E., Bouzaid E., Kefi R., Laugier C., Rousseau B., Casane D., van der Plicht J., Elalouf J-M., 2008. Deciphering the complete mitochondrial genome and phylogeny of the extinct cave bear in the paleolithic painted cave of Chauvet. *Proc natl Acad Sciences USA,* 105, 17447-17452.

Braucher R., Merchel S., Borgomano J., Bourlès D.L., 2011. Production of cosmogenic radionuclides at great depth: A multi element approach. *Earth and Planet Sci. Lett.*, 309, 1-2, 1-9.

Clottes J., Chauvet J.-M., Brunel-Deschamps E., Hillaire C., Daugas J.-P., Arnold M., Cachier H., Evin J., Fortin P., Oberlin C., Tisnérat N., Valladas H., 1995. Les peintures paléolithiques de la grotte Chauvet à Vallon pont d'arc (Ardèche, France) ; datations directes et indirectes par la méthode du radiocarbone. *C.R. Académie des sciences Paris*, 320, II a, 1133-1140.

Clottes J. (éd.), 2001. L'art des origines, Editions du Seuil.

Chippindale C., Taçon P., 1998. *In* C. Chippindale & P. Taçon (eds), The Archaeology of Rock Art, CUP, Cambridge. 90-111.

Curry A. M., Morris C.-J., 2004. Lateglacial and Holocene talus slope development and rockwall retreat on Mynydd Du, UK. *Geomorphology*, 58, 85-106.

Cuzange M.-T., Delqué-Kolic E., Goslar T., Grootes P. M., Higham T., Kaltnecker E., Nadeau M.-J., Oberlin C., Paterne M., van der Plicht J., Bronk Ramsey C., Valladas H., Clottes J., Geneste J.-M., 2007. Radiocarbon intercomparison program for Chauvet cave. *Radiocarbon*, 49, 339-347.

Debard, E., 1997. Les remplissages karstiques du Bas Vivarais: karstogénèse, sédimentogénèse et archéologie. *Quaternaire*, 8, 305-317.

Delannoy, J.-J., Perrette Y., Debard E., Ferrier C., Kervazo B., Perroux A.-S., Jaillet S., Quinif Y., 2004. Intérêt de l'approche morphogénique pour la compréhension globale d'une grotte à haute valeur patrimoniale : la grotte Chauvet (Ardèche). *Karstologia*, 44, 25-42.

Delannoy, J.-J, Sadier B., Jaillet S., Ployon E., Geneste J.-M., 2010. Reconstitution de l'entrée préhistorique de la grotte Chauvet-Pont d'Arc (Ardèche, France) : les apports de l'analyse géomorphologique et de la modélisation 3D. *Karstologia*, 56, 21-38.

Dunai T.-J., 2010. Cosmogenic Nuclides - Principles, concepts and applications in the Earth Surface Sciences. New York, Cambridge University Press

Dunne J., Elmore D., Muzikar P., 1999. Scaling factors for the rates of production of cosmogenic nuclides for geometric shielding and attenuation at depht on sloped surfaces. *Geomorphology*, 2, 3-11.

Frayssines M., Hantz D., 2009. Modelling and back analysing failures in steep limestone cliffs. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 46, 1115-1123.

Gély B., Maksud F., 2010. Sondage GE1 dans la galerie d'entrée in "Etudes pluridisciplinaires à la grotte Chauvet-Pont d'Arc (Ardèche)"- Rapports d'activités triennaux 2007-2009 et perspectives 2010-2012, 249-278.

Genty D., Ghaleb B., Plagnes V., Causse C., Valladas H., Blamart D., Massault M., Geneste J.-M., Clottes J., 2004). Datations U/th (TIMS) et 14C (AMS) des stalagmites de la grotte Chauvet (Ardèche, France) : intérêt pour la chronologie des événements naturels et anthropiques de la grotte [TIMS U/Th and 14C AMS ages of the Chauvet cave stalagmites: interest for the chronology of natural and humanevents of the cave]. *C.R. Palevol,* 3, 629-642.

Gosse, J.-C., Phillips, F.-M., 2001. Terrestrial in situ cosmogenic nuclides : theory and application. *Quaternary Sci. Rev.*, 20, 1475-1560.

Hantz D., Frayssines M., 2007. Contribution à l'évaluation de la durée de vie d'un compartiment rocheux susceptible de s'ébouler. *Revue française de géotechnique*, 119, 65-72.

Inkpen R.-J., Stephenson W.-J., Kirk R.-M., Hemmingsen M.-A., Hemmingsen S.-A., 2010. Analysis of relationships between micro-topgraphy and short and long term erosion rate on shore platforms at kaikoura Paeninsula, Souyth island, New Zealand. *Geomorpholgy*, 121, 266-273.

Jaillet S., Maire R., Brehier F., Despain J., Lans B., Morel L., Pernette J.-F., Ployon E., Tourte B., 2008. Englacement, eustatisme et réajustements karstiques dans l'archipel de madre de dios (Patagonie, Chili). *Karstologia,* 51, 1-24.

Miskovsky J.-C., 1997. Paléoenvironnements de l'homme préhistorique d'après l'étude de karst et des remplissages de grottes et d'abris. *Quaternaire*, 8, 319-327.

Moro Abadia O., Gonzales Morales M.-R., 2007. Thinking about «style» in the Post stylistic Era : reconstructing the stylistic context of Chauvet Cave. *Oxford Journal of Archeology*, 26, 109-127

Pastoors A., Weniger G.-C., 2011. Cave art in context : Method for the analysis of the spatial organisation of cave sites. *Journal of Archeological research*, 1-24

Pettitt P., 2008. Art and the middle-to-upper Paleolithic transition in Europe : comments on the archeological arguments for an early Upper Paleolithic antiquity of the grotte Chauvet Art. *J. of Hum. Evol*., 55, 908-917.

Quilès A., Valladas H., Geneste J.-M., Genty D., Elalouf J.-M., Sadier B., 2012. Bayesian modelling of the chauvet cave dating. 21st International Radiocarbon conference, Paris, Oral presentation.

Ravanel L., Deline P., 2010. Climate influence on rockfalls in high-Alpine steep Rockwalls The north side of the Aiguilles de Chamonix (Mont Blanc massif) since the end of the Little Ice Age. *Holocene*, 357-365.

Reimer, P.-J., Baillie M.-G.-L., Bard E., Bayliss A., Beck J.-W., Blackwell P.-G., Bronk Ramsey C., Buck C.-E., Burr G.-S., Edwards R.-L., Friedrich M., Grootes P.-M., Guilderson T.-P., Hajdas I., Heaton T.-J., Hogg A.-G., Hughen K.-A., Kaiser K.-F., Kromer B., Mc Cormac F.-G., Manning S.-W., Reimer R.-W., Richards D.-A., Southon J.-R., Talamo S., Turney C.-S.-M., van der Plicht J., Weyhenmeyer C.-E., 2009. Intcal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0 - 50000 years cal BP. *Radiocarbon*, 51, 1111-1150.

Sadier B., Delannoy J.-J., Benedetti L., Bourlès 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. 8002-8006.

Schimmelpfennig I., Benedetti L., Finkel R., Pik R., Blard P.-H., Bourlès D., Burnard P., Williams A., 2009. Source of in situ ^{36}Cl in basaltics rocks. Implication for calibration of production rates. *Quaternary Geochronology*, 4, 441-461.

Stone J.-O., Allan G.-L., Fifield L.-K., Cresswell R.-G., 1996. Cosmogenic chlorine-36 from calcium spallation. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 60, 679-692.

Stone J.-O., 2000. Air pressure and cosmogenic isotope production. *J. Geophy. Res.*, 105, 23753-23759.

Valladas H., Clottes J., Geneste J.-M., Garcia M., Arnold M., Cachier H., Tisnerat-Laborde N., 2001. Evolution of prehistoric cave art. *Nature*, 413, 479.

Valladas H., Tisneat Laborde N., Cachier H., Kaltnecker E., Arnold M., Oberlin C., Evin J., 2005. Bilan des datations carbone 14 effectuées sur des charbons de bois de la grotte Chauvet. *Bulletin de la Société Préhistorique Française,* 102, 109-113.

Ward G.-K., Wilson S.-R., 1978. Procedures for comparing and combining radiocarbon age determinations: a critique. *Archaeometry*, 20, 1, 19-31.

Züchner C., 2007. La grotte Chauvet – Un sanctuaire aurignacien ? Les conséquences pour l'art paléolithique. *In* Les chemins de l'art aurignacien en Europe. H. Floos, N. Rouqueyrol (éd.). Musée-forum Aurignac, cahier 4, 409-420.

LES SPÉLÉOTHÈMES DE LA GROTTE CHAUVET - PONT-D'ARC APPORTS CHRONOLOGIQUES ET PALÉOCLIMATIQUES SYNTHÈSE DES TRAVAUX PUBLIÉS

Chauvet Cave chronology and paleoclimatic reconstructions using speleothems

Dominique GENTY

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, UMR 8212 CNRS-CEA-UVSQ
L'Orme des Merisiers, bât. 701, 91191 Gif-sur-Yvette cedex.

Contact : dominique.genty@lsce.ipsl.fr

Résumé

L'étude des spéléothèmes de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc (Ardèche), commencée en 1999, a apporté des informations essentielles sur la chronologie concernant l'histoire géomorphologique de la grotte ainsi que des informations précieuses sur l'évolution du climat à différentes périodes du dernier cycle climatique. Nous présentons ici une synthèse des résultats issus de travaux publiés avec l'aide de nombreux collaborateurs ; travaux effectués sur 15 spéléothèmes : 11 stalagmites, 3 planchers stalagmitiques et 1 stalactite. Grâce à 90 datations uranium-thorium, trois phases principales de concrétionnement ont été jusqu'à présent reconnues : (i) 124,2 - 99,8 ka correspondant au stade isotopique 5 ; (ii) 32,8 - 22,3 ka, couvrant les stades 3 et 2, et (iii) 15,2 - 0 ka coïncidant avec le Tardiglaciaire et l'Holocène, période au cours de laquelle la majorité des échantillons étudiés se sont développés. Un hiatus de croissance lié à la péjoration climatique du dernier maximum glaciaire a pu être contraint sur une des stalagmites entre 22,1 ka ±0,4 et 15,3 ka ±0,25. Ces datations ont aussi permis de contraindre l'âge d'un grand effondrement situé dans une grande salle au fond de la grotte (salle Hillaire), celui-ci étant postérieur à 7,7 ka ± 1,6. Dans cette même zone, les premières couches de calcite recouvrant des charbons provenant du sol archéologique ont pu être datées (~27,8 ka ±1,9) et ont ainsi confirmé l'âge de ces charbons (33,7 à 35,3 cal. ka). Enfin, les âges les plus anciens actuellement trouvés sur les premières couches de calcite des stalagmites ayant poussé sur la partie sommitale de l'éboulis d'entrée montrent que la grotte à été obstruée avant 13,1 ka ±0,1, ce qui est cohérent avec d'autres méthodes qui situent la fermeture aux environs de 22 ka. Parallèlement aux datations, plus de 600 analyses isotopiques réalisées sur la calcite de ces spéléothèmes ($\delta^{18}O$ et $\delta^{13}C$) ont permis de dresser une histoire climatique détaillée principalement entre 15,3 ka et la période actuelle. Ces résultats, qui représentent un des rares enregistrements continentaux bien daté et à haute résolution, ont mis en évidence des similitudes mais aussi des différences sensibles par rapport aux enregistrements glaciaires du Groenland et ont précisé la chronologie des événements couvrant la période du Bølling-Allerød et du Dryas Récent.

***Mots-clés** : grotte Chauvet, speleothèmes, paléoclimat, isotopes stables.*

Abstract

The study of the Chauvet Cave (Ardèche, South-France) speleothems, initiated in 1999, brought results about the chronology of the history of the cave and allows paleoclimatic reconstructions of the last climatic cycle. We present here a synthesis of already published results that were obtained with the help of numerous collaborators. Fiveteen speleothems were analysed : 11 stalagmites, 3 flowstones and one stalactite. Thanks to 90 uranium-thorium ages, three main phases of speleothem growing have been defined: (i) 124.2 - 99.8 ka coinciding with MIS5; (ii) 32.8 - 22.3 ka that covers MIS3 and 2 and (iii) 15.2 - 0 ka covering the Lateglacial and Holocene periods and in which most speleothems developed. A growth hiatus that coincides with the climatic deterioration of the last glacial maximum was precisely dated on a single stalagmite between 22.1 ka ±0.4 and 15.3 ka ±0.25. These U-Th datings also permitted to constrain the age of a collapse that happened far inside the cave (Salle Hillaire) after 7.7 ka ±1.6. In the same area, the first calcite layers that grew on the archaeological soil were dated at ~27.8 ka ±1.9 confirming the old ^{14}C ages made on prehistoric charcoals found on this soil (33.7 to 35.3 cal. ka). Finally, the oldest ages found on the first calcite layers of several stalagmites that grew on the top part of the entrance collapse demonstrate that the Chauvet Cave entrance was closed before 13.1 ka ±0.1, which is in agreement with other dating methods that dated this collapse at about 22 ka. Parallel to the U-Th dating, more than 600 isotopic analyses, performed on the speleothem calcite ($\delta^{18}O$ and $\delta^{13}C$), permitted to reconstruct detailed paleoclimatic changes since 15.3 ka. These results highlight similarities but also differences with Greenland ice core records and gave precise ages to climatic events that occurred during the Bølling-Allerød and Younger-Dryas periods.

***Keywords**: Chauvet cave, speleothems, paleoclimate, stable isotopes.*

I - Cadre environnemental actuel

La compréhension du signal isotopique et géochimique des spéléothèmes passe par une compréhension du site étudié au niveau de l'hydrologie (pluies, débits, compositions isotopiques et chimiques de l'eau d'infiltration, de la pluie), de l'atmosphère de la grotte (températures, CO_2), de la végétation en surface, etc. Depuis 1999, nous effectuons des prélèvements d'air et d'eau (dans la grotte et à l'extérieur à Orgnac pour la pluie en collaboration avec F. Bourges) pour y analyser la composition isotopique. Parallèlement, des capteurs autonomes et de petite dimension ont été installés pour mesurer les débits à divers endroits dans la grotte pour compléter les mesures environnementales effectuées en continu par F. Bourges (températures, pCO_2, humidité essentiellement) (Bourges et *al*., 2006). Les résultats de ces mesures, qui ne seront pas détaillés ici, ont apporté quelques éléments essentiels pour l'étude des spéléothèmes :

– la composition isotopique de l'eau d'infiltration est stable et peu variable d'un endroit à l'autre, ce qui montre l'homogénéisation de l'eau de pluie dans le karst au-dessus de la grotte, comme dans de nombreux autres sites. La valeur moyenne du $\delta^{18}O$ de l'eau est de -6,8 ‰ ± 0,1, celle du δD = -42,0 ‰ ± 1,0, ces valeurs sont proches de la moyenne annuelle de celle de la pluie (Figure 1) ;

– le $\delta^{13}C$ du CO_2 de l'air prélevé régulièrement dans la salle des Bauges, dans la galerie du Mégacéros et dans la salle du Fond, avec des valeurs de -22,5 à -24,8 ‰, démontre l'origine biologique du gaz carbonique, dont la concentration peut dépasser 3% et est toujours supérieure à 1% ;

– l'analyse du ^{14}C contenu dans le CO2 de l'air montre que celui-ci est récent ;

– comme dans la plupart des grottes, les débits sous les stalactites montrent des variations saisonnières sur lesquelles se superposent des variations à plus hautes fréquences en cours d'étude.

Enfin, des verres de montre (env. 12 cm de diamètre) sont mis sous des stalactites actives pour étudier les dépôts de calcite moderne (fractionnements isotopiques, éléments traces) et servir de références par rapport aux mesures faites sur les stalagmites anciennes.

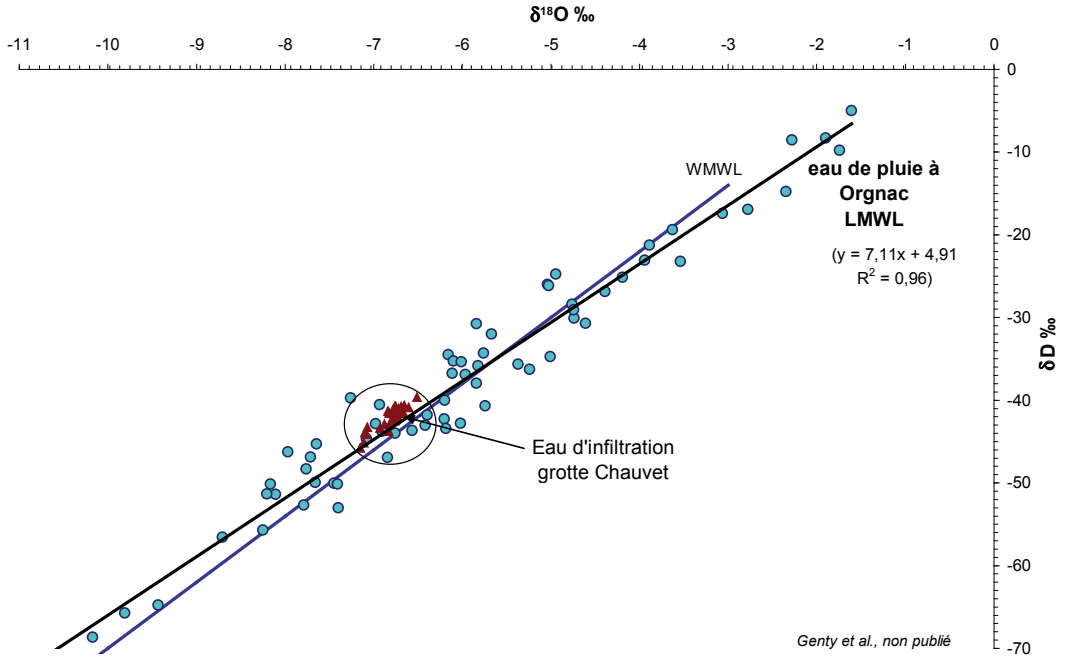


Figure 1 - Composition isotopique de l'eau d'infiltration de la grotte Chauvet, comparaison avec la droite météorique locale établie à Orgnac (LMWL) et mondiale (WMWL). Les ronds représentent les mesures effectuées sur les pluies, les triangles celles faites sur les eaux d'infiltration, sous les stalactites.

II - Echantillonnage des spéléothèmes

Les spéléothèmes étudiés proviennent des travaux d'aménagement de la grotte (mise en place des passerelles ayant conduit localement à la suppression de plancher) et de prélèvements sur les blocs calcaire de l'éboulis de la zone d'entrée essentiellement. Depuis le début de l'étude de la grotte Chauvet, nous avons échantillonné 11 stalagmites, 3 planchers stalagmitiques et une fistuleuse (Figure 2).

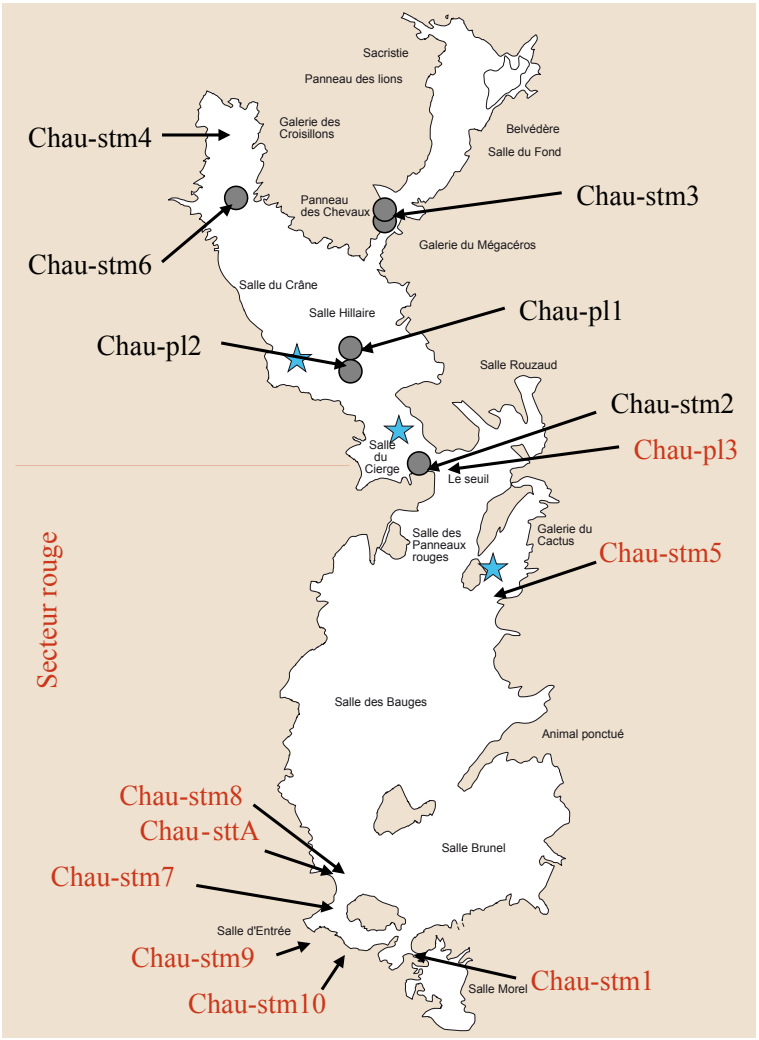


Figure 2 - Localisation des quinze spéléothèmes étudiés (sttA = stalactite ; stm = stalagmite ; pl = plancher stalagmitique). Des charbons ont été trouvés sous certains spéléothèmes et datés (ronds gris). Les étoiles bleues représentent les stations d'échantillonnage d'eau d'infiltration sous les stalactites.

Les stalagmites sont composées de calcite de fabrique cristalline columnaire, souvent de type compacte (ex. Chau-stm5), parfois poreuse (ex. Chau-stm1) mais aussi avec les deux types (Chau-stm4) (Figures 3 et 4). Leur hauteur varie de 6 cm (Chau-stm7) à 66 cm (Chau-stm6). Un fragment de fistuleuse a été extrait d'un sondage fait dans la zone d'entrée, au niveau de l'éboulis. Les planchers proviennent de la bordure du grand effondrement de la salle Hillaire et de la zone du Passage au centre de la grotte. Ce dernier, très massif, présente des traces d'usure (poli) liées aux passages fréquents des ours dans ce resserrement.

De nombreuses analyses ont été effectuées sur l'ensemble des échantillons prélevés dans la grotte Chauvet : 90 datations uranium-thorium (U-Th), 92 analyses ^{14}C sur calcite, 6 analyses ^{14}C sur charbons trouvés sous les spéléothèmes et plus de 600 isotopes stables sur la calcite $\delta^{13}C$ et $\delta^{18}O$.

Ces analyses ont contribué à apporter, d'une part, des jalons chronologiques sur l'histoire géomorphologique de la grotte (Genty et *al.*, 2004, 2005), et, d'autre part, des informations sur les variations climatiques passées de la région (Bourdin et *al.*, 2011 ; Genty et *al.*, 2006 ; Wainer, 2009).

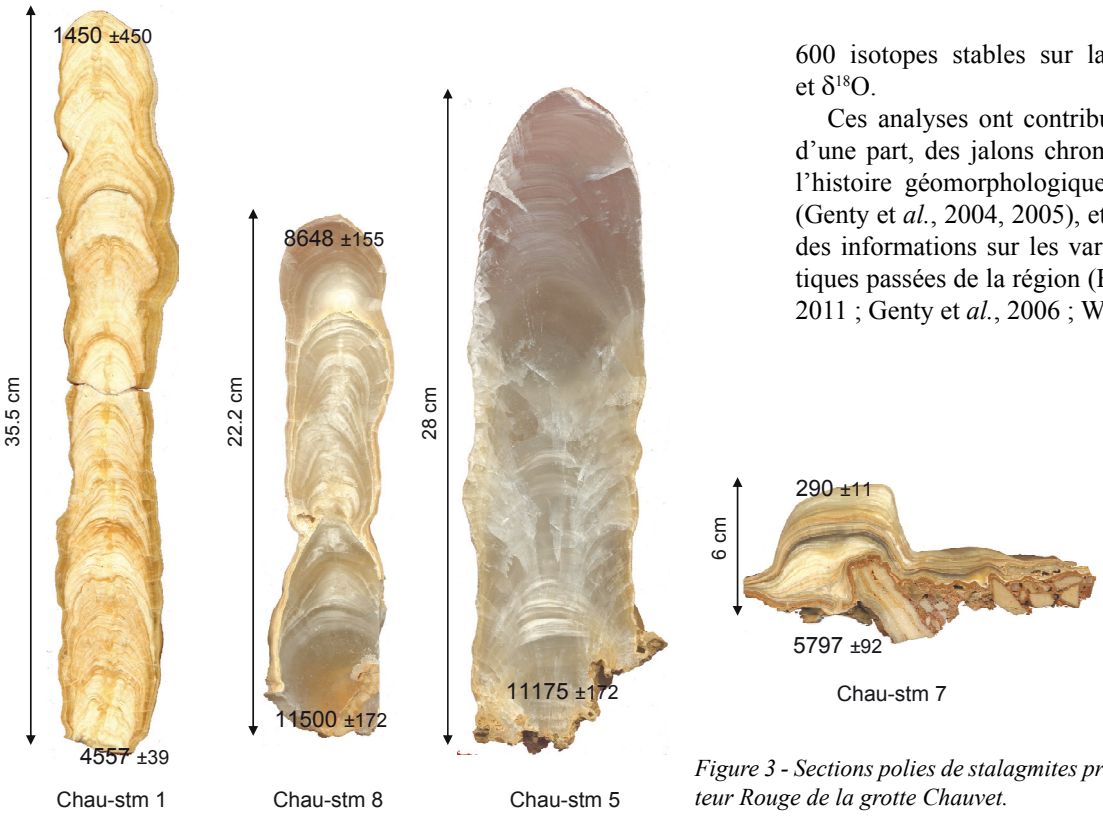


Figure 3 - Sections polies de stalagmites provenant du secteur Rouge de la grotte Chauvet.

Figure 4 - Sections polies de stalagmites provenant du fond de la grotte Chauvet et du Passage.

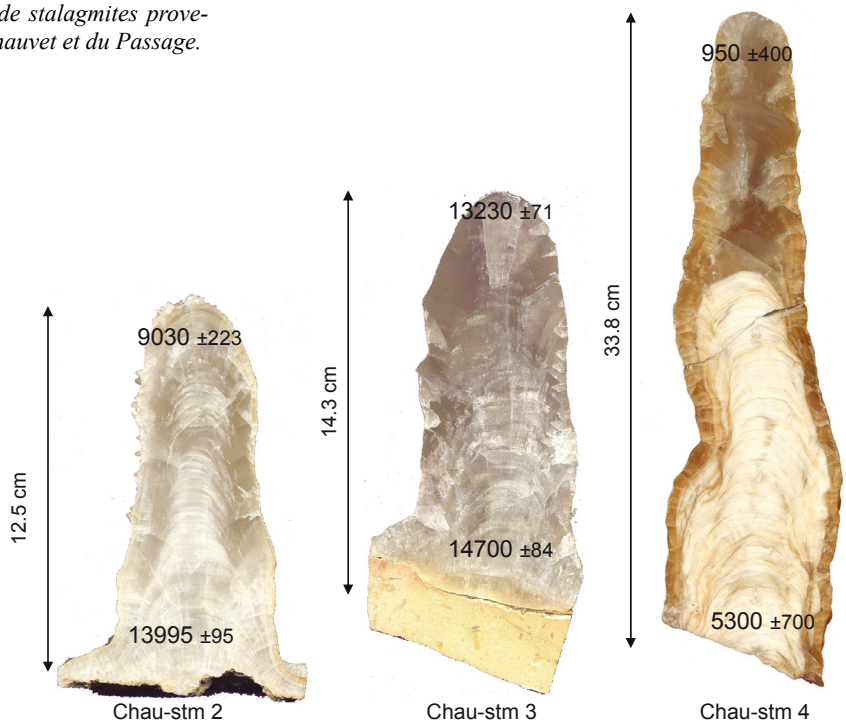
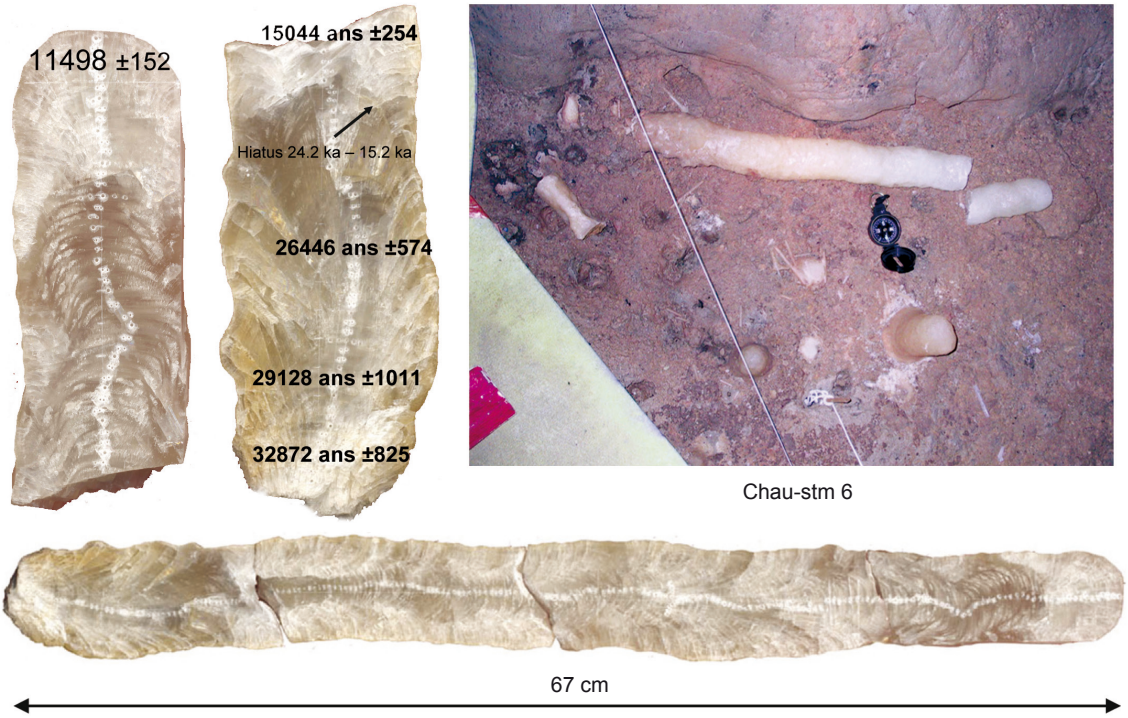


Figure 5, ci-dessous - Stalagmite Chau-stm6. Cet échantillon, trouvé couché sur le sol archéologique, a produit parmi les résultats les plus remarquables jusqu'à présent (enregistrement haute résolution du Bølling-Alleröd et du Dryas récent).



III - Apports chronologiques des spéléothèmes

Les datations U-Th des spéléothèmes de la grotte Chauvet informent sur trois points essentiels :

– le grand effondrement de la salle Hillaire est postérieur à 7,7 ka ± 1,6 ;

– les bases de la stalagmite Chau-stm6 et du plancher Chau-pl1 confirment, par une méthode indépendante du ^{14}C, l'âge ancien des charbons du sol archéologique (> 30 ka) ;

– l'éboulis de la zone d'entrée est antérieur à 13,3 ka ± 0,8 et 13,2 ans ± 0,1, âges les plus anciens trouvés à la base de la stalagmite Chau-stm9 et sur la fistuleuse du sondage (qui était recouverte de plaquettes calcaire décollées du plafond). La limite de ce dernier résultat pour donner un âge à l'éboulis est liée, d'une part, au nombre d'analyses effectuées et, d'autre part, aux périodes favorables à la croissance des spé-

léothèmes. En effet, comme le développement des spéléothèmes est lié aux conditions climatiques, il est important de bien connaître, pour une région donnée, les périodes favorables à leur croissance, et inversement, celles au cours desquelles ils n'ont pas pu croître à cause de périodes de froid et/ou de sécheresse extrêmes. Les nombreuses datations U-Th effectuées à Chauvet ont permis de connaître ces limites autour du Dernier Maximum Glaciaire.

Périodes et vitesses de croissance

Le plancher stalagmitique Chau-pl3 du Passage est le spéléothème le plus ancien étudié pour l'instant dans la grotte Chauvet ; il s'est développé entre 124,2 ka ±3,1 et 99,8 ka ± 2,3 (Figure 6). Son étude, non encore publiée, recouvre les stades isotopiques 5,5 à 5,3 (Wainer, 2009). Seule la base de la stalagmite Chau-stm6 couvre une partie des stades isotopiques 3 et 2, toutes les autres stalagmites ont poussée tardivement, après 15,2 ka (Figures 6 et 7). Les âges des deux autres planchers (Chau-pl1 et Chau-pl2) ont des incertitudes plus élevées que celles des stalagmites car ils sont contaminés par des éléments détritiques qui apportent du ^{230}Th et vieillissent les âges réels ; malgré une correction appliquée pour corriger cet effet, les barres d'erreurs restent grandes.

Les vitesses de croissance moyennes des stalagmites étudiées vont de quelques µm/an à 1,9 mm/an, maximum atteint pour la stalagmite Chau-stm6 vers 14,5 ka (Figure 8). Le débit et la teneur en Ca^{2+} sont les principaux facteurs contrôlant la vitesse de croissance d'une stalagmite (Dreybrodt, 1999), celle-ci est donc liée aux conditions climatiques. La reprise de la croissance des stalagmites est bien visible au niveau de deux changements climatiques importants : la transition vers le Bølling, vers 15 ka (Chau-stm6, Chau-stm3) et la transition vers le Préboréal et le début de l'Holocène (Chau-stm5, 8 et 9), vers 11,5 ka (Figure 8).

Deux stalagmites présentent un hiatus de croissance bien marqué : Chau-stm6 et Chau-stm5. Le premier est lié au froid comme le montrent les isotopes stables qui varient à proximité de ses limites ainsi que la coïncidence avec le maximum glaciaire. Il est à noter que ce dernier n'était pas facilement visible sur la section polie et que seul un éclairage par transparence le fait bien apparaître (Figure 9). Le second hiatus observé sur la stalagmite Chau-stm5, entre 7,4 ka ± 0,2 et 2,4 ka ± 0,06, a été découvert grâce à la multiplication des datations U-Th. Celui-ci est surprenant car il ne semble pas correspondre à une variation climatique (Chau-stm9, qui a une croissance parallèle, continue de croître pendant cette période).

Les vitesses de croissance sur un nombre suffisant d'échantillons sont un bon indicateur du climat local, mais les reconstitutions paléoclimatiques s'appuient surtout sur les dosages des isotopes stables de la calcite (δ^{13}C, δ^{18}O) et sur les concentrations et isotopes des éléments traces.

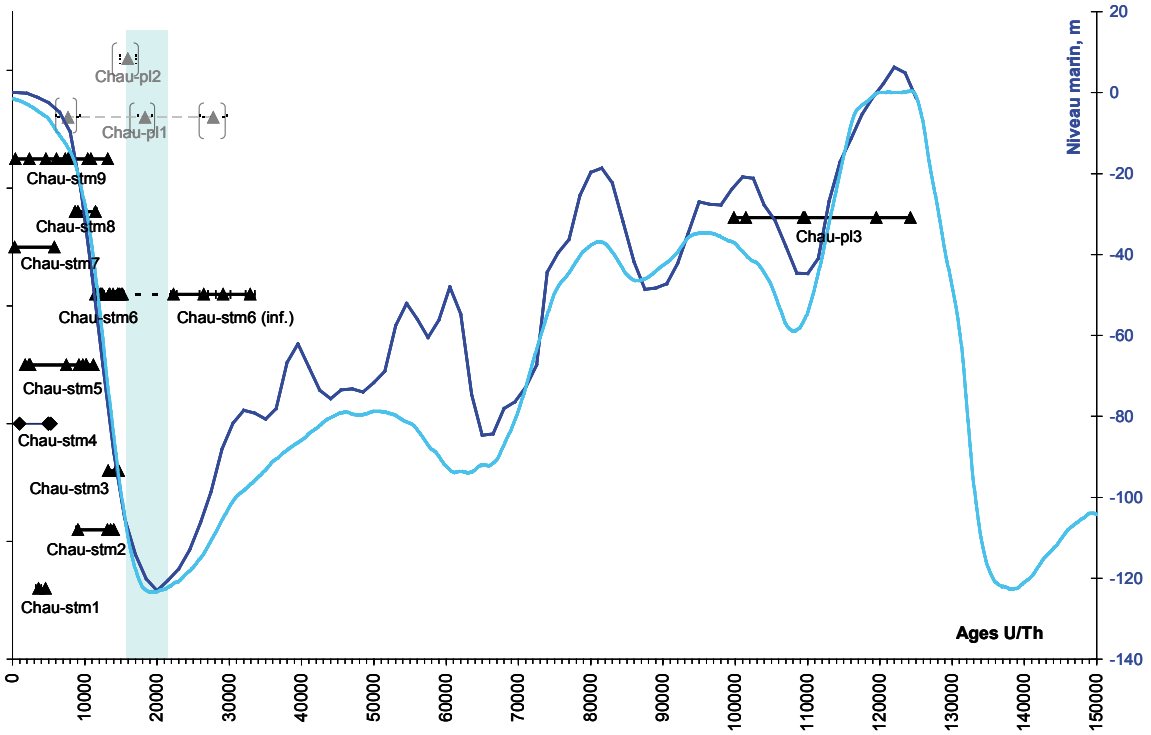


Figure 6 - Distribution des âges des spéléothèmes de la grotte Chauvet. Comparaison avec les variations climatiques globales marquées ici par le niveau de la mer, à basse et haute résolution respectivement (Bintanja et al.*, 2005 ; Waelbroeck et* al.*, 2002). L'axe de gauche représente les échantillons (numéros d'ordre), le rectangle bleu permet de visualiser le hiatus de croissance.*

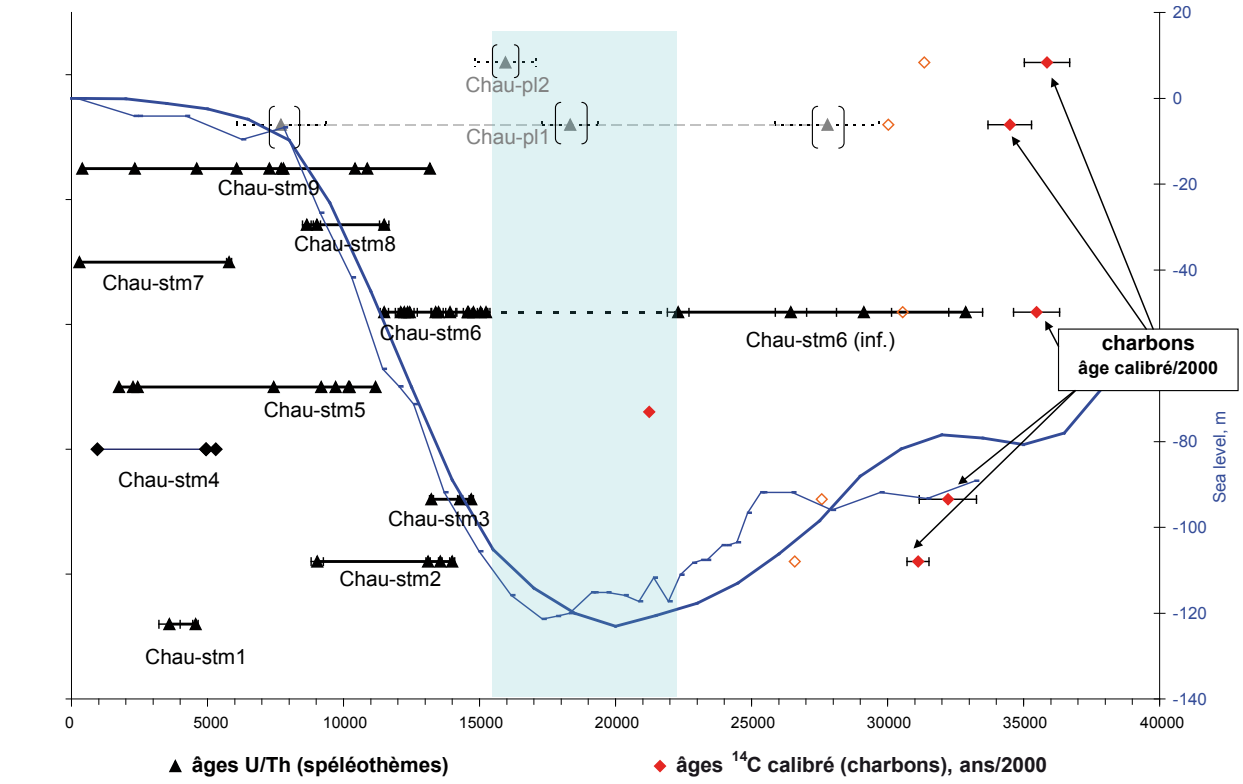


Figure 7 - Distribution des âges des spéléothèmes de la grotte Chauvet, comparaison avec les âges des charbons trouvés sous ou à proximité des spéléothèmes. On note le hiatus entre 22,3 et 15,2 ka coïncidant avec le niveau marin minimum représenté ici à différentes résolutions et durées (Bintanja et al.*, 2005 ; Waelbroeck et* al.*, 2002). L'axe de gauche représente les échantillons (numéros d'ordre), le rectangle bleu permet de visualiser le hiatus de croissance.*

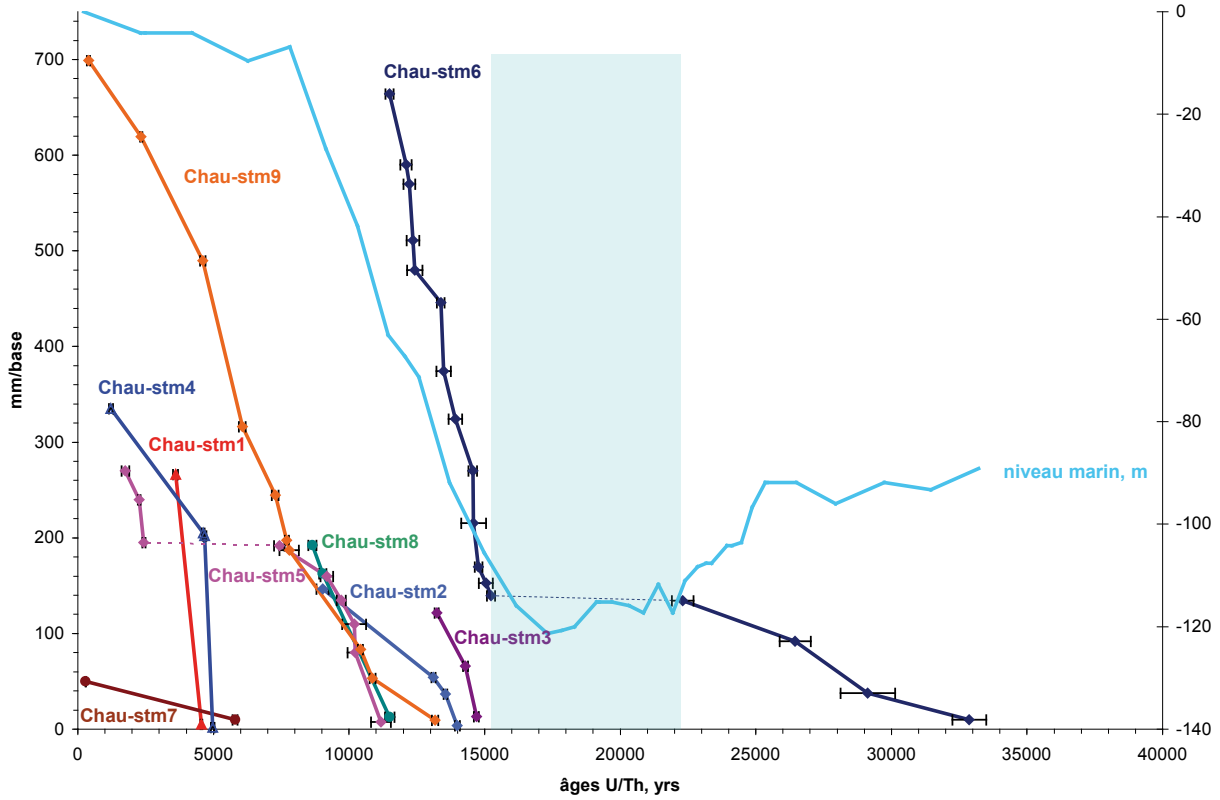


Figure 8 - Courbes de croissance des stalagmites de la grotte Chauvet. L'axe de droite représente le niveau marin en mètres (Waelbroeck et al.*, 2002).*

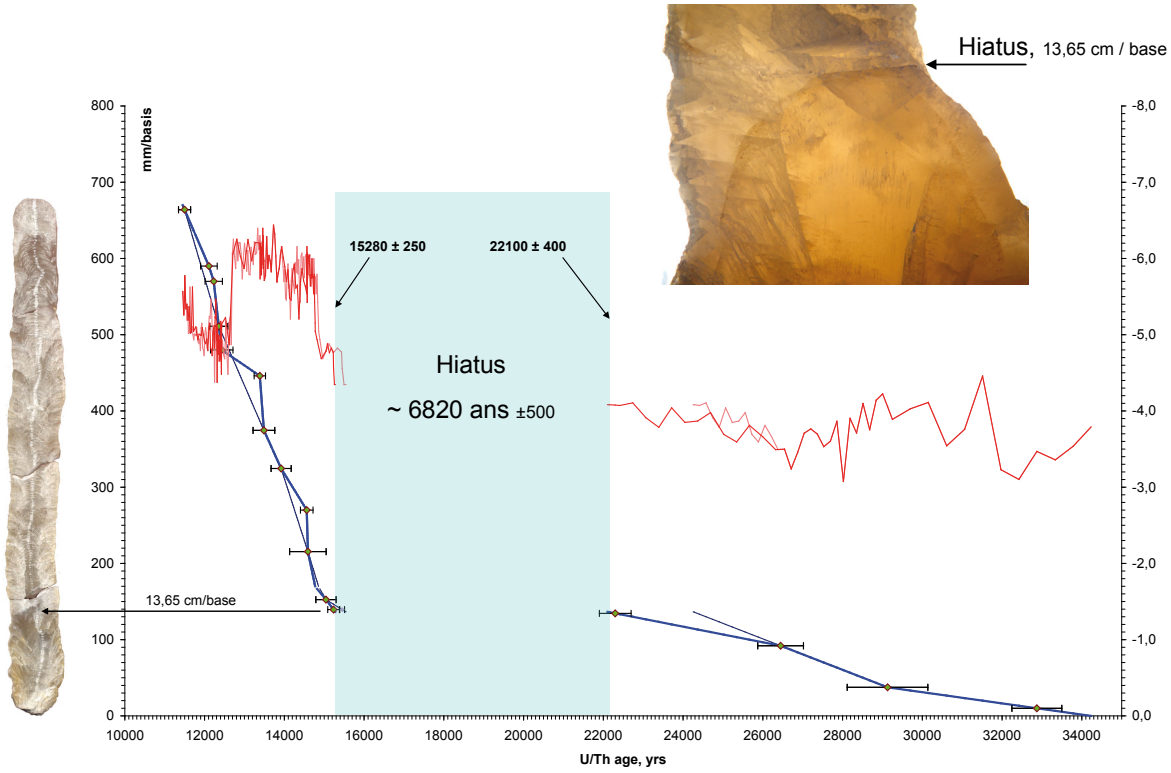


Figure 9 - Hiatus de croissance de la stalagmite Chau-stm6 lié aux conditions climatiques extrêmes du Dernier Maximum Glaciaire (courbe rouge = $\delta^{18}O$ de la calcite).

IV - RECONSTITUTIONS PALÉOCLIMATOLOGIQUES

1 - Les isotopes stables

Les isotopes stables de la calcite ne donnent pas directement une température ou une pluviométrie. Leur interprétation dépend du lieu par rapport aux circulations atmosphériques, à l'altitude et aussi à la végétation au-dessus de la grotte. Pour résumer, dans les régions tempérées comme l'ouest de l'Europe, le $\delta^{18}O$ de la calcite dépend du $\delta^{18}O$ de l'eau de pluie, lui-même dépendant de la température de formation de la pluie, du parcours entre la source et le site et du $\delta^{18}O$ de la source (océan). La température de précipitation de la calcite influe également mais dans un effet opposé à celui sur le $\delta^{18}O$ de la pluie. En conséquence, selon le site, le $\delta^{18}O$ répond plus ou moins bien aux variations climatiques, mais on sait que, d'une façon générale, et dans cette partie de l'Europe, il diminue lorsque le climat s'améliore.

Le $\delta^{13}C$ de la calcite dépend essentiellement de la production de CO_2 dans le sol (ou dans l'épikarst) au-dessus de la grotte et de l'intensité de la dissolution du calcaire encaissant : lorsque la végétation et l'activité microbienne dans le sol sont actives, le $\delta^{13}C$ du CO_2 du sol diminue, ce qui entraîne une diminution du $\delta^{13}C$ de la calcite. Inversement, si la végétation dépérit à cause du froid, alors la production de CO_2 biogénique va baisser, entraînant une augmentation du $\delta^{13}C$ du sol dont la proportion atmosphérique devient plus importante. Des effets de fractionnement cinétique et de précipitation de calcite avant d'arriver sur le spéléothème compliquent ce signal ; mais en général il va dans le même sens et tend à l'amplifier (Genty et *al.*, 2003 ; McDermott, 2004).

Grâce à l'analyse isotopique conjointe des trois stalagmites Chau-stm5, 6 et 9, on obtient un enregistrement paléoclimatique continu sur les derniers 16 ka. L'un des intérêts de cet enregistrement est de bien caractériser le climat régional qui a certainement influencé les cultures préhistoriques postérieures à celles ayant fréquenté la grotte Chauvet. Les profils isotopiques montrent une relative bonne cohérence entre les 3 stalagmites, les événements marquants suivant y sont observés (Figures 10 et 11) :

- un réchauffement rapide à 15,2 ka ±0,2 ;
- une période relativement chaude et humide pendant le Bølling-Allerød avec des événements froids vers 14,5 ka et 13,8 ka (éventuellement liés à « l'Older Dryas » et à l' « Intra Allerød Cold Period », Figure 11) ;
- une tendance au réchauffement entre le Bølling et l'Allerød, contrairement à ce qui est observé au Groenland (voir discussion dans Genty et *al.*, 2006) ;

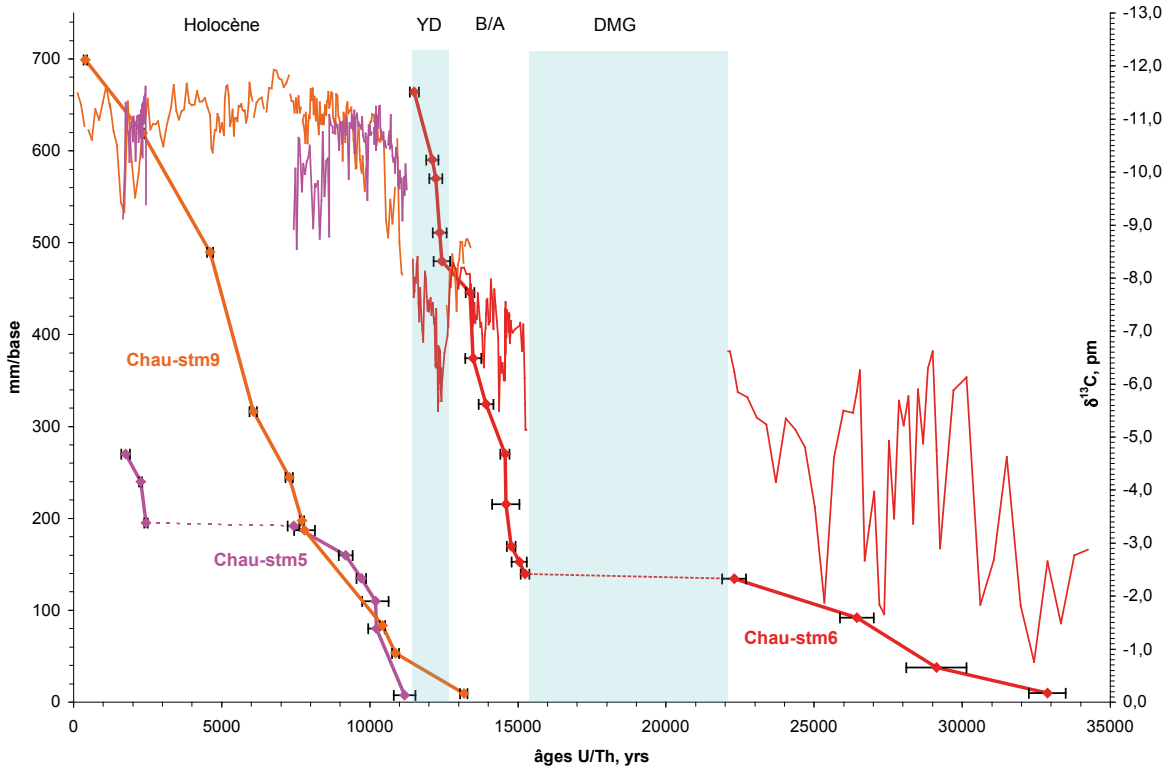


Figure 10, ci-dessus - Profils isotopiques et courbes de croissance des trois stalagmites Chau-stm5, 6 et 9 (données non publiées). On note la grande instabilité du $\delta^{13}C$ pendant la période glaciaire, sans doute liée à la très forte diminution du sol et de l'activité biopédologique.

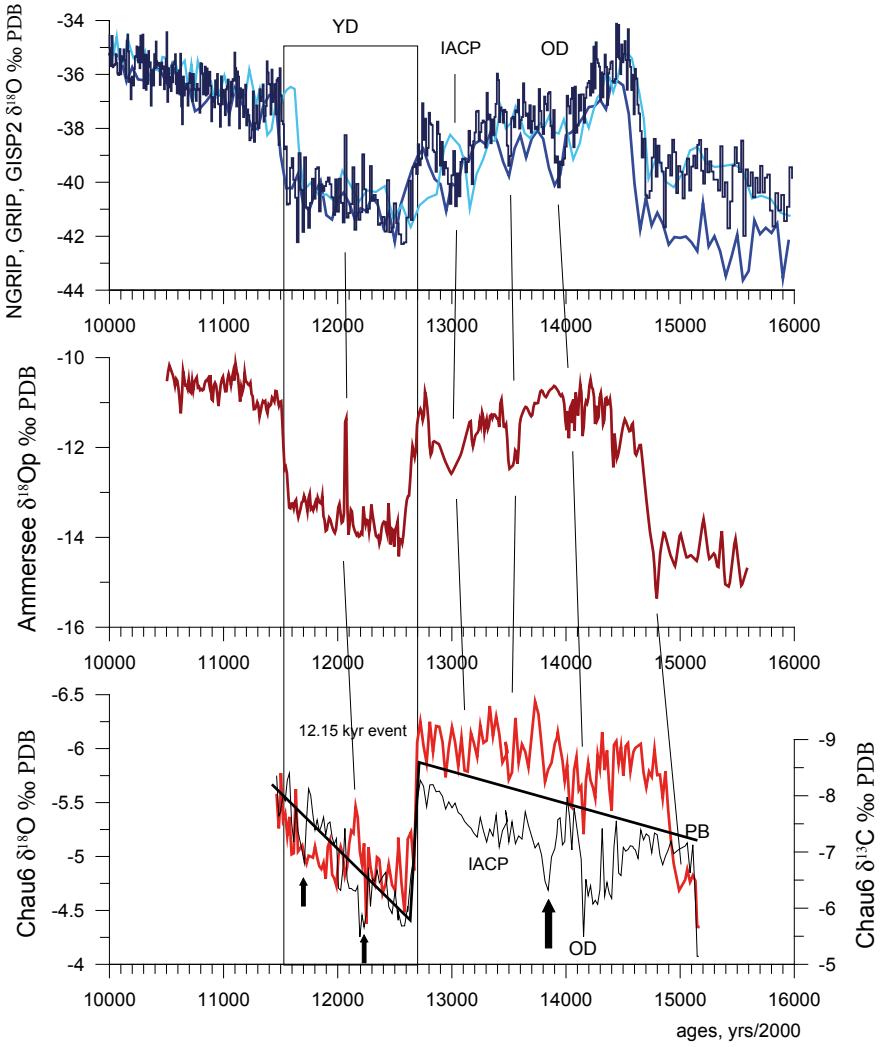


Figure 11 - Comparaison entre l'enregistrement isotopique de la stalagmite Chau-stm6 (en bas, $\delta^{18}O$, courbe rouge) et l'enregistrement du $\delta^{18}O$ de la pluie reconstitué à partir des ostracodes du lac Ammersee (von Grafenstein et al.*, 1999) et le $\delta^{18}O$ du carottage glaciaire NGRIP du Groenland (NorthGRIPmembers, 2004).*
PB = Préboréal ;
OD = Older Dryas ;
IACP = Intra Alleröd Cold Period.
Extrait de Genty et al.*, 2006.*

– un refroidissement abrupt important à 12,7 ka ±0,2 correspondant au début du Younger-Dryas (YD) ; celui-ci semble malgré tout humide vu la vitesse de croissance élevée de la stalagmite Chau-stm6 ;
– un réchauffement majeur dès le début du YD jusque vers 10,3 ka ;
– une variabilité climatique durant l'Holocène qu'il conviendra de préciser en dupliquant les échantillons.

2 - Les éléments traces

Dans la mesure où l'interprétation des isotopes stables n'est pas toujours facile en termes de paléotemperature et de paléopluviométrie, il est utile de trouver d'autres marqueurs des variations paléoenvironnementales. Ainsi, de nombreuses analyses géochimiques (éléments traces et terres rares) ont été effectuées sur la stalagmite couvrant la dernière déglaciation (Chau-stm6) (Bourdin et *al.*, 2011). Au cours du passage « glaciaire », Bølling-Allerød et Younger-Dryas, on observe une augmentation synchrone de Sr et Ba au début du Bølling ainsi qu'une diminution de la concentration en U et en Mg (Figure 12). On remarque que le YD n'est pas marqué par les variations de ces éléments et du Sr en particulier, contrairement aux isotopes stables. L'une des interprétations possibles est que la concentration en Sr est ici essentiellement contrôlée par la vitesse de croissance qui reste importante pendant le YD ; ceci suggère une période humide durant laquelle l'infiltra-

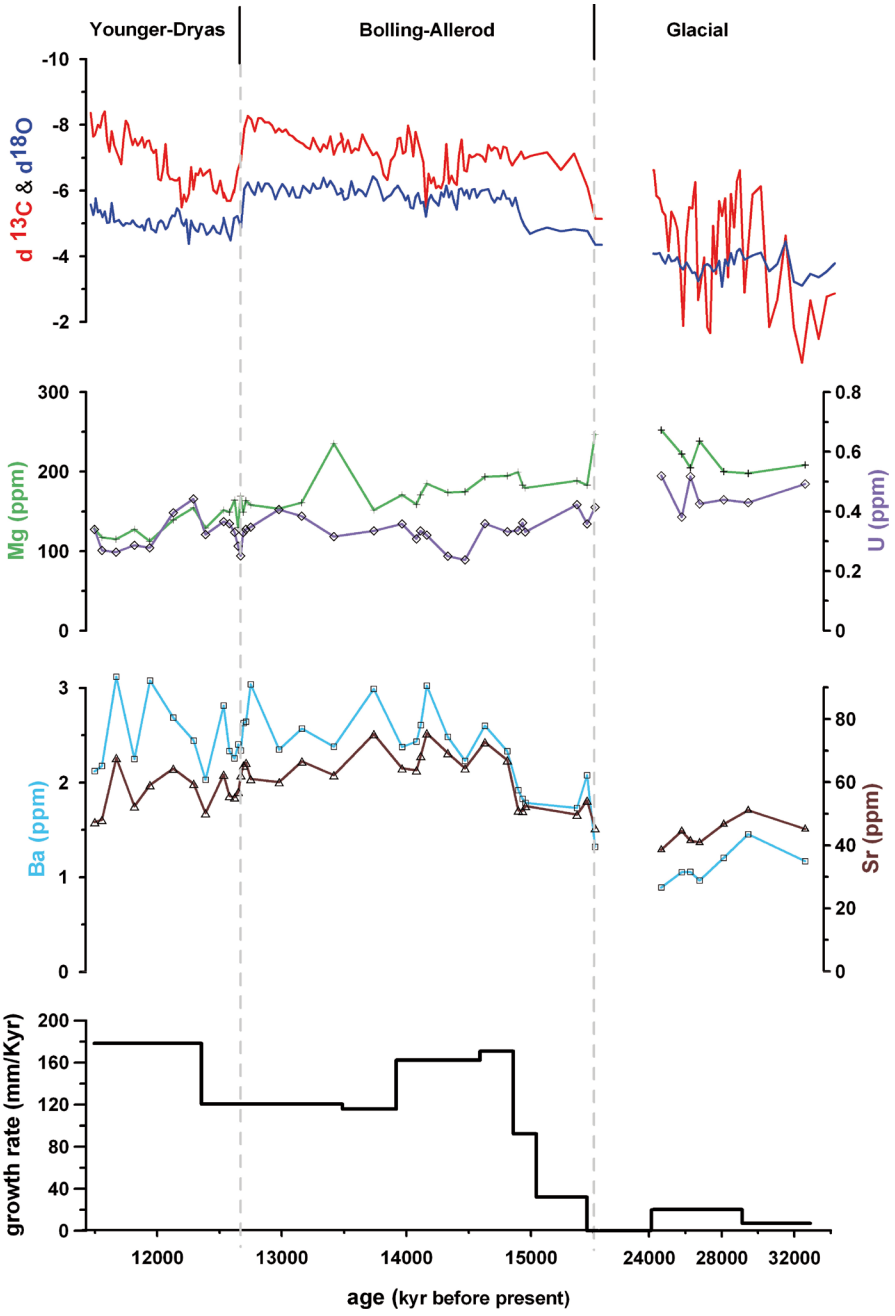


Figure 12 - Profil en éléments traces de la stalagmite Chau-stm6 ; comparaison avec les isotopes stables (en haut) et la vitesse de croissance (en bas). Extrait de Bourdin et al.*, 2011.*

tion a continué à alimenter la stalagmite malgré le froid (déduit des isotopes stables). D'autres facteurs comme l'apport de sources externes (éoliennes) ou l'intensité de la dissolution, jouent aussi un rôle dans les variations de concentration de cet élément. Les variations des autres éléments font intervenir les changements de potentiels redox dans le sol, les changements d'hydrologie et de température, les rayons ioniques (Bourdin et *al*., 2011). Leur interprétation paléoclimatique n'est pas toujours facile car elle fait intervenir les processus dans le sol, la végétation et la dissolution durant l'infiltration. Par exemple, la diminution de la concentration en uranium entre la période glaciaire et le BA ou la fin du YD, pourrait correspondre à une évolution vers des conditions plus réductrices liées à une production plus forte de matière organique entraînant une baisse de sa mobilisation dans le sol.

Utilisées au départ pour connaître l'âge de certaines formations géomorphologiques, les stalagmites de la grotte Chauvet s'avèrent constituer un enregistreur de paléoclimat de choix dont l'âge est bien contraint par la datation U-Th et dont la résolution est comparable à celle des glaces du Groenland, avec ici l'avantage de montrer le climat régional, celui qu'ont subi les cultures humaines passées. Les perspectives, comme dans les autres sites, sont de quantifier le signal climatique, en particulier la température en utilisant de nouvelles méthodes prometteuses (inclusions fluides, Δ 47).

Bibliographie

Bintanja R., van de Wal R.S.W., Oerlemans J., 2005. A new method to estimate ice age temperatures. *Climate Dynamics*, 24, 197-211.

Bourdin C., Douville E., Genty, D., 2011. Alkaline-earth metal and rare-earth element incorporation control by ionic radius and growth rate on a stalagmite from the Chauvet Cave, Southeastern France. *Chemical Geology* 290, 1-11.

Bourges F., Genthon P., Mangin A., D'Hulst D., 2006. Microclimates of l'Aven d'Orgnac and other French limestone caves (Chauvet, Esparros, Marsoulas). *International Journal of Climatology,* 26, 1651-1670.

Dreybrodt W., 1999. Chemical kinetics, speleothem growth and climate. *Boreas,* 28, 347-356.

Genty D., Blamart D., Ghaleb B., 2005. Apport des stalagmites pour l'étude de la grotte Chauvet : datations absolues U/Th (TIMS) et reconstitution paléoclimatique par les isotopes stables de la calcite. *Bull. de la Société Préhistorique Française,* 102, 45-62.

Genty D., Blamart D., Ghaleb B., Plagnes V., Causse C., Bakalowicz M., Zouari K., Chkir N., Hellstrom J., Wainer K., Bourges F., 2006. Timing and dynamics of the last deglaciation from European and North African delta C-13 stalagmite profiles - comparison with Chinese and South Hemisphere stalagmites. *Quaternary Science Reviews,* 25, 2118-2142.

Genty D., Blamart D., Ouahdi R., Gilmour M., Baker A., Jouzel J., Van-Exter S., 2003. Precise dating of Dansgaard-Oeschger climate oscillations in western Europe from stalagmite data. *Nature,* 421, 833-837.

Genty D., Ghaleb B., Plagnes V., Causse C., Valladas H., Blamart D., Massault M., Geneste J.-M., Clottes, J., 2004. Datations U/Th (TIMS) et 14C (AMS) des stalagmites de la grotte Chauvet (Ardèche, France) : intérêt pour la chronologie des événements naturels et anthropiques de la grotte. *Comptes Rendus PALEVOL,* 3, 629-642.

Grafenstein von U., Erlenkeuser H., Brauer A., Jouzel J., Johnsen J., 1999. A Mid-European Decadal Isotope-Climate Record from 15 500 to 5 000 years B.P. *Science,* 284, 1654-1657.

McDermott F., 2004. Paleo-climate reconstruction from stable isotope variations in speleothems: a review. *Quaternary Science Reviews,* 23, 901-918.

NorthGRIPmembers, 2004. High resolution climate record of the Northern hemisphere reaching into the Last Interglacial period. *Nature,* 43, 147-151.

Waelbroeck C., Labeyrie L.-D., Michel E., Duplessy J.-C., McManus J., Lambeck K., Balbon E., Labracherie M., 2002. Sea-level and deep-water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records. *Quaternary Science Reviews,* 21, 295-305**.**

Wainer K., 2009. Reconstruction climatique des derniers 200 ka à partir de l'étude isotopique et géochimique des spéléothèmes du sud de la France. Thèse de doctorat, Université de Paris XI, 271 p.

COPIER POUR MONTRER, CONNAÎTRE AVANT DE COPIER

ENTRE RECHERCHE ET MÉDIATION, LE FAC-SIMILÉ D'ART PRÉHISTORIQUE

Copy to show, know before copying

Between research and mediation, a facsimile of prehistoric art

Gilles TOSELLO [1], Alain DALIS [2], Carole FRITZ [1]

[1] *UMR 5608 TRACES, Centre de Recherche et d'Etude pour l'Art Préhistorique (CREAP) Cartailhac, Maison de la Recherche, 5 allées Antonio Machado, 31058 Toulouse cedex.*

[2] *Fac-similés archéologiques, moulages, muséographie, Le Chambon, 24190 Montignac.*

Contact : gilles.tosello@wanadoo.fr

Résumé

La fragilité de l'art des cavernes de la Préhistoire conduit inexorablement à la réduction du nombre de visiteurs, voire à la fermeture des grottes. Le fac-similé est un moyen simple, accessible à tous, pour faire connaître des œuvres dont le public ne connaîtra jamais la version « originale ». La qualité des fac-similés d'art préhistorique est d'autant plus grande qu'elle est alimentée par les données issues de la recherche ; à son tour, la recherche peut trouver dans les fac-similés l'opportunité de vérifier en grandeur réelle des hypothèses ou des modèles. Sans prétendre à l'universalité, l'article propose de traiter certains aspects de cet échange à travers deux cas très différents choisis dans la grotte Chauvet - Pont-d'Arc et dans celle de Marsoulas (Haute-Garonne).

***Mots-clés** : fac-similé, art paléolithique, grotte de Marsoulas, grotte Chauvet, médiation, techniques.*

Abstract

The fragility of the cave art leads inexorably to reduce number of visitors, even to close many caves to the public. Accessible to all the facsimile is a simple way to communicate about works of art which the public will never see the «original» version. The quality of facsimiles of prehistoric art is all great that it is enriched by data from research, in turn, research can find occasion in the facsimiles to check hypotheses or concepts. Without pretending to universality, the article proposes to deal with aspects of this exchange through two very different cases selected in the Chauvet - Pont-d'Arc and that of Marsoulas (Haute-Garonne).

***Keywords**: facsimile, paleolithic art, Marsoulas cave, Chauvet cave, mediation, techniques.*

Introduction

Même s'il a traversé les millénaires pour parvenir jusqu'à nous, l'art des cavernes reste d'une fragilité extrême. Le nombre de visiteurs dans les grottes ornées est de plus en plus limité et si l'on se fie à cette tendance, il ne pourra que décroître dans l'avenir. Dans le même temps, les arts premiers (dont l'art préhistorique) attirent des foules toujours plus nombreuses comme en témoigne le succès du Musée du quai Branly depuis son ouverture. Comment résoudre cette contradiction ? Comment répondre à la demande du public sans mettre en danger, voire détruire l'objet même de cet engouement ?

Depuis le succès de Lascaux II ouvert en 1983 (Delluc et Delluc, 1984, 2006) ou celui de la réplique d'Altamira ouverte en 2003 (Lasheras et Heras Martin, 1998 ; Lasheras et de Las Heras, 2010 ; Muzquiz et Saura, 2002), on connaît la solution : reproduire avec une grande fidélité les œuvres préhistoriques, même si elles sont monumentales, et les présenter dans un contexte qui leur redonne leur sens. Le fac-similé est donc devenu le vecteur privilégié de la médiation en ce domaine.

Dans la réalisation de fac-similés d'art rupestre préhistorique, la première difficulté à résoudre est celle de la restitution des reliefs naturels. En effet, les parois rocheuses des grottes présentent des volumes irréguliers, aléatoires, qui se développent dans les trois dimensions, et dont la complexité n'autorise pas de copie fidèle sans moyens techniques appropriés ; or, cette fidélité au support de l'œuvre originale (avant même la réalisation de tout dessin) est une des conditions essentielles pour la réussite d'un fac-similé. Comment enregistrer cette morphologie pariétale avec précision dans la grotte et la transférer dans l'atelier sans perte d'information ?

À l'époque « pionnière » de Lascaux II, on fit appel à l'Institut Géographique National qui utilisa ses techniques cartographiques : la Rotonde des Taureaux et le Diverticule axial furent ainsi restitués en courbes de niveaux, qui fournirent les grandes lignes des reliefs pariétaux. À partir de ces courbes, l'équipe du fac-similé construisit une structure de profils métalliques régulièrement espacés sur laquelle vint se fixer un réseau secondaire de tiges de métal ; cette grille à maille plus fine fut mise en forme à la main pour épouser au mieux les volumes de Lascaux. Enfin, c'est sur cette « cage » métallique qu'une couche de béton fut projetée et soigneusement modelée par des sculpteurs afin de restituer les détails géologiques (fissures, états de surface…) qui font l'illusion (Delluc et Delluc, 1984). Les peintures furent ensuite réalisées à la fresque par l'artiste Monique Peytral. Pour l'époque, il n'existait guère d'autre méthodologie. L'exemple de Lascaux II montre bien toute l'importance du travail manuel et artisanal, qui reste la garantie de la qualité du résultat.

Trente ans plus tard, le mode opératoire du fac-similé a beaucoup évolué sous l'impulsion de la technologie numérique et de la diffusion de nouveaux produits acryliques, mortiers et ciments pour le modelage des parois.

I - Copier pour montrer : l'espace de restitution de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc

Découverte en 1994 par J.-M. Chauvet, É. Brunel et Ch. Hillaire, la grotte Chauvet fait l'objet d'une étude scientifique pluridisciplinaire, regroupant une cinquantaine de chercheurs appartenant à diverses institutions (CNRS, Culture, Universités, CEA,…).

La grotte ardéchoise, de notoriété mondiale, est de grandes dimensions (500 m de développement souterrain, plus de 9 000 m^2 au sol). Elle comprend quatre grandes salles, plus de 420 figures animales recensées et rassemblées en panneaux spectaculaires (Figure 1), des dizaines de signes rouges, des milliers d'ossements d'ours des cavernes sur les sols qui recèlent, en outre, des foyers, empreintes et autres traces des occupations humaines réparties en deux phases chronologiques : la première appartient à l'Aurignacien (36 000 cal BP) et la seconde au Gravettien (29 000 cal BP). Ces dates en font la plus ancienne grotte ornée en Europe et (peut-être) dans le monde.

La grotte Chauvet ne fut et ne sera jamais ouverte au public pour que perdure le miracle de sa conservation exceptionnelle. Les dessins et gravures sont, en effet, d'une fraîcheur stupéfiante, comme si le temps s'était arrêté.

Dans les premières années qui suivirent la découverte, l'idée d'une réplique est née, située, comme pour Lascaux, à proximité de la grotte originale (Malgat et *al*., 2012). Dans ce but, le Syndicat Mixte de l'Espace de Restitution de Grotte Chauvet (SMERGC) a été mis en place et, depuis 2011, le projet est entré dans une phase de réalisation sur la commune de Vallon - Pont-d'Arc.

Le cœur du projet sera constitué d'une « anamorphose » de la grotte, une réduction de la cavité originale compactée sur 3 000 m^2 d'espace scénographique consacré à la reconstitution de l'essentiel des panneaux ornés et de leur contexte, géologique et anthropique. Les fac-similés y tiendront une place majeure. Leur qualité et leur précision devront être à la hauteur du chef d'œuvre à reproduire.

Afin de sélectionner la meilleure équipe, un appel d'offres portant sur la réalisation de quatre prototypes



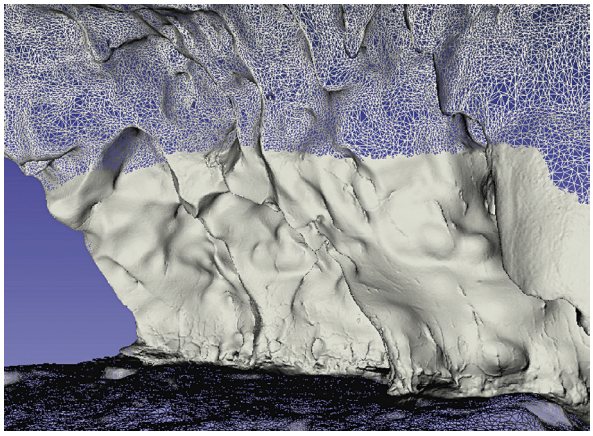


Figure 1 - Le secteur des Chevaux de la grotte Chauvet, une fresque spectaculaire de plus de 10 m de longueur ; Photo C. Fritz. Au-dessous, nuage de points triangulé et texturé (scanner laser 3D) correspondant aux mêmes panneaux que le cliché précédent ; Image Perazio/SMERGC.

a été lancé en 2011 par le SMERGC. Quatre panneaux furent choisis pour ce test, chacun correspondant à une technique artistique représentée dans la grotte : main négative au souffler, peinture rouge (rhinocéros), dessins au fusain et à l'estompe (panneau des Chevaux), gravure digitale sur support plastique (Cheval Gravé).

Après avoir remporté le marché [1], nous avons donc réalisé ces prototypes en suivant une méthodologie bien définie, mise au point sur des travaux préalables.

En effet, les principales étapes de la fabrication d'un fac-similé d'œuvre préhistorique forment une chaîne opératoire complexe dont il faut avoir bien conçu et réglé la succession, sous peine de pertes de temps et d'efficacité considérables.

Tout commence avec le nuage de points (généré par le scanner 3D) indispensable pour la restitution très précise des parois (Figure 1). Le nuage de points est converti en données numériques qui vont permettre de piloter une fraiseuse à axes de travail multiples (Figure 2). Cette technique de fraisage sur mousse de polystyrène à haute densité produit une première approche des surfaces. En effet, la précision finale sera donnée par le travail de modelage manuel ; il est donc inutile de demander un fraisage trop précis. Avant l'opération, la paroi a été découpée en blocs, qui sont ensuite assemblés en atelier.

Le moulage de cette préforme des reliefs pariétaux en mousse est suivi d'un tirage en matériau synthétique de type résine acrylique ; puis la coque de résine est renforcée de fibre de verre (Figure 3). Commence ensuite une longue et méticuleuse phase de modelage fin des surfaces exécutée par des sculpteurs de l'Atelier

[1] *Le mandataire du groupement d'entreprises était la société SOCRA de Périgueux. Les prototypes de parois de béton modelé furent réalisés par Fabrice Kennel Group, les fac-similés de dessins pariétaux par Alain Dalis et Gilles Tosello, les fac-similés de spélélothèmes par les Ateliers Gérard.*



Figure 2 - Le panneau du Rhinocéros Rouge de Chauvet. Retour à l'atelier du volume à l'issue du fraisage numérique sur mousse haute densité. Photo A. Dalis.

Dalis. Au cours du modelage, la documentation photographique des panneaux originaux, prise avec des éclairages sous des angles divers, est déterminante. Les visites de la grotte Chauvet étant très rares, il faut donc disposer à l'atelier du maximum d'informations sur les états de parois, l'aspect lisse ou rugueux, les surfaces concrétionnées, la texture de la roche, sa dureté, etc. De même, les peintures doivent être documentées par des prises de vues à des distances différentes, plan large ou macrophoto (Figure 4).

Les mortiers acryliques utilisés sur le fac-similé ont été patiemment testés et élaborés pour reproduire au mieux les différents types de surfaces et de texture du calcaire de la grotte.



Figure 3 - Tirage du positif à partir du moule réalisé sur la paroi fraisée en mousse. Photo A. Dalis.



Figure 4 - Modelage fin de la paroi à partir de projections d'images. Photo A. Dalis.

Le modelage achevé, la phase de mise en couleurs peut débuter. Grâce au document « Identification colorimétrique des écailles de l'anamorphose de la grotte Chauvet » réalisé par le laboratoire EDYTEM, nous disposions d'un référentiel des couleurs enregistrées dans la grotte et réunies dans un catalogue illustré.

Chacun des prototypes offrait des difficultés spécifiques liées à la géologie (nature du calcaire, des spéléothèmes…) tout autant qu'aux œuvres d'art.

Ainsi, le Cheval Gravé, tracé à l'aide des doigts sur une surface de roche décomposée de type mondmilch posait le problème de la suggestion, une fois le fac-similé achevé, d'un support fragile, plastique avec des particules de roches en suspension sur les bords des traits (Figure 5).

Au contraire, la main négative et le rhinocéros rouge furent peints sur des panneaux de calcaire très dur, au grain fin proche du marbre (Figure 6). Le panneau des Chevaux présente une mosaïque de surfaces de textures variées, tantôt meubles, tantôt compactes.

Les résultats acquis au cours des campagnes de recherche dans la grotte depuis 1998 ont permis d'aborder la restitution des peintures avec une bonne connaissance des techniques, des pigments et séquences gestuelles (Fritz et Tosello, 2007 ; Tosello et Fritz, 2004).



Figure 5 - Cheval Gravé (en tracés digitaux) de Chauvet en fac-similé. Photo G. Tosello.



Figure 6 - Rhinocéros Rouge de Chauvet en fac-similé. Photo G. Tosello.

Ces données nous ont conduits à privilégier l'emploi de pigments rouges minéraux de type hématite, de nature identique à celle des colorants préhistoriques ; de même, la technique de l'estompe employée sur les chevaux noirs nous a incités à utiliser des charbons de bois pour obtenir des effets semblables, impossibles à imiter si l'on a recours par exemple à des peintures en tube (et même en poudre). Le charbon peut être utilisé comme un crayon ou bien broyé et mélangé à d'autres pigments ou à de l'eau. L'effet d'estompe est produit par un écrasement suivi d'un « essuyage » du fusain avec l'extrémité des doigts, sur support plus ou moins humide de façon à reproduire la fluidité des tracés que l'on observe sur les parois (Figure 7). Les détails de gravures au silex sont restitués au moyen d'outils tranchants dont les parties actives possèdent des morphologies diverses (ciseau, burins, gouges, etc.).

En fait, au cours de la réalisation de ces prototypes (et dans la perspective de la phase suivante, celle des fac-similés de l'ensemble des panneaux pour l'Espace de Restitution), nous avons essayé de reproduire fidèlement les figures mais aussi de traduire l'esprit dans lequel elles furent exécutées ; l'art de la grotte Chauvet est caractérisé par un dynamisme, une fluidité des courbes, une certaine urgence perceptible dans le travail des artistes. Ainsi, les reprises faites à la pointe de silex tout autour de la tête d'un des chevaux noirs estompés reflètent des gestes courts, précis, mais très rapides, une main sûre mais impatiente d'atteindre le résultat (Figure 8). Sur le Cheval Gravé, on note aussi la rapidité d'exécution mais les gestes sont plus amples, couvrant la totalité du champ manuel.

C'est là toute la difficulté du fac-similé : faire passer l'émotion et la sensibilité de l'original à travers la reproduction.

Enfin, le travail méticuleux du fac-similé nous a conduits à la découverte de fines gravures inédites sur le grand Rhinocéros Rouge, qui avait semblé jusqu'alors être uniquement peint. Seuls des éclairs rasants de flash



Figure 7 - Panneau des Chevaux de la grotte Chauvet. Le groupe des quatre chevaux centraux en fac-similé. Photo G. Tosello.

(imposés par la mise en valeur des reliefs du panneau pour acquérir la documentation photo indispensable au modelage) ont permis de repérer sur les clichés agrandis à l'écran de l'ordinateur ces très fines incisions, quasi invisibles lorsqu'on se tient face à l'œuvre originale (dont on ne peut s'approcher à moins de 2 m). Ce type de découverte est évidemment assez rare lorsque le fac-similé intervient au terme d'une étude scientifique dans la mesure où la recherche vise à connaître le mieux possible son objet.



Figure 8 - Panneau des Chevaux de la grotte Chauvet en fac-similé. Détail de la tête d'un des chevaux. Photo G. Tosello.

II - Dans la grotte de Marsoulas, le fac-similé remonte le temps…

Dans bien des domaines, Marsoulas se situe aux antipodes de la grotte Chauvet.

La grotte se trouve en Haute-Garonne, à environ 80 km au sud de Toulouse. Fermée au public pour des raisons de conservation, elle est de dimensions modestes, la partie ornée de cette galerie rectiligne ne dépasse pas 50 m de long pour une largeur maximale de 3 m. Découverte en 1897, soit près d'un siècle avant la grotte Chauvet, elle fut la première grotte à peintures préhistoriques signalée dans les Pyrénées. À ce titre, Marsoulas a joué un rôle important dans le débat animé qui, au tournant du siècle, opposait partisans et adversaires de l'existence d'un art "antédiluvien". Cette brève notoriété fut pour la grotte le début d'une longue histoire de recherches et de fouilles. Pourtant, une bonne part de l'art pariétal est restée inédite, en raison de l'état de conservation variable des peintures, de la finesse et de la densité des gravures et, enfin, des graffitis qui défigurent certains panneaux.

En 1998, après une évaluation très positive du potentiel scientifique, une équipe du CREAP[2] a repris l'étude du site. En s'appuyant sur les travaux antérieurs, l'objectif s'est orienté vers une révision complète de l'art pariétal mais aussi vers une recherche de l'évolution globale de la grotte au cours du temps. La cavité, dont le sol a conservé d'abondants vestiges de la vie quotidienne des artistes préhistoriques, a connu une intense fréquentation humaine sur une période relativement courte, que le contexte archéologique et les comparaisons régionales permettent de dater autour de 15 000 ans, au début du Magdalénien (Fritz et Tosello, 2010 a).

L'art de Marsoulas est en général de lecture difficile. Pour le voir, les photographies s'avèrent insuffisantes. Il faut alors procéder au relevé graphique de la paroi ornée. Comme c'est maintenant la règle, tout contact avec les parois est interdit. Les opérations de relevé, systématiques et rigoureuses, sont fondées sur le respect des impératifs de conservation de la grotte.

Entre 2003 et 2009, l'ensemble de la cavité a été enregistré à l'aide d'un scanner 3D (cabinet de géomètres Perazio), avec une précision variable (2 mm pour les zones ornées et 1 cm pour les autres). Cette numérisation des surfaces rocheuses avait un double objectif : tester diverses applications dans la recherche et valoriser les résultats de l'étude grâce à l'imagerie 3D (Fritz et *al.*, 2010 b ; 2010 c). Situé au cœur de la cavité, le Grand Panneau Peint, dont l'étude était en voie d'achèvement, nous paraissait bien adapté à un projet de médiation vers le grand public.

Depuis des années, nous avions à l'esprit la réalisation d'un fac-similé de ce panneau monumental (plus de 7 m de long et 3 m de haut, plus d'une centaine de figures animales et géométriques), œuvre majeure et méconnue de l'art paléolithique (Figure 9). Une grande exposition au Parc de la Préhistoire programmée pour l'été 2009 devait nous en fournir l'opportunité. Grâce au soutien de la DRAC Midi-Pyrénées, au financement et à la confiance du Conseil général de l'Ariège, ce projet a pu être concrétisé.

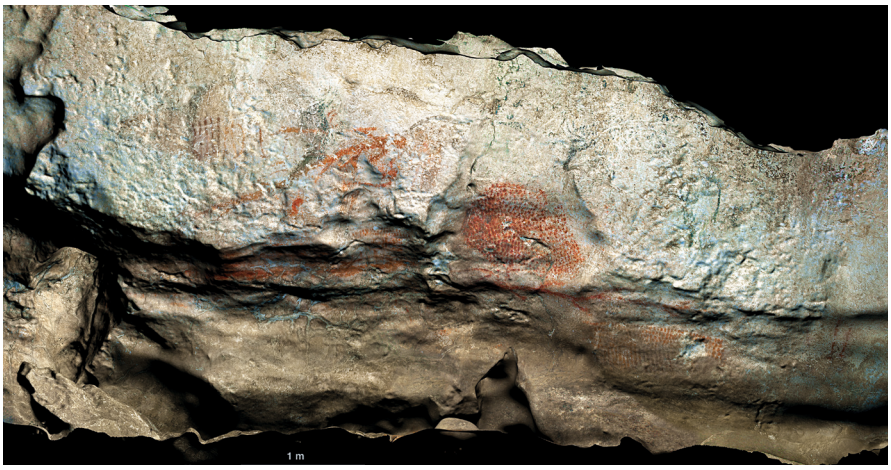


Figure 9 - Grotte de Marsoulas. Grand Panneau Peint, état actuel des peintures et gravures. Corrélation de clichés sur le modèle 3D (simulation d'un éclairage zénithal). Document Perazio / DRAC Midi Pyrénées.

La fabrication du fac-similé de Marsoulas a suivi une chaîne opératoire identique à celle des prototypes de la grotte Chauvet. Fraisage numérique sur mousse de polystyrène à haute densité, puis moulage suivi d'un tirage en résine acrylique et modelage fin des surfaces, basé sur une documentation photographique.

Ce travail de modelage était d'autant plus complexe qu'il ne s'agissait pas seulement de copier mais de restituer la paroi dans son apparence « originale », du moins celle que l'on pouvait raisonnablement imaginer. En effet, depuis 15 000 ans, des morceaux de roche se sont détachés, des formations de calcite se sont développées, masquant les peintures et gravures (Figure 10). Parmi ces dernières, certaines ont été endommagées par des frottements, des graffitis ou l'écoulement de gouttes d'eau de condensation. L'étude du panneau (C. Fritz et G. Tosello) a permis de proposer une restauration de

[2] *Centre de Recherche et d'Etude pour l'Art Préhistorique, UMR 5608 TRACES, Toulouse.; http://www.creap.fr*

la fresque originale, dans son état final, c'est-à-dire au moment où les derniers artistes préhistoriques quittèrent la grotte ; comme on pourrait restituer une fresque antique très endommagée (de Pompéi par exemple) après l'avoir étudiée, pour permettre à tous (et aussi aux chercheurs) de voir à quoi elle ressemblait « à l'état neuf ».

Après une mise en teinte de la roche, a commencé le travail de réalisation des animaux et des signes (G. Tosello aidé de S. Pétrognani), en comblant les lacunes, en rétablissant le contraste des couleurs d'origine et la fraîcheur des gravures ; de perception délicate aujourd'hui, elles se lisent aussi facilement que les Magdaléniens les ont vues après les avoir incisées sur le calcaire (Figure 10 b).

Pour les chercheurs, l'opération de fac-similé a également permis de remonter le temps, en visualisant la paroi vierge de toute figure (Figure 11) ou en décomposant les états successifs de certaines œuvres comme le Bison Ponctué (Figure 12). Les fresques achevées, le fac-similé a été de nouveau segmenté en 6 morceaux (Figure 13), pour être transporté du Périgord en Ariège, où il fut remonté pour être présenté au public (cf. les pages du site web du CREAP consacrées à cette exposition : http://www.creap.fr/imgsExpo/expo-Tarascon.htm).

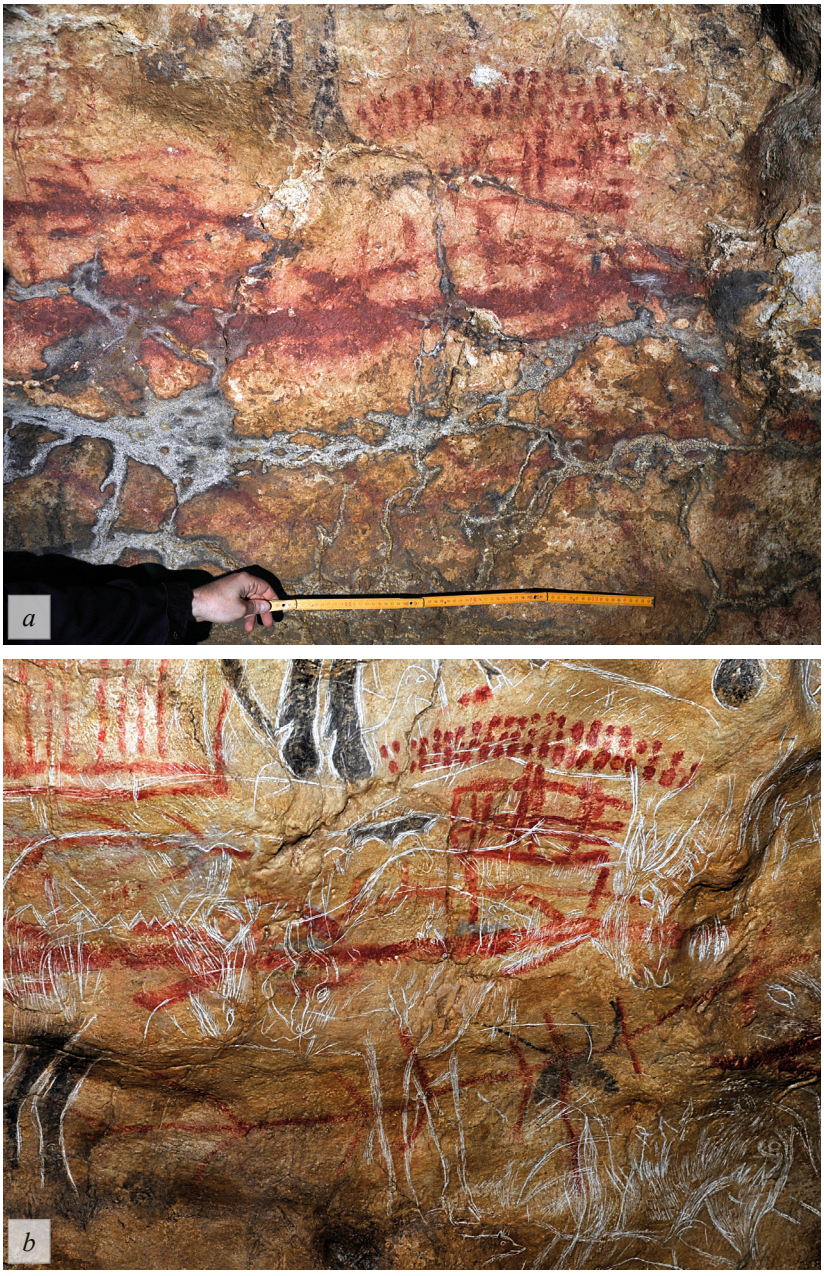


Figure 10, ci-contre, en haut - Grotte de Marsoulas :
a- base du panneau, les peintures et surtout les gravures sont très difficiles à percevoir ;
b- à partir des données de l'étude scientifique, une hypothèse de « restauration » de la paroi ornée préhistorique a pu être proposée pour le fac-similé. Photos C. Fritz.



Figure 11 - Grotte de Marsoulas. Grand Panneau Peint - la paroi telle qu'elle se présentait aux yeux des artistes préhistoriques avant leurs premiers dessins, voici plus de 15 000 ans. Photo C. Fritz.





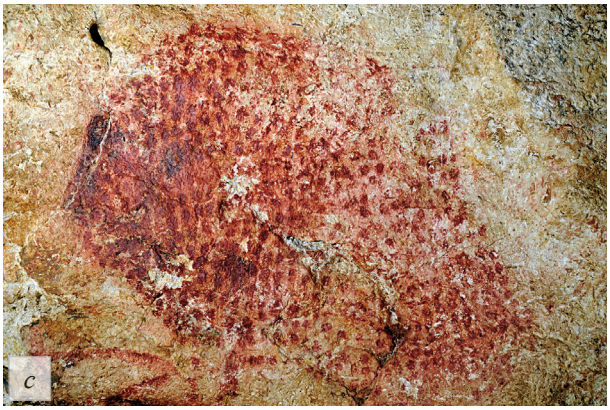


Figure 12 - Grotte de Marsoulas. Le Bison aux Points Rouges est l'œuvre la plus connue du site. L'étude scientifique a permis de reconstituer la genèse de cet animal, d'abord gravé, puis peint en noir et recouvert d'une nappe de plus de 500 points rouges. Au cours du travail de fac-similé, nous avons reproduit la chronologie de sa réalisation.
a- le bison tel qu'il a pu apparaître après la phase de gravure ;
b- le bison gravé et rehaussé de noir, mise en place des premiers points rouges qui vont entièrement le recouvrir ;
c- le Bison ponctué, état actuel dans la grotte.
Photos C. Fritz.



Figure 13 - Grâce aux matériaux composites qui ont réduit le poids, la technique de fac-similé permet le transport des parois. Photo G. Tosello.

Conclusion

En se fondant sur deux cas (les grottes de Marsoulas et de Chauvet), nous avons exposé les principes de la méthode employée dans la reproduction de parois ornées paléolithiques. La première étape fait appel à la technologie 3D pour restituer avec exactitude les reliefs naturels des parois. Ensuite, l'essentiel du travail de restitution est réalisé de façon artisanale, avec des outils et des pigments qui se rapprochent beaucoup de ceux utilisés par les artistes préhistoriques. Reproduire les gestes, retrouver les nuances ou les textures, c'est aussi mieux comprendre la genèse des œuvres originales. Il est d'autant plus facile de copier une peinture qu'on en possède une connaissance approfondie. Pour la grotte Chauvet, l'étude préalable du panneau des Chevaux a contribué à choisir les matériaux et les techniques d'exécution. La prise de vues dans l'optique du fac-similé a conduit à la découverte inattendue de fines gravures, passées jusqu'alors inaperçues. Dans le cas de Marsoulas, on a pu aller jusqu'à « restaurer » sur la copie, des peintures et gravures aujourd'hui érodées ou endommagées dans la grotte. Le public peut contempler ce grand panneau complexe dans un état de fraîcheur et de lisibilité proche de la vision des artistes préhistoriques (Figure 14).

Ainsi, le fac-similé se nourrit des données de la recherche et à son tour, il propose au chercheur un outil original qui va lui permettre de progresser dans sa réflexion.



Figure 14 - Fac-similé du Grand Panneau Peint de la grotte de Marsoulas (longueur 7,30 m). Restitution d'un état originel des fresques, visible dans l'exposition « Art des origines, origine de l'art ? » au Parc de la Préhistoire de Tarascon-sur-Ariège jusqu'en novembre 2012. Photo G. Tosello.

Bibliographie

Delluc B., Delluc G., 1984. Lascaux II : copie conforme. L'Histoire, 64, 76-79.

Delluc B., Delluc G., 2006. Connaître Lascaux. Éditions Sud Ouest, 80 p.

Fritz C., Tosello G., 2007. The hidden meaning of forms: methods of recording paleolithic parietal art. *Journal of Archaeological Method and Theory,* 14, 1, 48-80.

Fritz C., Tosello G., 2010 a. Marsoulas, renaissance d'une grotte ornée, (et DVD du film de Azéma M., Tosello G., Marsoulas la grotte oubliée), Paris : Editions Errance, 55 p.

Fritz C., Tosello G., Azéma M., Moreau O., Pérazio G., Péral J., 2010 b. Restauration virtuelle de l'art pariétal paléolithique : le cas de la grotte de Marsoulas. *In Situ, Revue des patrimoines* [en ligne], Ministère de la Culture, n°13, http://www.insitu.culture.fr/index_numero.xsp?numero=13

Fritz C., Tosello G., Pérazio G., Péral J., Guichard L., 2010c. Technologie 3D et relevé d'art pariétal : une application inédite dans la grotte de Marsoulas. *In Situ*, Revue des patrimoines [en ligne], Ministère de la Culture, 13, http://www.insitu.culture.fr/index_numero.xsp?numero=13

Lasheras J.A., de las Heras C., 2010. Un fac-similé, le choix pour Altamira. *In Situ*, revue des patrimoines [en ligne], 13. http://www.insitu.culture.fr/article.xsp?numero=&id_article=lasheras3D-380

Lasheras J.A., Heras Martín C., 1998. Un nouveau musée pour la grotte d'Altamira : deux concepts unis : muséographie et conservation de l'art rupestre. *Bulletin de la Société Préhistorique Ariège-Pyrénées*, LIII, 175-180.

Malgat C., Duval M., Gauchon C., 2012. Donner à voir un patrimoine invisible. De l'original à la copie, le cas de l'Espace de restitution de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc. *In* Delannoy J.-J., Jaillet S., Sadier B, (dir.), Karsts, Paysages et Préhistoire. *Collection EDYTEM*, 13, 99-114.

Muzquiz M., Saura P., 2002. El facsímil del techo de los bisontes de Altamira. *In* Lasheras, J.A. (éd.). Redescubrir Altamira. Madrid, Turner ediciones, 219-242.

Tosello G., Fritz C., 2004. Approche structurelle et comparative du Panneau des Chevaux de la grotte Chauvet, XIV^{e} Congrès de l'Union Internationale des Sciences Pré- et Protohistoriques, Liège 2001, ERAUL 107, Université de Liège, 69-86.

DONNER À VOIR UN PATRIMOINE INVISIBLE DE L'ORIGINAL À LA COPIE

LE CAS DE L'ESPACE DE RESTITUTION DE LA GROTTE CHAUVET-PONT-D'ARC

Rock art caves issues, between preservation and tourist balance. From the original cave to the copy: the example of the Chauvet cave and its tourist equipping

Charlotte MALGAT [1, 2], Mélanie DUVAL [1], Christophe GAUCHON [1]

[1] *Laboratoire EDYTEM, Université de Savoie/CNRS, Pôle Montagne, Campus scientifique, 73376 Le Bourget-du-Lac cedex.*

[2] *SMERGC, Syndicat Mixte de l'Espace de Restitution de la Grotte Chauvet, 6 Cours du Palais, BP 737, 07000 Privas.*

Contact : charlotte.malgat@hotmail.fr

Résumé

La mise en tourisme des grottes ornées paraît délicate du fait de la vulnérabilité des oeuvres pariétales. Les impératifs de conservation se traduisent par leur soustraction à l'espace public. Les grottes ornées sont alors considérées comme un « patrimoine invisible », d'autant plus que les grottes sont, par nature, « souterraines » et cachées. Cependant, en vue de satisfaire les enjeux de transmission, plusieurs techniques de restitution peuvent être mobilisées, parmi lesquelles la construction de fac-similé. Tel est le cas pour la grotte Chauvet-Pont-d'Arc, dont la réplique ou espace de restitution, ouvrira en 2014.

L'article vise à interroger dans quelle mesure un fac-similé rend un « patrimoine invisible » visible et accessible. Se combinent alors des enjeux d'accessibilité géographique mais également d'accessibilité sensorielle et cognitive : par la mise en œuvre de technologies innovantes, le fac-similé garantit aux visiteurs une expérience similaire à la visite de la grotte originale tout en leur fournissant des connaissances sur la culture aurignacienne.

Ce cas d'étude amène, au final, à questionner la nature du fac-similé et de possibles transferts de patrimonialité : dans quelle mesure la copie, en tant que lieu d'expérience touristique, vient-elle se substituer à la grotte originale ?

Mots-clés *: grottes ornées, préservation/mise en tourisme, fac-similé, processus de patrimonialisation, grotte Chauvet, France.*

Abstract

The tourist development of rock art cave is problematic as rock art paintings are vulnerable. As the caves have to be closed to preserve the paintings, they could be qualified as an invisible heritage; this situation is reinforced by the underground localisation of rock art caves, which are hidden for the public space. On the same time, rock art caves constitute an economical potential and stakeholders are today faced by the challenge to combine preservation and tourist issues. In order to balance preservation and valorization aims, several technical measures might be undertaken as the facsimile. This is the case for the Chauvet cave for which the copy will open in 2014. By this process, the paintings of Chauvet will be accessible for everyone: an "invisible" heritage will become a "visible" one.

This paper considers if a facsimile technique is an appropriated process in order to transmit and valorize this kind of heritage. Accessibility aspects are examined with two complementary approaches: a technical and an emotional one, as new high technologies have to permit a similar tourist experience that people might have in the original cave. The effects in terms of heritage values' transfer are in fine explored between the copy and the original cave: as the copy is the place of the heritage and sensorial experience, what could be qualified as a heritage object?

Keywords*: rock art caves, preservation/valorisation, facsimile, heritage process, Chauvet cave, France.*

« Tout semble vrai et donc tout est vrai ; en tout cas, il est vrai que tout semble vrai, et qu'on donne pour vraie la chose à laquelle tout ressemble »
Umberto Eco, Les crèches de Satan [1].

Introduction

La mise en tourisme des grottes ornées est délicate du fait de la vulnérabilité des œuvres pariétales et des détériorations que peut causer l'ouverture au public. Lorsque les objectifs de conservation imposent la fermeture au public des sites rupestres, ils opèrent comme une soustraction des sites ornés à l'espace public. Les grottes ornées forment alors un « patrimoine invisible ». Ce statut de « patrimoine invisible » est redoublé par le fait que les grottes sont, par nature, « souterraines », cachées de l'espace visible. Cependant, en vue de satisfaire les enjeux de transmission inhérents à la valeur patrimoniale, plusieurs techniques de restitution peuvent être mobilisées par les acteurs, parmi lesquelles la construction de fac-similé. Tel est le cas pour la grotte Chauvet - Pont-d'Arc, dont la copie ouvrira en 2014 (Figure 1). Dans quelle mesure cette substitution d'une copie à l'original est-elle compatible avec le mécanisme de patrimonialisation ?

Le problème du faux et du vrai rapporté à la sphère patrimoniale n'est pas aussi simple qu'il y paraît de prime abord. En général, l'authenticité est tenue pour un critère déterminant de la valeur patrimoniale, d'où la « déclaration d'authenticité » qui figure dans les dossiers de candidature au Patrimoine mondial de l'Humanité. Les ruines d'Hiroshima illustrent bien le problème de la frontière très ténue entre consolidation de l'existant et reconstruction à l'identique, et la littérature sur ce point présente des avis divergents : l'argumentaire UNESCO insiste très fortement sur l'authenticité indiscutable du dôme de Genbaku, ultime monument témoin de l'explosion de la bombe atomique du 6 août 1945, alors que d'autres auteurs soutiennent que la ruine a été entièrement reconstruite lorsqu'elle menaçait de s'écrouler (Brown, 1999) ! La valeur symbolique du monument est-elle amoindrie par une intervention qui abolirait son authenticité ? Ou bien n'est-ce pas surtout le sens associé à la silhouette du dôme décharné qui en fait la « valeur universelle exceptionnelle » ?

Le dôme de Genbaku n'est pas le seul monument dont la transmission aux générations futures aurait exigé une intervention aussi lourde… Se pose-t-on les mêmes questions lorsque l'on visite un temple grec ou romain dont les colonnes ont été depuis longtemps relevées ?

Conservation, valorisation, transmission supposent de multiples arrangements selon la nature du bien, selon sa vulnérabilité, son potentiel d'anamnèse et l'activité touristique dont il est devenu le support. Consolider un patrimoine dont l'évolution spontanée tendrait à la disparition, ou produire une copie pour donner à voir un patrimoine invisible constituent deux des combinaisons, parmi d'autres, qui mettent en jeu la possibilité d'une reconstruction sur place ou d'une reconstitution en un autre lieu. Le futur Espace de restitution de la grotte Chauvet (ERGC) s'inscrit dans cette problématique du vrai, du faux et du patrimoine.

Cet article vise à interroger dans quelle mesure un fac-similé donne à voir un « patrimoine invisible », et, questionnant la nature du fac-similé, à formuler l'hypothèse d'un possible transfert de patrimonialité : dans quelle mesure la copie, en tant que lieu d'expérience touristique des valeurs patrimoniales, vient-elle se substituer à la grotte originale ?

I - La mise en tourisme des grottes ornées

« Une fois qu'on a éliminé le désir fétichiste de l'original, les copies sont parfaites »
Umberto Eco, Les monastères du salut.

1 - Le problème général des rapports entre conservation et valorisation touristique

Sans retomber sur les écueils convenus de l'incompatibilité entre protection du patrimoine et mise en tourisme, nombreux sont les exemples où des solutions originales et satisfaisantes sur les deux plans ont dû être trouvées. Dans le cas du suaire de Turin, il n'est guère concevable de remplacer par une copie un bien dont l'authenticité fait déjà débat ! Le suaire fait donc l'objet d'ostensions à intervalles réguliers, de façon à satisfaire la curiosité des fidèles tout en limitant les temps d'exposition à la lumière : en 2010, alors que le suaire n'avait plus été visible depuis 2000, l'ostension a duré six semaines et a attiré plus de 2 millions de visiteurs, puis le suaire a été remisé à l'abri de la lumière.

Quant aux statues exposées dans l'espace public, il convient de les préserver des agressions atmosphé-

[1] *Les citations d'Umberto Eco en début d'article et de chaque partie sont extraites d'une série d'articles parus dans l'Espresso en 1975 et rassemblés en 1985 dans* La guerre du Faux *(éd. fr. Grasset, 277 p.). Elles se rapportent pour l'essentiel à des sites (parcs de loisirs, sites historiques, musées…) visités par l'auteur aux Etats-Unis.*

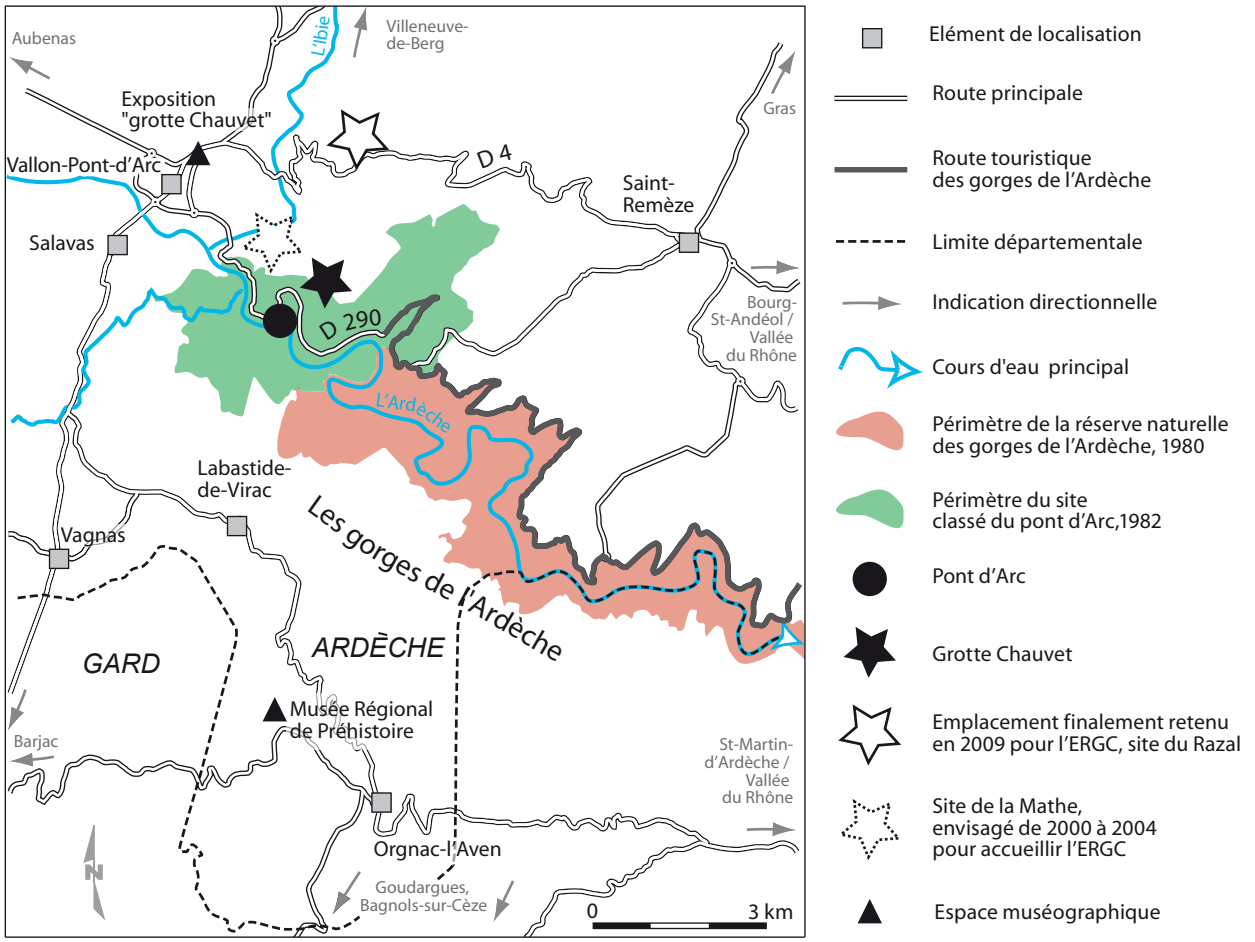


Figure 1 - Localisation de la grotte Chauvet et des projets de valorisation patrimoniale associés.

riques ou liées à la pollution : l'original du David de Michel-Ange est visible dans la Galerie de l'Académie à Florence, alors que sa copie grandeur nature trône sur la piazza della Signoria, pour le plus grand plaisir des touristes. La fonction ornementale de la statue est maintenue, sans que l'œuvre d'art soit pour autant mise en danger. Que les touristes sachent ou non qu'il s'agit d'une copie, leur perception en est-elle pour autant très différente ? La numérisation d'archives auxquelles les chercheurs n'ont dès lors plus accès pose à peu près les mêmes questions, et la réponse varie beaucoup en fonction de la qualité de la reproduction.

L'injonction patrimoniale de transmission se double aussi d'une injonction de visibilité : d'où les nombreuses prises de position sur le scandale qu'il y aurait à « confisquer » un patrimoine, à la fois pour des motifs « éthiques », à savoir que si le patrimoine est un bien commun, tout un chacun doit pouvoir y accéder ; et aussi pour des motifs économiques qui mettent en jeu la notion de valorisation. Si « confiscation » il y a, elle appelle une « restitution », dans les trois sens du terme qui jouent sur les trois registres sociaux, scientifiques et touristiques : restituer, c'est en effet rendre à quelqu'un ce qui lui a été pris (ici à entendre au sens figuré), reconstituer la signification complète du monument (ce que font bien les scientifiques à travers leurs études) et reproduire fidèlement une image (ici en vue de sa valorisation touristique). L'Espace de restitution de la grotte Chauvet devrait donc répondre à cette triple exigence.

Car le problème est exacerbé pour les grottes ornées qui cumulent les valeurs patrimoniales : d'abord la valeur d'ancienneté, surtout pour la grotte Chauvet dont les datations ont permis de développer la notion de « première image », mais aussi la valeur esthétique que les pariétalistes actuels ont beaucoup mise en lumière. La vulnérabilité est extrême, et techniquement rien n'est plus simple que d'interdire l'accès aux grottes, bien plus qu'aux sites de plein air d'intérêt ou de vulnérabilité équivalents (la vallée des Merveilles par exemple).

Par rapport à d'autres grottes ornées, la grotte Chauvet n'a jamais été diagnostiquée comme particulièrement vulnérable. Mais l'exigence de la conservation la plus rigoureuse s'explique par le fait qu'elle a été découverte dans un état de conservation exceptionnel, que personne n'y avait pénétré, et que tout y était demeuré dans une intégrité inouïe : les peintures, mais aussi les tracés digitaux, les vestiges paléontologiques, les empreintes au sol…

Les grottes ornées ont ceci de particulier que les œuvres d'art sont complètement et indissolublement liées au milieu naturel dans lequel elles s'inscrivent,

ce qui en fait à la fois la richesse et la fragilité. En même temps, les mesures de conservation très rigoureuses, même si elles sont ponctuellement discutées, font l'objet d'une acceptation quasi-unanime, liée à la compréhension de la vulnérabilité. Mais cette acceptation n'abolit pas la forte demande pour voir ce qui n'est pas visible, ce qui motive à la fois la réalisation d'un espace de restitution, les investissements qui y sont consacrés et les attentes en matière d'économie du territoire. Avec 343 000 visiteurs en 2008 [1], le fac-similé de Lascaux constitue l'un des sites les plus attractifs en matière d'art pariétal et confirme bien l'intérêt d'un large public.

Dans la doctrine en vigueur sur l'archéologie et la conservation, il est admis que les grottes ornées se distinguent fondamentalement des autres monuments et œuvres d'art : ceux-ci font en effet couramment l'objet de restaurations plus ou moins abouties et parfois contestées tant dans leurs modalités que dans leurs résultats. Pour les grottes ornées, des opérations de nettoyage et de rénovation ont pu être menées à Font-de-Gaume en 1966-1967 (Jaulin, 1998, p. 255) ou à Rouffignac (Geneste, 1999, p. 16-17). Mais aujourd'hui, les conservateurs du patrimoine sont devenus beaucoup moins interventionnistes. Leur prudence extrême s'appuie sur des notions d'« éthique » et d'« interdiction morale » (Geneste, 1999, p. 17) qui s'expliquent aussi par l'absence de documentation sur les intentions réelles des artistes de la Préhistoire, par l'ignorance des conditions pratiques de réalisation des œuvres (même si les travaux des pariétalistes nous en apprennent beaucoup sur ce point) et de ce qu'était réellement leur état initial. Au contraire, pour une toile de maître ou pour un monument historique, le niveau de connaissance de l'intentionnalité et des techniques permet d'envisager des restaurations plus interventionnistes.

C'est dans ce contexte que, pour les grottes ornées, le recours aux fac-similés donne la possibilité de dissocier conservation de l'œuvre originale et restauration de ses qualités esthétiques supposées, comme cela a déjà été le cas pour Niaux (Geneste, 1999, p. 18) ou à Marsoulas (Tosello et *al.*, 2012).

2 - Typologie des relations entre conservation et valorisation touristique des grottes ornées (peintures ou gravures)

Depuis la découverte et la divulgation de l'art pariétal paléolithique, au tournant des 19e et 20e siècles, la curiosité du public pour cet art des origines ne s'est jamais démentie. La présentation de cet art a donc pris de multiples formes (Geneste, 1999 ; Sabourdy, 2009). La typologie présentée ici se construit selon une graduation depuis la conservation la plus stricte, exclusive de toute valorisation touristique (type 1), jusqu'à la totale absence de gestion du bien (type 5 ; Figure 2) :

Type 1 : grottes fermées sans médiation

La conservation s'est imposée comme le seul objectif, à l'exclusion de toute forme de valorisation touristique. La grotte a été rigoureusement fermée, seuls les agents en charge de la conservation et les chercheurs, sous conditions, peuvent y avoir accès. Ces grottes ne sont pas forcément plus vulnérables que d'autres *dans l'absolu*, mais soit leur intérêt touristique n'a pas été jugé suffisant, soit la chronologie de leur découverte et de leur protection a débouché sur un arbitrage en faveur de la stricte conservation.

Appartiennent à cette catégorie, en Ardèche, la grotte Chabot ou la grotte d'Ebbou (avec toutefois quelques éléments d'information au musée régional de Préhistoire d'Orgnac) ; hors d'Ardèche, la grotte Cosquer ou la grotte de Cussac sont dans cette configuration, mais leur notoriété est toute autre, ainsi que les enjeux associés à ces sites. La sanctuarisation est absolue, mais dans un sens, la patrimonialisation fonctionne à vide. Purement institutionnelle, elle ne trouve aucun écho et ne permet aucune forme d'appropriation par les populations.

Dès sa découverte, la grotte Chauvet s'est retrouvée dans cette situation de fermeture absolue. Mais à partir de décembre 2001, son statut a évolué avec la mise en place d'un protocole de visites restrictif (cf. *infra* II), comparable à celui qui a prévalu à Lascaux jusqu'aux années 2000. Toutefois, la grotte Chauvet ne peut être réellement considérée comme une grotte touristique : les visites constituent une possibilité offerte à quelques amateurs les plus motivés, plutôt qu'une activité de valorisation proprement dite.

Ne présentant pas d'art pariétal ni d'intérêt archéologique, les galeries d'Orgnac IV se trouvent dans une situation comparable depuis l'arrêté préfectoral du 12 juillet 1999 qui a classé cette partie du réseau en « *protection intégrale* ». Dans ce cas, la stricte conservation s'est imposée face aux anciens projets d'aménagement touristique (Trébuchon, 2000).

Type 2 : grottes fermées avec des outils de médiation compensatoires

a - Exposition, outil muséographique classique

Le Parc de Préhistoire à Tarascon-sur-Ariège donne à voir des panneaux reconstitués des peintures de la grotte de Marsoulas (Haute-Garonne, fermée au public) et de la grotte de Gargas (Hautes-Pyrénées) ; cette dernière se visite mais la dissociation spatiale entre le site originel et le parc ariégeois peut expliquer ce doublon utile sur le plan pédagogique.

En Ardèche, autour de la grotte Chauvet, deux lieux se sont partagé cette fonction : l'exposition créée

[1] *Chiffres cumulés Lascaux II et le site du Thot, http://www.dordogne-perigord-tourisme.fr/tourisme%20en%20chiffres/jeu_chiffres.htm, consulté le 10/05/2012.*

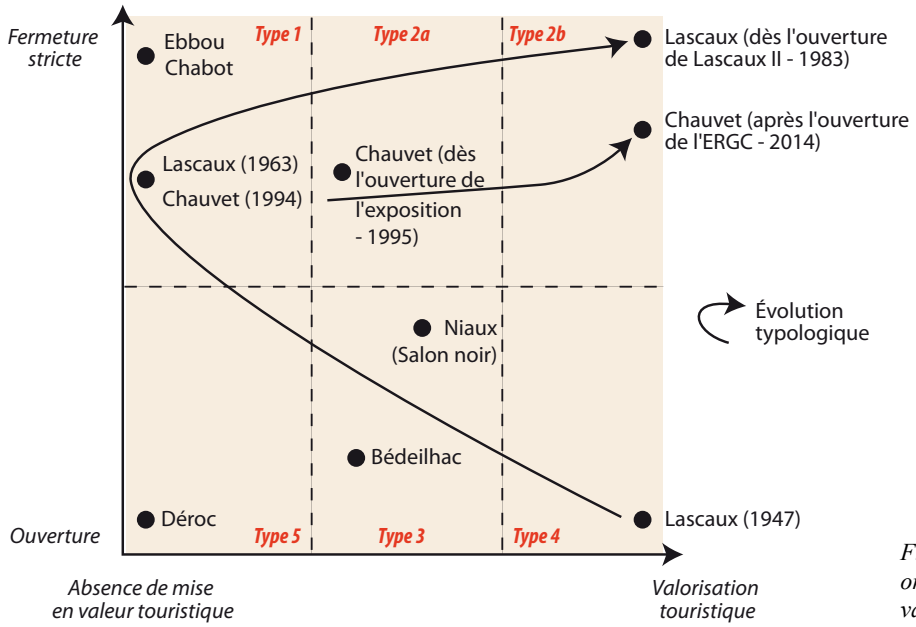


Figure 2 - Typologie des grottes ornées selon les logiques de conservation et de valorisation.

à Vallon-Pont-d'Arc depuis juin 1995 et le musée régional de Préhistoire à Orgnac-l'aven, ouvert en 1988 et qui a intégré ensuite une présentation de la grotte Chauvet aux côtés des autres grottes ornées des gorges (Figure 1). Si ces présentations ont souvent été décriées au motif qu'elles n'étaient pas à la hauteur de la découverte, elles ont joué un rôle important dans la longue période qui se sera écoulée (autour de 20 ans) entre la découverte de la grotte et la future ouverture de l'ERGC : elles ont assuré une continuité temporelle qui a permis d'ancrer la présence de la grotte dans l'espace touristique visible ; elles ont certainement entretenu l'attente des publics les plus motivés qui auront à cœur de prolonger ce premier contact par la visite de l'ERGC. En un mot, elles ont participé au processus de patrimonialisation. L'obsolescence supposée des techniques muséographiques mobilisées ne doit pas masquer ce rôle éminent.

De ce point de vue, la grotte de Mas d'Azil (Ariège) constitue un cas un peu particulier : une partie du réseau est ouverte à la visite depuis 1936 (Biot, 2006), mais pas la galerie Breuil dont les parois s'ornent de peintures. D'après les commentaires des guides sur place, cette galerie était visitée dans les années 1960-70, mais elle a ensuite été murée « *pour tenter de reconstituer le confinement de cette zone* » (Bourges, 2002, p. 5). Le musée de préhistoire installée au village vient remédier aux frustrations des visiteurs.

b - Copie exacte, fac-similé partiel ou total

Les fac-similés d'Altamira (1979), de Lascaux (1983) ou d'Ekain (2008) cherchent à reconstituer le plus fidèlement possible les panneaux peints et à les replacer dans le volume et dans l'ambiance de la grotte originelle. À Angles-sur-l'Anglin, le centre d'interprétation du Roc-aux-Sorciers présente, quant à lui, une restitution numérique animée jouant « *sur le registre sensible de l'imaginaire* » (Pinçon et *al*., 2010, p. 9), complétée par une reproduction « *révélant la frise dans ses moindres détails, que le visiteur peut toucher et apprécier dans un contexte naturel face à la vallée* » (idem).

La copie de la grotte Chauvet pourra être rangée dans cette catégorie, même s'il s'agira d'une anamorphose plus que d'un fac-similé *stricto sensu* (cf. *infra* II). Ces copies passent pour le meilleur compromis entre la conservation la plus efficiente et la mise en tourisme optimale, puisque les deux préoccupations se trouvent complètement déconnectées l'une de l'autre dès lors que le fac-similé a été réalisé. Dès son inauguration en 1983, Lascaux II a été salué comme une grande réussite artistique et n'a cessé d'attirer depuis lors un nombreux public.

Cette faveur explique les différents projets de reconstitution de la grotte Cosquer qui ont été imaginés depuis 1991 mais dont aucun n'a encore vu le jour ; elle explique également l'impatience du président du Conseil général de la Dordogne à voir se réaliser un fac-similé de la grotte de Cussac, découverte en 2000. En théorie, toutes les grottes ornées pourraient faire l'objet de fac-similés. Dans les faits, le procédé est à la fois long et coûteux, car il faut avoir acquis une connaissance très précise de la cavité et de l'art qui s'y trouve représenté, les montages financiers sont exigeants, une équipe artistique capable de réaliser la nouvelle œuvre d'art doit être réunie (nous reviendrons en III sur le statut patrimonial et esthétique du fac-similé).

De tels dispositifs ne sont donc mobilisés que pour des grottes recélant des œuvres d'art pariétal jugées prestigieuses. Le milieu souterrain lui-même, lorsqu'il présente seulement des stalactites et des stalagmites, n'est pas considéré comme assez fragile ni assez convoité pour avoir donné lieu à de telles répliques.

Type 3 : Ouverture touristique avec protocole de visite imposé à des fins de conservation

Dans les grottes de Niaux (Ariège) ou de Pech Merle (Lot) par exemple, les visiteurs sont admis et l'activité touristique se poursuit. Mais elle est encadrée par un protocole de visite qui limite le nombre de groupes, le nombre de visiteurs par groupe, le temps de visite, et qui impose à la caverne des temps de repos circadiens et saisonniers. Ces protocoles ont été établis par les directions régionales des Affaires culturelles sur la base de campagnes de monitoring atmosphérique visant à déterminer les seuils de fréquentation compatibles avec les impératifs de conservation.

Le gouffre d'Esparros (Hautes-Pyrénées), parce qu'il était classé au titre des sites, a été mis en tourisme en 1997 dans des conditions analogues, avec un protocole de visite, alors qu'il ne recèle pas d'art pariétal. On peut considérer que dans ce cas précis, le milieu endokarstique a bénéficié d'un transfert de méthodologie des grottes préhistoriques vers les grottes à concrétions.

Le cas de la grotte de Niaux apparaît comme intermédiaire entre les types 2 et 3 : les peintures du Salon noir sont à la fois montrées *in situ* aux visiteurs qui ont réservé leur place selon le protocole mis en place (type 3), et elles sont représentées sous la forme d'un fac-similé dans le Parc de Préhistoire à Tarascon-sur-Ariège : dans ce cas, le fac-similé vient, non pas se substituer à l'original, mais s'ajouter comme une autre modalité de contact avec l'œuvre. En revanche, les empreintes de pas du réseau Clastres ne sont pas visibles pour les visiteurs, mais elles ont été reconstituées dans le même Parc de Préhistoire et, sur ce point particulier, Niaux ressort plutôt du type 2.

Type 4 : Exploitation touristique sans protocole dûment établi

Les grottes à gravures en général, mais aussi certaines grottes à peintures continuent à être visitées par le public sans réel protocole. Cela ne signifie pas que les exploitants soient désinvoltes par rapport au patrimoine dont ils ont la gestion, mais la pression touristique est plus limitée et n'a pas justifié de mesures au-delà de l'arrêté de classement. Il arrive aussi que le protocole existant ne soit pas formellement respecté.

Les types 3 et 4 regroupent au total une quinzaine de grottes touristiques en France, dix au moins où il est possible aux visiteurs de voir des peintures pariétales (Bédeilhac, Bernifal, Cougnac, Font-de-Gaume, Gargas, Merveilles, Niaux, Pech Merle, Rouffignac et Villars) et cinq des gravures ou des sculptures (Bara-Bahau, Cap Blanc, Combarelles, Isturitz et Pair-non-Pair). Dans la situation actuelle, les exigences de conservation n'ont donc pas rendu impossible le contact direct des visiteurs avec l'art pariétal paléolithique. Ces quinze cavernes se situent toutes dans un triangle compris entre la Dordogne au nord et les Pyrénées au sud. L'Ardèche, et plus généralement le sud-est de la France, n'en comptent aucune.

Type 5 : Grottes ouvertes sans mise en tourisme

Le cas est peut-être moins connu, et ne donne pas forcément satisfaction en termes de conservation. Mais dans le cas de grottes connues depuis très longtemps dans lesquelles l'art pariétal n'a été identifié que récemment et n'a pas fait l'objet d'une mesure de protection réglementaire, l'accès a pu rester libre, et les figurations n'ont pas été jugées suffisamment spectaculaires pour mériter une mise en tourisme. Tel est le cas, en général, des cavités recelant des gravures réputées protohistoriques, comme le puits aux Écritures dans le Vercors, ou la grotte du Déroc en Ardèche où des représentations animales ont été récemment découvertes.

Bien sûr, cette typologie ne doit pas être considérée comme figée. Le statut de chaque caverne peut évoluer, selon la conscience de la vulnérabilité, selon la chronologie des aménagements et l'inertie inhérente, selon les modifications apportées à leur statut foncier ou à leur mode d'exploitation, selon le contexte réglementaire, et aussi selon les choix effectués par les acteurs de la conservation et du tourisme (Figure 2). Dans le même temps, les statuts ne sont pas exclusifs les uns des autres. Ainsi, la grotte Chauvet relève à la fois du type 1 (avec néanmoins des possibilités de visites, cf. *infra* II), du type 2 a et du type 2 b avec l'ouverture à venir de l'ERGC.

II - Le cas de la grotte Chauvet et de l'espace de restitution : rendre accessible un patrimoine invisible

« Et donc, il ne s'agit pas d'un fac-similé, mais – si je peux me permettre ce néologisme – d'un fac-différent »
Umberto Eco, Les forteresses de la solitude.

L'existence de la grotte Chauvet a été officiellement annoncée le 18 Janvier 1995, soit un mois après sa découverte. Entre temps, un arrêté préfectoral datant du 13 Janvier 1995 en a interdit l'accès afin d'assurer la conservation des peintures. Les oeuvres pariétales de la grotte Chauvet sont les plus anciennes découvertes à ce jour, autour de 36 000 BP, datation ^{14}C calibrée (Valladas et *al.,* 2001). La grotte est également considérée comme exceptionnelle compte tenu du bestiaire animal représenté (avec plus de 420 représentations dominées par des animaux dangereux : ours des cavernes, lionnes, rhinocéros), de leur qualité esthétique et des techniques

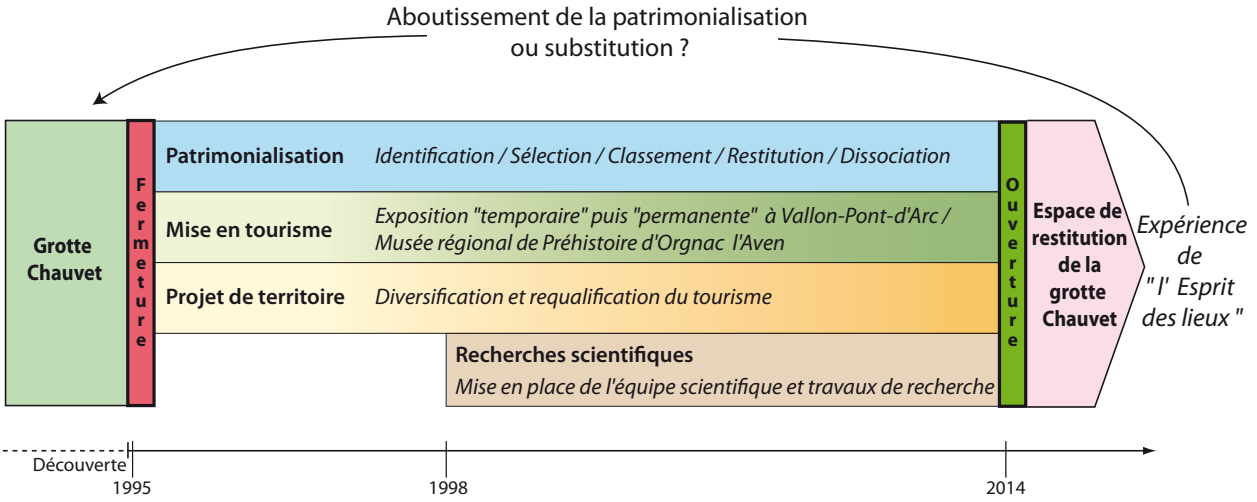


Figure 3 - De la fermeture de l'original à l'ouverture de la copie : enjeux patrimoniaux.

employées (perspective, estompage). Sanctuaire archéologique et paléontologique parfaitement conservé, cette découverte a remis en cause une évolution linéaire de l'art (Clottes, 1996).

1 - La grotte Chauvet, un atout pour la réorganisation du tourisme et le développement territorial

Dès la découverte, les élus et la population locale ont compris l'intérêt de la grotte Chauvet. Les acteurs réalisent immédiatement l'importance de sa valeur patrimoniale mais également de son potentiel touristique (Duval, 2007, p. 251). Cette double reconnaissance n'en est pas moins paradoxale : d'un coté, la nécessité de la conservation ; de l'autre, celle de montrer la grotte au public, amenant un double processus de fermeture / ouverture (Figure 3).

Cette découverte s'inscrit dans un contexte de prise de conscience des limites d'un modèle touristique organisé autour des ressources en eau et paysagères (Duval, 2010). La grotte Chauvet apparaît comme une aubaine pour diversifier et requalifier le tourisme grâce à l'ouverture de l'économie touristique à l'offre culturelle. Cette volonté de réorienter le tourisme est affichée dès l'annonce de la découverte : « *ainsi, cette découverte permettra au tourisme local de franchir un grand pas en brandissant un atout supplémentaire qui viendra s'ajouter à ceux légués par la nature : l'atout culturel* » (propos de J.-P. Ageron, alors maire de Vallon - Pont-d'Arc, Dauphiné Libéré, 20-01-1995).

Si la fermeture de la grotte au public a été d'emblée présentée comme un impératif pour sa conservation, R. Amirou (2000) fut l'un des rares auteurs à relayer des doutes sur la pertinence de ce choix : « *À la Combe d'Arc, il y a une série de larges galeries, joignant plusieurs salles assez vastes […]. La préservation des restes archéologiques n'est pas nécessairement incompatible avec l'ouverture au public, estiment les associations d'usagers* » (2000, p. 100). En effet, le volume de la caverne fait que le problème se pose dans des termes sensiblement différents du cas de Lascaux, et les conservateurs eux-mêmes ont pris en considération cette différence. De fait, les visites dans la grotte Chauvet n'ont pas été complètement interdites au public : jusqu'en 2009, 500 visites par an étaient permises, puis le quota a été révisé et les visites passèrent à 200 par an. Celles-ci sont réparties entre les inventeurs (30), les services de l'Etat (30), les scientifiques autres que l'équipe scientifique (30) et les autres visiteurs (110). En 2009, 175 personnes ont visité la grotte, auxquels s'ajoutent les deux campagnes scientifiques. Cette baisse des quotas est justifiée par la présence de radon et de CO_2 dans la grotte et par la réglementation de la médecine du travail qui, selon les conditions atmosphériques de la cavité, limite le temps de présence des gardiens [2].

Jamais l'idée de trouver des solutions permettant la visite de la grotte en toute sécurité pour la conservation et les visiteurs n'a été évoquée, le principe de précaution, lié à l'histoire de Lascaux, interdisant toute tentative de modification des conditions atmosphériques de la grotte Chauvet. Par ailleurs, quand bien même les taux de radon et de CO_2 pourraient être abaissés en vue d'une ouverture au public, la grotte ainsi aménagée ne serait vraisemblablement pas en mesure d'accueillir le nombre de visiteurs souhaité par les acteurs *via* l'ouverture de l'espace de restitution (300 000 visiteurs attendus).

Afin de pouvoir valoriser et transmettre les patrimoines de la grotte Chauvet, les projets de « muséifi-

[2] *Officiant en tant que guides assermentés, leur présence est requise à chaque entrée dans la grotte. Aussi, le nombre de visites est-il fonction des heures de présence que ces derniers peuvent effectuer dans la cavité. Leur temps est aujourd'hui principalement réservé à l'équipe scientifique, à quelques visiteurs de choix et aux personnes faisant des relevés pour l'espace de restitution.*

cation » et de copie sont énoncés dès la découverte : « *on peut imaginer une reproduction grandeur nature afin d'offrir ce spectacle exceptionnel de peintures rupestres* » (Le Progrès, 19-01-1995). Une semaine plus tard, La Tribune titrait « *Une merveille à montrer... en copie* » (26-01-1995). Cet équipement à vocation culturelle et touristique vise à restituer au plus grand nombre une découverte majeure de l'histoire de l'Humanité, à participer à la transmission des connaissances mais aussi à favoriser la diffusion du tourisme à la fois dans le temps (hors-saison) mais également dans l'espace avec un rayonnement vers l'ensemble du département ardéchois (Cachat et *al.,* 2012).

Le potentiel touristique de l'art pariétal aurait pu être saisi depuis longtemps, bien avant la découverte de la grotte Chauvet (Gauchon, 2009). Une vingtaine de grottes ornées ont, en effet, été découvertes dans les gorges de l'Ardèche, soit la plus importante concentration du sud-est de la France (Gély, 2000). La valeur préhistorique et pariétale des gorges reste cependant peu mise en avant. Définie comme un « joyaux de la préhistoire », la grotte Chauvet fait figure de « vedette » et l'espace de restitution portera uniquement sur celle-ci. Les autres grottes ornées ne font l'objet d'aucune valorisation touristique (Figure 2 ; types 1 et 5), si ce n'est sous la forme de panneaux d'information au musée régional de Préhistoire à Orgnac-l'Aven et de l'exposition temporaire de Vallon-Pont-d'Arc (Figure 2 ; type 2 a).

2 - Le projet d'espace de restitution : fac-similé ou anamorphose ?

L'espace de restitution voit ses caractéristiques évoluer selon le type de projet envisagé (Cachat et *al.,* 2012). Si celui-ci est qualifié d' « *espace de restitution* » à partir de 1996 (Dauphiné Libéré, 24-03-1996), son contenu n'a cessé d'évoluer selon les différentes campagnes d'appel d'offre, les sites d'implantation envisagés, les réserves foncières disponibles et les choix retenus sur le plan scénographique.

Porté par le Conseil général de l'Ardèche, le premier projet, appelé « Exploratoire de l'image » est prévu pour 2001 et se situe à mi-chemin entre un musée et *« une réplique de la grotte »* (Dauphiné Libéré, 24-03-1996). Misant sur *« l'utilisation des techniques d'imagerie virtuelle (réalisation d'un film en trois dimensions) »* (Réveil du Vivarais, 29-03-1996) et en collaboration avec le Futuroscope, celui-ci se compose de trois principaux éléments :

– une salle panoramique haute résolution où était prévue la diffusion d'un film reconstituant la vie dans la vallée de l'Ardèche à l'époque des Aurignaciens (30 000 BP) ;

– une salle diffusant en relief les images de la grotte ;

– un troisième espace faisant voyager le visiteur dans le monde des fouilles, de la découverte et de l'interprétation des trésors archéologiques.

Ici, *« les spécialistes du Futuroscope plaident pour un concept inverse de celui de Lascaux II, où "l'on voit en vrai ce qui est faux". Dans l'Espace de Restitution de "l'Exploratoire de la Préhistoire" on devrait voir en faux la vraie Grotte Chauvet - Pont-d'Arc »* (Dauphiné Libéré, 20-10-1997). Le vocabulaire s'oriente alors vers des questionnements autour du vrai / du faux et interroge la place de l'authenticité dans la transmission du patrimoine de la grotte Chauvet (nous reviendrons en III sur la question de l'authenticité).

En 1999, face aux difficultés rencontrées pour tourner dans la grotte Chauvet, le Conseil général change de stratégie et retient un nouveau fil conducteur, celui du « grand voyage dans le temps ». Le premier espace intitulé « la remontée dans le temps » aurait alors traité du paléo-environnement, de la formation des gorges, de l'origine de l'homme et de son arrivée en Ardèche ; le deuxième espace « arrêt sur image » aurait proposé *« une visite de la grotte à travers différentes techniques, afin de restituer l'émotion […]. Enfin le troisième espace "retour vers le futur" [aurait mis] l'accent sur les techniques de prospection, de recherches, d'interprétation et leurs conséquences ainsi que les liens avec les autres sites ardéchois »* (La Tribune, 28-10-1999).

Le lancement d'un nouvel appel d'offre sur concours se solde par un échec, aucune des réponses n'ayant été convaincante. Cette étape s'est néanmoins révélée décisive dans la maturation du projet, le Conseil général entérinant le concept autour duquel devra s'organiser le futur ERGC, « *à savoir que la restitution doit être parcourue (cheminement) dans une ambiance créée en partie par un fac-similé et en partie par le virtuel* » (Dauphiné Libéré, 01-06-2000). L'idée d'un fac-similé est lancée ; la reproduction des oeuvres et la virtualité doivent permettre l'immersion du visiteur dans un « grand voyage dans le temps ».

Au début de l'année 2001, un projet scénographique est sélectionné et un maître d'oeuvre pressenti. Celui-ci se distingue des projets précédents par la réalisation d'une fausse « *vraie grotte* » (Conseil général de l'Ardèche, 2001 a, p. 4). Les contraintes foncières amènent à une nécessaire contraction de la grotte : un fac-similé supposerait en effet de trouver une surface disponible d'*a minima* 8500 m², soit la totalité des réseaux ornés auxquels viendrait s'ajouter les surfaces requises par les bâtiments secondaires d'accueil du public.

« *Cette intégration de la grotte réelle dans un volume réduit et contraint a été obtenue par procédé de morphing numérique du plan topographique* » (*ibid*., p. 4), lequel réside en la « *transformation d'une image continue, animée, en une autre* » (www.larousse.fr). Celui-ci consistait à déformer progressivement la grotte en en préservant la structure générale et en réduisant les salles tout en respectant leurs

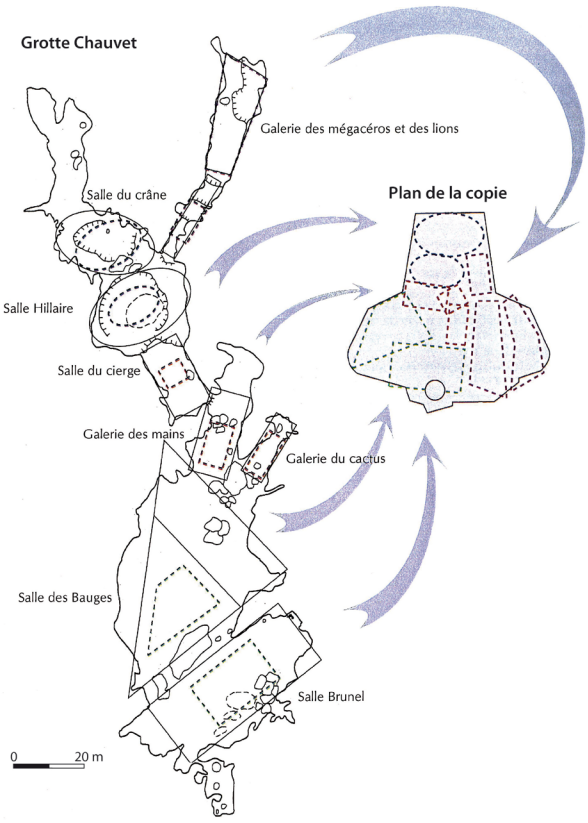


Figure 4 - Le morphing numérique (Conseil général de l'Ardèche, 2001a, p. 6). Le morphing numérique est un procédé permettant de déformer la structuration de la grotte et de réagencer les différentes salles tout en conservant la composition. A noter qu'il était prévu de doubler la galerie des mégacéros et des lions pour permettre aux visiteurs de s'y attarder.

positions relatives (Figure 4). Ce projet insiste sur le fait que « *les parois sur lesquelles sont reproduites les oeuvres pariétales ne sont pas modifiées par la transformation* » (*ibid.*, p. 6). Au final, ce procédé permettrait d'aboutir à une emprise au sol de 2100 m² pour la copie, jalonnée de 14 stations restituant les salles de la grotte Chauvet.

En complément de l'approche scénographique et afin de rendre compte des volumes de la grotte, un recours à un procédé optique était prévu (Figure 5). Par le biais de miroirs permettant de passer d'un objet à son image, la reproduction des oeuvres pariétales était prévue au millimètre près, et « *le dessin au trait avec ou sans effet d'estompe [aurait été] traité au point par point au pinceau par projection de photos négatives et de diapositives* » (Conseil général de l'Ardèche, 2001b, p. 19). Le scénario de la visite de cette restitution prévoyait un guidage audio entraînant les visiteurs sur les traces des trois inventeurs et une immersion complète grâce à la restitution de l'ambiance sensorielle (humidité, température, odeurs...).

Envisagé sur le site de la Mathe depuis le début des années 2000 (Figure 1), ce projet fut abandonné fin 2004 (séance du Conseil général de l'Ardèche, 14 décembre 2004) : la déclaration d'utilité publique prévue pour l'acquisition des terrains du site de la Mathe ne peut être lancée et l'emplacement envisagé pour le parking s'avère être en zone inondable (Duval, 2007, p. 267-268). Pour autant, l'État, *via* le ministère de la culture et de la communication, soutient le lancement d'un nouveau projet d'espace de restitution, considérant que « *la recherche d'un nouveau site d'implantation est nécessaire et raisonnable* » (Terre Vivaroise, 28-01-2005). La relance du projet conduit en 2007 à la création du Syndicat Mixte de l'Espace de Restitution de la Grotte Chauvet (SMERGC). Porté par le Conseil général de l'Ardèche et le Conseil régional de Rhône-Alpes, sa mission est de porter la réalisation de l'ERGC et d'en contrôler l'exploitation, qui sera par ailleurs confiée à un délégataire privé. La constitution du syndicat marque un tournant : le montage et la réalisation de l'ERGC sont désormais cadrés.

En 2009, le site du Razal est sélectionné (Figure 1) et un nouveau projet est engagé, sous forme de « site éclaté ». Le projet lauréat sélectionné mise sur le thème de l'empreinte : béton projeté pour l'empreinte rocheuse et calcaire mais également empreinte animale avec l'organisation des différents bâtiments sous forme d'empreinte d'ours, un des animaux « totem » de la grotte Chauvet. Au final, l'espace de restitution se composera de plusieurs bâtiments, nécessaires à l'accueil du grand public : espace d'accueil, boutique, restaurant, espace évènementiel où seront mis en place des spectacles et autres animations sur le thème de la préhistoire, espace pédagogique, la copie à proprement parlé et un centre d'interprétation (SMERGC, 2009). Le centre d'interprétation permettra de compléter la visite de la copie en présentant les notions de la culture aurignacienne, la paléo-géographie et les techniques picturales des oeuvres de la grotte.

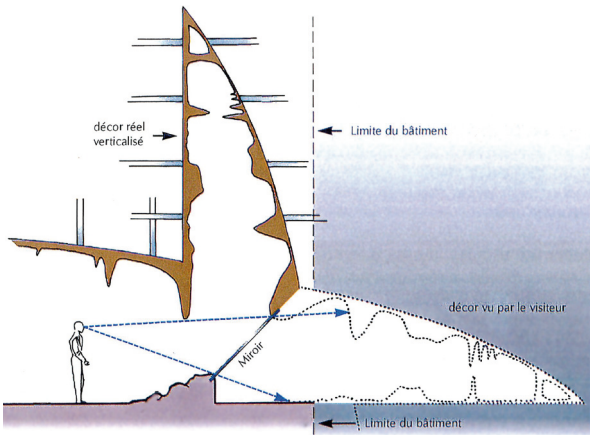


Figure 5 - Le principe optique (Conseil général de l'Ardèche, 2001a, p. 7). Le principe optique aurait permis de donner une impression de profondeur grâce à des miroirs reflétant le décor réalisé dans le plafond de la restitution. Ces « remontées verticales du décor » auraient été masquées par des concrétions et autres accidents de voûte.

L'agencement de la copie de la grotte s'inspire du projet de la Mathe (Conseil général de l'Ardèche, 2003), avec l'idée d'un cheminement du visiteur dans un espace clos reproduisant l'intérieur de la cavité, 9 stations permettant de découvrir les fondamentaux de l'original. En effet, tous les objets pariétaux, archéologiques, paléontologiques et géomorphologiques ne seront pas représentés, mais 82 *écailles* ont été sélectionnées par le SMERGC, aidé par le comité scientifique mis en place (Figure 6). Leur réagencement, rendu nécessaire par la contraction de l'espace, tient compte de l'obligation de présenter les panneaux tels que l'on peut les observer depuis le cheminement installé dans la grotte. L'objectif est ici de ne pas déformer la grotte à outrance, afin de ne pas abuser le visiteur dans un excès de « faux ».

Au final, la restitution se situe entre l'anamorphose et le fac-similé :

– anamorphose, car les volumes seront-déformés, avec la contraction des 8 500 m² de la grotte dans les 3 000 m² de la copie. La topographie de la vraie grotte sera réagencée et modifiée grâce à *« un procédé mathématique [qui permet] de courber le modèle en le repliant sur lui-même. Ainsi, il [est] possible de représenter la cavité en conservant l'apparence des volumes originaux »* (SMERGC, 2009, p. 14) ;

– fac-similé dans le sens où les objets pariétaux, archéologiques et paléontologiques seront représentés au millimètre près et à l'échelle 1 grâce à un relevé numérique 3D. La définition d'un fac-similé se trouvera satisfaite puisqu'il s'agira d' *« une reproduction exacte (conforme à l'original mais parfois à une autre échelle) d'un document écrit, d'un dessin, d'un tableau, soit à la main, soit au moyen d'un procédé (photo)-mécanique »* (www.cnrtl.fr). Ces reproductions seront, par ailleurs, réalisées par des artisans « faussaires » afin de conserver le geste humain.

Dès lors, il s'agit bien d'une anamorphose à l'échelle de la grotte, mais de fac-similés à l'échelle des panneaux et des objets représentés.

L'authenticité ayant été élevée en principe dès les premiers projets de l'ERGC, le souci de la restitution passe non seulement par une reproduction fidèle des peintures mais également par une découverte sensorielle des richesses de la grotte Chauvet. Par le biais « *d'une scénographie immersive* » où « *l'émotion sera le guide naturel de la visite : l'impression de progression générée par la visite de la cavité originale, l'ambiance climatique, humidité (75 %) et température (-5°c par rapport à la température extérieure), ainsi que les odeurs d'argile seront restituées* » (SMERGC, 2011a, p. 32), l'enjeu est de garantir une expérience touristique authentique, sans pour autant mentir aux visiteurs sur le fait qu'il s'agit d'une copie. Ainsi, les visiteurs « *vont visiter une réplique de la grotte Chauvet mais néanmoins, l'exigence que nous nous sommes imposée peut les mettre en confiance, car ce qu'ils verront dans la réplique sera absolument fidèle à ce qu'il y a dans la véritable grotte Chauvet, parfois au millimètre près. En plus des décors, les gens seront immergés dans une ambiance de caverne. À l'entrée de la caverne répliquée, il y aura un choc thermique, volontaire, les gens ressentiront un choc thermique. Il y aura des odeurs également et puis il y aura de l'humidité dans la fausse grotte. Tous ces éléments scénographiques permettront probablement d'instaurer un petit doute dans la tête de nos visiteurs. Mais il n'empêche que nous ne leur mentirons pas, nous leur dirons qu'ils visiteront une fausse grotte bien que celle-ci sera absolument fidèle à la véritable* » (David Huguet, chargé culturel au SMERGC [3]).

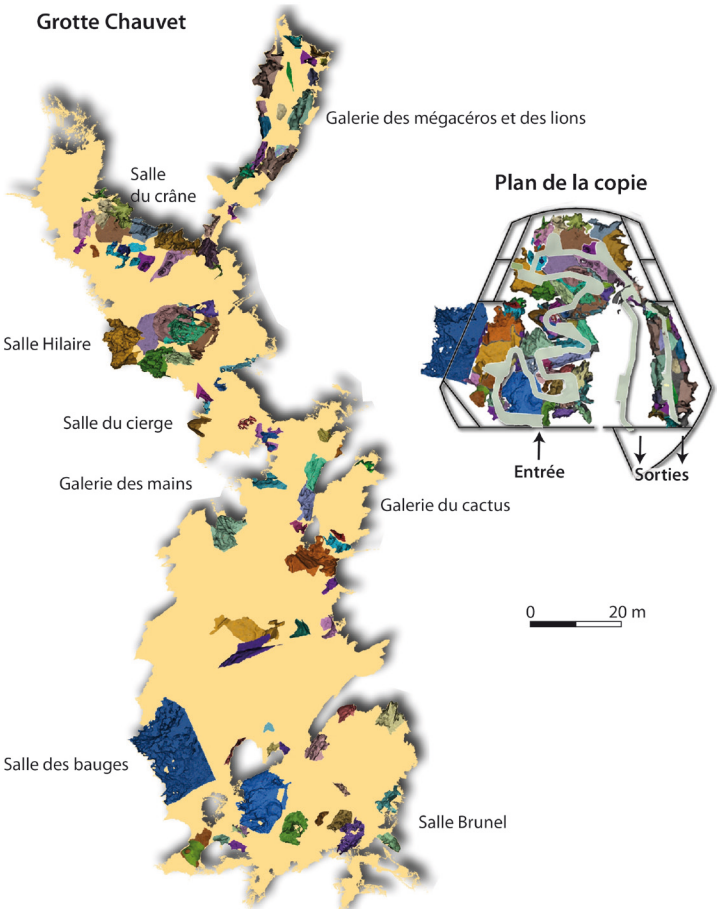


Figure 6 - Procédé de restitution de la copie via l'identification et le réagencement de 82 écailles préalablement sélectionnées (d'après SMERGC, 2011a, p. 32). Les portions de la grotte, appelées écailles et sélectionnées pour être reproduites à l'échelle 1, sont réagencées dans la copie, tout en conservant l'ordre de succession des panneaux. © SMERGC/geom. Perazio.

[3] *Reportage Agora du 15 mars 2012, http://www.tlm.fr/Revoir-une-emission?pgid=7153544, visionné le 20 avril 2012.*

La réalisation de l'ERGC et l'impression d'authenticité générée par les techniques mises en place sont d'autant plus importantes que la grotte Chauvet est candidate au Patrimoine mondial de l'humanité de l'Unesco. En cela, la copie participe à l'argumentaire de conservation du bien, sa construction étant envisagée comme un moyen de « *garantir et pérenniser la fermeture de la grotte* » (SMERGC, 2011 a, p. 29). Élément complémentaire de la protection du bien, l'Espace de restitution participe également de la valorisation et de la transmission des valeurs patrimoniales. Au final, le soin apporté à la copie, les enjeux et fonctions qui lui sont attribués ainsi que la dissociation spatiale entre la vraie grotte à conserver et la fausse à visiter invitent à questionner de possibles transferts de patrimonialité.

III - Entre restitution et substitution : enjeux patrimoniaux

« La philosophie du Palace n'est pas :
"nous vous donnons la reproduction pour que vous ayez envie de l'original",
mais "nous vous donnons la reproduction pour que vous n'ayez plus besoin de l'original" »
Umberto Eco, Les crèches de Satan.

Les caractéristiques de la copie positionnent cet objet à mi-chemin entre la création d'une nouvelle œuvre d'art et une reproduction à l'identique. Si « *la nouvelle mise en scène, l'éclairage étudié, l'orientation, l'ambiance générale du lieu et surtout l'angle sous lequel le visiteur voit l'œuvre modifient totalement l'œuvre originale* » (Geneste, 1999, p. 18), la création d'un art fictif est néanmoins tempérée par le souci d'une reproduction à l'identique des peintures. Qu'en est-il du statut symbolique de la copie ? Des valeurs qui lui sont affectées ? Et au final, la volonté d'une reproduction à l'identique ne vient-elle pas modifier le statut de la grotte originale ?

1 - Un possible transfert de patrimonialité ?

Sur le plan patrimonial et symbolique, la première fonction de l'ERGC est de pallier la fermeture de la grotte ; il constitue en cela un médiateur culturel, un passeur de relais, auxquels se sont progressivement ajoutés des enjeux territoriaux (Cachat et *al.,* 2012 ; Duval, 2007, p. 251-255). Posés ainsi, les rôles semblent assez bien définis : au bien patrimonial « grotte Chauvet » est associé l'ERGC, équipement touristique à vocation culturelle.

Pour autant, le mimétisme de la grotte reconstituée et la fonction centrale de cette dernière dans le processus de validation / appropriation sociétale invitent à questionner de possibles transferts de patrimonialité entre l'original et la copie (Figure 3). Aussi, dans quelle mesure la valorisation patrimoniale de la grotte originale par le biais d'un espace de restitution ne conduirait-elle pas une « mise en archives » de la grotte originale et à un renversement des statuts, la grotte devenant « objet témoin » et la copie « bien patrimonial » ? Cette hypothèse semble devoir être d'autant plus explorée que les prises de parole des acteurs démontrent que les rôles attribués à l'original et à sa copie sont loin d'être figés : ainsi, l'expression « *quand Chauvet sera ouverte* » ponctue régulièrement les discours des acteurs territoriaux alors même qu'ils font référence à l'ERGC. Dans la même veine, le délégataire retenu pour gérer l'espace de restitution est appelé à faire part « *des attentes et des besoins en hôtellerie et en particulier en hôtellerie haut de gamme pour la clientèle internationale qui viendra voir un Site classé au Patrimoine mondial* » (SMERGC, 2011 b, Annexe 22, np.) alors même que le projet de classement Unesco est relatif à la grotte Chauvet et ne porte pas sur sa copie.

L'analyse d'un possible glissement de la valeur patrimoniale entre l'original et sa copie appelle un examen des critères sur lesquels s'appuie le processus de patrimonialisation de la grotte Chauvet (rareté/ esthétisme, valeur scientifique, authenticité, ancienneté) et la mise en perspective de ces derniers avec les caractéristiques de la future copie.

2 - Rareté, esthétisme et valeur patrimoniale

Tant l'argumentaire développé pour l'inscription de la grotte Chauvet sur la liste indicative Unesco que les très nombreux écrits, reportages, discours afférents à la grotte Chauvet mettent en avant les valeurs liées à son originalité, à sa rareté et à la richesse de son contenu. Les datations réalisées dès 1995 renforcent ces valeurs, l'ancienneté jouant, dans le registre patrimonial, un rôle amplificateur (Heinich, 2009, p. 174-175) et font de la grotte Chauvet « *la cavité ornée la plus ancienne actuellement connue au monde* » (argumentaire de la grotte ornée Chauvet - Pont-d'Arc, liste indicative de la France au Patrimoine mondial de l'Unesco[4]).

Dimensions artistiques et critères techniques se rejoignent : la qualité du bestiaire représenté, sa diversité mais également les techniques employées sont autant de caractéristiques sur lesquelles s'appuie la

[4] *http://whc.unesco.org/fr/listesindicatives/5160/, consulté le 6 mai 2012.*

valeur patrimoniale attribuée à la grotte Chauvet. Dès lors, les qualités intrinsèques de la grotte justifient, pour partie, sa demande d'inscription à l'Unesco en tant que « *chef d'œuvre du génie créateur humain* » (critère i) (idem).

À bien y regarder, et si on laisse pour l'instant de côté le critère d'ancienneté sur lequel nous reviendrons, la copie envisagée fonctionne sur un registre similaire : un équipement unique en son genre, avec des procédés techniques innovants qui vont permettre de reproduire, au millimètre près, les peintures figurant dans l'original, garantissant ainsi une œuvre d'une qualité esthétique (au moins ?) équivalente. La perfection de la copie est d'autant plus incontestable qu'elle est validée / légitimée par la composition du comité scientifique accompagnant le SMERGC dans ses démarches, puisque ce dernier se compose, en partie, de scientifiques également impliqués dans l'équipe en charge de l'étude de la grotte. Loin de venir dévaluer la qualité de la copie par rapport à l'original, mérite et performance technique participent ici à l'attribution de valeurs esthétiques. Dès lors, tant les caractéristiques de l'équipement à venir que le dispositif mis en place concourent à la création d'une authentique copie.

3 - Authenticité et valeur patrimoniale

La valeur d'authenticité est centrale dans le processus de patrimonialisation de la grotte Chauvet. Dès sa découverte, J. Clottes est dépêché sur les lieux et atteste de son authenticité dans son rapport du 2 janvier 1995 : « *partout, les traits peints ou gravés sont plus ou moins concrétionnés. Les traits peints, vus dans leurs détails, présentent l'aspect érodé caractéristique des peintures anciennes, même celles apparemment les mieux conservées (...) Donc, authenticité évidente et indiscutable* » (cité *in* SMERGC, 2011c, p. 85). Au concrétionnement des peintures et des vestiges paléontologiques s'ajoute l'effondrement du porche qui bloque l'accès à la cavité depuis 21 500 BP (Delannoy et *al.*, 2010 ; Sadier et *al.,* 2012). Ces différents éléments attestent que les peintures ont bien été effectuées par ceux que les datations désignent comme en étant les auteurs : les Aurignaciens.

La trialectique entre l'authenticité, la grotte Chauvet et la copie peut être abordée de deux manières, selon que l'on questionne les liens entre la copie et la grotte originale ou que l'on interroge l'authenticité intrinsèque de la copie.

Par un effet rétroactif, la copie, et plus largement l'ERGC avec les différents équipements qui le composent, participent à la certification de l'authenticité de la grotte. Alors que la valeur patrimoniale de la grotte légitime la création d'un tel équipement, les investissements financiers réalisés pour la construction de ce dernier valident, pour ne pas dire rassurent, sur l'authenticité de la cavité ornée (43 millions d'euros annoncés pour la construction, auxquels s'ajoutent les volets d'accompagnement territorial). Ces synergies sont depuis le milieu des années 2000 amplifiées par la candidature au Patrimoine mondial de l'Unesco qui elle-même atteste de l'authenticité de la grotte originale tout en démontrant le bien fondé de la copie, laquelle donnera à voir un bien patrimonial présentant une valeur universelle exceptionnelle.

Dans le même temps, en tant que construction technique datée, la copie s'inscrit dans une chronologie qui, d'un point de vue historique, lui confère son authenticité : « *le faux est reconnu comme "historique" et comme tel il est déjà revêtu d'authenticité* » (Eco, 1985, p. 33). Le faux ne cherchant pas à se faire passer pour le vrai (à la différence de la falsification), la grotte reconstituée est un objet authentique, dont l'origine, la réalité et les auteurs sont certifiés.

L'authenticité de la copie repose également sur son contenu. Sur ce point, les procédés retenus pour satisfaire des contraintes foncières (cf. *supra* II) n'empêchent pas une reproduction des peintures en tout point fidèle à l'original. Le souci apporté par le comité scientifique à la qualité des reproductions entre également en ligne de compte, leur implication venant certifier le caractère authentique de la copie.

Enfin, attendu qu'« *une grotte ornée, quelle que soit son importance, n'est pas une galerie de peintures. Elle ne peut s'appréhender que dans son cadre et dans son contexte…* » (propos du préhistorien J. Clottes repris dans les documents du Conseil général, 2003), l'authenticité de la copie est également garantie compte tenu de sa localisation « *dans un environnement paysager proche de celui de la cavité originale* » (SMERGC, 2011 a, p. 30 ; cf. encadré page suivante).

Aussi, si l'attribution d'une valeur patrimoniale repose sur le critère d'authenticité, aucun obstacle sémantique ni même rhétorique, ne semble s'opposer à l'élection de la copie en tant que bien patrimonial. On peut ici transposer les remarques de N. Heinich (2009) qui, dans son étude des procédures de classement à l'Inventaire, souligne que pour les professionnels du patrimoine, les copies sont « *des objets tout à fait acceptables pour peu que leur "qualité" compense la rupture du lien avec l'auteur d'origine* » (p. 175). Et de poursuivre : « *ce qui prévaut, c'est la qualité d'exécution et aussi la rareté des copies* » (p. 176). À ce titre, l'histoire n'est pas exempte de copies de maîtres ayant atteint le rang de chef-d'œuvre, ainsi les copies de Rubens d'après Raphaël (*Baldassare Castiglione*) ou Titien (*L'Enlèvement d'Europe*), ou encore celles de Watteau d'après Rubens.

4 - Scientificité et valeur patrimoniale

Le soin apporté à la copie interroge sur un possible transfert des valeurs scientifiques entre la grotte Chauvet et sa reconstitution. Précédant la construc-

Fac-similé et mise à distance

La qualité de l'expérience touristique tient-elle également à la localisation de la copie (Cachat et al., 2012) et à la distance qui la sépare de l'original ? Dans l'absolu, on pourrait imaginer une dissociation spatiale complète entre l'original et la copie. Dans les faits, la valorisation du patrimoine passe le plus souvent par un fort ancrage sur le territoire. Alors quelle est la distance acceptable en termes de cohérence paysagère, en termes d'impacts sur l'environnement de la grotte, en termes de perception et de retombées économiques pour le territoire ?

Distances entre les grottes ornées et les fac-similés :
- entre Lascaux et Lascaux II : 300 mètres ;
- entre Lascaux et le futur Lascaux IV : environ 700 mètres, 100 mètres en contrebas, pas de co-visibilité ;
- entre Altamira et la Neocueva : 200 mètres ;
- entre Ekain et Ekainberri : 600 mètres ;
- entre le Roc-aux-Sorciers et le centre d'interprétation d'Angles-sur-l'Anglin : 1,2 kilomètre ;
- entre Chauvet et l'ERGC : 2 kilomètres à vol d'oiseau, 9,5 kilomètres par la route.

On voit que, pour les différents fac-similés réalisés jusqu'aujourd'hui, on est resté dans une fourchette de 200 à 600 mètres, c'est-à-dire que quelques minutes de marche à peine séparent la copie de l'original. Lascaux II a parfois été considéré comme trop proche de la grotte originale, ce qui ne réglait pas les problèmes liés à la fréquentation du site ; c'est pourquoi les pouvoirs publics optent pour la « sanctuarisation de la colline » (convention Etat-Région sur le programme Vallée de la Vézère, Aquitaine, 25 juillet 2008, p. 4) et pour l'installation de Lascaux IV au fond de la vallée. Pour l'ERGC, après de multiples contraintes et péripéties, le choix s'est porté sur un emplacement sensiblement plus éloigné (Cachat et *al.,* 2012).

tion effective de la copie, le modèle 3D réalisé pour l'occasion, a déjà permis des avancées scientifiques significatives. Celui-ci instaure un nouveau rapport à l'objet dans la mesure où les questions de conservation sont abolies. Libérés de tout protocole de visite, les chercheurs peuvent s'approcher au plus près des parois numériquement reconstituées, observer des détails auxquels ils n'ont pas accès depuis les passerelles de cheminement dans la vraie grotte, mesurer des représentations, décomposer les jeux de superposition et reconstituer les phases de réalisation des différents panneaux, facilitant une étude stratigraphique des parois (Tosello et Fritz, 2004).

Le volet scientifique fait l'objet de discussions au sein du conseil scientifique de l'ERGC (21 mars 2012), notamment autour de l'obligation pour le délégataire de service public retenu pour l'exploitation de l'ERGC d'accueillir un public scolaire ainsi que des scientifiques. Compte tenu de la perfection et de l'authenticité de la copie, rien ne semble empêcher cette dernière de dépasser sa première fonction touristique pour également assumer celle d'objet scientifique. Les scientifiques étant autorisés à entrer dans la grotte originale au compte-goutte, on pourrait imaginer que la copie accueille des étudiants en archéologie ou en histoire de l'art, leur permettant, à l'image des ateliers copistes du Moyen-Âge, de parfaire leurs techniques de relevés ou encore d'approfondir leurs connaissances en art pariétal.

La copie, en tant que lieu de reproduction/recréation des œuvres de la préhistoire, peut également se définir comme un lieu d'expérimentation et de compréhension de ce que furent les gestes des hommes de la préhistoire. Des parallèles peuvent ici s'établir avec Lascaux II dont C. Cohen (1999) nous dit : « *Les techniciens et les artistes auteurs de Lascaux II nous révèlent que la fabrication du "faux" n'est pas seulement mécanique. Elle exige une communion profonde, par le geste même, avec les hommes de la préhistoire. L'étude détaillée, analytique (et non pas synthétique comme est le regard qui admire ou la photographie), des techniques, des tracés, des couleurs, des formes, de l'utilisation du support, fait pénétrer dans la pensée même du peintre, en tant qu'il est à la fois artiste et porteur d'un savoir technique et d'une sensibilité particulière. Le pastiche, disait Proust, est peut-être la forme idéale de la critique, car il est une tentative de comprendre et de retrouver la vision qui a donné naissance à l'oeuvre. La recréation d'une oeuvre à travers le pastiche ou le "faux" met en lumière les procédures mêmes de sa constitution, la "vision" des hommes du passé révolu et les processus cognitifs qui y président. Ainsi, le faux en préhistoire, dès lors qu'il se déclare et s'avoue comme tel, n'a pas toujours une valeur négative* » (p. 8).

En poussant la réflexion plus avant (et en étant un brin provocateur), la valeur scientifique attribuée à la copie pose, *in fine*, la question de la conservation des

peintures originales. À partir du moment où la copie garantit une reproduction exacte, quelle nécessité y a-t-il à conserver l'original ? Et ce d'autant plus que les copies, échappant aux morsures du temps et à d'éventuelles dégradations, surpassent parfois l'état de conservation des œuvres originales. En cela, elles sont en mesure d'offrir aux visiteurs une émotion dépassant celle que le quidam ressentirait devant l'œuvre originale : « *vous avez été effleuré par le frisson de la grandeur artistique, vous avez ressenti la plus vibrante émotion spirituelle de votre vie et vous avez vu l'œuvre d'art la plus œuvre d'art qui soit au monde (...) la voix vous a prévenu que la fresque originale est désormais abîmée, presque invisible, incapable de vous procurer l'émotion que vous avez ressentie devant la cire à trois dimensions, qui est plus réelle et "il y en a plus"* » (Eco, 1985, p. 22, à propos de la copie de la Cène de Léonard de Vinci exposée dans le musée de cire de Santa Cruz). Entre l'original et la copie, le transfert de valeur patrimoniale semble éminent, à ceci près que les datations de la reproduction de la Cène, tout comme celles de la copie de la grotte Chauvet ne dépassent pas l'horizon du siècle dernier et que tout aussi parfaites qu'elles soient, ces deux copies ne semblent pas permettre *a priori* d'expérimenter les qualités sémiotiques conférées aux originaux.

5 - Ancienneté et valeur patrimoniale

L'ancienneté est l'un des principaux critères concourant à l'attribution d'une valeur patrimoniale, en ce sens qu' « *elle manifeste la longueur du lien unissant l'état actuel à l'état original : lien qui définit la valeur d'authenticité et lui confère, en proportion, son poids* » (Heinich, 2009, p. 174-175). Aussi, la valeur patrimoniale de la grotte Chauvet réside très précisément dans l'évocation des origines de l'homme, dans la filiation temporelle qu'elle suggère et dans la dimension mémorielle attribuée à cette trace du passé. L'ancienneté des datations confère une force symbolique à la grotte Chauvet que la copie ne semble pas être en mesure de produire, tel que l'avance J. Davallon (2006) comparant la visite de Lascaux II et de Font-de-Gaume, grotte ornée ouverte au tourisme également située dans la vallée de la Vézère : « *Site et reconstitution n'ont donc pas du tout le même statut symbolique. Les actions qui s'y sont déroulées, les hommes qui les ont fréquentés ne sont pas les mêmes. Certes, bien des facteurs interviennent latéralement contribuant à définir un contexte qui influe ma perception, mon état d'esprit et en définitive mon expérience ; mais il n'empêche que, d'une part mon expérience subjective n'est pas de même nature et que, d'autre part le statut sémiotique des objets sont fondamentalement différents puisque, dans le premier cas il s'agit de l'objet créé il y a des milliers d'années, dans le second d'une icône (une copie) de cet objet. En ce cas, le fait que je sache qu'il s'agit d'une icône, – sous ses aspects essentiels conformes à l'objet lui-même –, contribue à mon émerveillement et à mon émotion, mais il ne saurait y avoir une expérience particulière qui intervient (ou peut intervenir) devant l'objet qui est une partie du passé dans le présent, ce saisissement devant son caractère sublime, cette sidération lorsque se profile la présence de l'invisible ; mieux, de l'irreprésentable. Je vis l'expérience du sublime du passé* » (p. 178). Ainsi présentée, l'ancienneté associée à l'authenticité serait une condition *sine qua non* de l'émotion patrimoniale, elle-même centrale dans les processus d'appropriation. On observe toutefois qu'une expérience de même nature peut découler du contact avec des œuvres authentiques et tout à fait contemporaines, comme c'est le cas autour du viaduc de Millau (Senil, 2011) où émotion et appropriation s'affranchissent du critère d'ancienneté.

Dès lors, l'interrogation sur l'attribution d'une valeur patrimoniale dépasse le premier registre de l'ancienneté pour envisager l'aptitude de la grotte reconstituée à créer de l'émotion. Sur ce point, la machinerie déployée dans la future copie vise très précisément à produire un faux qui paraisse suffisamment vrai, à même de susciter une émotion propre à l'émerveillement et à l'appropriation : « *une fois que le "tout faux" est admis, il faut, pour être apprécié, qu'il soit pris pour vrai* » (Eco, 1985, p. 46). La dimension expérientielle est au cœur du projet de restitution, d'où la mobilisation des cinq sens et la mise en condition du visiteur par toute une série d'artifices. Par un effet retour s'appuyant sur les mécanismes de l'hyperréalité (Eco, 1985), les effets scénographiques déployés renforcent l'authenticité de la copie, attendu que l'authenticité s'éprouve dans la relation à l'objet plus qu'elle ne dépend des caractéristiques intrinsèques de ce dernier (Brown, 1999). Dès lors, si « *l'icône ne possède pas toutes les propriétés de son dénoté, autrement elle se confondrait avec ce dernier* » (Eco, 1980, p. 80), le registre de l'expérientiel pousse ici le degré « *d'iconicité* » (idem) à son extrême.

« *Ne pas mentir tout en créant le doute* », l'ambivalence est de mise, à l'instar des dépliants touristiques de Lascaux II vantant les qualités de la « *grotte ornée la plus visitée au monde* » alors même qu'il est question du fac-similé (Figure 7). Sur ce point, la réalisation d'enquêtes auprès des touristes qui auront visité la copie de la grotte Chauvet permettra de mesurer leur degré de duplicité, informant la teneur des processus d'appropriation à l'œuvre et validant, par là-même, des transferts de patrimonialité. Car au final, ce sont bien les visiteurs qui, en choisissant de s'arrêter ou non à l'ERGC, arbitreront sur le statut du lieu.

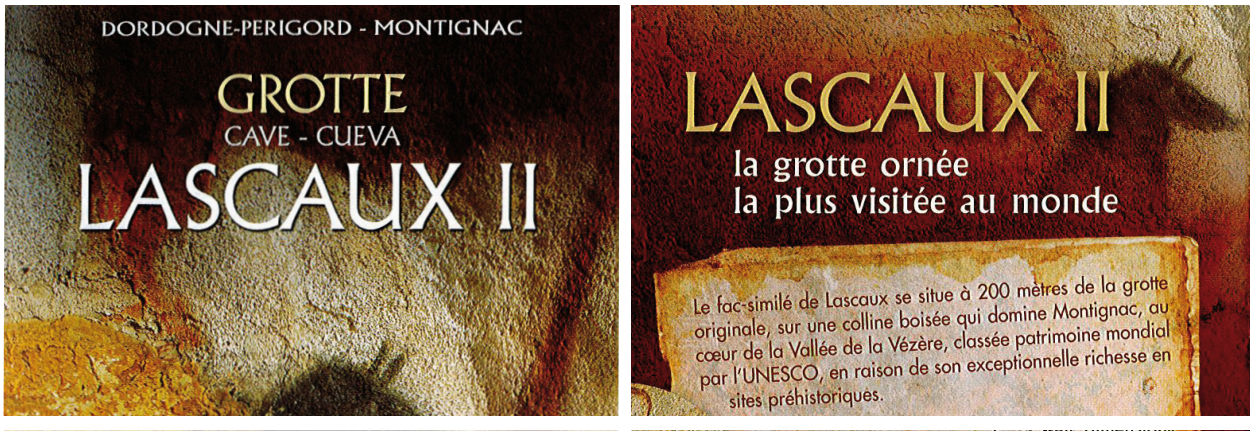


Figure 7 - Extraits du prospectus touristique de Lascaux II : grotte ornée ou fac-similé (été 2011).

CONCLUSION

« Outre le fait de jouir d'une imitation parfaite, on jouit de la persuasion que l'imitation a rejoint son apogée et que maintenant, la réalité sera toujours inférieure »
Umberto Eco, La cité des automates.

La valorisation des grottes ornées n'échappe pas à la mise en tension propre aux biens patrimoniaux, entre une injonction de préservation dans le temps long et une nécessité de valorisation immédiate en vue de garantir des processus d'appropriation. Du musée à la reproduction, en passant par des valorisations *in situ* suivant ou non des protocoles encadrant les visites touristiques, les gestionnaires ont à leur disposition un éventail de possibilités qui leur permet de composer, au cas par cas, avec les contraintes topographiques et micro-climatiques des grottes ornées. Pour autant, les choix de valorisation effectués dépassent une approche déterministe : les valeurs patrimoniales attribuées au bien ainsi que les jeux d'acteurs pluriscalaires influent sur les modes de mise en valeur.

Dans le cas de la grotte Chauvet, le choix s'est porté sur la fermeture de la grotte au grand public et sur la construction d'un espace de restitution, composé pour l'essentiel d'un centre d'interprétation et d'une copie de la grotte originale. Plusieurs projets de restitution se sont succédé pour finalement engendrer un lieu hybride, mêlant les caractéristiques d'un fac-similé et d'une anamorphose. L'objectif de ce dernier est de donner à voir la grotte originale et de garantir une expérience sensorielle identique à celle ressentie dans la grotte Chauvet.

Les caractéristiques de la copie invitent, au final, à discuter d'éventuels transferts de patrimonialité. Initialement pensée comme un palliatif à la fermeture de la grotte, la reconstruction de la grotte semble être en mesure de dépasser sa fonction première d'équipement touristique pour revêtir une valeur patrimoniale. L'examen des critères sur lesquels repose la valeur patrimoniale de la grotte Chauvet et leur mise en perspective avec les caractéristiques de la copie ont, en effet, révélé une redéfinition de leur statut respectif : à la mise en archives de la grotte originale et à son enfermement dans une configuration de « non-lieu » répondrait une élévation de la copie au rang patrimonial. Toutes les conditions semblent en tout cas être remplies pour que des transferts de patrimonialité puissent avoir lieu : de l'espace de restitution à l'espace de substitution, il ne pourrait y avoir qu'un pas.

L'exemple de la grotte Chauvet et de son espace de restitution offre un éclairage nouveau sur les questions patrimoniales et soulève des interrogations stimulantes. Sur le statut de la copie dans un premier temps, ce cas de figure amène à interroger les liens entre une reproduction à l'identique et la valeur d'unicité des grottes ornées. Et ce d'autant plus quand le dispositif scénographique mis en place vise à garantir aux visiteurs une expérience sensorielle de qualité égale à celle que procurerait une visite de la grotte. Cet exemple interroge également sur les critères qui fondent la valeur patrimoniale et la place de l'émotion dans ces derniers. Peu abordée dans la littérature sur le patrimoine, il semble qu'il y ait ici un nouveau domaine à investiguer, en lien avec les sciences cognitives. Enfin, les jeux de dialogue entre la grotte Chauvet et l'ERGC interrogent sur les modes de représentation des sociétés actuelles (Choay, 1995, p. 115), sur ce qu'elles souhaitent transmettre à celles à venir et enfin, sur leur désir (viscéral ?) de transmission.

Remerciements

Nous tenons à remercier le SMERGC pour l'accès aux différentes études relatives à la construction de l'ERGC ainsi que F. Prud'homme pour son archivage méticuleux des coupures de presse concernant le sud-Ardèche.

Bibliographie

Amirou R., 2000. Imaginaire du tourisme culturel. PUF, 155 p.

Biot V., 2006. Le tourisme souterrain en France. *Karstologia-mémoires*, 15, 236 p.

Bourges F., 2002. La grotte du Mas d'Azil. Étude préalable, 30 p.

Brown D., 1999. Des faux authentiques : Tourisme versus pèlerinage. *Terrain*, 33, 41-56. URL : http://terrain.revues.org/2713

Cachat S., Duval M., Gauchon C., 2012. Ici, là ou ailleurs ? Les enjeux liés à la localisation d'un grand équipement, l'Espace de restitution de la Grotte Chauvet. *Revue Mondes du Tourisme*, 5, 13-30.

Choay F., 1995. Sept propositions sur le concept d'authenticité et son usage dans les pratiques du patrimoine historique. *In* Unesco World Heritage Centre (dir.), Compte-rendu Conférence de Nara sur l'authenticité dans le cadre de la Convention du Patrimoine Mondial Nara, Japon, 1-6 novembre 1994, Tapir Publishers, 101-120.

Clottes J., 1996. Thematic changes in Upper Palaeolithic art: a view from the Grotte Chauvet. *Antiquity*, 70, 276-288.

Cohen C., 1999. Faux et authenticité en préhistoire. *Terrain*, 33, 31-40. URL : http://terrain.revues.org/2685

Davallon J., 2006. Le don du patrimoine : une approche communicationnelle de la patrimonialisation. Lavoisier, 222 p.

Delannoy J.-J., Sadier B., Jaillet S., Ployon E., Geneste J.-M., 2010. Reconstitution de l'entrée préhistorique de la grotte Chauvet-Pont-d'Arc (Ardèche, France) : les apports de l'analyse géomorphologique et de la modélisation 3d. *Karstologia*, 56, 17-34.

Duval M., 2007. Dynamiques spatiales et enjeux territoriaux des processus de patrimonialisation et de développement touristique. Etude comparée des gorges de l'Ardèche et du Karst slovène. Thèse de géographie, Laboratoire EDYTEM UMR 5204, Université de Savoie, 514 p. URL : http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/20/05/63/PDF/These-Melanie-Duval-TEL.pdf

Duval M., 2010. Dynamiques territoriales et développement culturel : la grotte Chauvet comme facteur de réorganisation des gorges de l'Ardèche et outil de légitimation des jeux d'acteurs ? ». *In* Fournier L.-S., Bernié-Boissard C., Crozat D. et Chastagner C. (dir.), Développement culturel et territoires. L'Harmattan, 123-149.

Eco U., 1980. Le signe, éd. fr. 1985. Labor, 283 p.

Eco U., 1985. La guerre du faux. Grasset, 277 p.

Gauchon G., 2009. Les gorges de l'Ardèche et la grotte Chauvet. Redéfinition d'une région touristique. *Téoros*, 28-1, 80-92.

Gély B., 2000. Grottes ornées de l'Ardèche, l'art des cavernes. Éd. Le Dauphiné, 50 p.

Geneste J. M., 1999. Les grottes ornées et les sites d'art pariétal paléolithique ouverts au public en France. *Les nouvelles de l'archéologie*, 77, 13-19.

Heinich N., 2009. La fabrique du patrimoine. De la cathédrale à la petite cuillère. Maison des sciences de l'homme, 286 p.

Jaulin B., 1998. La France préhistorique. Guides Gallimard, 351 p.

Pinçon G., Fuentes O., Barré R., Auber O., Hamon G., 2010. De la frise magdalénienne in situ … au centre d'interprétation du Roc-aux-Sorciers : l'usage de la 3D. *In Situ revue des Patrimoines*, 13. URL : http://insitu.revues.org/66725 ; DOI : 10.4000/insitu.6672

Sabourdy M., 2009. Conservation et vulgarisation de l'art pariétal : le musée imaginaire de la Préhistoire. Master Biogéomédia, Université Paris-Diderot, 104 p.

Sadier B., Delannoy J.-J., Benedetti L., Bourlès D. L., Jaillet S., Geneste J.-M., Lebatard A.-E., Arnold M., 2012. Further constraints on the Chauvet cave artwork elaboration. PNAS, 5 p. URL : www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1118593109

Senil N., 2011. Réordonner l'espace et le temps : analyse croisée de la mise en patrimoine de la grotte Chauvet et du viaduc de Millau. *Revue de géographie alpine,* 99, 2. URL : http://rga.revues.org/1436 ; DOI : 10.4000/rga.1436

Tosello G., Fritz C., 2004. Grotte Chauvet-Pont-d'Arc : Approche structurelle et comparative du Panneau des Chevaux. *In* Welte A.C. (dir.), L'art du Paléolithique supérieur, Actes du 14ème Congrès UISPP, Université de Liège, Belgique, 2-8 septembre 2001, ERAUL, 107 p. 69-86.

Tosello G., Fritz C., Dallis A., 2012. Copier pour montrer, connaître avant de copier. Entre recherche et médiation, le fac-similé d'art préhistorique. *In* Delannoy J.-J., Jaillet S., Sadier B., (dir.), Karsts, Paysages et Préhistoire. *Collection EDYTEM*, 13, 89-98.

Trébuchon J., 2000. La saga de l'aven d'Orgnac-Issirac, l'épopée d'une fantastique découverte souterraine et ses ahurissantes conséquences. Auto-édition, 240 p.

Valladas H., Clottes J., Geneste J.-M., Garcia M., Arnold M., Cachier H., Tisnerat-Laborde N., 2001. Evolution of prehistoric cave art. *Nature*, 413, 479.

Sources

Conseil général de l'Ardèche, 2001a. Les porteurs de lumière. Présentation générale, 21 p.

Conseil général de l'Ardèche, 2001b. Les porteurs de lumière. Tome 3 : Mise en oeuvre de la restitution de la grotte, 46 p.

Conseil général de l'Ardèche, septembre 2003. Site classé des abords du Pont-d'Arc et Espace de Restitution de le Grotte Chauvet : un projet d'ensemble. Document de travail, 59 p.

Syndicat Mixte de l'Espace de Restitution de la Grotte Chauvet-Pont-d'Arc, 2009. Dossier de presse – présentation du site et du projet retenus pour l'implantation de l'Espace de Restitution de la Grotte Chauvet-Pont-d'Arc, conférence de presse du 26 juin 2009, 17 p.

Syndicat Mixte de l'Espace de Restitution de la Grotte Chauvet-Pont-d'Arc, 2011a. La grotte ornée Chauvet Pont-d'Arc. Tome 2 : plan de gestion, 286 p.

Syndicat Mixte de l'Espace de Restitution de la Grotte Chauvet-Pont-d'Arc, 2011b. Convention de délégation de service public pour l'exploitation de l'ERGC, 65 p + annexes.

Syndicat Mixte de l'Espace de Restitution de la Grotte Chauvet-Pont-d'Arc, 2011c. La grotte ornée Chauvet Pont-d'Arc. Tome 1 : dossier de candidature, 292 p.

LES CRUES DU SYSTÈME KARSTIQUE DE FOUSSOUBIE
ARDÈCHE, FRANCE

UNE ANALYSE GÉOMORPHOLOGIQUE ET HYDRODYNAMIQUE DES CIRCULATIONS DANS LA ZONE ÉPINOYÉE DU KARST

Floods in the Foussoubie karst system (Ardèche, France)

Geomorphological and hydrodynamic analysis in the epiphreatic karstic zone

Stéphane JAILLET [1, 2], Didier CAILHOL [1, 2], Judicaël ARNAUD [3], Laurent ASTRADE [1], Christelle BELINGARD [4], Élisa BOCHE [1, 2, 5], Thomas CORNILLON [6], Isabelle COUCHOUD [1], Rémi DUGUET [7], Norbert FRANCK [8], Christophe GAUCHON [1, 2], John HELLSTROM [9], Patrick LE ROUX [10], Philippe MONTEIL [6], Olivier PEYRONEL [7, 11], Edwige PONS-BRANCHU [7], Benjamin SADIER [1, 2], Matthieu THOMAS [1, 2]

[1] *Laboratoire EDYTEM, Université de Savoie/CNRS, Pôle Montagne, Campus scientifique, 73376 Le Bourget-du-Lac cedex.*

[2] *Speleus – Spéléologie, Université de Savoie, Pôle Montagne, 73376 Le Bourget-du-Lac cedex.*

[3] *Comité départemental de Spéléologie de l'Ardèche, les Blaches, 07120 Chauzon.*

[4] *GEOLAB, 39E rue Camille Guérin, 87036 Limoges.*

[5] *Centre national de Préhistoire, Ministère de la Culture, 38 rue du 26e RI, 24000 Périgueux.*

[6] *CESAME, Centre Éclaireur de Spéléologie et d'Archéologie de Mézelet, 26 rue de la Noyera, 38090 Villefontaine.*

[7] *Spéléo Club des Gorges de l'Ardèche, 07150 Vallon - Pont-d'Arc.*

[8] *LSCE, UMR 8212 CNRS-CEA-UVSQ, 91191 Gif-sur-Yvette.*

[9] *School of Earth Sciences, University of Melbourne, Victoria 3010, Australia.*

[10] *Groupe de Recherches Biospéléologiques, 13 impasse Le Roux, 29000 Quimper.*

[11] *Réserve naturelle des gorges de l'Ardèche, SGGA, 07700 Saint-Remèze.*

Contact : stephane.jaillet@univ-savoie.fr

Résumé

Réseau majeur de la rive droite des gorges de l'Ardèche, le système karstique de Foussoubie, avec un développement de plus de 23 km, est surtout connu pour la violence de ses crues, notamment au niveau de la Goule, perte principale du système. Bien que de nombreuses interrogations subsistent encore quant aux modalités exactes des circulations de l'eau dans la zone noyée, Foussoubie offre l'avantage d'une connaissance quasi exhaustive des conduits de la zone épinoyée, depuis la base des puits jusqu'à l'exutoire du système : l'Évent de Foussoubie.

Cette connaissance spéléologique « totale » des drains de la zone épinoyée, sur plus de 7 km de percée hydrogéologique, fait de ce système un site pertinent pour l'étude des ondes de crues dans un karst à conduit dominant. Un « groupe d'étude Foussoubie » s'est depuis trois ans constitué en collectif informel, réunissant des universitaires, des spéléologues et des spécialistes. L'équipement d'une dizaine de capteurs de pression et de température dans l'ensemble du système a ainsi permis, au cours de l'hiver 2010 / 2011, l'enregistrement de plusieurs de ces crues. L'analyse de ces données (pas de temps de ¼ d'heure) offre aujourd'hui une lecture géographique, spatialisée, « en long », du passage des ondes de crue dans le système souterrain. Il est possible d'y déceler le contrôle géométrique des conduits, à l'échelle fine (rôle des carrefours, seuils de déversement), comme à l'échelle du système (zone de transit vs. zone de stockage).

Des pistes originales sont proposées pour poursuivre l'étude de ces crues en utilisant des méthodes complémentaires (érosion des édifices stalagmitiques, analyse du transit des batraciens, dendrochronologie sur troncs d'arbres emportés…).

Mots-clés *: hydromorphologie karstique, crue souterraine, zone épinoyée, karst ardéchois, système de Foussoubie.*

Abstract

Major network of the right bank of the Ardèche Gorges, the Foussoubie karst system (development of over 23 km) is best known for these importants floods, particularly in "la Goule", the unique sinkhole of the system. Although many questions still remain about the exact modalities of water circulation in the saturated zone, Foussoubie offers the advantage of an almost exhaustive knowledge of the epiphreatic zone, from the base of the vadose zone until the outlet of the system: "l'Event de Foussoubie".

This good speleological knowledge (over 7 km of hydrogeological underground river) makes this an appropriate site for the study of flood waves in this type of karst. A "study group Foussoubie" was established during three years. He is composed by academics, specialists and cavers. The equipment of ten pressure sensors and temperature throughout the system thus enabled, during the winter 2010/2011, the recording of several floods. Analysis of these data (time step 15 mn) now provides a geographical reading, spatial of these floods. It is possible to detect the geometric control of galleries at the fine scale (role intersections, thresholds of discharge), and in all the system (transit area vs. storage area).

Some originals ideas are proposed for further study of these floods using complementary methods (speleothems erosion, flow analysis of amphibians, dendrochronology on tree trunks in the karst...).

***Keywords**: Karstic hydromorphology , underground floods, epiphreatic zone, Ardèche karst, Foussoubie system.*

« La structuration des circulations karstiques n'est jamais achevée »
Jacques Choppy, 2008.

Introduction

Lorsqu'en 1963, le 3 juin précisément, une équipe de cinq spéléologues lyonnais se fait « coincer » par la crue, la Goule de Foussoubie connaît d'emblée une notoriété nationale (Figure 1). De ce drame, seuls trois rescapés ressortiront (Letrône, 1963) et les deux autres, Jean Dupont et Bernard Raffy seront malheureusement emportés par les eaux. Plus tard, ils verront leurs prénoms associés au gouffre Jean Bernard qui restera longtemps le plus profond du monde (Rias, 1991 ; Frachon [1]). Tant par ce drame que par son nom, la « fontaine subite », Foussoubie reste aujourd'hui encore très associé dans l'inconscient collectif des spéléologues à la crue souterraine, à sa violence, à son caractère imprévisible, renvoyant l'explorateur souterrain à sa vulnérabilité. Cette image d'un réseau souterrain « incontrôlable », où « il ne fait pas bon être surpris » par les crues, perdure d'ailleurs toujours et la dernière crue cévenole de septembre 2002 (Figure 2), qui vit la perte s'engorger et la plaine alentour s'inonder, n'a fait que renforcer cette impression, cette spécificité du système. On connaît d'abord Foussoubie pour son hydrologie particulière, pour ses crues souterraines violentes, pour l'ennoiement total de ses drains.

Mais, et cela paraîtra sans doute paradoxal, le système karstique de Foussoubie n'a pas fait l'objet d'étude hydrogéologique poussée. Les recherches spéléologiques y ont été discontinues mais actives,


Minute de vérité, cette nuit à la goule de Foussoubie :
les secouristes ont tenté d'atteindre les engloutis

Figure 1 - Lors de la crue de juin 1963, la presse suit de près la tragédie des cinq spéléologues coincés dont seulement trois ressortiront vivants. Photo Le Progrès, 7 juin 1963. Extrait site JuraSpeleo.

[1] *http://juraspeleo.ffspeleo.fr/docu/presse/1963/foussoubie/foussoubie.htm*



Figure 2 - La crue de septembre 2002 est un épisode cévenol spectaculaire qui a ennoyé toute la partie aval de la plaine drainée par la Goule de Foussoubie (en haut, lors de la crue ; en bas, en situation d'étiage). Photos O. Peyronel.

souvent à l'initiative de groupes spéléologiques extra-ardéchois (Le Roux, 1984). Des travaux de recherches en biospéléologie y ont été menés mais peu publiés. Vervier (1988) a mené une importante campagne de captures biologiques à l'Évent de Foussoubie. Callot (1979) s'y est intéressé pour une analyse géomorphologique en relation avec les morphologies externes. Belleville (1985) y a identifié le fonctionnement et surtout les limites des bassins d'alimentation des systèmes karstiques dont celui de Foussoubie. Plus récemment, des travaux sur l'incision du réseau hydrographique de l'Ardèche ont cherché à raccorder le système de Foussoubie aux variations associées au cycle messino-pliocène (Mocochain et *al*., 2006 ; Bigot, 2006). Mais peu d'auteurs traitent directement des crues du système de Foussoubie tant dans leur aspect morphogénétique que fonctionnel. Le Roux et Drouin (2001) n'identifient pourtant pas moins de 781 références bibliographiques (comprenant les simples mentions et citations) sur le système, mais pas d'études spécifiquement hydrologique ou hydrogéologique sur le réseau, alors que celui-ci le mérite amplement. Il offre en effet l'avantage rare d'être spéléologiquement connu sur les 7 km de sa percée hydrologique, depuis la perte unique et majeure que constitue la Goule, jusqu'à l'Évent dans les gorges de l'Ardèche. Le bassin amont est correctement circonscrit (Callot, 1979 ; Belleville, 1985), les 23 km reconnus dans le réseau souterrain constituent un support à l'analyse géométrique des drains et chaque année, des crues cévenoles ou hivernales l'affectent multipliant d'autant les évènements étudiables. À bien des égards, Foussoubie semble constituer un cas emblématique et éloquent notamment pour l'analyse du transit des ondes de crue dans un karst à conduit dominant. Étudier ce réseau, sur cette question fondamentale, devenait alors logique. Réunis depuis trois ans en un groupe informel comprenant des universitaires, des spéléologues et des spécialistes, nous avons cherché à

mieux comprendre les modalités de l'écoulement dans le système de Foussoubie et ses implications en termes de morphogenèse. En effet, les crues ont toujours été un élément important de la spéléogenèse. La constitution de l'onde de crue dépend des conduits traversés tout comme la géométrie de ces conduits est sous contrainte des variations hydrologiques subies par le système (Choppy, 1992 ; Jaillet, 1999). Étudier les crues dans les karsts, c'est donc se placer à l'interface d'une dialectique comprenant structuration karstique (au sens genèse des drains) et fonctionnement hydrologique (au sens dynamique des écoulements dans les drains).

Dans cet esprit, le présent article se propose d'aborder les crues du système de Foussoubie à travers plusieurs entrées. D'abord par l'entrée géomorphologique, en comprenant en quoi la structuration des drains du système, mais aussi l'analyse des dépôts, permettent de montrer le basculement qui s'est opéré au cours du temps vers un fonctionnement de plus en plus contrasté où les crues constituent un élément finalement plus prégnant aujourd'hui qu'hier. Ensuite par l'analyse des crues elles-mêmes sur une saison hydrologique. L'apparition récente de capteurs de pression autonomes et légers, d'abord conçus pour l'enregistrement des plongées, a constitué en effet une facilité que nous avons cherché à exploiter. L'analyse des données issues de dix de ces capteurs offre une lecture spatialisée, « en long », du passage des ondes de crue dans le système souterrain. Enfin, des pistes originales sont proposées pour poursuivre l'étude de ces crues en utilisant des méthodes complémentaires (analyse 3D de zones de cascades, érosion des édifices stalagmitiques, analyse du transit des batraciens, dendrochronologie sur troncs d'arbres emportés…).

I - Un système ayant basculé vers un fonctionnement contrasté

Si le système de Foussoubie connaît des crues si spectaculaires, c'est que la perte unique et majeure du système draine un bassin en grande partie inscrit dans des roches imperméables. Une présentation sommaire du contexte général, géologique et géomorphologique sera suivie d'une analyse des drains et du site de la Goule. L'ensemble de ces données montre que d'une manière générale, le système bascule de plus en plus vers un fonctionnement contrasté où les crues prennent une place de plus en plus prédominante.

1 - Un bassin imperméable se jetant dans un karst à conduit dominant

Le réseau karstique de Foussoubie se développe en totalité dans les calcaires de l'Urgonien. Le bassin versant de la Goule draine en grande partie dans les dépôts détritiques tertiaires de la dépression synclinale de Labastide-de-Virac (Pascal et *al*., 1989 a et b). D'un point de vue structural, le réseau se développe sur la marge ouest de la retombée périanticlinale de l'anticlinal du Saleyron et il est probable que les conduits épousent avec une large courbe cette terminaison (notamment entre la Goule et le Camp de base). Les points les plus hauts du bassin culminent vers 360 m au niveau de la surface du plateau de Ronze, la perte se situant vers 200 m NGF. Une partie importante du bassin est occupée par une surface plane vers 220 m NGF (Figure 3). Cette surface a parfois été attribuée à un poljé, mais les critères obéissant à ce type de forme ne permettent pas de retenir cette définition (Callot, 1979). Cette surface s'étend vers l'amont du bassin jusqu'à Vagnas et vers l'est jusqu'à Labastide-de-Virac. Vers le sud-ouest, elle semble tronquée par un réseau hydrographique conquérant, progressant par érosion régressive du sud-ouest vers le nord-est et dépendant du bassin hydrographique de la Cèze. Vers le nord, cette surface se connecte avec le vallon sec qui surplombe le réseau souterrain de Foussoubie. La Goule de Foussoubie s'ouvrant vers 200 m NGF, ne se raccorde pas véritablement à cette surface qui paraît finalement légèrement perchée. On note d'ailleurs au droit de la Goule de Foussoubie une « légère cuvette » correspondant au drainage de surface actuel, connecté à la perte proprement dite. Cette dépression proximale de quelques mètres d'incision est donc emboitée dans la surface à 220 m[1].

Le bassin versant actuel de la Goule de Foussoubie apparaît finalement comme une surface relictuelle auquel il manque une part non évaluée à ce jour (Figure 4). Ce bassin de la Goule mesure à présent 14,4 km² pour un périmètre de 19,6 km (Figure 3). Nous n'avons pas procédé à l'évaluation de la surface d'alimentation exacte du système total (à l'Évent). En effet, les limites de ce bassin d'alimentation, au droit du réseau karstique ne sont pas connues. Ces limites changent selon qu'une partie de l'eau s'infiltre ou au contraire ruisselle en surface. En outre, les modalités du drainage souterrain ne sont pas encore clairement comprises (Belleville, 1985). Il sera fécond dans la suite de ce travail de croiser cette analyse topographique avec la lithologie du substratum afin de mieux contraindre les zones qui font strictement l'objet de ruissellement de celles qui font l'objet d'infiltration.

Avec près de 23 km de développement spéléologique, Foussoubie se prête assez bien à une analyse géo-

[1] *La plaine de rive droite au niveau de la Goule est un comblement quaternaire d'une épaisseur minimale de 12 m (plusieurs forages y ont été réalisés dans les années 1970). On peut imaginer qu'un entonnoir plus profond (paléo-ponor ?) pourrait exister dans ce secteur et aboutir dans le réseau plus bas.*

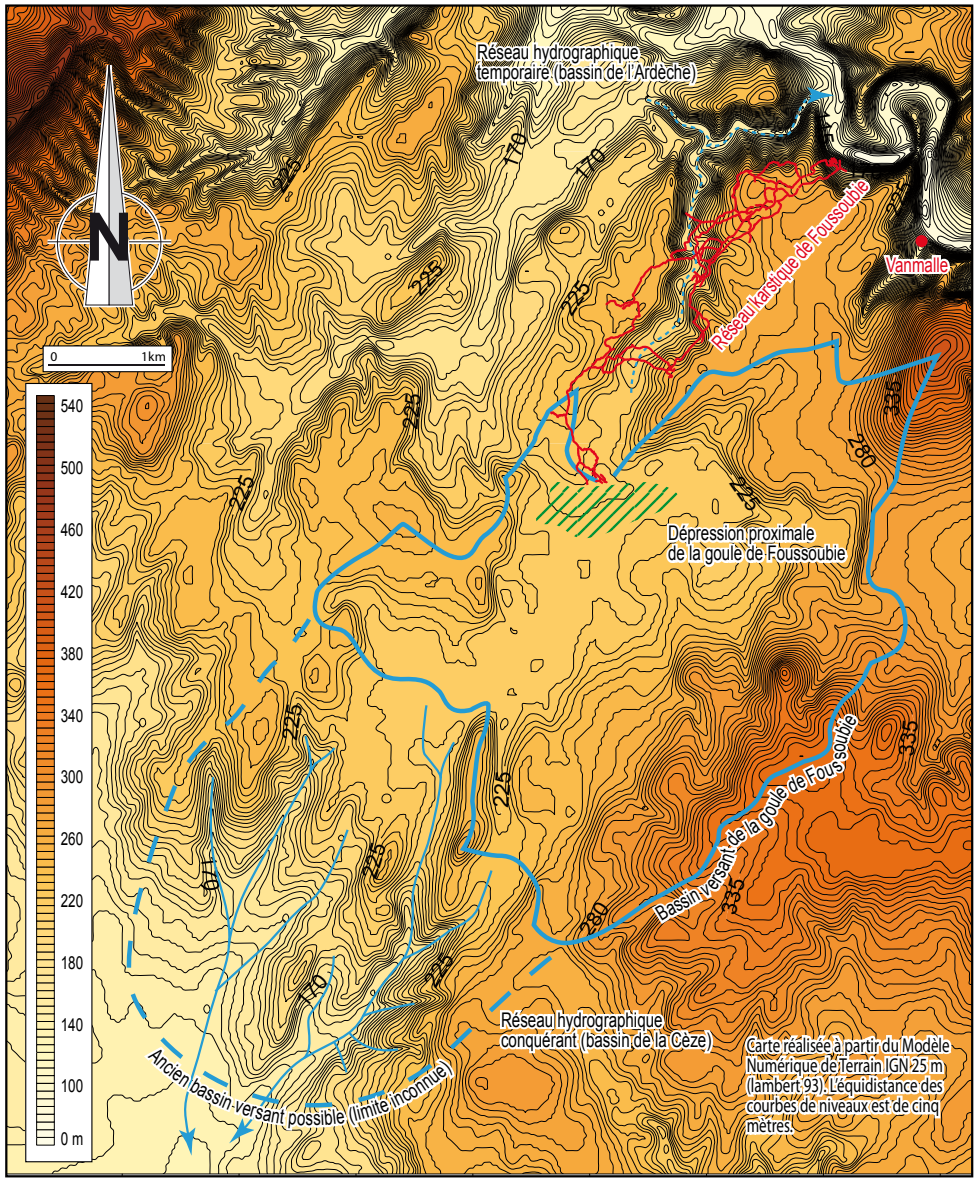


Figure 3 - Le système karstique de Foussoubie dans son contexte topo-hydrographique. Le bassin versant de la Goule (14,4 km²) est occupé par une surface plane vers 220 m NGF, tronquée à l'amont par le réseau hydrographique conquérant du bassin de la Cèze.

métrique et géomorphologique des drains (Figure 4). Amorcée par Callot (1979), cette étude est complétée par les découvertes et explorations plus récentes (Le Roux, 1984), par le recours à l'analyse 3D (Jaillet et *al*., 2011) et par l'évolution des idées sur la spéléogenèse des drains de la zone épinoyée (Audra, 2010 ; Häuselmann, 2010). Car c'est la zone épinoyée du karst qui voit l'essentiel des développements spéléologiques dans Foussoubie. Les drains majeurs connus dans le réseau appartiennent pratiquement tous à cette zone.

2 - Une lecture spatialisée des drains

Il est possible, en première approximation, de segmenter le réseau en quatre zones fonctionnelles de l'amont vers l'aval (Figure 4). À ces quatre zones (1 à 4), dont la logique est autant spatiale qu'altitudinale, s'ajoutent des conduits abandonnés (5 à 6) :

1 - La zone des puits, depuis l'entrée de la Goule de Foussoubie (200 m NGF) jusqu'au Siphon 0 (140 m NGF), est un secteur au profil longitudinal très accusé, constitué d'une série de puits et de courts tronçons de galerie. En une soixantaine de mètres de dénivellation, le ruisseau extérieur de la Planche se retrouve une soixantaine de mètres au-dessus de l'Évent de Foussoubie, sept kilomètres plus au nord.

2 - La galerie SCUCL, en **amont** du Camp de base, est un drain épiphréatique dont le gabarit plurimétrique présente une section plus ou moins régulière, tantôt en laminoir (Figure 5), tantôt en tube (Figure 6), le tout avec des boucles de galeries faiblement étagées (galerie SCS). L'altitude oscille entre 140 m NGF et 125 m NGF. Le profil longitudinal de cette zone est marqué

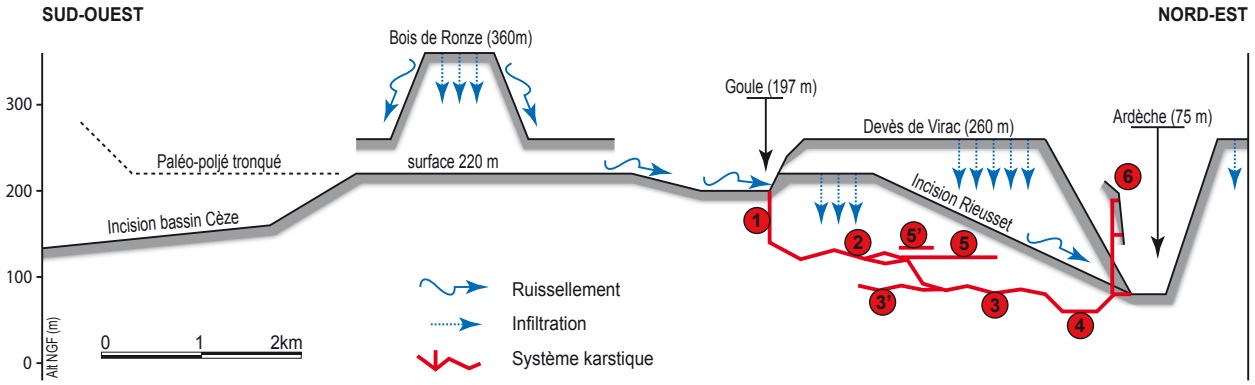


Figure 4 - Coupe synthétique du système karstique de Foussoubie, depuis son bassin versant jusqu'à l'Ardèche. Les chiffres renvoient au texte.



Figure 5 - Les drains de la zone épinoyée du système de Foussoubie sont parfois des conduits en laminoirs larges et peu élevés comme ici la galerie SCIS en aval du Carrefour du 14 juin. Photo S. Jaillet.

par des montagnes russes à très grands rayons de courbure, bien moins nettes que dans les karsts alpins, mais associant clairement des zones amont à contre-pente avec mises en charge temporaire et des zones aval avec morphologies éloquentes de seuil de déversement et ébauche de marmitage (Figure 7).

3 - La galerie SCUCL, à l'**aval** du Camp de base[2], est un conduit d'un gabarit plus modeste, entre 100 m NGF et 80 m NGF. Elle se situe une vingtaine de mètres en contrebas de la zone précédente. Comme dans la zone 2, l'ennoiement y est total en période de crue. Cependant, bien qu'appartenant aussi à la zone épinoyée, le profil en montagne russe y est moins marqué. Localement le conduit s'aligne sur des discontinuités tectoniques majeures (Figure 8). La zone des écoulements inférieurs (galerie SSN) (3') est constituée de conduits plus petits, non reconnus dans le cadre de cette analyse et oscillant vers 95 m NGF.

[2] *Le secteur du Camp de base constitue un carrefour complexe où s'articulent les zones 2, 3, 5 et 5'. À ce titre, il est le siège actuellement d'études cartographiques fines.*

4 - La zone noyée du karst est constituée par le Siphon 4 (Siphon A de l'Évent, Figure 9) à la cote 78 m NGF. D'une longueur de 340 m pour une profondeur de 20 m, il s'enfonce à 58 m NGF soit 7 m sous le bed-rock de l'Ardèche. L'exutoire pérenne est à peine perché tandis que l'exutoire de crue est perché de 15 m environ.

5 - La galerie des Pyjamas est le prolongement altitudinal de la zone 2, entre 125 m NGF et 115 m NGF, mais avec des morphologies cependant bien différentes. Il s'agit d'un ancien tube surcreusé, marqué par des morphologies de rivières souterraines, sans doute pérennes, sans variation importante du niveau des écoulements. Cette galerie est surmontée d'un niveau supérieur (5') à tube phréatique : les galeries Buen Retiro - SSF vers 130 à 135 m NGF (Figure 10).

Ces cinq zones sont affectées par les crues du réseau karstique. Les quatre premières, structurées d'amont en aval, le sont chaque année par les crues qui traversent le système. La zone 5 l'est rarement lors de mises en charge exceptionnelles qui laissent des témoins sous



Figure 6 - La galerie SCUCL en aval du Carrefour Aval est un tube épiphréatique caractéristique. L'écoulement se fait ici localement à contre pendage (dans le sens de progression du spéléologue) et recoupe transversalement une série de fractures. Photo S. Jaillet.



forme de dépôts détritiques. Ainsi, les poubelles des explorations des années 1960 au droit du Camp de base réapparaissent aujourd'hui à la faveur de la mobilité du remplissage sédimentaire pluri-décimétrique présent au sol (Figure 10b). À l'aval du système, au droit de l'Évent, une série de puits-cheminées (Mocochain et *al*., 2006) (zone 6, Figure 4) pourrait correspondre à des paléo-exutoires à 145 m NGF (aven Cordier) et 191 m NGF (Évent sup.). N'étant pas affectée par le fonctionnement actuel du système, cette zone n'est pas analysée dans la présente étude.

En effet, il n'est pas question, ici, de discuter des relations chronologiques qui unissent ces différentes zones, ni de les recontextualiser dans le cadre de l'évolution géomorphologique régionale. Cela fera l'objet d'un autre travail. Il est par contre intéressant de comprendre en quoi ces zones fonctionnent aujourd'hui de manière synchrone et comment la dynamique de l'écoulement est aujourd'hui en accord ou non avec les morphologies qu'elles proposent.

Figure 7 - En amont du Carrefour du 14 juin, la galerie SCUCL est un tube d'environ 4 m de diamètre, incisé en trou de serrure. L'incision va grandissante à mesure que l'on progresse vers l'aval et le conduit atteint une hauteur de près de 8 m pour une largeur de 3 à 5 m environ. Toute cette zone est marquée par une dynamique d'incision et d'érosion régressive caractérisée par des morphologies de marmitage et d'abrasion des parois. Photo S. Jaillet.



3 - Un fonctionnement hydrologique de plus en plus contrasté

Ainsi les zones 2 et 3 (Figure 4) appartiennent bien à la zone épinoyée du karst et présentent des morphologies en accord avec les fonctionnements identifiés actuellement. En revanche, la zone 5 (galerie des Pyjamas) présente des morphologies de rivières souterraines surcreusées avec marques d'altérations pariétales caractéristiques d'écoulement pérenne à surface libre. Aujourd'hui occupée temporairement par les mises en charge du système, la galerie des Pyjamas constitue donc un témoin d'un paléo-fonctionnement ancien, perché au-dessus des écoulements et probablement associé à une géographie du bassin d'alimentation différente. Il est possible qu'à ce moment une

Figure 8 - Dans la partie extrême aval du réseau de Foussoubie, peu avant le Siphon 4, le conduit s'aligne sur un magnifique plan de faille témoignant ici d'une adaptation locale aux contingences offertes par le canevas structural. Photo S. Jaillet.

Figure 9 - Le Siphon A est le siphon principal du système, coté Évent de Foussoubie et se situe 5 m plus haut que l'Ardèche à l'étiage. Coté Goule de Foussoubie, ce même siphon s'appelle Siphon 4. Photo S. Jaillet.









Figure 10 - La galerie du Camp de base qui a servi pour les explorations durant les années 1960 et 1970. a - c'est une galerie, vers 130 m NGF, perchée d'une dizaine de mètres par rapport aux galeries principalement actives. Elle a subi, depuis cette période, plusieurs crues qui ont recouvert le sol d'un dépôt détritique fin ; b - les poubelles enterrées des explorations des années 1960 sont dégagées par les crues (elles n'étaient pas visibles dans les années 1970) ; c - une coupe permet d'apprécier la stratification de cette séquence sédimentaire pluri-décimétrique mobile. Photos S. Jaillet.

couverture non carbonatée (nappe alluviale ancienne[3]) surmontait le plateau karstique actuel. Cette dernière aurait joué le rôle de « compresse humide » et étalé le flux hydrologique, limitant les contrastes hydriques qui caractérisent les morphologies à tube épiphréatique reconnu en amont (zone 2) et en dessous (zone 3). Rien ne permet pour l'heure de le démontrer.

De même note-t-on en plusieurs endroits du réseau l'existence d'importants dépôts stalagmitiques aujourd'hui très affectés par les crues. Ceci est reconnu depuis la zone d'entrée jusqu'aux plus profondes galeries (zone 3, Figures 4 et 11). Cela démontre l'existence de phases de stabilité dans le réseau suffisamment longues et exemptes de crises importantes pour laisser ces édifices croître. Cela démontre aussi qu'après ces phases de stabilité, il existe une ou plusieurs phase(s) d'érosion intense telle celle qui caractérise aujourd'hui le fonctionnement hydrologique du réseau, alors que le climat actuel est plutôt considéré comme favorable à la croissance des concrétions. Il semble donc exister une alternance complexe entre ces phases de croissance et ces phases de déstabilisation, complexe tant dans la succession des évènements que dans sa répartition à l'échelle du réseau. Nous verrons plus loin les pistes proposées pour lever ces interrogations.

Qu'il s'agisse donc de genèse de drains (dissemblance entre les paléo-conduits traduisant des écoulements à faible contraste hydrologique et les conduits de la zone épinoyée actuelle) ou d'évolution et de démantèlement d'édifices stalagmitiques (dissemblance entre des phases de croissance et des phases d'érosion possiblement non corrélées aux variations climatiques), tout montre qu'il y a eu, au cours du temps, un basculement vers un fonctionnement de plus en plus contrasté, c'est-à-dire plus marqué par les crues à l'échelle d'un cycle hydrologique d'un an. Il n'est guère possible pour l'heure de définir si cette évolution fut lente ou brutale ou si même elle a connu des contre-évolutions. Toujours est-il que, par ses formes et ses dépôts, le système offre ici une possibilité intéressante de démêler les réajustements fonctionnels identifiés dans le karst au cours de son évolution.

Parmi ces évolutions et ces réajustements, le site de la Goule lui-même semble présenter les marques d'une

[3] *La surface du Devès de Virac est une surface d'érosion à 260 m et pourrait correspondre à un ancien passage de l'Ardèche (Mottet, 1993 ; Delannoy et* al.*, 2007) et qui pourrait correspondre à la fin de l'aggradation pliocène (Mocochain et* al.*, 2006, 2009).*



Figure 11 - Dans la partie aval du système de Foussoubie, d'anciennes générations de concrétions sont identifiées. Elles sont très largement affectées par les crues qui ont recoupé les édifices à l'emporte-pièce. Des repousses, elles-mêmes en partie affectées, scellent ces différentes surface d'érosion et montrent la complexité des alternances croissance/érosion dans le système. Photo S. Jaillet.

évolution brutale ayant conduit à une pénétrabilité plus importante des eaux de surface.

4 - Le site de la Goule et sa capture récente

Perte unique du système, drainant un bassin de 14,4 km², le site d'entrée de la Goule présente les morphologies éloquentes d'un réajustement complet et brutal de la dynamique des écoulements au droit de la perte. Une analyse morphologique du site permet de caractériser différents tronçons clés (Figure 12) :

– **la zone des marmites d'entrée** est un tube d'environ 3 m de section qui, de l'entrée proprement dite au premier volume, est une succession de marmites. Les morphologies pariétales sont marquées, du sol au plafond, par les crues successives qui empruntent la totalité du conduit ;

– **la première salle principale** est un volume plus conséquent (15 m de hauteur, 10 m de largeur, aligné sur une discontinuité tectonique orientée NW-SE). Il n'est pas totalement ennoyé par les crues ;

– **la galerie des Ratapanades**[4] est une galerie plus modeste, alignée sur la même discontinuité et se prolongeant vers le SE ;

– **le réseau Percé** est une galerie perchée au-dessus de la première salle principale avec laquelle il communique par plusieurs regards.

L'organisation de ces tronçons de conduits laisse voir le caractère diachrone de leur mise en place. Il semble raisonnable de considérer les Ratapanades et la salle principale comme appartenant à un même ensemble auquel la galerie d'entrée vient se raccorder, probablement dans un second temps[5]. Dans cette occurrence, il semble possible d'envisager une mise en place du site en trois temps[6] (Figure 12). Dans un premier temps (Stade 1), la perte s'organise par la galerie des Ratapanades depuis une perte non connue, située au sud-est de la Goule. La géométrie du conduit est mal connue, mais probablement modeste. Cette perte, incapable d'absorber la totalité du flux hydrique provoque l'ennoiement de la plaine proximale (Stade 2).

[4] *Nom vernaculaire pour chauves-souris.*

[5] *Le fond des Ratapanades est une trémie qui « souffle » durant les crues (phénomène lié à la compression de l'air, Jaillet, 1999) plus ou moins dans l'ancien petit chemin descendant du plateau derrière le chenil de Robert Peschaire. Il est très probable que ce conduit était une ancienne perte, antérieure à l'ouverture de la Goule actuelle.*

[6] *Il ne s'agit ici que des derniers stades d'évolutions du site de la Goule. Avant, ces derniers stades, le site a connu une évolution encore aujourd'hui mal contrainte, permettant de passer des écoulements dans le vallon sus-jacent à la perte proprement dite par capture des écoulements de surface.*

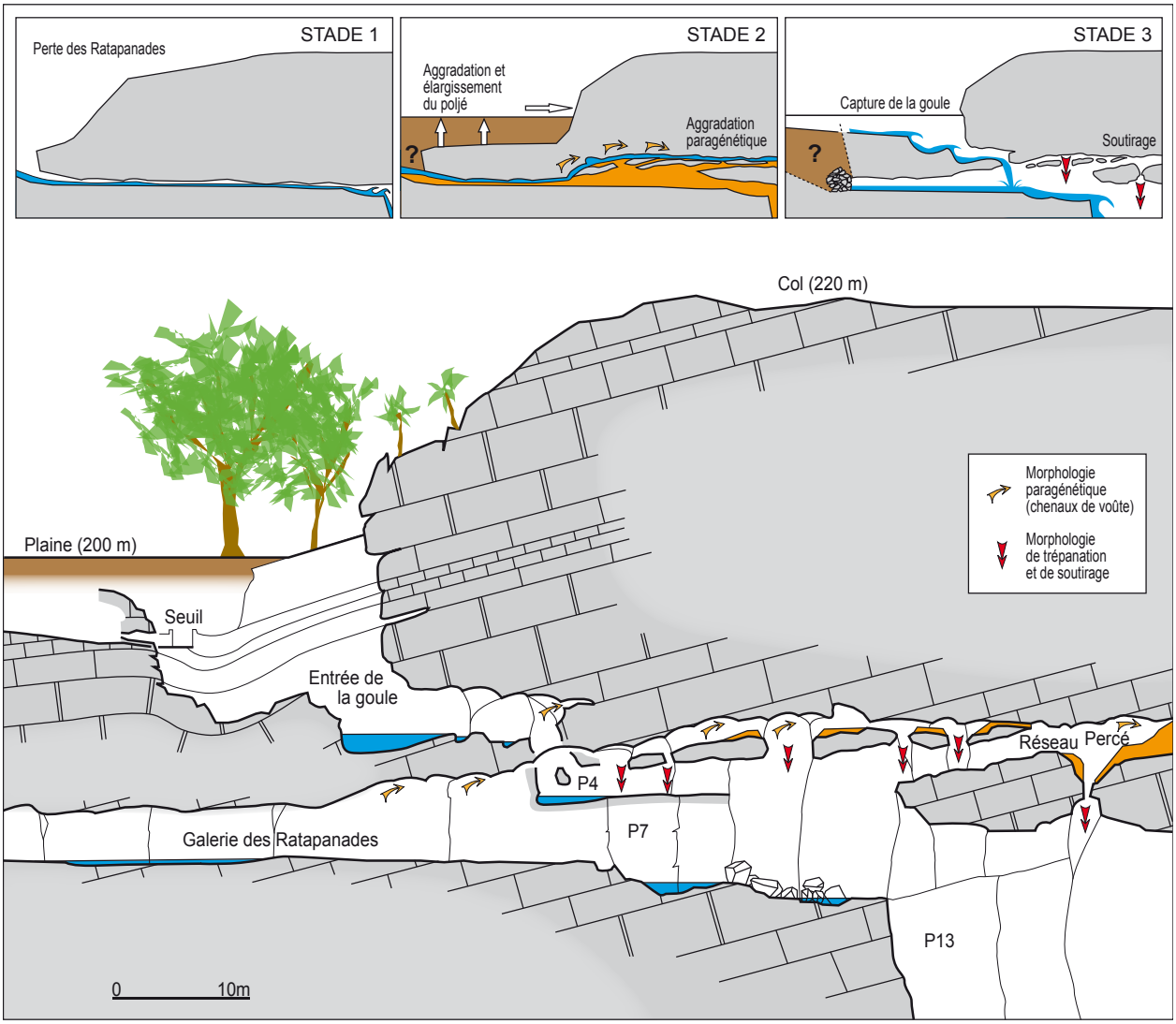


Figure 12 - Coupe synthétique du site de la Goule de Foussoubie et schéma d'évolution de la capture en 3 étapes.

Associées à ce phénomène, les galeries se comblent et évoluent vers un mode de creusement paragénétique ascendant dont les derniers témoins sont présents dans le réseau Percé (chenaux de voûte, dépôt argileux, banquettes pariétales). En surface, l'aggradation sédimentaire et l'ennoiement du poljé doivent favoriser le recul des versants et donc l'agrandissement de la plaine. Au bout d'un certain temps, les conduits paragénétiques sont recoupés par les écoulements de la plaine et de premiers écoulements commencent à se déverser dans la future Goule, sans doute uniquement en période de crue. Après cette période transitoire, d'une durée difficile à évaluer, la totalité du flux passe par la Goule actuelle, impliquant l'abandon de la galerie des Ratapanades qui se comble partiellement (Stade 3). À ce moment là, la capture, ici par déversement (Jaillet, 2001), est aboutie et totale.

Cette évolution est à rattacher aux derniers stades d'évolution de la zone de pertes et du fonctionnement de la plaine alluviale qui l'entoure. On comprend que l'on passe ici d'un fonctionnement où les infiltrations étaient jusqu'à présent limitées et calibrées (galeries du réseau Percé ou des Ratapanades) à un fonctionnement en perte se traduisant par des écoulements plus importants dans le système karstique. La capture locale (et par débordement) des écoulements de surface par la galerie d'entrée de la Goule tend ainsi à accroître la dynamique et le contraste des écoulements pénétrant dans le réseau. Relier ce type de basculement morphologique, ici local, aux variations de géométrie des conduits (conduit à montagne russe / conduit à rivière surcreusée ; incision des édifices stalagmitiques) ne sera possible que par le recours à un calage chronologique fin qui reste à construire.

Cependant, cette « ouverture du système » par la capture locale dans la zone d'entrée de la Goule implique la dynamique des écoulements que nous connaissons aujourd'hui. Analyser cette dynamique à l'échelle des événements comme à l'échelle du réseau est l'objet de la suite de ce travail.

II - Spatialisation et analyse des crues du système

Les observations et mesures réalisées lors de la première campagne d'étude du système de Foussoubie et les éléments de bibliographie consultés ont conduit, à partir de 2010, à la mise en place d'une approche hydrologique sur l'ensemble du réseau. Il ressortait, en effet, différentes interrogations à propos de la compréhension du fonctionnement hydrologique du système et de ses crues spectaculaires, de la géographie des mises en charge dans le réseau et de leur temporalité (décalage et synchronisme) dans le réseau. Comment appréhender ces questions à l'échelle du réseau ? Quelle part accorder aux effets locaux dans la répartition des différentes zones de mises en charge et notamment quel est le rôle des rétrécissements de conduits ou des remplissages dynamiques de fond de galerie ?

1 - Choix instrumentaux

Afin de pouvoir répondre à ces questionnements, il a été entrepris l'instrumentation de la cavité à des emplacements qui semblaient, du point de vue de la géomorphologie, constituer des éléments clés pour la compréhension du fonctionnement hydrologique du réseau de Foussoubie. Dix points de suivi ont été installés sur le réseau à l'aide de sondes enregistreuses *Sensus ultra* de la marque Reefnet (Figure 13). Deux d'entres elles ne sont pas retenues dans l'étude : la plus en amont, à l'extérieur, n'a pas enregistré de variations significatives et la seconde, à l'entrée de la Goule a été arrachée et n'a pu être retrouvée. Les paramètres suivis ont été la piézométrie et la température avec un pas de temps de 15 mn. Les données de pluviométrie furent obtenues à partir du site de l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse à la station limnigraphique de Vallon - Pont-d'Arc. La campagne de suivi présentée ici s'est déroulée du 15 juillet 2010 au 13 juillet 2011. Au cours de ce cycle hydrologique 2010-2011, sept épisodes de crue importants ont été enregistrés : un épisode de type cévenol début septembre 2010, trois épisodes de mi-novembre à mi-décembre 2010, un épisode important fin décembre 2010, un épisode hivernal fin janvier 2011 et enfin un épisode printanier au mois de mars 2011. Ces sept épisodes ont provoqué des mises en charge importantes au niveau des différents points de mesures dans le réseau. Ces phases spectaculaires de fonctionnement du système représentent 20,25 jours sur les 362 jours du suivi du réseau, soit 5,6 % du cycle hydrologique 2010-2011.

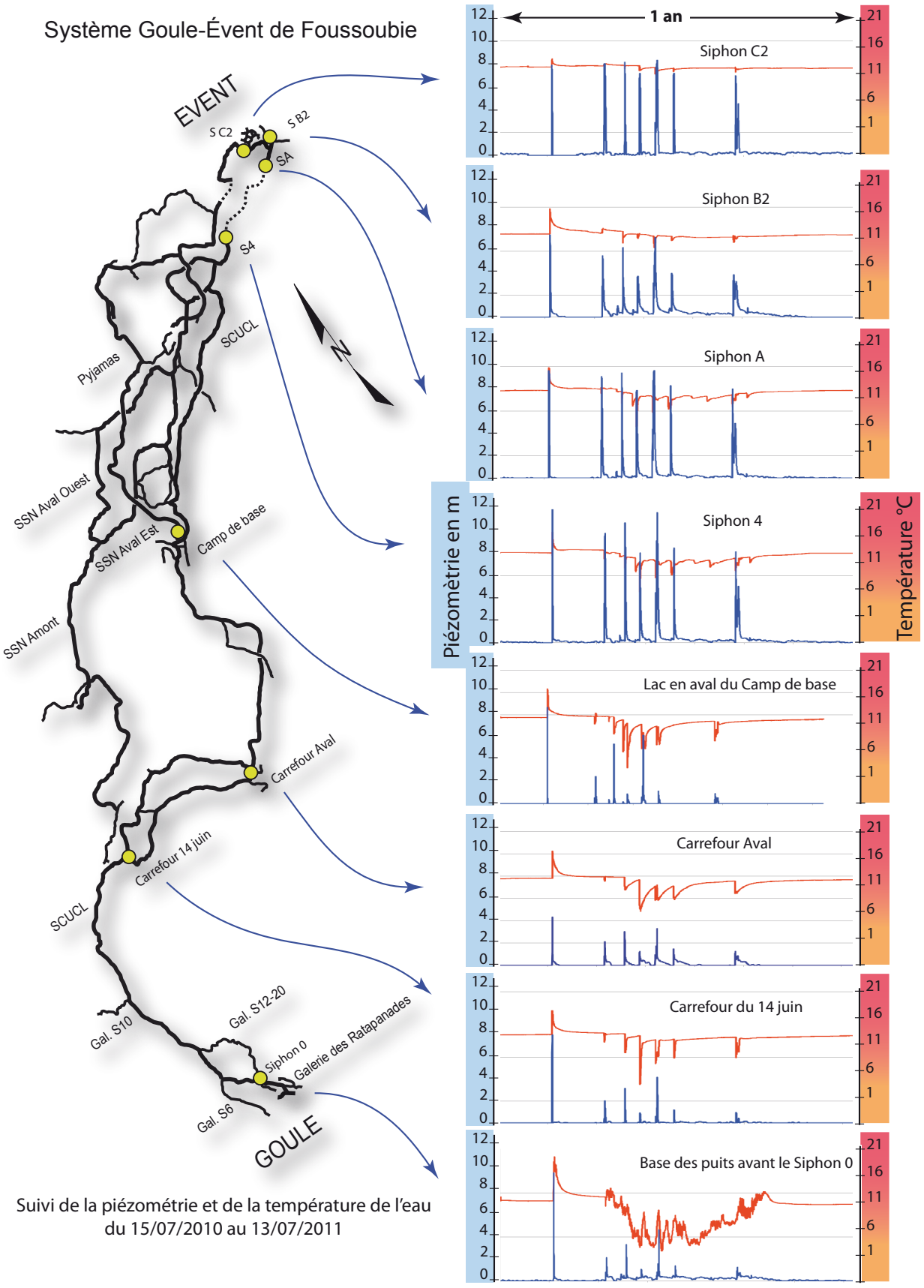
Les hydrogrammes de crues (Figure 13) montrent une dynamique du réseau avec un fonctionnement de type « drain dominant » et une forte transmissivité hydraulique. Les montées sont rapides, les décrues aussi. Les temps de réaction sont faibles. On note également des seuils de saturation différents selon les sites et qui conduisent à des mises en charge de plusieurs mètres de hauteur selon les différents points. Les grandes variations de la température (Figure 13), variables selon les secteurs considérés, sont de même en adéquation avec les changements importants de débits associés à un renouvellement complet des masses d'eau lors des épisodes de crues. Parmi ces sept crues, deux nous semblent mériter une attention particulière.

2 - Analyse de deux épisodes de crues caractéristiques

À la suite d'un petit épisode de précipitations de type cévenol, une crue s'est produite les 7 et 8 septembre 2010 sur le bassin d'alimentation du système de Foussoubie. Il est tombé 194 mm de précipitations en 48 h à la station de mesures de Vallon - Pont-d'Arc (Figure 14). Cet épisode est survenu après la période de sécheresse estivale. Une première série de précipitations commencée le 7 septembre 2010 à 10 h 50, a conduit à l'activation du réseau de drainage du bassin d'alimentation et amené, à partir de la perte de la Goule, une circulation d'eau dans la cavité avec une augmentation progressive du débit. Une grosse averse s'est produite ensuite, le 7 septembre 2010 à 23 h 50, avec 75 mm de pluie en moins de deux heures. Cela a entraîné de manière quasi instantanée une forte augmentation du débit du ruisseau de la Planche et des écoulements souterrains. Le seuil de saturation des drains a été atteint aux différents points de suivi et a entraîné des mises en charge conséquentes.

La mise en charge maximale est observée au Siphon 4 à l'aval de la Goule, le 8 septembre 2012 à 1 h 50, avec une hauteur d'eau de 12,62 m. Le phénomène a été brusque et rapide, l'eau est montée de 7,26 m en 15 mn, soit une montée de 48,4 cm/mn. Durant cet épisode, on constate, là encore, la transmissivité hydraulique très forte du réseau. La concomitance des pics de crues avec le premier pic de pluviosité est nette. Seul le Siphon B2 connaît un léger décalage temporel. Il faut également noter la très faible influence du second pic de pluviosité sur les débits qui restent dans une phase de décrue malgré ces nouveaux apports. Il est à remarquer la baisse rapide de la courbe de tarissement dès que les précipitations cessent, attestant de l'absence de stockage durant cet épisode.

Un épisode hivernal, la crue de décembre 2010, a parcouru le réseau à la suite d'une averse de 113 mm de hauteur d'eau qui s'est produite du 19 décembre 2010 au 24 décembre 2010 (Figure 15). Cet épisode est survenu après une période sèche et froide. Les premières pluies sont tombées le 19 décembre 2010 à 11 h 05. L'étalement des précipitations a amené des augmentations des débits et des saturations des drains poly-



Suivi de la piézométrie et de la température de l'eau du 15/07/2010 au 13/07/2011

Figure 13 - Localisation des sondes d'enregistrement des hauteurs d'eau dans le système de Foussoubie. Présentation pour chaque sonde de la chronique hauteur (en bleu), température (en rouge). Fond topographique d'après synthèse Le Roux (1984).

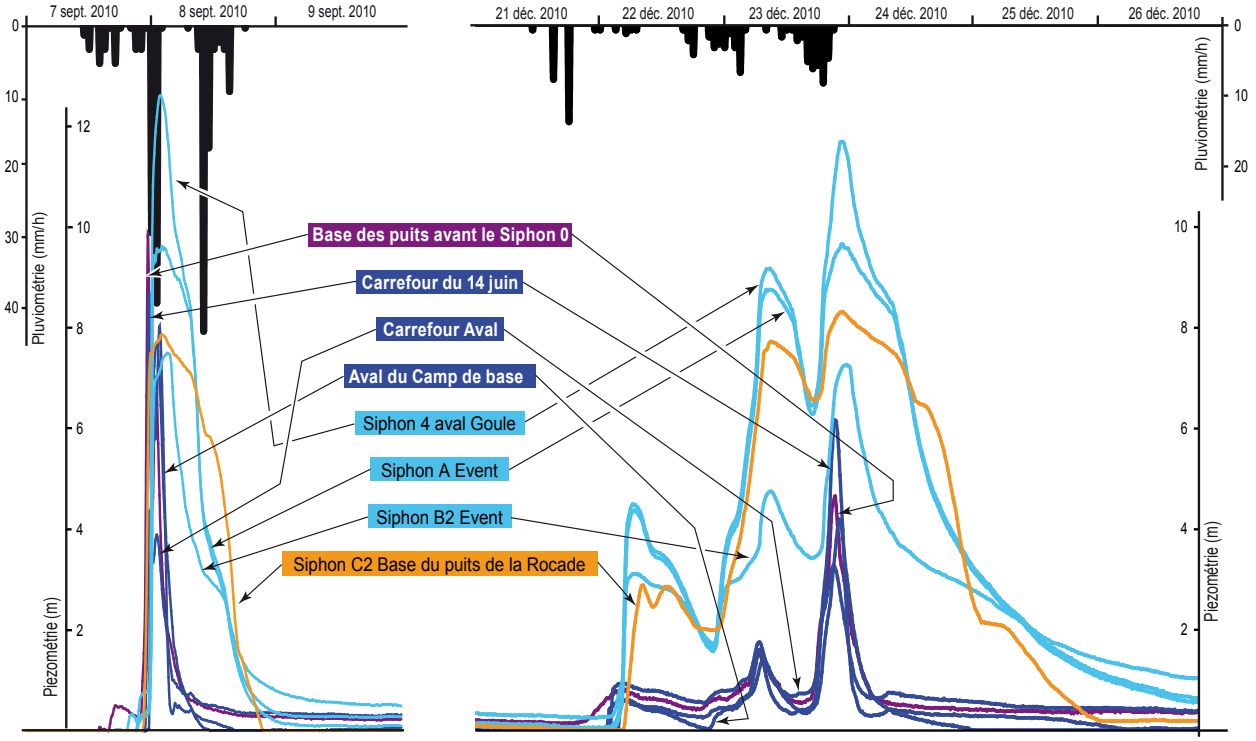


Figure 14 - Les deux crues de septembre 2010 et de décembre 2010. La première (à gauche) est un épisode cévenol caractéristique, la seconde (à droite) est un épisode hivernal. Noter, pour les deux événements, les vitesses de montée des eaux et le synchronisme des différents pics de crue. Systématiquement, la partie épinoyée (zones 1, 2, 3, en violet et bleu foncé) est caractérisée par un transit rapide tandis que la zone aval (zone 4, en bleu ciel et orange) est caractérisée par des mises en charge élevées et une décroissance des hauteurs traduisant un stockage et un étalement des flux. Cela est net pour C2 dont la vidange semble contrôlée par des seuils de déversements.

phasées en relation avec les variations et le cumul des précipitations. On note de même les arrêts de précipitations durant cet épisode pluvieux qui ont entraîné des baisses de débits et de mises en charge aux différents points suivis. Les allures des courbes de hauteur d'eau durant ces différentes phases montrent le rôle de la géométrie du réseau et de la morphologie des conduits dans les dynamiques hydrologiques et notamment la présence de seuils de déversement aux carrefours en amont et dans les siphons de l'Évent.

La courbe de tarissement montre, dans ces conditions, un léger stockage dans la zone aval du réseau à partir des lacs à l'aval du Camp de base. Il s'agit toutefois d'un phénomène limité dans le temps et pour des volumes sans doute limités et non évalués ici. La dynamique de crue relevée au Siphon C2 montre un fonctionnement différent du drain principal. Il se produit un décalage dans les phases de crue et l'on observe deux paliers lors de la décrue. Le tarissement est très rapide.

3 - Analyse de la dynamique hydrologique à l'échelle du réseau

L'analyse croisée des données hydrologiques et des conditions géométriques et morphologiques des conduits permet d'identifier la richesse du déroulement polyphasé d'un épisode de crue et sa progression dans le réseau d'amont en aval. Cette dynamique est contrainte par le dimensionnement des conduits, la géométrie et la morphologie des galeries. Durant la phase de montée des débits, des mises en charge se font aux différents points qui constituent des freins à l'écoulement. Nous proposons de conduire cette analyse à partir de la crue de septembre 2010, à la fois la plus importante de la chronique et la seule, qui en fin de période d'étiage, n'est pas sous l'influence des réserves hydrologiques. On note ainsi (Tableau 1) comment les aspects de dimensionnement des conduits et des pentes vont influer sur les mises en charge. La lecture de l'événement est divisée ici en trois phases : montée de crue, pic de crue et décrue. La Figure 15 propose une lecture spatialisée de cet événement le long d'un profil en long général du système de Foussoubie avec une référence temporelle au droit du Siphon A (aval du système).

Montée de la crue : avec les fortes pentes de la zone d'entrée la dynamique hydraulique est importante. Un premier frein à l'écoulement est rencontré au niveau du Siphon 0 après la base des puits. La mise en charge y est importante et rapide. Cette zone de la base des puits sert alors de zone de stockage temporaire. Les changements de morphologie des galeries qui mènent au Carrefour du 14 juin amènent à un changement de la dynamique

Cinq tronçons séparant deux points de mesures	Distance (m)	Dénivelée (m)	Pente (%)	Hauteur de mise en charge (m)	Vitesse de mise en charge (cm/mn)
Entrée Goule à la base des puits avant le Siphon 0	205	58	28,2	9,47	12
Base des puits avant le Siphon 0 → Carrefour du 14 juin	1246	13	1,0	7,62	6
Carrefour du 14 juin → Carrefour Aval	814	3	0,3	4,32	14
Carrefour Aval → Aval du Camp de base	1221	11	0,9	8,03	0,5
Aval du Camp de base → Siphon 4	1394	33	2,4	12,62	48,4

Tableau 1 - Caractérisation des différents tronçons étudiés. Pour chacun d'entre eux, les caractéristiques géométriques, les hauteurs de mise en charge à l'aval et les vitesses sont proposées.

hydraulique. La pente plus faible et les bassins présents dans cette portion de la cavité constituent des facteurs de dispersion de l'énergie hydraulique. La mise en charge au Carrefour du 14 juin est plus faible de même que la vitesse de montée. Le Carrefour Aval constitue une zone d'accélération de la circulation des eaux et de diminution de la hauteur de charge. La géométrie des conduits joue un rôle important dans cette dynamique par l'intermédiaire des galeries parallèles du SCUCL et du SCIS. Une fois le seuil de saturation atteint, du fait du profil quasi-horizontal, la montée en charge s'installe avec une vitesse de montée importante. Ensuite, dans la partie comprise entre le Carrefour Aval et le secteur du Camp de base, un ralentissement de la dynamique va s'opérer en amont du point de mesure.

Maximum de la crue : une fois ces galeries arrivées à saturation de leur capacité ou de débits, la mise en charge au Siphon 4 se produit de manière intense et rapide. Des vitesses de montée de 48 cm/mn y sont alors enregistrées. À partir de ce moment, l'ensemble du réseau se trouve à saturation d'écoulement et il s'installe un « profil hydraulique » des mises en charge, depuis la base des puits à la Goule jusqu'au Siphon 4 (Figure 15). Dans cette situation, la régulation hydraulique du système est complètement liée à la capacité de drainage de la zone aval à l'Évent et en particulier à celle des différents siphons et du gros éboulis du porche d'entrée. Ainsi, lors du maximum de cette crue, l'éboulis a fonctionné en déversoir durant une quarantaine de minutes.

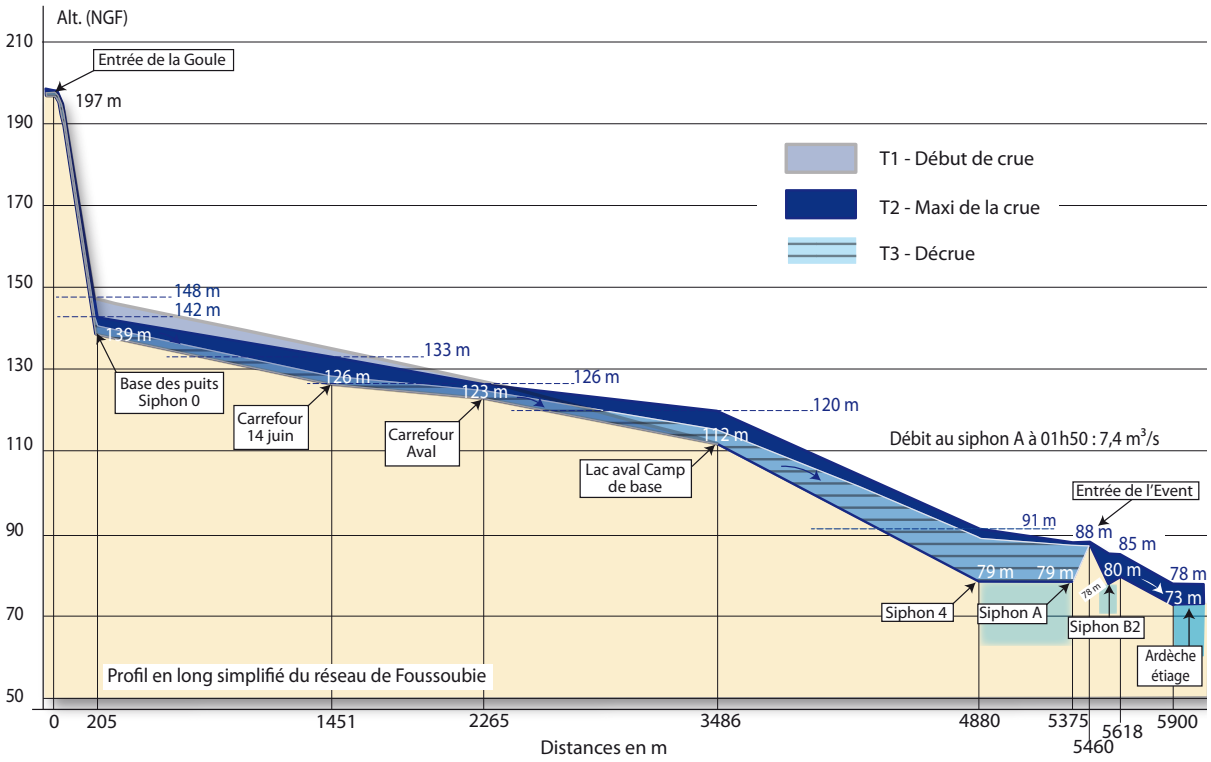


Figure 15 - Profil longitudinal du réseau lors de l'onde de crue du 8 septembre 2010. Les trois temps de la crue (début de crue, pointe de crue et ressuyage - référence du temps au droit du Siphon A) sont spatialisés et montrent à la fois la géométrie de la ligne d'eau et les zones de stockages temporaires de la zone épinoyée (cotes altitudinales d'après topographie Le Roux, 1984).

Décrue : après l'arrêt des précipitations, la dynamique d'écoulement va se ralentir assez rapidement de l'amont vers l'aval. Différents niveaux de seuils, dans la partie aval notamment, conditionnent les modalités de baisse de débits. La vidange du système est constituée de la vidange des galeries et siphons de la partie aval. Du fait de l'absence de capacité de stockage du système, les débits retrouvent alors très rapidement des valeurs plus faibles, non évaluées ici.

L'intérêt d'une telle approche (Figure 15) est double : (i) elle permet de visualiser sur un unique profil longitudinal la géométrie de la ligne d'eau à différentes phases de l'épisode de crue. La pente de cette ligne évolue d'amont en aval et au cours de l'épisode. De même (ii), on note les secteurs clés de frein hydraulique qui génèrent en amont des zones temporaires de stockage. C'est notamment le cas en aval du système où le Siphon A (et le seuil de la zone d'entrée) constitue un frein hydraulique dont les effets sont perceptibles sur des centaines de mètres en amont. De même, le Carrefour Aval constitue un secteur clé, un point haut qui conditionne la dynamique des mises en charge sur la zone située immédiatement en amont.

4 - Transit et débit à l'échelle des drains

L'analyse des mises en charge site par site permet parfois de caractériser assez finement la dynamique des écoulements dans tel ou tel secteur et de proposer des vitesses et des débits, ce que l'absence de courbe de tarage ne nous autorise pas pour l'instant. Ceci a pu être tenté pour la zone épinoyée et pour la zone noyée, lors de l'épisode de septembre 2010.

Dans la zone épinoyée entre le Carrefour du 14 juin et le Carrefour Aval : les données obtenues à partir des sondes permettent de renseigner la dynamique hydraulique au début de cet épisode de crue.

À 22 h 50, la montée de l'eau commence au Carrefour du 14 juin. Le Carrefour Aval est à ce moment là complètement sec. Quinze minutes après, à 23 h 05, une vague de 1,24 m arrive au Carrefour Aval. La distance entre les deux carrefours est de 813,5 m. La vitesse de propagation de l'eau dans cette partie de la cavité est donc en moyenne de 0,9 m/s. La largeur de la galerie au Carrefour Aval est de 5 m, la section de la lame d'eau est donc de 6,2 m^2. Or, le débit est le produit d'une vitesse, d'une section et d'un coefficient de rugosité. En choisissant ici un coefficient de rugosité de 0,2 en usage pour les rivières encombrées, on obtient un débit en début de crue de 1,1 m^3/s. Ce calcul reste cependant entaché d'une certaine incertitude liée au pas de mesure défini au préalable.

Dans la zone noyée entre l'amont et l'aval du siphon : grâce à l'installation de sondes de pression au niveau du siphon aval (Siphon 4 coté Goule et Siphon A coté Évent), il a été possible de calculer le débit par la méthode des pertes de charge entre ces deux points qui encadrent le verrou liquide. La perte de charge maximale relevée entre les deux extrêmes du siphon est de 3,05 m. La longueur du siphon est de 340 m. La section minimale dans le siphon est de 3 m^2. Pour établir le nombre de Reynolds, la vitesse est estimée à 1,5 m/s. Il s'agit d'une circulation en régime turbulent. Le calcul du nombre de Reynolds donne 2.10^6. La perte de charge Δh s'exprime (avec λ le coefficient de perte de charge) :

$$\Delta h = \frac{\lambda}{D \times \frac{V^2}{2g}} \times L \text{ siphon}$$

En prenant un coefficient de rugosité dans le siphon de 0,1, on obtient à partir de l'abaque de Moody, la valeur $\lambda = 0{,}085$. La vitesse obtenue est de 2,45 m/s et le débit $Q = 2{,}45 \text{ m/s} \times 3 \text{ m}^2 = 7{,}3 \text{ m}^3/\text{s}$. À partir de cette méthodologie, il a été possible d'établir la courbe d'évolution des débits instantanés dans le Siphon Aval en fonction des hauteurs de mises en charge au Siphon 4. Durant cet épisode de crue, le débit moyen a été de 1,6 m^3/s (Figure 16). On remarque deux paliers dans la courbe de montée de la crue, entrecoupés de phases rapides d'augmentation du débit. Ces observations sont sans doute à mettre en relation avec les phases de déversement dans les galeries annexes.

Lors de la décrue, et dans la courbe de tarissement, on remarque également différentes phases d'évolution des débits. Des seuils de déversement marquent nettement le fonctionnement hydrologique de cette partie du réseau. Un travail complémentaire sera à entreprendre pour comprendre ces phénomènes et préciser les modalités d'écoulement en direction de l'émergence.

5 - Une variabilité des températures d'amont en aval du système

L'analyse des variations de températures (Figure 13) complète la compréhension du fonctionnement hydrologique du système de Foussoubie. Pour cela, l'ensemble des températures du cycle hydrologique est traité. Pour chaque site, d'amont en aval, on indique (Figure 17) la médiane, le premier, et le troisième quartile et enfin le minima et le maxima de la série (35 000 valeurs par série). D'amont en aval, on observe que la dispersion des valeurs va en décroissant. Les températures les plus hautes, comme les plus basses, se rapprochent de la médiane à mesure que l'on s'enfonce dans le système karstique. Des observations tirées de ces données, il est possible de dégager trois ensembles principaux et un autre, annexe au système de drainage.

La zone d'introduction : dans la zone des puits, l'amplitude des températures relevées est importante (min. 1,6 °C ; max. 19,6 °C), ceci est associé aux conditions météorologiques (froides au chaudes) au cours desquelles surviennent les épisodes de crue. L'écart interquartile montre une valeur élevée du fait

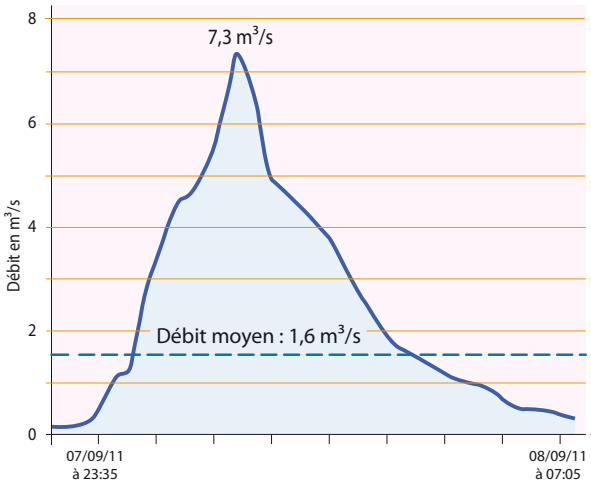


Figure 16 - Reconstitution, par calcul hydraulique, des débits au siphon aval du système (Siphon 4, coté Goule et Siphon A, coté Évent) lors de la crue de septembre 2010.

des circulations d'eaux rapides peu influencées par l'isothermie karstique.

La zone d'écoulement : les points de mesures au Carrefour du 14 juin, Carrefour Aval et lac en aval du Camp de base constituent un ensemble aux caractéristiques de température homogènes. Les écarts des températures minimales et maximales, importants, montrent que l'influence des apports extérieurs s'exprime encore nettement. Les valeurs des médianes sont en légère élévation, associées à l'influence de la masse karstique qui se fait sentir de manière progressive au fur et à mesure que l'on se déplace vers l'aval. Les écarts interquartiles sont relativement réduits dans cette zone. Notons que le minimum du Carrefour Aval (6°C) est supérieur aux valeurs minimales en amont et en aval. Sans doute est-ce lié à la position localement latérale au flux de la sonde dans ce site particulier.

La zone saturée : bien que située en zone distale du système, on remarque également, au niveau des siphons, des écarts importants des températures minimales (5,5°C) et maximales (16,7°C). Cela confirme la forte transmissivité du système. Les écarts interquartiles sont plus importants que dans la zone précédente du fait des échanges thermiques conditionnés par les apports très rapides de la zone amont et les dimensions du siphon entre la Goule et l'Évent. Le fonctionnement du Siphon B2 est un peu différent du fait de sa position dans le système et de sa taille. Il se trouve dans la zone complexe de l'éboulis avec des modalités d'écoulement contraintes par les dimensions des conduits et leur structuration jusqu'à l'exutoire.

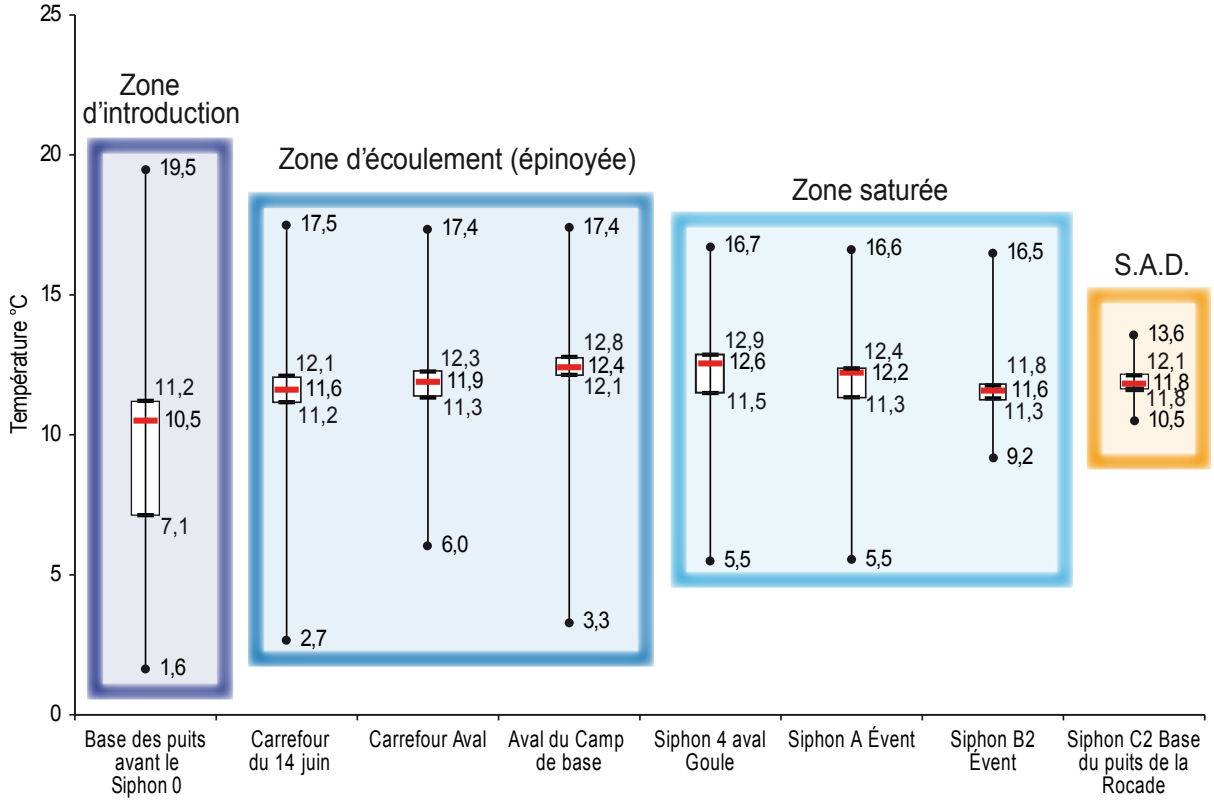


Figure 17 - Boîte à moustaches des températures des huit sites étudiés au cours de l'année hydrologique 2010-2011. On y figure la médiane, le premier et troisième quartile et les deux valeurs extrêmes de chacune des huit séries. Noter la dispersion des températures dans l'amont du système et, au contraire leur concentration dans l'aval. Noter de même l'évolution de la médiane dans l'espace du système. Trois zones sont identifiées auxquelles s'ajoute le Siphon C2 qui semble déconnecté du système et fonctionne, probablement, en système annexe au drainage (S.A.D.).

La zone annexe : le Siphon C2 qui est l'exutoire des galeries MASC, Pyjamas, SCP et GASM constitue un système de drains interconnectés au drainage principal. Les écarts de température sont réduits attestant d'un fonctionnement de type plus capacitif où l'écoulement est plus pondéré. Sans doute s'agit-il ici d'un système mal connecté aux flux qui transitent durant les crues.

La température est une grandeur simple à mesurer qui se situe à l'interface entre les flux hydrologiques entrant dans le système (froid ou chaud selon les saisons) et la masse karstique qui connaît sa propre inertie, cherchant à ramener les eaux vers une valeur moyenne à mesure que l'on progresse vers l'aval. La dispersion des valeurs au sein de chaque série évolue de même dans l'espace du système karstique. La zone de transit épinoyée présente une élévation des températures, couplée à une réduction de l'écart interquartile. Ceci est sans doute à relier à la rapidité du transit des eaux en crues. En effet, la zone saturée, à l'aval, est plus pondérée dans les extrêmes, mais présente une dispersion plus importante entre le premier et le troisième quartile. Une analyse croisée avec les temps de séjours des eaux ou bien limitée aux seuls épisodes de crues permettrait de résoudre ce paradoxe apparent.

III - D'autres pistes de recherche pour étudier les crues du système karstique

L'analyse hydrologique, proposée ici sur un cycle d'un an, apporte certes des informations précieuses sur la compréhension du fonctionnement du système mais ne saurait constituer l'entrée méthodologique unique. Étudier les crues d'un système karstique ne se réduit pas à l'analyse des hydrogrammes, mais se doit d'être complété par d'autres approches. Nous en proposons ici trois complémentaires : celle de la morphologie et de la sédimentologie pour laquelle nous proposons quelques résultats et celles de la dendrochronologie et de la biospéologie pour lesquelles seules des perspectives d'études seront proposées.

1 - Analyse morphométrique : l'impact des crues

À l'échelle des drains, il est possible de mesurer l'impact des crues dans les morphologies pariétales (Jaillet, 1999). Ces morphologies de paroi renseignent souvent avec efficacité sur la dynamique des flux qui ont prévalu à leur mise en place (Curl, 1974 ; Slabe, 1995) et sont de mieux en mieux corrélées aux débits (Cailhol, 2011). Dans le système de Foussoubie, le comptage de panneau de coups de gouges à la base des puits a permis de proposer des gammes de débits étagés selon la taille des microformes. Dans une section calibrée, en amont du Siphon 0, le débit maximal a pu ainsi être évalué à 5 m^3/s. Il est conforté par d'autres observations réalisées en amont qui montrent que le Passage de Joly doit constituer un frein local et donc un verrou qui limite le flux maximal entrant dans le système (Jaillet et *al*., 2000). De même, la cartographie détaillée des impacts morphologiques pariétaux sur les concrétions permet-elle de reconstituer la ligne d'eau en crue dans différentes zones du système. Ce travail, amorcé pour le Carrefour du 14 juin (collectif Foussoubie, 2010), sera étendu à tous les carrefours et sites-clés afin de proposer une analyse croisant enregistrement hydrométrique et enregistrement morphométrique.

Mais il est des cas où cet impact morphologique affecte des édifices concrétionnés. En ce cas, par le recours à la datation, il est possible de caler les évènements et de proposer une lecture des crues sur une épaisseur de temps plus importante. Cela permet de proposer un enregistrement des crues et des mises en charge intercalées dans la croissance des stalagmites comme cela a été reconnu à Choranche dans le Vercors (Perrette, 2000), au Rupt-du-Puits dans le Barrois (Jaillet et *al.*, 2006) ou à Orgnac dans le Bas Vivarais (Couchoud et *al.*, 2012).

2 - Un enregistrement des crues dans les coulées stalagmitiques

L'impact des crues sur le concrétionnement est majeur dans le réseau de Foussoubie. Dans la partie aval du système, d'importantes coulées sont recoupées à l'emporte-pièce, traduisant un changement important dans la dynamique de l'écoulement et un basculement vers une érosion fluviatile importante (Figure 11). Le choix s'est ici porté sur deux coulées stalagmitiques importantes : l'une latérale au flux, c'est-à-dire alimentée par un affluent du drain principal, mais sous l'effet des crues de ce drain, et l'autre dans le flux principal, à la base des puits.

La coulée basculée de la galerie SCUCL est un édifice stalagmitique important, de l'ordre de 2 m d'épaisseur, aujourd'hui effondré (Figure 18). Il a poussé au débouché d'un affluent impénétrable, dans la galerie principale, 400 m en aval du Siphon 0. Aujourd'hui effondré et sous l'emprise des crues, il subit les effets de l'érosion. Au regard de la compréhension des crues du système, l'intérêt de l'édifice est double :

– il scelle une série de nappes fluviatiles séparées chacune par la calcite de l'édifice. Cinq nappes ont été identifiées (Figure 18) :

A : nappe de galets noirâtres cimentés (extension 2-3 cm) ;
B : galets hétérogènes cimentés, extension 4-5 cm à matrice sableuse ;
C : galets hétérogènes cimentés, extension 1-2 cm à matrice sableuse ;
D : nappe de galets triés cimentés, extension 6-8 cm ;
E : nappe de galets triés cimentés, extension >10 cm ;
F : nappe de fond de galerie, plus ou moins mobile, non cimentée, extension >20 cm. L'évolution temporelle de ces nappes montre que les galets présentent une extension de plus en plus importante au cours du temps.

– la chute de l'édifice est scellée par des repousses stalagmitiques elles-mêmes en cours d'érosion (Fou6 et Fou7). Les datations U-Th, réalisées à l'Université de Melbourne, donnent un âge non corrigé de 215,5 ka (+/- 3,) pour Fou4, 12,8 ka (+/- 0,1) pour Fou6 et 8,4 ka (+/- 0,1) pour Fou7. Les incertitudes sont données à 2 sigma. Notons que pour Fous6, le rapport $^{230}Th/^{232}Th$ pénalise l'âge corrigé et implique une forte incertitude.

De ces différents éléments, il est possible de proposer la reconstitution suivante : avant 215 ka et sur une durée qu'il est difficile d'estimer sans la datation de Fou1, le système connaît un fonctionnement de type épinoyé avec transit sédimentaire discontinu et plutôt aggradant. La coulée latérale, alimentée par un affluent, scelle les nappes de galets. Celles-ci sont constituées d'éléments dont la taille va en s'agrandissant, traduisant probablement une compétence plus élevée des écoulements jusqu'à la fin de la croissance de l'édifice à 215 ka. Après cette date, et probablement associé à un abaissement du niveau du remplissage (dynamique d'érosion), la coulée s'effondre. Des repousses holocènes (Fou7 : 8,4 ka) sont identifiées. Leur croissance n'est possible qu'avec des écoulements modérés. Aujourd'hui ces repousses sont en cours d'érosion et il ne subsiste plus que leur base (Figure 18).

La coulée de la base des puits est un édifice stalagmitique tout aussi imposant et qui apporte un éclairage complémentaire. Localisé dans le flux principal, 200 m en aval de la Goule, il est balayé régulièrement par les crues qui pénètrent le système. La calcite y est plus brune et les éléments détritiques plus abondants. Ceci tient à l'alimentation de la coulée directement par la perte et non par un affluent comme c'était le cas précédemment. Là encore, l'édifice n'est plus actif et il subit les effets drastiques de l'érosion (Figure 19). Un relevé (Figure 20) a permis d'identifier des phases de croissance séparées par des phases d'ablation. Trois surfaces d'érosion, auxquelles s'ajoute la surface actuelle, tronquent l'édifice stalagmitique et recoupent clairement les lamines de la coulée. Deux échantillons encadrant la série ont été analysés et datés au LSCE à

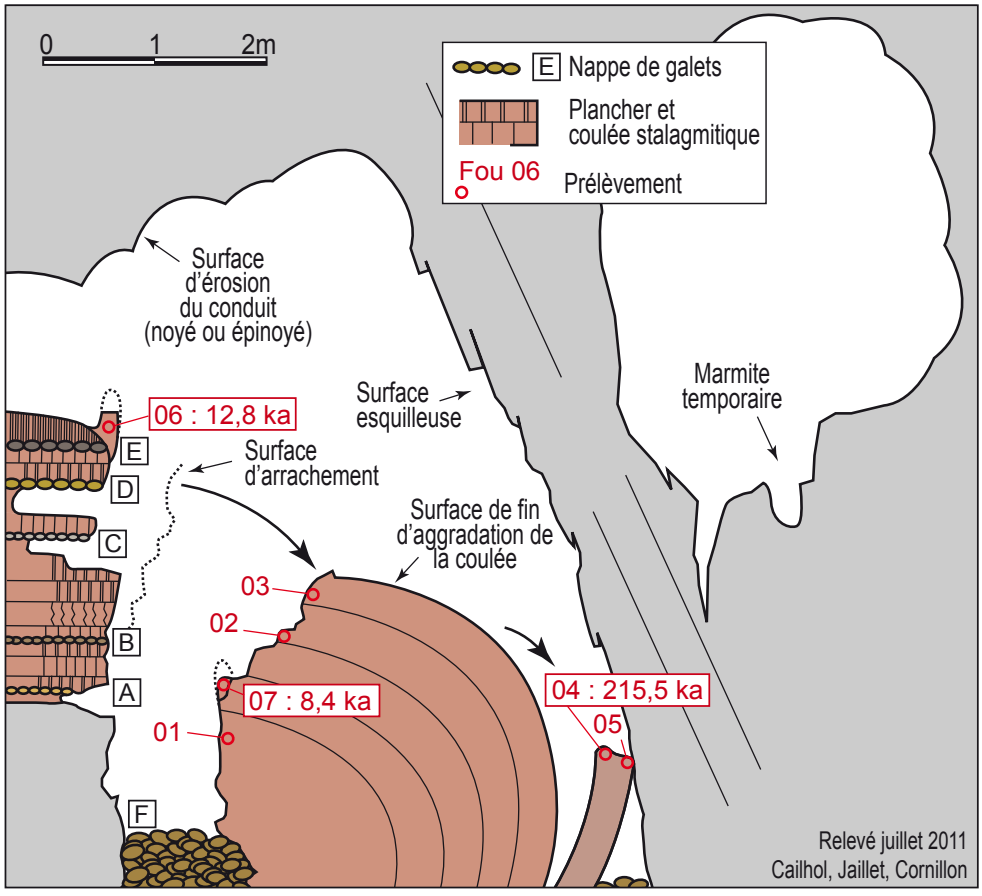


Figure 18 - Coupe de la coulée stalagmitique basculée dans la galerie SCUCL (ici se dédoublant localement en deux conduits) et position des échantillons prélevés et datés. Noter les alternances de nappes de galets et de coulées stalagmitiques sur le coté de la galerie. Les dates sont données non corrigées.



Figure 19 - La coulée stalagmitique de la base des puits, peu en amont du Siphon 0, est un édifice concrétionné qui a subi des phases de croissance séparées par d'intenses périodes d'érosion. Photo S. Jaillet.

Gif-sur-Yvette. Fou11 présente un âge non corrigé de 122,7 ka (+/- 3) et Fou17 un âge de 47,0 ka (+/-0,6).

Il apparaît possible de proposer la reconstitution suivante : à 122 ka, c'est-à-dire durant le stade isotopique 5e, le conduit est déjà creusé et connaît une phase de comblement par la calcite. Ceci implique des conditions climatiques favorables (c'est le cas), mais aussi des conditions d'écoulements peu contrastées. À la suite de cette première phase de croissance, durant 70 000 ans et à trois reprises au moins, le drain de Foussoubie va tantôt être le siège d'une croissance stalagmitique, tantôt être marqué par une dynamique d'incision et de surcreusement de la calcite. Depuis environ 40 ka, les conditions n'ont pas été réunies pour voir à nouveau la calcite se déposer, bien que depuis 13 ka les conditions climatiques le permettent en Ardèche (Genty, 2012).

Il ne semble donc pas possible d'interpréter ces alternances qu'à la seule lumière des variations climatiques et c'est sans doute dans les variations des conditions d'alimentation du système (cf. *supra* l'évolution du site de la Goule) qu'il faut rechercher l'explication de cette évolution contrastée. L'enregistrement calcitique présenté ici tient bien à l'évolution des conditions du milieu et les grandes phases d'érosion (dont la dernière est toujours active) doivent trouver explication autant dans l'évolution géomorphologique du karst que dans l'évolution des conditions environnementales.

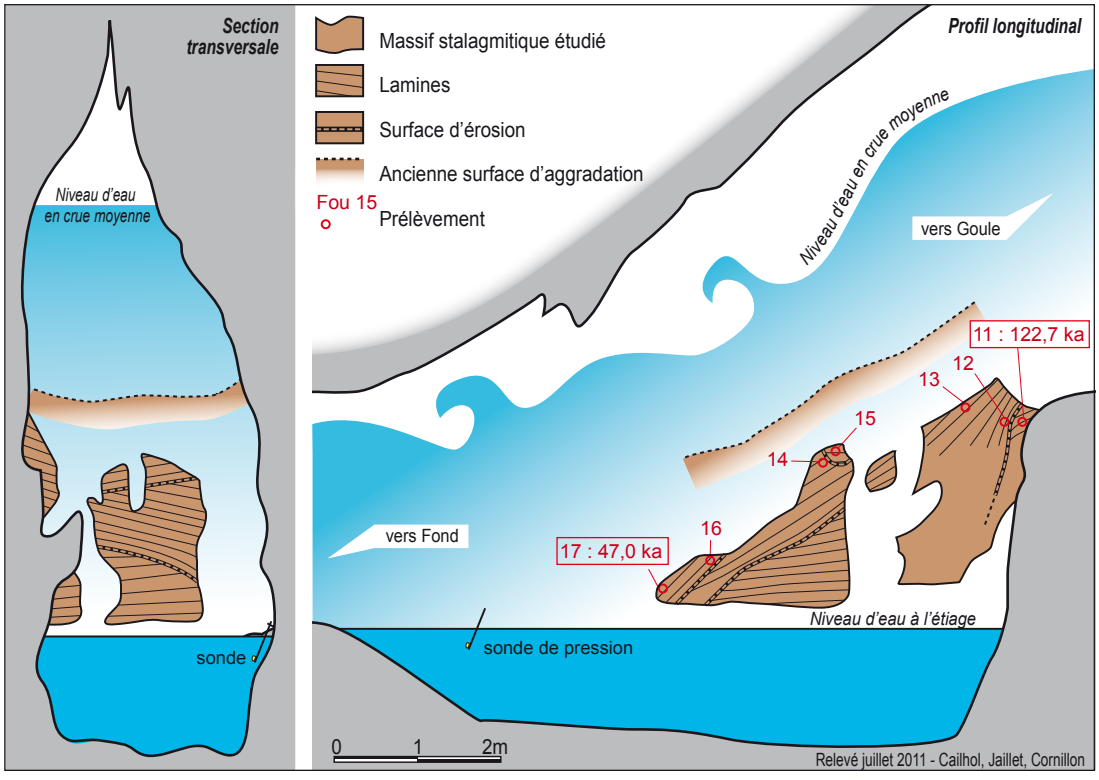


Figure 20 - Coupes transversale et longitudinale de la coulée stalagmitique de la base des puits dans son contexte actuel avec variations des niveaux d'eau. La position des échantillons prélevés est indiquée. Noter les surfaces d'érosion qui séparent les phases de croissance. Les dates sont données non corrigées.

Laboratoire	Date mesure	Echantillon	Méthode	Code labo	238U (µg/g)		232Th (ng/g)		$d^{234}U_m$		$(^{230}Th/^{232}Th)$		$(^{230}Th/^{238U})$		age (kyr)		$d^{234}U_{(0)}$		age cor(kyr)**	
Melbourne	août-2011	Fou4	MC-ICPMS								158,5		0,86710384	0,0038868	**215,5**	**±3,1**			**215,5**	**±3,6**
Melbourne	août-2011	Fou6	MC-ICPMS								0,9		0,08365681	0,0008577	**12,8**	**±0,1**			**-11,6**	**±26,1**
Melbourne	août-2011	Fou7	MC-ICPMS								9,4		0,06515398	0,0008171	**8,4**	**±0,1**			**7,1**	**±1,3**
Gif/Yvette	mai-2012	Fou11	MC-ICPMS	Gif-2919	0,156	±0,00010	63,6	±0,42	122,9	±3,3	5,4	±0,1	0,7777	0,0079	**122,7**	**±3,0**	173,9	±4,9	**106,5**	**±11,2**
Gif/Yvette	mai-2012	Fou17	MC-ICPMS	Gif-2920	0,484	±0,00040	86,9	±0,74	175,2	±2,2	6,6	±0,1	0,4182	0,0037	**47,0**	**±0,6**	200,1	±2,5	**39,2**	**±4,6**

*Tableau 2 - Rapports isotopiques et âges U-Th des prélèvements effectués sur les deux coulées étudiées (Analyse Gif/Yvette et Université de Melbourne). ** Les âges ont été corrigés en utilisant un rapport 230/232 = 1,5 +/- 50%. Les incertitudes sont données à 2 sigma.*

3 - Des pistes de recherches en dendrochronologie et biospéologie

On note dans la Goule de Foussoubie plusieurs troncs d'arbre de dimensions importantes, et ceci jusqu'à près de 4 km de l'entrée. Il semble intéressant d'en dresser un inventaire et de chercher à évaluer la date de mort (qui donne une date minimum à la pénétration) de ces troncs dans le système karstique pour évaluer les vitesses de transit de ces objets sur un parcours souterrain plurikilométrique. Une dizaine d'échantillons a déjà été prélevée (Figure 21), généralement des rondelles ou des carottages quand les conditions ne permettaient pas de sectionner le fût. L'objectif est ici d'étudier le rôle des grandes crues dans la mobilité de macro-objets au sein du système. Il s'agira de répondre notamment aux questions suivantes : les modalités de remobilisation de la charge détritique et des troncs d'arbres sont-elles liées à quelques grandes crues ou à une série de crues régulières ? Existe-t-il une corrélation entre la date de pénétration des arbres dans le système et leur situation géographique dans le système, autrement dit, les plus vieux troncs sont-ils les plus éloignés de la perte ? Les premières identifications montrent une diversité d'essences dont certaines ne semblent plus présentes dans le bassin-versant. Ceci serait à relier à des changements d'occupation du milieu, changements dont il serait possible de retrouver les effets dans la dynamique des écoulements. La constitution de courbes de références par essence devrait s'avérer lourde à mettre en œuvre mais l'originalité de la démarche laisse espérer un résultat assez inédit.

La biologie souterraine a déjà été associée à la compréhension du fonctionnement des systèmes karstiques. Les travaux menés autour du laboratoire de Moulis ont fait école en ce domaine. Dans le cas de la Goule de Foussoubie, des observations préliminaires ont été réalisées et ont permis de dresser un premier inventaire faunique durant l'été 2011 (Duguet et Peyronel, 2011). On identifie une faune trogloxène apportée par les crues du ruisseau la Planche. Les données brutes montrent une diversité importante des macroinvertébrés aquatiques, sachant qu'au mois d'août la majorité des larves ont normalement déjà émergé dans les cours d'eau aériens. La majorité des amphibiens identifiés sont des crapauds communs (*Bufo bufo*), mis à part deux têtards d'Alyte accoucheur (*Alytes obstetricans*)



Figure 21 - Prélèvement à la scie d'une rondelle d'un tronc d'arbre coincé dans une anfractuosité de la galerie SCUCL, ici peu en amont du Camp de base, à près de 3500 m de l'entrée. Photo S. Jaillet.

et un juvénile de Grenouille rieuse (*Pelophylax ridibundus*) trouvés dans les premières vasques près de l'entrée. Ceci suggère une situation écologique assez inédite. En effet, des amphibiens – en grande majorité des crapauds communs – sont emportés dans le réseau karstique lors d'épisodes de crue, jusqu'à plusieurs kilomètres de l'entrée ; ils se retrouvent « piégés », car la présence de puits empêche leur retour en surface. Par la suite, le suivi batrachologique est susceptible de s'orienter vers l'étude de l'effet des inondations de la Goule de Foussoubie sur la dispersion des animaux, la structure d'âge du peuplement d'amphibiens ou de leur régime alimentaire. Un croisement avec les résultats de l'analyse hydrologique brute pourrait s'avérer fécond.

Conclusion

« *(...) à 500 ou 600 m en amont du Pont-d'Arc, s'offre sur la rive droite, en face d'un paysage splendide, l'embouchure de la mystérieuse Goule de Foussoubie, énigme hydrologique que nous n'avons pu résoudre (...)* » écrivait Martel en 1894. Près de 120 ans après, ces observations préliminaires tant dans le domaine de la géomorphologie endokarstique que dans le domaine de l'hydrologie souterraine apportent un éclairage nouveau sur la connaissance du système de Foussoubie sans pour autant prétendre résoudre cette fameuse « énigme hydrologique ».

En effet, bien des questions demeurent. Certes, avec ces premières observations géomorphologiques et hydrologiques, on dispose à présent des bases fonctionnelles et structurelles pour la connaissance du système de Foussoubie. Les calages chronologiques apportés par les datations de différentes zones concrétionnées constituent une piste intéressante mais montrent aussi la nécessité de préciser plus encore les choses pour mieux contraindre les différents stades de son évolution. Dans le domaine de l'hydrologie, il reste encore à distinguer les parts de l'infiltration et du ruissellement, parts pouvant évoluer selon l'état hydrologique du système. Quel est le rôle joué par le ruisseau aérien du Rieussec dans la dynamique des écoulements endo- et exokarstiques ? Dans la partie aval, les modalités d'écoulement dans la zone d'émergence restent à préciser, notamment le rôle du Siphon C2. De même, la caractérisation des différents seuils entre les deux branches siphonnantes et les relations avec la source de Vanmalle (Figure 3) restent à contraindre pour permettre de cerner les modalités du raccordement à l'Ardèche. Dans le domaine de la paléogéographie, le raccordement des drains aux évolutions connues du réseau hydrographique reste à définir finement. De même, sur une échelle de temps plus réduite (échelle historique), l'évolution du bassin et de son occupation (drainage, défrichement…) reste à évaluer pour mieux comprendre l'influence de ces évolutions sur la dynamique endokarstique

Cette étude démarrée sur le réseau de Foussoubie est un projet collectif riche de multiples synergies. Il repose sur une approche pluridisciplinaire du système. En effet, cet objet souterrain permet, par ses dimensions et par sa géométrie, l'observation de son fonctionnement en situation de crue et ceci dans sa totalité. L'approche croisant géomorphologie, hydrologie, biologie souterraine, et bientôt de manière plus originale la dendrochronologie, offre un regard spatialisé et assez complet des différentes phases du fonctionnement du système sur différents pas de temps. Sans doute demain le développement de ces travaux vers la modélisation nous permettra de pousser plus loin encore la compréhension du système de Foussoubie et de confirmer le caractère emblématique de ce karst qui déjà nous semble avoir valeur d'exemple.

Remerciements

Nous tenons à remercier chaleureusement le Comité départemental de spéléologie de l'Ardèche qui met à disposition chaque année le matériel pour l'équipement de la Goule de Foussoubie durant toutes les campagnes. Le site d'Orgnac a toujours bien voulu mettre à disposition une à deux salles de travail durant ces campagnes. Elles ont toujours constitué notre « point de ralliement » et ce fut très précieux. Françoise Prud'homme nous a mis chaque année son terrain à disposition pour le traditionnel « barbecue d'ouverture de campagne ». Enfin Molière a ravi nos soirées estivales. Comment ne pas finir sans lui laisser la parole : « Ce doit être beau, on n'y comprend rien ».

Liste des membres du collectif Foussoubie (2009 – 2011)

Judicaël ARNAUD, Laurent ASTRADE, Christian BAYLE, Magali BAYLE, Élisa BOCHE, Didier CAILHOL, Xavier CAILHOL, Florence COLINET, Thomas CORNILLON, Gilles ÉTIENNE, René ESCAT, Christophe GAUCHON, Juliette GAUCHON, Loys GAUCHON, Patrick HARLEZ, Stéphane JAILLET, Jérôme JOURET, Patrick LE ROUX, Thierry MARCHAND, Philippe MONTEIL, Amandine PERRET, Gilbert PLATIER, Guillaume POLIOL, Françoise PRUD'HOMME, Benjamin SADIER, Matthieu THOMAS, Benjamin THOMINE, Étienne VENNETIER.

Bibliographie

Audra P., 2010. La spéléogenèse épigène. Grottes et karsts de France. *Karstologia mémoires*, 19, 44-45.

Audra P., Palmer A., 2011. The pattern of caves: controls of epigenic speleogenesis. *Géomorphologie, Relief, Processus, Environnement*, 4, 359-378.

Audra P., Nobécourt J.-C., 2012. Flooding in epiphreatic passages. Analysis of the 4-5 Nov. 2011 flood in the Chamois Cave Alpes-de-Haute-Provence, France. Congrès suisse de Spéléologie sous presse.

Belleville L., 1985. Hydrologie karstique : géométrie, fonctionnement et karstogenèse des systèmes karstiques des gorges de l'Ardèche. Thèse doctorat, Institut Dolomieu, Grenoble, 228 p.

Bigot J.-Y., 2006. Les conduits de raccordement des émergences aux niveaux de base des vallées. Actes de la 16ème rencontre d'Octobre, Méaudre, Spéléo-Club de Paris, 41-48.

Cailhol D., 2011. Analyse croisée débits / vagues d'érosion du moulin de Voguë Ardèche). *Karstologia*, 57, 28-32.

Callot Y., 1979. A propos des plateaux calcaires ardéchois ; karst, rapport fond-surface et évolution des paysages calcaires, Thèse de Géographie, Université de Reims, 341 p.

Choppy J., 1992. Hydraulique externe et circulation karstique. Synthèses spéléologiques et karstiques, 43.2, les facteurs géographiques, 75 p.

Choppy J., 2008. Pourquoi se creusent les grottes ? *Karstologia mémoires*, 16, 200 p.

Collectif Foussoubie, 2009. Compte-rendu campagne juillet 2009, rapport interne, 23 p.

Collectif Foussoubie, 2010. Compte-rendu campagne juillet 2010, rapport interne, 35 p.

Collectif Foussoubie, 2011. Compte-rendu campagne juillet 2011, rapport interne, en cours.

Couchoud I., Genty D., Bourges F., Drysdale R., Jaillet S., 2012. Les spéléothèmes de l'Aven d'Orgnac : potentialités et études en cours. *In* Delannoy J.-J., Jaillet S., Sadier B. (dir.), Karsts - Paysages et Préhistoire. *Collection EDYTEM*, 13, 139-148.

Curl R.-L., 1974. Deducing flow velocity in cave conduits from scallops. *The NSS Bulletin*, 6, 2, 1-5.

Douville E., Sallé E., Frank N., Eisele M., Pons-Branchu E., Ayrault S., 2010. Rapid and accurate U–Th dating of ancient carbonates using inductively coupled plasma-quadrupole mass spectrometry. *Chemical Geology*, 272, 1-11.

Duguet R., Peyronel O., 2011. Des amphibiens dans la Goule de Foussoubie. *LPO 07*, 36, 8-12.

Genty D., 2012. Les spéléothèmes de la grotte Chauvet Pont-d'Arc : apports chronologiques et paléoclimatiques. Synthèse des travaux publiés. *In* Delannoy J.-J., Jaillet S., Sadier B. (dir.), Karsts - Paysages et Préhistoire. *Collection EDYTEM*, 13, 79-88.

Häuselmann P., 2011. Spéléogenèse dans la zone épinoyée, un nouveau modèle. Grottes et karsts de France. *Karstologia mémoires,* 19, 46-47.

Jaillet S., 1999. La crue sous terre. Mémoire Instructeur. *Cahier de l'EFS*, 10, 152 p. rééd. 2004.

Jaillet S. (dir.), 2000. Impact morphologique des crues dans la zone d'entrée de la Goule de Foussoubie Ardèche. Actes de la 10ème rencontre d'Octobre, Paris, Spéléo-Club de Paris, 130-136.

Jaillet S., 2001. Capture et réorganisations des écoulements souterrains dans le système karstique du Rupt-du-Puits (Lorraine-Champagne, France). Actes de la 11ème rencontre d'octobre, Lisle-en-Rigault, 123-145.

Jaillet S., Pons-Branchu E., Maire R., Hamelin B., Brulhet J., 2006. Enregistrement de paléo-mises en charge holocènes dans deux stalagmites du réseau du Rupt-du-Puits Barrois, France). Analyses morphologiques des lamines et datations U/Th en TIMS. *Geologica Belgica,* 9, 3-4 Han-sur-Lesse Symposium - nov. 2004), pp. 297-307. http://popups.ulg.ac.be/Geol/document.php?id=1304

Jaillet S., Sadier B., Arnaud J., Azéma M., Boche É., Cailhol D., Filipponi M., Le Roux P., Varrel E., 2011. Topographie, représentation et analyse morphologique 3D de drains, de conduits et de parois du karst. *In* Jaillet S., Ployon E., Villemin T. (dir), Images et Modèles 3D en Milieux Naturels. *Collection EDYTEM*, 12, 119-130.

Le Roux P., 1984. Système Goule/Event de Foussoubie. Historique résumé de son exploration, avril 1984. *SERAHV*, 18, Soc. d'Et. et de Rech. Arch. et Hist. de Vagnas, 12-20.

Le Roux P., 1989. Système Goule-Event de Foussoubie. *In* Spéléo sportive en Ardèche de Drouin P. et Marchand T., Ed. Edisud, Aix-en-Provence, 49-58.

Le Roux P., Drouin P., 2001. Bibliographie de Foussoubie. Système Goule-Event de Foussoubie. Event sup., aven Cordier, source de Vanmalle et autres cavités du secteur immédiat. *In* « Compte-rendu du stage Equipier scientifique Juillet 2000 », 25 p. + topo 1/2500°HT 781 réf. + 166 renvois).

Letrône M., 1963. L'accident de la Goule de Foussoubie (Ardèche). *Spelunca,* 3, 31-33.

Martel E.-A., 1894. Les sources riveraines du canon de l'Ardèche. *In* Les Abimes, les eaux souterraines, les cavernes, les sources, la spéléologie, chap IV., 94-108.

Mocochain L. Clauzon G. Bigot J.-Y., Brunet P., 2006. Geodynamic evolution of the peri-Mediterranean karst during the Messinian and the Pliocene: evidence from the Ardèche and Rhône Valley systems canyons, Southern France. *Sedimentary Geology*, 188-189, 219-233.

Mocochain L., Audra P., Clauzon G., Bellier O., Bigot J.-Y., Parize O., Monteil P., 2009. The effect of river dynamics induced by the Messinian Salinity Crisis on karst landscape and caves: Example of the Lower Ardèche river mid Rhône valley. *Geomorphology*, 106, 46-61.

Mottet G., 1993. Géographie physique de la France. PUF., 655 p.

Pascal M., Elmi S., Busnardo R., Lafarge D., Truc G., Valleron M.-M., Chedhomme J., Combier J., 1989 a. Carte géologique de la France 1/50.000, feuille Bourg-Saint-Andéol, 889. Orléans, BRGM.

Pascal M., Lafarge D., Chedhomme J., Glintzboeckel C., 1989 b. Notice explicative de la carte géologique de la France, feuille Bourg-Saint-Andéol, Orléans, BRGM, 67 p.

Perrette Y., 2000. Etude de la structure interne des stalagmites : contribution à la connaissance géographique des évolutions environnementales du Vercors (France). Développement et application d'une approche multiparamètre des archives stalagmitiques. Thèse de Doctorat, Université de Savoie, 325 p.

Rias P., 1991. 1963 – Foussoubie, *in* « Le gouffre Jean Bernard, -1602 m. Record du monde de profondeur ». Samoëns, Haute-Savoie. Ed. Gap, 20-24.

Slabe T., 1995. Cave Rocky Relief and its Speleogenetical Significance. ZRC 10, Ljubljana, 128 p.

Vervier P., 1988. Hydrologie et dynamique des peuplements aquatiques souterrains - Comparaison de deux systèmes karstiques des Gorges de l'Ardèche. Université Claude Bernard, Lyon I, 220 p.

LES SPÉLÉOTHÈMES DE L'AVEN D'ORGNAC POTENTIALITÉS ET ÉTUDES EN COURS

Speleothems of Orgnac Cave : potential and current studies

Isabelle COUCHOUD [1], Dominique GENTY [2], François BOURGES [3],
Russell DRYSDALE [4], Stéphane JAILLET [1]

[1] *Laboratoire EDYTEM, Université de Savoie/CNRS, Pôle Montagne, Campus scientifique, 73376 Le Bourget-du-Lac cedex.*

[2] *LSCE, Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, CNRS-CEA-UVSQ, L'Orme des Merisiers, bat. 701, 91191 Gif-sur-Yvette cedex.*

[3] *Géologie-Environnement-Conseil, 30 rue de la République, 09200 Saint-Girons.*

[4] *Department of Resource Management and Geography, University of Melbourne, Parkville 3010, Victoria, Australia.*

Résumé

L'aven d'Orgnac (Ardèche) présente des concrétionnements carbonatés d'une grande diversité morphologique en écho à la diversité des contextes géomorphologiques de formation. Les études du concrétionnement peuvent donc s'inscrire dans de nombreux types de problématiques, d'échelles temporelle et spatiale radicalement différentes, depuis la spéléogenèse jusqu'aux études paléoclimatiques à haute résolution.

Nous nous limiterons ici à la présentation des travaux en cours sur des problématiques climatologiques. Un premier pan de ces recherches concerne les reconstructions paléoclimatiques à partir des informations enregistrées lors de la croissance des stalagmites. Les spéléothèmes en cours d'étude ont vraisemblablement enregistré les variations climatiques régionales des derniers ~10 000 ans et ont été les témoins de phases d'ennoiement de la cavité associées à des événements hydrologiques extrêmes. Un deuxième pan des recherches en cours s'intéresse au fonctionnement aérologique de la cavité et au suivi des paramètres qui contrôlent la précipitation de calcite actuelle et sa composition isotopique. Une meilleure connaissance de ces paramètres constitue un soutien important à l'interprétation paléoclimatique des enregistrements isotopiques dans les stalagmites.

Mots-clés *: spéléothème, paléoclimat, paléohydrologie, aven d'Orgnac, Ardèche.*

Abstract

Orgnac Cave (Ardèche, France) contains a wide morphological variety of carbonate concretions echoing the diversity of the geomorphological contexts of formation. Studies of such concretions can thus focus on many different types of problems, spanning radically different scales of time and space, from speleogenesis to high-resolution palaeoclimatic studies. We present here a description of our ongoing work related to climatological problems. The first aspect concerns palaeoclimatic reconstructions from information recorded during stalagmite growth. The speleothems currently studied have recorded the regional climate variations of the last ~10 000 yrs and have witnessed episodic floods in the cave associated with extreme hydrological events. The second aspect of ongoing research is looking into the air-flow dynamics of the cave and into the monitoring of the parameters controlling modern calcite precipitation and its isotopic composition. A better knowledge of these parameters provides a significant framework upon which to base the palaeoclimatic interpretations of isotopic records in the stalagmites.

Keywords*: speleothem, palaeoclimate, palaeohydrology, Orgnac cave, Ardèche.*

« *Les variations de température sont plus rapidement et plus nettement enregistrées dans les concrétions des grottes que dans l'océan dont l'inertie thermique tend à masquer les variations de courte durée.* »
Duplessy J.-C. et *al*., Quaternary Research, 1971.

Introduction

L'aven d'Orgnac (Ardèche, France) est une cavité de plus de 5 km de développement. Grotte touristique, classée « Grand Site de France », la recherche scientifique y est favorisée en tant que vecteur de valorisation patrimoniale (Jaillet et *al*., 2006 a). L'accès aux sites d'étude est donc grandement facilité par les infrastructures de visite et des sites instrumentés peuvent être suivis régulièrement tout en respectant les conditions de conservation du patrimoine souterrain. Le site d'Orgnac est localisé non loin des gorges de l'Ardèche, creusé dans le calcaire de faciès urgonien (Barrémien) du plateau des Gras. Des travaux sur le fonctionnement du milieu karstique (microclimat, hydrologie) et sur la préservation de ce patrimoine souterrain s'y poursuivent depuis 1996 (Laboratoire souterrain de Moulis, GEConseil, LSCE ; Bourges et *al*., 2001, 2006, 2012 a, 2012 b). Son histoire géomorphologique est aussi bien connue grâce notamment aux études conduites depuis une dizaine d'années par l'équipe de karstologie du laboratoire EDYTEM (Delannoy et *al*., 2007)

Cette cavité a également été le berceau d'une méthode qui sera promise à un bel avenir : l'étude des variations isotopiques du carbone et de l'oxygène enregistrées par les stalagmites pour la reconstruction paléoclimatique en milieu continental. En 1966, ces études isotopiques sont déjà largement appliquées aux archives paléoclimatiques du domaine marin. Toutefois, Jean-Claude Duplessy va prendre l'initiative de trouver, en milieu continental, une archive paléoclimatique aussi pertinente. Dans le cadre de sa recherche doctorale, il va ainsi étudier les enregistrements isotopiques de plusieurs stalagmites de l'aven d'Orgnac, qui permettront de mettre en évidence des variations climatiques et lui feront conclure que la méthode est riche de promesses (Duplessy, 1967 ; Duplessy et *al*., 1971).

Dans la lignée de ces travaux pionniers, nous étudions aujourd'hui de façon conjointe les enregistrements isotopiques des stalagmites et leur environnement de croissance (contexte karstique, aérologique, propriétés physico-chimiques des égouttements qui les alimentent) de manière à soutenir les interprétations paléoclimatiques. Nous présentons, dans cet article, d'une part, un projet de reconstruction paléoclimatique et paléohydrologique s'appuyant sur l'étude de stalagmites holocènes et, d'autre part, les études en cours visant à une meilleure connaissance des facteurs environnementaux contrôlant la précipitation de la calcite et sa composition isotopique.

I - Les stalagmites de la Salle 1 d'Orgnac II, archives paléoclimatiques et paléohydrologiques

Le projet mis en œuvre à partir des stalagmites d'Orgnac s'inscrit plus largement dans la perspective de reconstruire les fluctuations hydrologiques dans le sud de la France et dans l'ouest du Bassin méditerranéen au cours de l'Holocène. Pour cela, il est nécessaire d'étudier des archives continentales, car les archives marines n'enregistrent pas directement les informations paléohydrologiques. De plus, pour remplir cet objectif, l'archive continentale « idéale » doit répondre à certains critères fondamentaux :

- elle doit contenir des indicateurs paléohydrologiques robustes, de préférence plusieurs, de sorte à pouvoir croiser les résultats et livrer une reconstruction fiable ;
- il doit être possible de la dater de manière « absolue » (méthode radiométrique ou calendaire), indépendamment de toute autre hypothèse de calage chronologique ;
- elle doit contenir un enregistrement suffisamment dilaté pour permettre de raisonner sur des échelles de temps de l'ordre d'une dizaine d'années.

Au cours de la dernière décennie, les spéléothèmes ont affirmé leur statut d'archives paléoenvironnementales incontournables. Ils contiennent en effet une variété d'indicateurs physiques ou géochimiques (Couchoud, 2008 a, 2008 b ; Fairchild et *al.*, 2006) des changements climatiques, environnementaux ou hydrologiques, à travers une large gamme d'échelles de temps (d'orbitale à sub-annuelle ; e.g. Cheng et *al.*, 2009 ; Drysdale et *al.*, 2009 ; Genty et *al*., 2003, 2006 ; Tan et *al.*, 2006 ; Treble *et al.*, 2003), ainsi qu'à l'occasion d'événements extrêmes (e.g. Baldini *et al.*, 2002 ; McMillan et *al.*, 2005). De plus, ils peuvent être datés radiométriquement avec une grande précision par U-Th jusqu'à environ 500 ka (Hellstrom, 2003 ; Richards et Dorale, 2003) et ont le potentiel de préserver des enregistrements longs, continus et non perturbés.

L'aven d'Orgnac présente une grande richesse en spéléothèmes. Non seulement ces derniers ont le potentiel requis pour renseigner sur les fluctuations paléoclimatiques et paléohydrologiques au cours de l'Holocène mais ils peuvent également enregistrer des événements extrêmes en raison de l'hydrologie particulière de ce système karstique. Le département de l'Ardèche est affecté par les épisodes cévenols : ces pluies torrentielles en provenance de la Méditerranée sont portées par des régimes de vents du sud ou sud-est, au début de l'automne généralement. Lors des événements de forte intensité, tels que celui du 8-9 septembre 2002 (Delrieu et *al*., 2005), le toit de l'aquifère karstique, remonte et ennoie les galeries d'Orgnac (Figure 1). À de telles occasions, et sous certaines conditions, une couche d'argile ou de limons fins peut se déposer lors de l'étale et de la décrue sur les spéléothèmes en cours de croissance (*e.g.* Perrette,



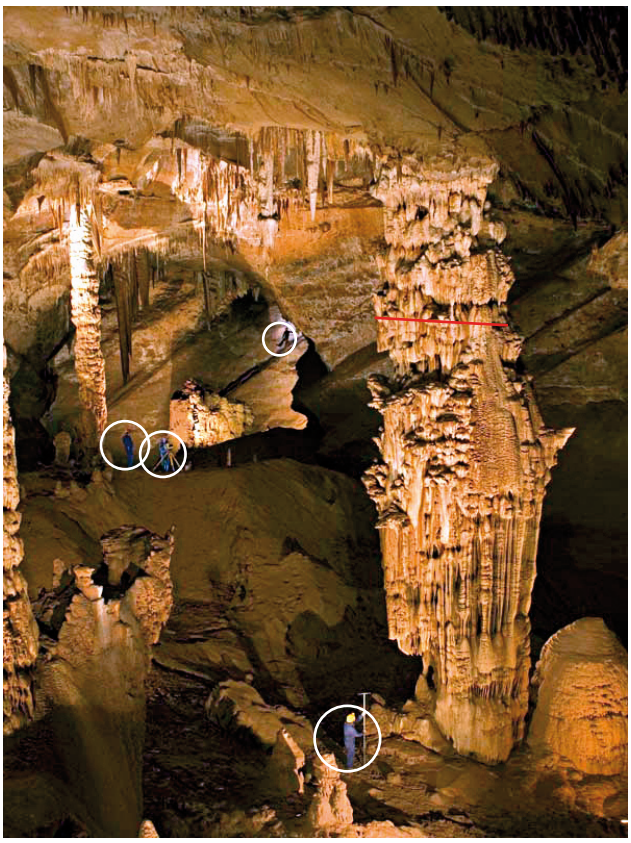


Figure 1 - Des événements pluvieux de forte intensité mais de faible fréquence provoquent parfois l'ennoiement des cavités d'Orgnac. Un événement de ce type a eu lieu le 8-9 septembre 2002, provoquant une montée de l'aquifère de plusieurs dizaines de mètres. Les traits rouges indiquent le niveau atteint par la nappe sur cette colonne stalagmitique et les cercles blancs repèrent des individus donnant l'échelle, soulignant les importants volumes d'eau mobilisés par ces événements. Tandis que l'eau se retire, des lamines boueuses se déposent sur les stalagmites. Les stalagmites en cours de croissance lors de ces inondations en préservent l'enregistrement sous forme de lamines d'argile. Celles-ci sont visibles à l'œil nu sur les sections polies de stalagmite (Figure 5) ou au microscope optique (Figure 2). Photos F. Prud'homme et S. Jaillet.

2000 ; Jaillet et *al*., 2006 b). Lors de la reprise de précipitation des spéléothèmes, cette fine couche d'argile se trouve piégée dans la calcite (Figure 2). Afin d'utiliser ces lamines comme marqueurs d'événements hydrologiques extrêmes, il faut toutefois s'assurer que le fonctionnement hydrologique de la grotte soit resté le même pendant la période considérée. La Salle 1 d'Orgnac II (Figure 3) contient de nombreuses stalagmites qui ont vraisemblablement enregistré ce type d'événement. Ces stalagmites auraient ainsi le



Figure 2 - Microphotographie de deux lamines détritiques piégées dans la calcite, marquant des événements d'ennoiement de la cavité avec un niveau d'eau supérieur à la surface active de la stalagmite (grotte de Renella, Italie, Zhornyak et al.*, 2011).*

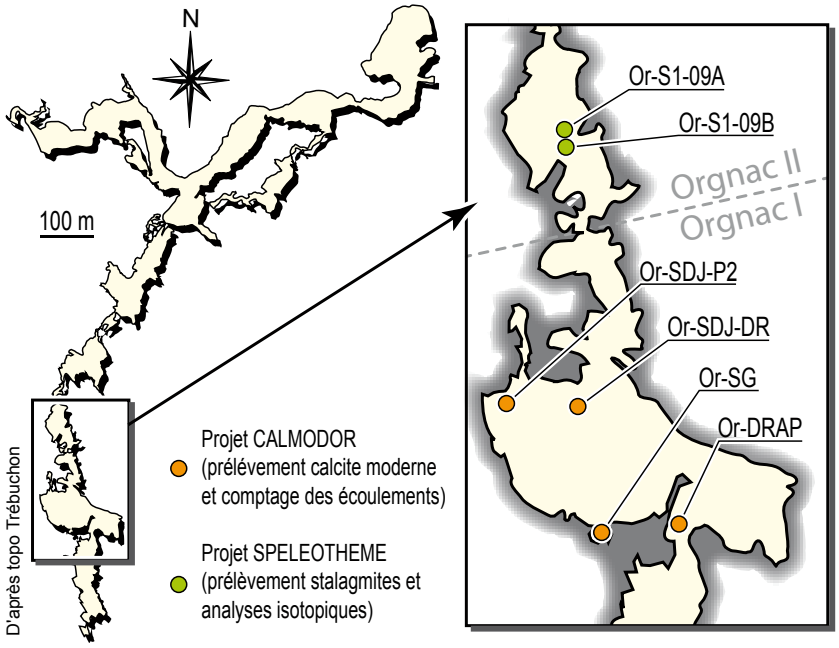


Figure 3 - Localisation des sites étudiés dans le réseau Orgnac-Issirac.

potentiel unique de fournir un enregistrement de la fréquence des événements hydrologiques extrêmes sur une période de temps au moins pluri-millénaire et avec une grande résolution, en plus de fournir un enregistrement paléoclimatique régional.

II - Analyses mises en œuvre

Différentes méthodes analytiques seront mises en œuvre pour mener à bien ce projet, de manière à croiser, recouper les résultats, et rendre plus robustes les interprétations. Ces méthodes sont (Couchoud, 2008 a, b ; Fairchild et Baker, 2012) :

– variations des rapports isotopiques de l'oxygène et du carbone ($\delta^{18}O$ and $\delta^{13}C$), interprétables généralement en terme d'origine et de quantité de précipitation, de température, d'intensité de l'activité biopédologique au-dessus de la cavité et de variation d'effets cinétiques ; on se réfèrera ici aux résultats du projet CALMODOR qui étudie les facteurs contrôlant la composition isotopique des dépôts modernes (voir ci-après) ;

– concentrations en éléments traces, qui selon les cas renseignent sur le régime hydrologique, le temps de résidence de l'eau dans la zone vadose, le taux de croissance ;

– imagerie de fluorescence de la matière organique piégée dont les signaux sont pour certains interprétés en termes de quantité globale de matière organique et, pour d'autres, en termes de contribution respective des principaux types de composés organiques (types humiques et fulviques) ;

– pétrographie de la calcite, qui renseigne sur les conditions de précipitation (conditions chimiques, hydrologiques et aérologiques) ;

– repérage et comptage des lamines détritiques, synonymes d'ennoiement de la cavité et de submersion de la stalagmite ;

– taux de croissance du spéléothème, dont les variations renseignent sur l'évolution de la minéralisation et de l'état de saturation des solutions, ou sur des changements de régime des égouttements ou encore de pression partielle de CO_2 dans la cavité.

Deux stalagmites ont été prélevées dans cette optique ; elles ont été choisies pour les raisons suivantes :

– formation dans la partie basse du talus argileux de la Salle 1 d'Orgnac II, c'est-à-dire dans la zone la plus facilement ennoyable (Figure 4) ;

– elles semblaient actives au moment de l'échantillonnage, ce qui d'une part, suggère que leur croissance est récente et a enregistré les derniers millénaires et, d'autre part, permettra peut-être si elles sont laminées, de donner un âge calendaire aux événements enregistrés.



Figure 4 - Le talus argileux de la Salle 1 d'Orgnac II et ses stalagmites en chandelles parmi lesquelles ont été sélectionnées celles étudiées dans le cadre de ce projet (notamment la stalagmite au premier plan). Photo S. Jaillet.

– elles sont de même morphologie (chandelle monocristalline), même aspect (base très teintée dans la masse par l'argile tandis que leur tiers supérieur est plus propre et translucide), ce qui suggère que leur croissance a couvert la même période avec à peu près la même vitesse : en étudiant l'enregistrement paléoclimatique de ces deux spéléothèmes, on pourra vérifier s'il se réplique bien et ainsi valider sa représentativité.

Des premières datations de reconnaissance par U-Th en ICPMS font état d'un âge supérieur à 10 ka à la base et proche de l'actuel au sommet (par extrapolation des âges obtenus ; Figure 5). D'autres analyses sont en cours (D. Hoffmann, CENIEH, Burgos ; Hoffmann, 2008). L'une des stalagmites (Figure 5) a déjà été préparée et a fait l'objet d'un échantillonnage avec un incrément d'un millimètre en vue de la construction du profil d'évolution des rapports isotopiques de l'oxygène et du carbone au cours du temps. Ces mesures seront réalisées

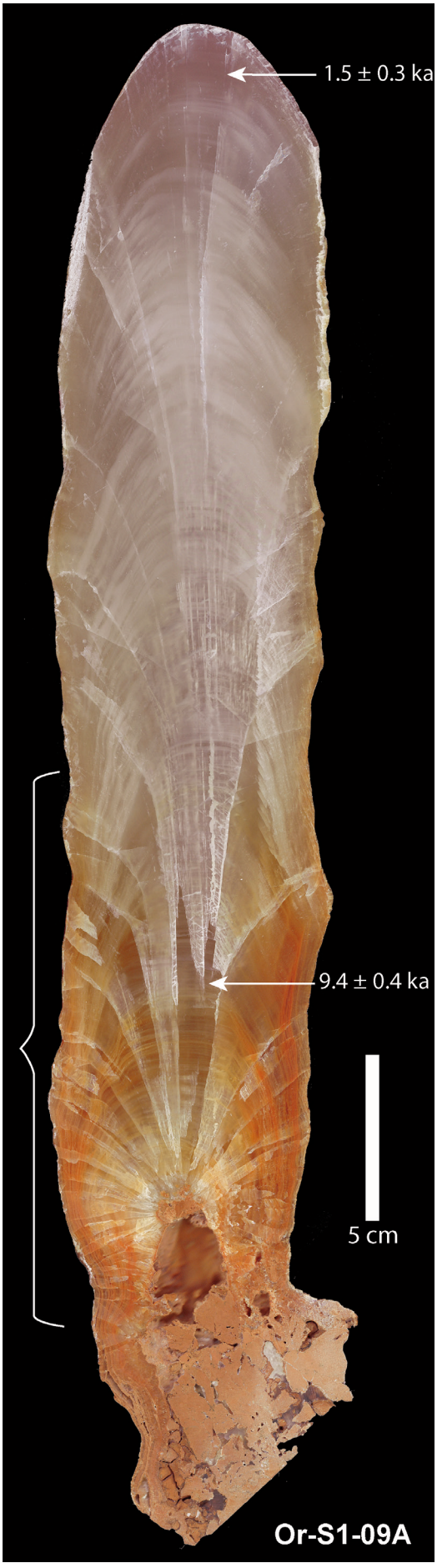


Figure 5 - Section polie d'une des stalagmites étudiées. On repère vers la base la présence de niveaux rougeâtres, liés à l'abondance des lamines argileuses, de crues. La position et l'âge des 2 échantillons datés par U-Th sont représentés.

au laboratoire EDYTEM sur un spectromètre de masse à rapports isotopiques récemment acquis (AP2003).

Les résultats obtenus devront être interprétés à la lumière des connaissances acquises sur le fonctionnement hydrologique et aérologique de la cavité. Ainsi, pour reconstruire une histoire passée, l'observation et le suivi pluriannuel des phénomènes actuels prend toute son importance.

III - Le suivi du concrétionnement actuel et des égouttements associés

Le principal indicateur utilisé dans l'étude des variations climatiques est le couple de rapports isotopiques du carbone et de l'oxygène de la calcite ($\delta^{13}C$ et $\delta^{18}O$). Pour les régions tempérées, la signification des ces signaux est relativement bien comprise. Le $\delta^{13}C$ est généralement lié à la densité du couvert végétal au-dessus de la grotte et à l'activité bio-pédologique (Genty et *al*., 2003) ; il diminue lorsque le climat devient plus chaud et humide. Le $\delta^{18}O$ est dépendant de plusieurs facteurs dont la composition isotopique de l'eau d'infiltration (elle-même liée à celle de l'eau de pluie) et la température à laquelle la calcite précipite ; de manière générale, dans la région, le $\delta^{18}O$ diminue lorsque le climat devient plus chaud et humide (Genty et *al*., 2006). Cependant, d'autres facteurs moins bien connus peuvent influencer les valeurs isotopiques, en particulier *via* le fractionnement cinétique lié aux conditions environnementales dans la grotte (humidité, température, pCO_2 ou débit des égouttements).

L'aven d'Orgnac fait partie des sites où les conditions environnementales sont étudiées depuis de nombreuses années, avec de longues chroniques de température et de pCO_2 (Bourges et *al*., 2001 ; Bourges et *al*., 2006). Nous proposons d'analyser les dépôts de calcite moderne qui se sont développés dans l'aven d'Orgnac et de comparer leurs rapports isotopiques (^{13}C, $\delta^{18}O$) avec les données environnementales (température, pCO_2, humidité, débits) afin de mieux comprendre la signification paléoenvironnementale des mesures isotopiques de la calcite dans ce site.

IV - Instrumentations, mise en œuvre et premiers résultats

Quatre stations d'écoulement sous stalactites ont été choisies dans l'aven d'Orgnac (Figure 3) : « Plateforme 2 » (Or-SDJ-P2) ; « Départ des réseaux » (Or-SDJ-DR) ; « salle Glory » (Or-SG) ; « Draperies » (Or-DRAP).

Chaque station est équipée d'un compteur de gouttes (STALAGMATE) posé sur l'extrémité de la stalagmite. Ce compteur est coiffé d'une coupelle (verre de montre) ce qui permet de recueillir le dépôt de calcite tout en transmettant l'impact de la goutte pour le comptage. Les coupelles ont été mises en place le 10 mars 2010, un premier prélèvement a eu lieu à 6 mois et un second à un an. Après 6 mois, une couche de calcite bien visible de quelques dixièmes de millimètres s'était développée sur la surface des verres de montres (Figure 6). Les mesures de $\delta^{18}O$ et de $\delta^{13}C$ ont été effectuées du centre vers la périphérie des dépôts.

L'analyse spectrale des débits mesurés montre une grande diversité dans les fréquences représentées : composantes à 24 h et à 12 h ; la composante à 12 heures est plus nettement exprimée sur la station « Draperie » mais est aussi présente après un filtrage approprié sur toutes les stations sans être une composante majeure. Cette composante est classiquement attribuée à l'influence de la pression. La corrélation pression-débit est inverse comme observé dans d'autres sites (e.g.. grottes de Villars et du Père-Noël ; Genty et *al*., 1998 ; Genty et *al*., 2008).

Sur certaines chroniques, les changements de régime sont fréquents. La chronique de la « salle Glory » montre, en période de recharge, des structures particulières avec des pics de crue (augmentation rapide puis baisse progressive du débit). Des pics au-dessus de la



Figure 6 - Vue du fonctionnement du système de mesure et état du verre de montre avant son prélèvement pour analyse isotopique sur une station de la salle de Joly (Or-SDJ-P2).

courbe porteuse sont observés (Figures 7 et 8) ; ils sont caractérisés par une augmentation progressive des débits jusqu'au maximum puis par une baisse rapide retournant au niveau de la porteuse. Leur forme est inverse de celle d'une crue classique. Ils apparaissent à la suite d'une augmentation de débit et, semble-t-il, au-delà d'un seuil de débit (pour SG : au dessus de 500 gouttes par 15 min). Certaines régularités peuvent être décelées dans l'organisation dans le temps de ces structures : à partir de leur apparition, leur fréquence diminue et la durée du phénomène augmente d'environ 4 heures jusqu'à 24 heures ou exceptionnellement 3 à 4 jours. Ce type de structure est en cours d'interprétation.

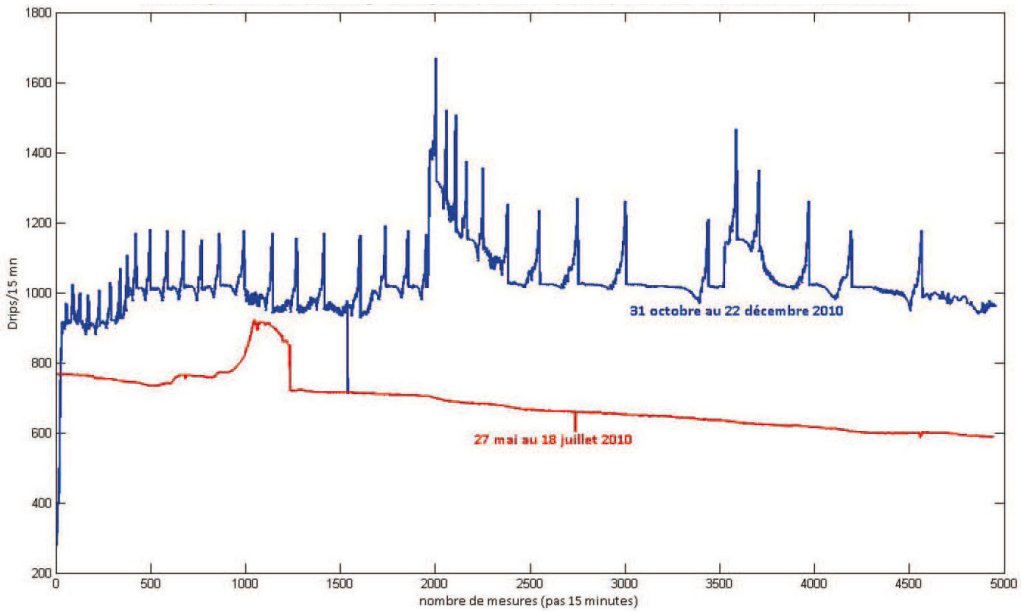


Figure 7 - Deux régimes d'égouttements (27 mai - 18 juillet 2010, en rouge et 31 octobre - 22 décembre 2010, en bleu) du compteur de gouttes de la salle Glory (OR-SG). Le débit est en gouttes par tranche de 15 minutes.

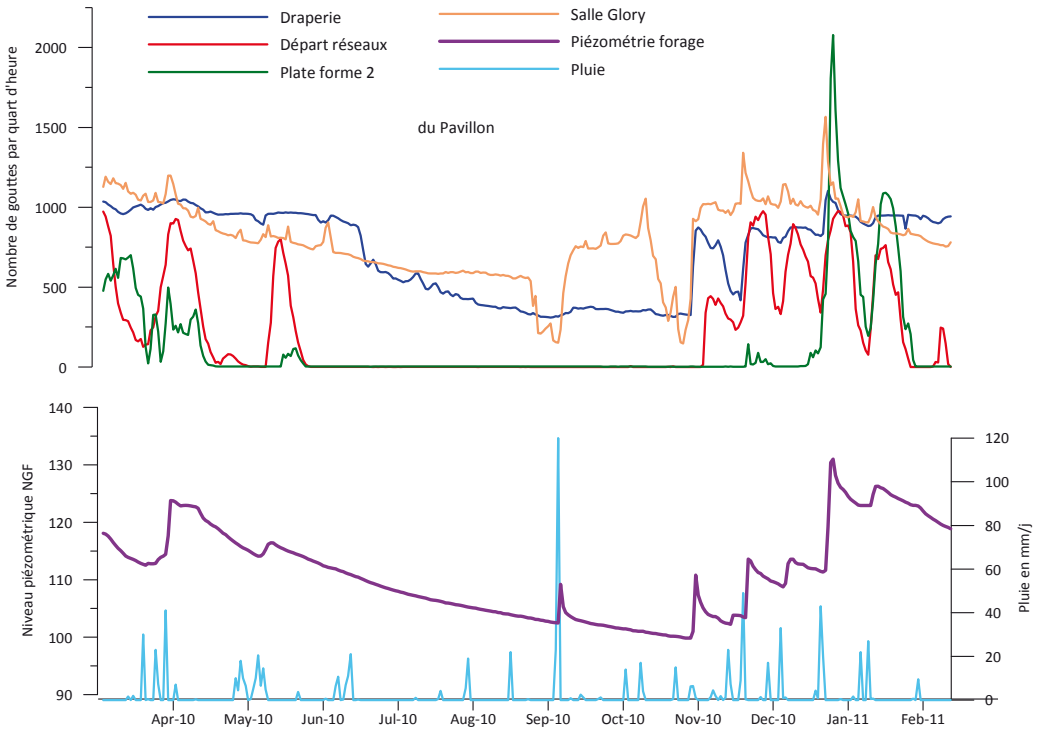


Figure 8 - Chroniques des débits des stations de comptage des égouttements, chronique de pluviométrie, chronique des variations piézométriques au forage du Pavillon. Les données sont des moyennes journalières (Bourges et al.*, non publié).*

Les premiers résultats des analyses isotopiques effectuées sur la calcite précipitée sur les verres de montre mettent en évidence une remarquable corrélation entre le $\delta^{18}O$ et le $\delta^{13}C$ (Figures 9 et 10) et un enrichissement isotopique du centre vers le bord. Ces deux observations signifient que la calcite a précipité hors équilibre isotopique : le dégazage, trop rapide, empêche les réactions d'échanges isotopiques de s'équilibrer et la calcite est ainsi enrichie en isotopes lourds. Cet effet est important à connaître car il va dans le même sens qu'un refroidissement climatique qui, lui aussi, produit en général un enrichissement isotopique. L'interprétation paléoclimatique des isotopes stables sur des stalagmites anciennes de ce secteur de la cavité devra donc tenir compte de ces premières conclusions. Toutefois, grâce à la différence de configuration géomorphologique et aérologique entre Orgnac I (proche de l'aven) et Orgnac II (secteur plus confiné et plus profond), les stalagmites de la Salle 1 d'Orgnac II, présentées précédemment, ne devraient pas être sujettes à ce phénomène. Les analyses à venir (test de Hendy ; Hendy, 1971) permettront de le vérifier.

La composition isotopique de l'eau de pluie est suivie depuis plus de dix ans à Orgnac, ce qui en fait l'une des plus longues stations isotopiques en France (Figure 11). Depuis le début du projet CALMODOR nous analysons aussi la composition isotopique de l'eau d'infiltration aux quatre stations étudiées (résultats en cours). L'amplitude observée dans la pluie va jusqu'à 12 ‰ ; la valeur du $\delta^{18}O$ pondéré par la quantité de précipitations varie de -6,44 à -8,64 ‰. Les résultats sur l'eau d'infiltration seront comparés avec ceux obtenus dans la grotte Chauvet qui est voisine, et seront utilisés pour calculer le fractionnement isotopique (avec la température et le $\delta^{18}O$ de la calcite).

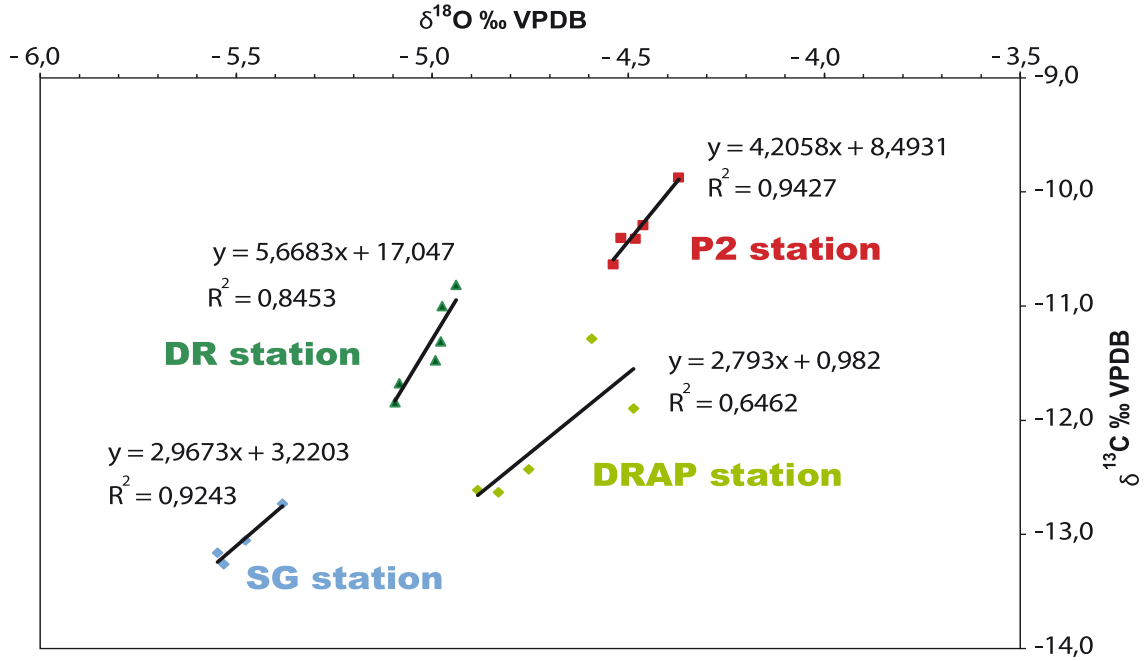


Figure 9 - Etude de la corrélation entre le $\delta^{18}O$ et le $\delta^{13}C$ de la calcite. On remarque les fortes corrélations entre les deux isotopes pour les quatre échantillons présentés en Figure 10 ; ceci témoigne d'une précipitation hors équilibre isotopique (Genty et al., *non publié).*

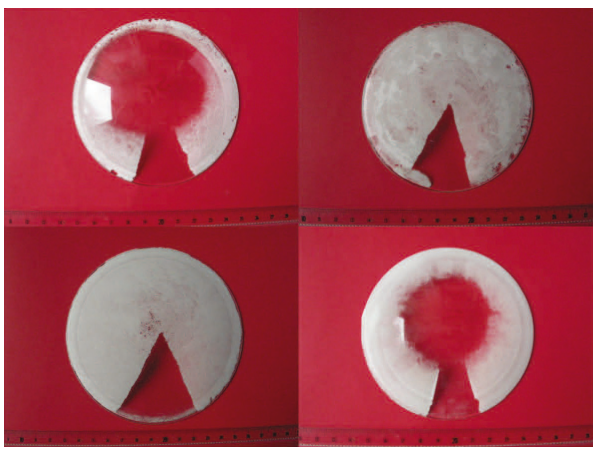


Figure 10 - Verres de montre recouverts de calcite
Or-SG (haut, gauche) ; Or-SDJ-P2 (haut, droite) ; Or-SDJ-DR (bas, gauche) ; Or-DRAP (bas, droite).
Les « parts de fromage » correspondent aux prélèvements effectués pour les analyses isotopiques.

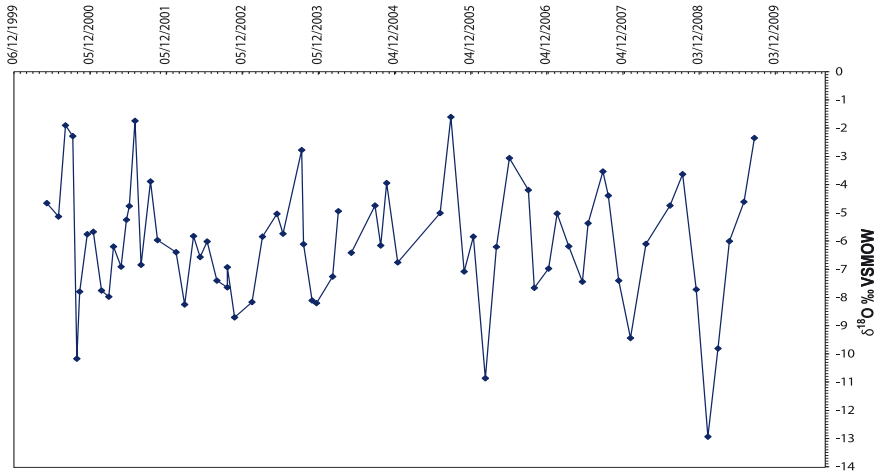


Figure 11 - Variation de la composition isotopique de l'eau de pluie à Orgnac depuis mai 2000 (Genty et Bourges, non publié).

Conclusion

Le projet en cours sur deux stalagmites de la Salle 1 d'Orgnac II devrait permettre de reconstruire l'histoire paléoclimatique et paléohydrologique de la région depuis environ 10 000 ans grâce à des analyses multi-proxies à haute résolution. De plus, ces stalagmites permettront potentiellement d'accéder à un enregistrement des événements hydrologiques extrêmes grâce notamment au piégeage de lamines détritiques lors des mises en charge du réseau. Il reste toutefois à approfondir notre connaissance du fonctionnement de ce système karstique afin de conforter les interprétations portées par ces lamines. Quant aux interprétations des analyses géochimiques et isotopiques des stalagmites, elles bénéficieront d'une meilleure connaissance des processus locaux contrôlant les égouttements et la composition isotopique de la calcite. Le suivi des conditions environnementales et du concrétionnement actuel mis en œuvre depuis plusieurs années dans certains secteurs d'Orgnac sera ainsi un appui précieux.

A la fin des années 1960, Orgnac fut le berceau d'une nouvelle méthode de reconstruction paléoclimatique à partir de l'étude des enregistrements isotopiques des stalagmites. Quarante ans plus tard, cette approche s'est enrichie et diversifiée pour donner matière à un champ disciplinaire en plein essor. Dans ce contexte, les stalagmites d'Orgnac présentent toujours un grand potentiel que nous nous appliquerons à exploiter.

Remerciements

Nous tenons à remercier le site d'Orgnac pour son accueil efficace et continu, en particulier Joël Ughetto pour sa confiance et Stéphane Tocino et Françoise Prud'homme pour l'accompagnement sur le terrain. Le programme CALMODOR (CALcite MODerne ORgnac) porté par le LSCE et GEConseil, comme le programme de recherche en géomorphologie porté par EDYTEM sont tous les deux soutenus par la DREAL Rhône-Alpes et la commune d'Orgnac-l'Aven, que nous tenons à remercier vivement.

Bibliographie

Baldini J.-U., McDermott F., Fairchild I.-J., 2002. Speleothem trace elements as palaeohydrological proxies during the '8,200 year' cold/dry event. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 66, 15A, A46-a46.

Bourges F., Mangin A., D'Hulst D., 2001. Le gaz carbonique dans la dynamique de l'atmosphère des cavités karstiques, l'exemple de l'Aven d'Orgnac (Ardèche). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 333, 685-692.

Bourges F., Genthon P., Mangin A., D'Hulst D., 2006. Microclimates of l'Aven d'Orgnac and other French limestone caves (Chauvet, Esparros, Marsoulas). *International Journal of Climatology*, 26, 1651-1670.

Bourges F., Mangin A., Genthon P., D'Hulst D., Gauquelin F., 2007. L'aven d'Orgnac. Suivi environnemental et modèle de fonctionnement actuel du milieu souterrain karstique au service du développement durable. *In* Delannoy J.-J., Gauchon C., Jaillet S., (dir), L'Aven d'Orgnac, valorisation touristique, apports scientifiques. *Collection EDYTEM,* 5, 99-116.

Bourges F., Genthon P., Genty D., Mangin A., D'Hulst D., 2012a. Comments on «Carbon uptake by karsts in the Houzhai basin, southwest China» by Junhua Yan et *al*. *Journal of Geophysical Research*, doi:10.1029/2012JG001937, in press.

Bourges F., Genty D., Genthon P., Mangin A., D'Hulst D., 2012 b. South-France caves monitoring: present day cave air dynamics, characterization, palaeoclimatic and archaeological interests. *Geophysical Research Abstracts*, 14, EGU2012-5830.

Cheng H., Edwards R.L., Broecker W.S., Denton G.H., Kong X., Wang Y., Zhang R., Wang X., 2009. Ice age terminations. *Science*, 326, 248-252.

Couchoud I., 2008 a. Les isotopes stables de l'oxygène et du carbone dans les spéléothèmes : des archives paléoenvironnementales. *Quaternaire*, 19, 4, 293-309.

Couchoud I., 2008 b. Les spéléothèmes, archives des variations paléoenvironnementales. *Quaternaire*, 19, 4, 273-292.

Delannoy J.-J., Gauchon C., Jaillet S. (dir.), 2007. L'aven d'Orgnac : valorisation touristique, apports scientifiques. *Collection EDYTEM,* 5, 178 p.

Delrieu G., Ducrocq V., Gaume E., Nicol J., Payrastre O., Yates E., Kirstetter P.-E., Andrieu H., Ayral P.-A., Bouvier C., Creutin J.-D., Livet M., Anquetin S., Lang M., Neppel L., Obled C., Parent-Du-Châtelet J., Saulnier G.-M., Walpersdorf A., Wobrock W., 2005. The Catastrophic Flash-Flood Event of 8–9 September 2002 in the Gard Region, France: A First Case Study for the Cévennes–Vivarais Mediterranean Hydrometeorological Observatory. *Journal of Hydrometeorology*, 6, 34-52.

Drysdale R.N., Hellstrom J., Zanchetta G., Fallick A.E., Sánchez Goñi M.F., Couchoud I., McDonald J., Maas R., Lohmann G., Isola I., 2009. Evidence for obliquity forcing of glacial Termination II. *Science*, 325, 1527-1531.

Duplessy J.-C., 1967. Etude isotopique du concrétionnement de l'aven d'Orgnac. Application à la paléoclimatologie de la région sud-ardéchoise. Thèse 3ème cycle, Paris, 45 p.

Duplessy J.-C, Labeyrie J., Lalou C., Nguyen H.-V., 1971. La mesure des variations climatiques continentales application à la période comprise entre 130 000 et 90 000 ans BP. *Quaternary Research*, 1, 2, 162-174.

Genty D., Deflandre G., 1998. Drip flow variations under a stalactite of the Père Noël Cave (Belgium). Evidence of seasonal variations and air pressure constraints. *Journal of Hydrology*, 211, 1-4, 208-232.

Genty D., Blamart D., Ouahdi R., Gilmour M., Baker A., Jouzel J., Van-Exter S., 2003. Precise dating of Dansgaard-Oeschger climate oscillations in Western Europe from speleothem data. *Nature*, 421, 833-837.

Genty D., Blamart D., Ghaleb B., Plagnes V., Causse C., Bakalowicz M., Zouari K., Chkir N., Hellstrom J., Wainer K., Bourges F, 2006. Timing and dynamics of the last deglaciation from European and North African delta C-13 stalagmite profiles - comparison with Chinese and South Hemisphere stalagmites. *Quaternary Science Reviews,* 25, 2118-2142.

Genty D., 2008. Palaeoclimate Research in Villars Cave (Dordogne, SW-France). *International Journal of Speleology*, 37, 3, 173-191.

Fairchild I., Baker A., 2012. Speleothem Science: From Process to Past Environments. Wiley-Blackwell, 432 p.

Fairchild I.J., Smith C.L., Baker A., Fuller L., Spötl C., Mattey D., McDermott F., EIMF, 2006. Modification and preservation of environmental signals in speleothems. *Earth-Science Reviews*, 75, 105-153.

Hellstrom J., 2003. Rapid and accurate U-Th dating using parallel ion-counting multi-collector ICP-MS. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 18, 1346-1351.

Hendy C.H., 1971. The isotopic geochemistry of speleothems—I. The calculation of the effects of different modes of formation on the isotopic composition of speleothems and their applicability as palaeoclimatic indicators. *Geochimica et Cosmochimica Acta,* 35, 8, 801-824.

Hoffmann D., 2008. ^{230}Th isotope measurements of femtogram quantities for U-series dating using multi ion counting (MIC) MC-ICPMS. *International Journal of Mass Spectrometry*, 275, 75-79.

Jaillet S., Perrette Y., 2006 a. La grotte touristique : objet de recherche et lieu de médiation. *Espaces tourisme et loisirs*, 236, 33-35.

Jaillet S., Pons-Branchu E., Maire R., Hamelin B., Brulhet J., 2006 b. Enregistrement de paléo-mises en charge holocènes dans deux stalagmites du réseau du Rupt-du-Puits (Barrois, France). Analyses morphologiques des lamines et datations U/Th en TIMS. *Geologica Belgica* 9/3-4, n° spécial colloque Han-sur-Lesse 2005, p. 297-307.

Jaillet S., Sadier B., Hajri S., Ployon E., Delannoy J.-J., 2011. Une analyse 3D de l'endokarst : applications lasergrammétriques sur l'aven d'Orgnac (Ardèche, France). *Géomorphologie, relief, processus, environnement*, 4, 379-394.

McMillan E.A., Fairchild I.J., Frisia S., Borsato A., McDermott F., 2005. Annual trace element cycles in calcite-aragonite speleothems: evidence of drought in the western Mediterranean 1200-1100 yr BP. *Journal of Quaternary Science*, 20, 5, 423-433.

Perrette Y., 2000. Etude de la structure interne des stalagmites : contribution à la connaissance géographique des évolutions environnementales du Vercors (France). Développement et application d'une approche multiparamètre des archives stalagmitiques. Thèse de doctorat de l'Université de Savoie, 325 p.

Richards D.A., Dorale J.A., 2003. Uranium-series chronology and environmental applications of speleothems. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 52, 1, 407-460.

Tan M., Baker A., Genty D., Smith C., Esper J., Cai B., 2006. Applications of stalagmite laminae to paleoclimate reconstructions: Comparison with dendrochronology/ climatology. *Quaternary Science Reviews*, 25, 17-18, 2103-2117.

Treble P., Shelley J.M.G., Chappell J., 2003. Comparison of high resolution sub-annual records of trace elements in a modern (1911-1992) speleothem with instrumental climate data from southwest Australia. *Earth and Planetary Science Letters*, 216, 1-2, 141-153.

Zhornyak L.V., Zanchetta G., Drysdale R.N., Hellstrom J.C., Isola I., Regattieri E., Piccini L., Baneschi I., Couchoud I., 2011. Stratigraphic evidence for a "pluvial phase" between ca. 8200-7100 ka from Renella cave (Central Italy). *Quaternary Science Reviews,* 30, 409-417.

LE CÔNE D'ÉBOULIS DE L'AVEN D'ORGNAC UN DÉPÔT ENTRE APPORTS EXTERNES ET ÉDIFICATION ENDOKARSTIQUE

THE SUBTERRANEAN CONE OF THE ORGNAC CAVE

A DEPOSIT BETWEEN EXTERNAL INPUTS AND ENDO KARSTIC CONSTRUCTION

LYDIA GAMBERI ALMENDRA DE CARVALHO [1], ÉLISA BOCHE [2, 3], ISABELLE COUCHOUD [3], STÉPHANE JAILLET [3], RACHEL PELTIER-MUSCATELLI [1], FRANÇOISE PRUD'HOMME [1, 3], BENJAMIN SADIER [3]

[1] *Musée régional de Préhistoire, Site d'Orgnac, 07150 Orgnac-l'Aven.*

[2] *Centre national de Préhistoire, Ministère de la Culture, 38 rue du 26e RI, 24000 Périgueux.*

[3] *Laboratoire EDYTEM, Université de Savoie/CNRS, Pôle Montagne, Campus scientifique, 73376 Le Bourget-du-Lac cedex.*

Contact : stephane.jaillet@univ-savoie.fr

RÉSUMÉ

Le cône d'éboulis d'Orgnac (salle de Joly, Orgnac I) est un dépôt souterrain important construit par édification complexe d'apports externes (gélifracts…) et internes (blocs, spéléothèmes…) et qui conserve aujourd'hui encore sa géométrie. Un tel dépôt n'est possible que dans la salle d'entrée, la seule du réseau à être en contact direct avec l'extérieur par la présence de l'aven. Ce cône renferme une quantité d'informations liées à l'érosion de surface, à la faune fréquentant le plateau, mais aussi aux activités humaines à travers le temps. Le puits et le cône sont indissociables et fonctionnent dans un système d'« interface ».

Une fouille systématique d'une petite partie du cône (flanc nord-est) a été entreprise. Elle permet de mettre en évidence la stratigraphie et la complexité de la mise en place de cet édifice. Outre les données archéologiques et paléontologiques issues des fouilles, un enregistrement 3D (par lasergrammétrie) des différentes étapes fournit une aide à la compréhension de la distribution des vestiges archéologiques et/ou paléontologiques, en lien avec la structure sédimentaire du cône.

MOTS-CLÉS *: CÔNE SOUTERRAIN, PALÉONTOLOGIE, ARCHÉOLOGIE, AVEN D'ORGNAC, 3D.*

ABSTRACT

The detrital subterranean cone of Orgnac (salle de Joly, Orgnac I) is an underground deposit constructed by a complex association between internal and external inputs and which still preserves its geometry. Such a deposit is only possible in the entrance room, the only one to have direct contact with the outside by the presence of the well. This cone contains a wealth of information related to surface erosion, wildlife frequenting the plateau, but also to human activities over time. The pot hole and the cone are inseparable like a system of "interface".

A systematic search of a small portion of the cone (north-east side) was undertaken. It allows to highlight the complexity of the stratigraphy and the development of this construction. In addition to archaeological and paleontological data from excavations, a 3D recording (by laser scanning) of the different stages provides aid to understanding the distribution of archaeological remains and/or paleontological, related to the sedimentary structure of the cone.

KEYWORDS*: UNDERGROUND CONE, PALEONTOLOGY, ARCHEOLOGY, ORGNAC CAVE, 3D.*

Introduction

« Poubelle noble » (Quinif, 1994), le karst et ses conduits sont considérés comme d'excellents conservateurs des informations qui s'y piègent, qu'il s'agisse de sédiments détritiques, de faunes ou d'artefacts humains. À ce titre, les entrées de grottes ou les avens ont précocement fait l'objet d'une attention particulière, bénéficiant du double avantage des apports extérieurs et de la bonne conservation endokarstique (éloigné des agents météoriques). Cependant, rares sont les cas où l'accumulation sédimentaire n'a pas été recoupée, érodée ou n'occupe pas la totalité de l'espace souterrain. Le cône d'Orgnac présente ce quadruple avantage (Sadier et *al*., 2007) d'associer à la fois les conditions de cette accumulation sédimentaire (aven s'ouvrant au fond d'une doline entonnoir), la bonne conservation des sédiments sous terre, le maintien de sa géométrie primaire (pas de ruissellement important) et l'intercalation d'édifices stalagmitiques qui constituent une piste de datations complémentaires à la fouille. Toutes ces raisons ont milité pour une étude croisée intégrant fouille archéologique, étude sédimentologique et analyse géométrique et géomorphologique.

I - Le cône d'éboulis : situation, histoire et morphologie

Le cône d'éboulis de la salle R. de Joly est situé à 49 m à l'aplomb du puits Bertras (ancien nom de l'aven). L'aven, entrée naturelle des réseaux (Figure 1), est situé au centre d'une doline qui présente une dissymétrie importante entre le nord et le sud. La pente est plus douce et presque régulière au nord et à l'ouest de l'ouverture. Au sud et à l'est, un escarpement rocheux vertical plonge directement dans l'aven. La dépression présente une couverture pédologique de faible épaisseur et les espaces libres d'arbres ou de broussailles laissent apparaître des zones d'infiltrations privilégiées (lapiaz). Le cône met en évidence le rôle canalisateur du puits pour le dépôt de matériel détritique allochtone (Figure 2). Sa partie superficielle est constituée essentiellement de terre et de cailloutis centimétriques à pluri-centimétriques. La pente, d'environ trente degrés, est plus marquée sur le flanc sud du cône avec la particularité de s'affaisser localement en de « petites avalanches » superficielles lorsque l'on marche dessus. La constitution du cône renvoie à l'histoire récente de l'aven et peut donner de l'information sur l'histoire de l'homme dans son environnement.



Figure 1 - le cône d'éboulis de l'aven d'Orgnac. L'aven surplombe l'accumulation endokarstique. Photo F. Prud'homme.

La superposition du puits et du cône constitue un système marqué par des épisodes extrêmement espacés. Le puits, par ses formes de dissolution offre un enregistrement des fonctionnements lointains du karst (paragénétisme, écoulement, etc.) alors que le cône, par définition, contient de l'information concernant les remaniements récents du site. En ce sens, on peut dire que le système associant le puits et son cône fait, en quelque sorte, trait d'union entre différentes échelles de temps. On identifie, dans cette optique, une phase de temps long qui aboutit à un état stable du système, suivi d'une phase de temps plus court, où le système est en interaction dynamique avec son

environnement (Noury et *al.*, 2007). Cette dernière phase commence au moment où s'ouvre l'aven.

Le cône, dans sa physionomie actuelle (Figure 2), ne représente probablement qu'une petite partie de son histoire et de son évolution. Il est constitué d'une accumulation provenant essentiellement de l'extérieur (gélifracts de la doline entonnoir, cailloutis issus du démantèlement de surface…) complétée et compliquée par des blocs provenant de la voûte de la salle de Joly (ex : le Titanic) et des édifices stalagmitiques parfois importants (depuis des stalagmites décimétriques à d'autres pluri-métriques). En outre, depuis la découverte du réseau d'Orgnac, de nombreux travaux d'aménagement ont eu lieu dans la salle, amputant une partie visible de ce dernier, notamment le flanc sud.

Les espèces animales retrouvées dans l'aven sont assez nombreuses. Parmi elles, on peut distinguer les espèces domestiques, les espèces de faune sauvage connue actuellement ou récemment dans la région, enfin les espèces de faune froide et donc ancienne, qui nous intéresseront particulièrement dans le cadre de la fouille du cône. Des restes humains ont également été trouvés. De Joly (1946) les relie à une histoire de village selon laquelle « *un homme en discussion* (sic) *avec son amie, l'avait poussée dans le Bertras…* ». Deux humérus humains ont en effet été retrouvés près du cône d'éboulis, à treize ans d'intervalle (1935 et 1948), en contrebas de la grosse stalagmite basculée contre la paroi sud, appelée Tour de Pise, sur un ressaut de l'accès à la salle des Merveilles.

II - Les fouilles

La campagne 2011 faisait suite au sondage de la campagne 2009 (Gambéri et *al.*, 2010). Elle s'inscrivait donc dans le prolongement de ce dernier, dans l'axe A-B-C, à partir de la bande 3 (Figure 2). En effet, les carrés A1-2 et B1-2 ont été préservés d'une part, comme témoins du remplissage sommital du cône, et, d'autre part, comme garants de la stabilité de celui-ci. L'utilisation de la technique des décapages hori-

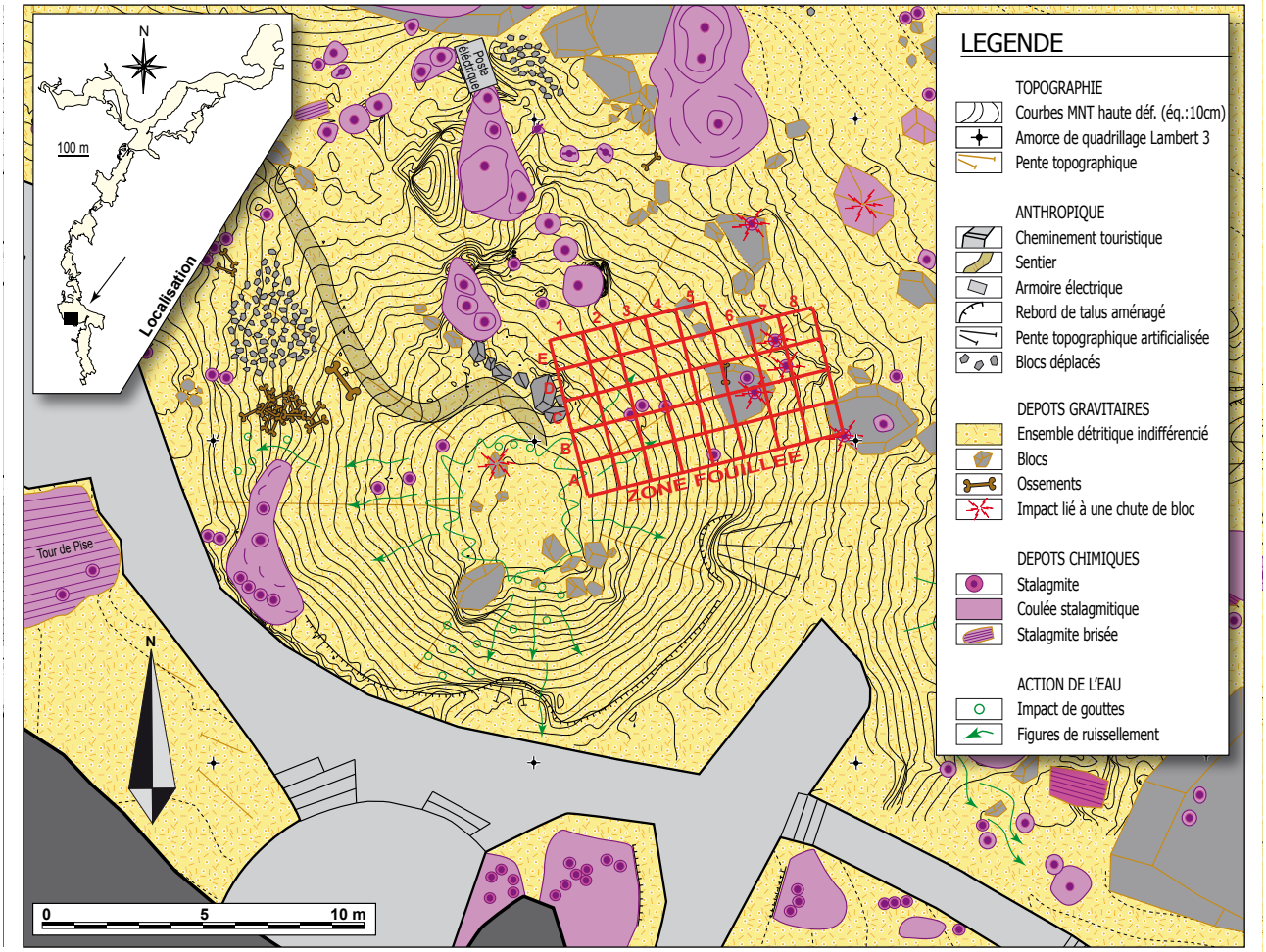


Figure 2 - Extrait de la carte topographique et géomorphologique du cône d'éboulis de l'aven d'Orgnac et localisation de la zone fouillée.

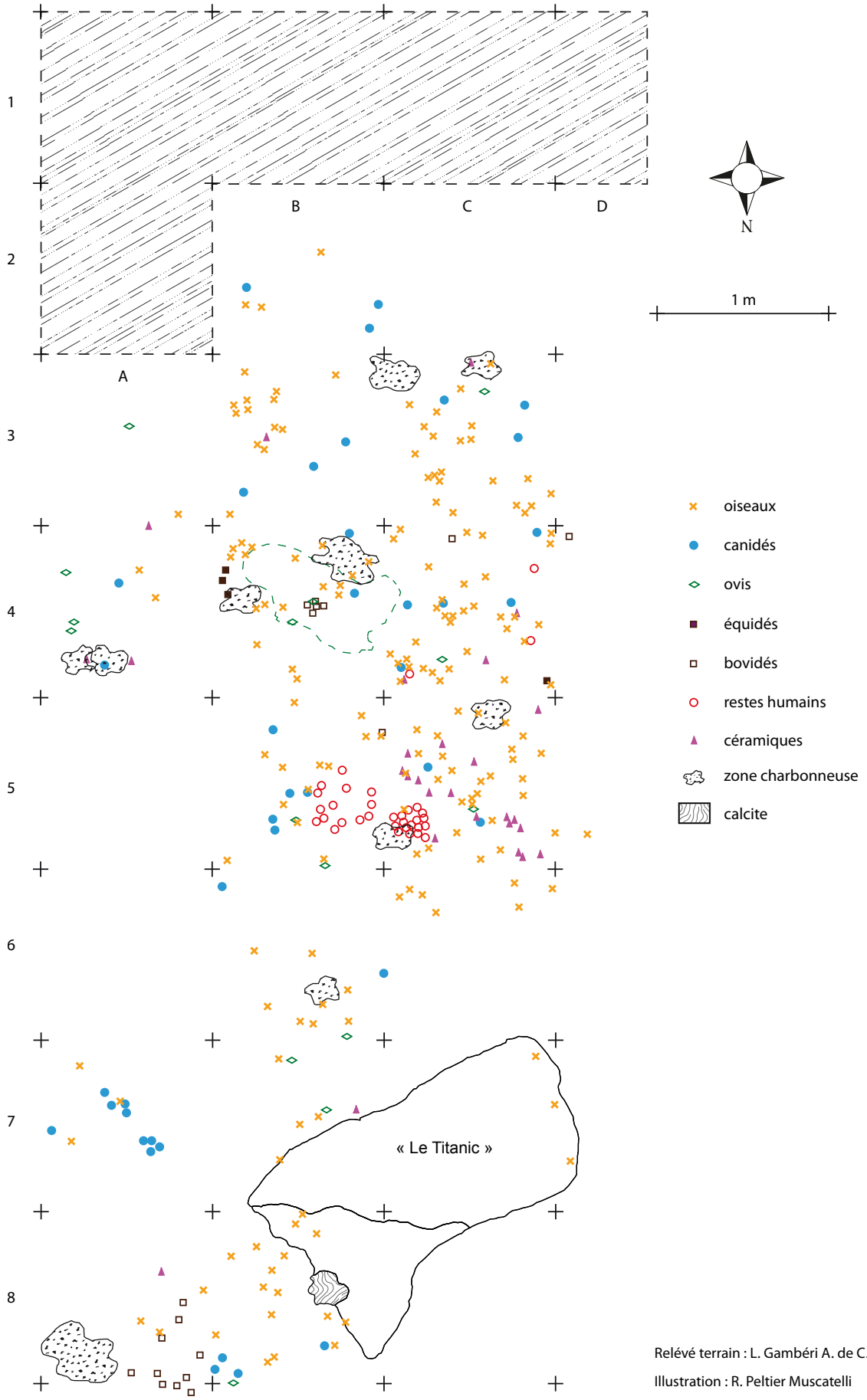


Figure 3 - Plan de répartition de l'ensemble des mobiliers, tous Z confondus, fouille du cône d'éboulis de l'aven d'Orgnac.

zontaux a permis, dans le cadre de cette fouille, outre une stabilité accrue pour le fouilleur, une meilleure compréhension du remplissage, de l'agencement des strates et des éléments les composant, des pentes et des ravinements.

La base altimétrique de chaque décapage a été fixée à 30 cm d'épaisseur, ce qui représente en moyenne le calibre d'un bloc calcaire récurrent sur la fouille. Ainsi, une unité stratigraphique peut correspondre à un seul décapage ou, au contraire, à plusieurs décapages successifs.

Dans le cadre de la campagne 2011, onze décapages ont été nécessaires pour atteindre la base visible du cône en A-B-C 8. Les relevés font l'état des lieux de chaque carré fouillé tous les 30 cm en représentant non seulement le mobilier mis au jour, mais également les particularités morphologique et sédimentologique : zone de concrétionnement, blocs et pendages. Plusieurs relevés récapitulatifs ont été établis pour une meilleure compréhension du dynamisme du cône. L'ensemble des découvertes est présenté Figure 3.

1 - La stratigraphie

La constitution stratigraphique du cône se fait par percolation de différents éléments exogènes : gros cailloutis, petits cailloutis, sédiments, mais également par des fractions plus importantes comme les blocs calcaires de dimensions diverses provenant des parois de l'aven et des plafonds de la cavité comme le « Titanic », énorme bloc (probablement un des derniers gros blocs tombé du plafond) en contrebas de la fouille, formant un obstacle sur la pente nord du cône (Figure 3).

Au fil du temps, les composants du cône s'agencent : les sédiments s'infiltrent au travers des interstices jusqu'à leur stabilisation par des blocs plus importants ou des zones concrétionnées. Le cône se tasse au fur et à mesure des nouvelles chutes d'éléments exogènes et/ou endogènes qui à leur tour s'infiltrent et se stabilisent. Ceci complique énormément la compréhension de l'ensemble du cône qui, en fait, ne serait pas un cône unique stratigraphiquement homogène, mais plusieurs petits cônes imbriqués les uns dans les autres[1].

2 - Le mobilier

Deux éléments métalliques (non attribués chronologiquement) ont été mis au jour : une lame de couteau à soie (Figure 4) et un élément qui pourrait être un clou. En ce qui concerne les tessons de céramique, une étude poussée s'avère indispensable pour déterminer leur appartenance à des périodes précises, d'autant que certains semblent faire partie d'une même



Figure 4 - Lame de couteau à soie (décapage 7 à 11). Photo L. Gambéri.

céramique. Néanmoins, quelques uns ont été vus par Thibault Lachenal, spécialiste de la céramique de l'Âge du Bronze. Un fragment de jatte à bord rentrant, parfaitement lissé, présente un décor cannelé. D'après T. Lachenal, il pourrait être rattaché au Bronze final 2. Une série de tessons, correspondant à un même vase, serait selon son analyse, représentative du 1er Âge du Fer (Hallstatt). Cette céramique, à fond plat, porte les stigmates d'un lissage régulier sur tout le corps du pot, probablement fait à l'aide d'une estèque. Un autre tesson, partie d'un fond plat, atteste la présence d'un second vase de l'Hallstatt. Enfin, trois tessons, dont un bord, d'une céramique glaçurée, seraient représentatifs de la période gallo-romaine. D'autres vestiges sont, à l'heure actuelle, difficilement attribuables à une période chronologique précise. Ils vont faire l'objet d'une étude approfondie par Nicolas Clément, médiéviste.

La prédétermination des restes fauniques par taxons, au moment de la fouille, montre une très forte proportion d'oiseaux. Souvent trouvés en amas, ils représentent environ 67,9 % de la faune prédéterminée. Viennent ensuite les canidés : 9,9 %, les ovis-capridés : 9,8 %, les micromammifères : 4,5 %, les bovidés (déter-

[1] *Hypothèse formulée par J.-L. Brochier lors de sa visite sur les lieux.*

minés) : 3,19 %, la malacofaune : 2,22 %, les hominidés : 1,42 %, les équidés ou bovidés (indéterminés pour l'instant) : 0,29 %, les chiroptères : 0,25 %, les équidés déterminés : 0,20 %, les lagomorphes : 0,12 %.

Contre toute attente, des restes osseux et dentaires humains ont été mis au jour dans les carrés C4, C5 et B5 à une profondeur variant de Z-350 à Z-370, dans un remplissage composé de sédiments, de cailloutis et de gros blocs, d'une vingtaine de centimètres d'épaisseur. L'os occipital/pariétal (Figure 5) a été découvert en C4 Z-353, à la limite de C5, mais à une profondeur supérieure à ceux mis au jour en C5 (Z-370) ce qui reste néanmoins cohérent étant donné la pente des strates. Les vestiges retrouvés en B5 étaient situés sous une série de blocs calcaires. En effet, ce n'est qu'après avoir relevé les blocs sur plan et les avoir retirés, que le pariétal est apparu, accompagné de fragments et d'une série dentaire. Ces dents (Figure 6), au nombre de six (deux molaires, trois canines, une incisive) sont très bien conservées, malgré un léger dépôt de calcite. Aucune trace de la mandibule, ni du maxillaire, ni d'ailleurs d'aucun élément post-crânien. Ces restes humains correspondraient-ils aux quelques os retrouvés par R. de Joly près de la Tour de Pise et à l'entrée de la salle des Merveilles, c'est-à-dire à l'opposé de la fouille ? La question reste posée et ne pourra être résolue qu'après analyse et datation.

Les zones charbonneuses sont omniprésentes sur une grande partie de la fouille ; celles-ci sont probablement les restes d'anciennes charbonnières émaillant le plateau. Nonobstant, quelques prélèvements ont été effectués pour des analyses anthracologiques ultérieures.



Figure 5 - Fragments crâniens. Photo L. Gambéri.

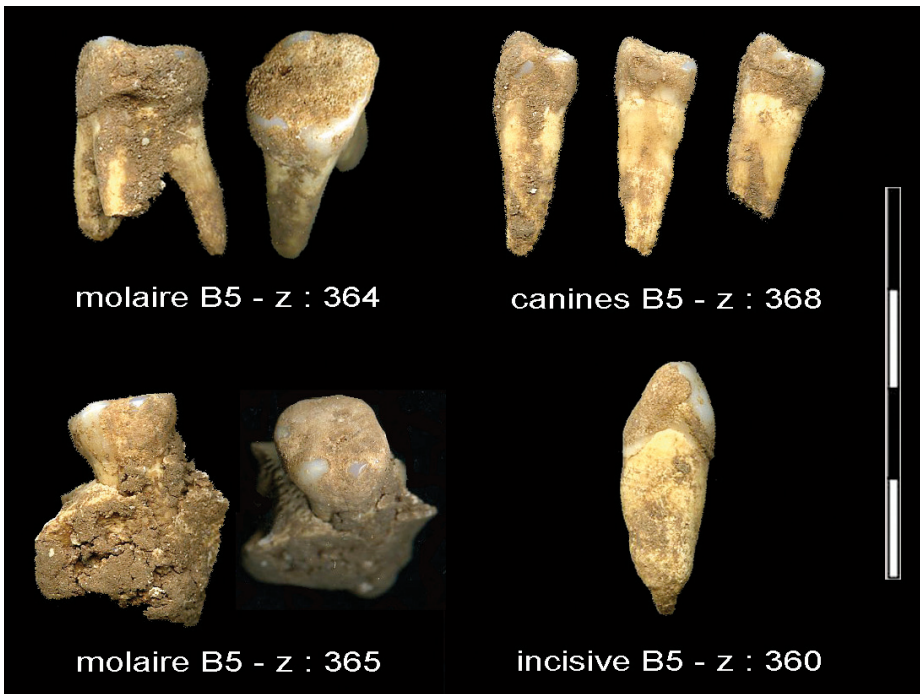


Figure 6 - Série dentaire humaine. Photo L. Gambéri.

III - Les relevés 3D et le carottage des spéléothèmes

Depuis 2009, année du sondage, nous effectuons après chaque campagne un relevé 3D du cône (Figure 7). Ce type d'enregistrement (Boche et *al.*, 2011) permet une meilleure compréhension de la distribution des vestiges archéologiques et/ou paléontologiques, en lien avec la structure sédimentaire du cône, selon deux échelles. À l'échelle du dépôt, en repositionnant les données de la fouille en 3D, il est possible de visualiser et d'évaluer plus finement la dynamique des dépôts ayant impliqué le déplacement progressif des vestiges. Le remontage virtuel des ossements à partir des observations taphonomiques et de la fracturation pourra être testé afin de valider différentes hypothèses de distribution initiale et d'évolution des dépôts.

À l'échelle du site complet (le puits et son cône), il pourrait être possible de tester la (ou les) trajectoire(s) possible(s) pour des animaux de différentes tailles chutant d'une hauteur de plus de 40 m. Ces tests, qui restent à conduire, ouvrent une perspective originale dans l'analyse taphonomique des vestiges paléontologiques des cônes d'éboulis souterrains.

Lors de la fouille, des spéléothèmes ont été mis au jour de part et d'autre et sur le « Titanic », à la base visible du cône dans les argiles. Ce gros bloc est apparemment tombé sur une stalagmite, arrêtant son évolution. Le concrétionnement reprend ensuite sur le bloc. Ces spéléothèmes ont été carottés (Figures 8 et 9) pour étude. Une analyse des faciès sera réalisée sur sections



Figure 7, ci-contre - Relevé topographique (station totale à gauche), lasergrammétrique (lidar courte portée au centre) et photographique par ballon captif (en haut) après chaque étape de fouilles. Photo S. Jaillet.



Figure 8, ci-dessous à gauche - Mise en œuvre du carottier et extraction d'une carotte sur un édifice stalagmitique du cône d'Orgnac. Photo S. Jaillet.



Figure 9, ci-dessous à droite - Le technicien extrait la carotte lors du prélèvement. Photo F. Prud'homme.

polies. Enfin, les échantillons les plus pertinents en terme de potentiels de datations seront envoyés pour analyse U/Th (Uranium-Thorium). Ces différentes dates devraient apporter un calage chronologique qui complétera les éléments issus de la fouille. Nous pourrons ainsi disposer à terme d'un modèle 3D spatial et diachronique de la mise en place du dépôt au cours du temps.

Conclusion

À ce stade de l'avancée des recherches, il est difficile d'avoir encore des réponses concernant l'objectif principal des fouilles, à savoir : quand le puits Bertras s'est-il ouvert ? Néanmoins, grâce au mobilier retrouvé dans le cône d'éboulis, on peut, sous réserve d'analyses spécifiques plus poussées, entrevoir une chronologie de l'histoire récente du remplissage liée à l'action anthropique. L'histoire plus ancienne, pourra, peut-être, être décryptée à l'aide des analyses et datations des spéléothèmes. Sans prétendre donner une date précise de l'ouverture de l'aven, du moins peut-on espérer une fourchette chronologique assez proche de la réalité.

La dernière campagne de fouille (fin 2012) sera concentrée sur les argiles de la base du cône d'éboulis. En effet, dans ces argiles ont été retrouvés des fragments osseux particulièrement bien fossilisés qui pourraient correspondre à un remplissage plus ancien, peut-être en relation avec la faune froide (renne, bison) trouvée par R. de Joly, justement dans des argiles entre le cône et la sortie de la salle Gèze. En l'état, ce travail interdisciplinaire conduit sur un objet endokarstique assez bien conservé montre déjà tout l'intérêt des regards croisés et la complémentarité des approches.

Remerciements

Pour la logistique et la fouille, nous tenons à remercier Patricia Battesti, Caroline Carpent, Frédéric Fiorentino, Nicolas Lateur, Françoise Roche, Philippe Rousseau, Daniel Saussine, Sonia Stocchetti, Stéphane Tocino. Pour la sédimentologie, la géomorphologie, la topographie et la scannérisation 3D : Jacques-Léopold Brochier (sédimentologie), Christophe Gauchon, Bernard Fanget, Emmanuel Malet (carottage spéléothèmes), Didier Cailhol, Gabriel Hez et Amandine Laborde (topographie et scan 3D) pour leur aide précieuse sur le terrain. Pour l'accueil général, nous remercions de même Joël Ughetto, directeur du Grand Site de l'Aven d'Orgnac. Le financement de ce programme est assuré par la commune d'Orgnac-l'Aven, propriétaire du site, la DRAC Rhône-Alpes (Service régional de l'archéologie) et la DREAL Rhône-Alpes.

Bibliographie

Boche É., Gamberi Almendra De Carvalho L., Jaillet S., Sadier B., 2011. Enregistrement et modélisation D de la fouille archéologique et paléontologique du cône d'entrée d'Orgnac (Ardèche, France). *In* Jaillet S., Ployon E., Villemin T. (dir), Images et Modèles 3D en Milieux Naturels. *Collection EDYTEM*, 12, 131-136.

Debard É., 1997. Les remplissages karstiques du Bas-Vivarais : Karstogenèse, sédimentogenèse et archéologie. *Quaternaire*, 8, (2-3), 305-317

Gamberi Almendra De Carvalho L., 2006. Rapport du sondage à l'aven du Colombier (commune de Barjac-30). Musée Régional de Préhistoire–Orgnac-l'Aven, Ardèche.

Gamberi Almendra De Carvalho L. (dir.), Jaillet S., Sadier B., Boche É., Lateur N., Stocchetti S., Prud'homme F., Carpent C., Peltier-Muscateli R., 2010. Cône d'éboulis - Salle Robert de Joly de l'aven d'Orgnac, Rapport 2009/2010 (Orgnac-l'Aven, Ardèche). Fouille programmée n°10222, 103 p.

Joly R. de, 1946. Guide de l'aven d'Orgnac. Éd. atelier H. Péladan, Uzès, 80 p.

Noury M., Delannoy J.-J., Jaillet S., Sadier B., 2007. Le cône d'éboulis de l'aven d'Orgnac. Chapitre 5, Aven d'Orgnac - Géomorphologie, sédimentologie, archives naturelles et modélisation 3D, EDYTEM/DREAL – Rapport d'étape, 2, 77-95.

Quinif Y., 1994. Les dépôts karstiques. Concepts et méthodologies. Enregistreurs et indicateurs de l'Évolution de l'environnement en zone tropicale. Presses Universitaires de Bordeaux. *Espaces Tropicaux*, 13, 55-72.

Sadier B., Jaillet S., Delannoy J.-J., 2007. Étude à haute résolution du cône d'éboulis de la salle de Joly. Chapitre 6, Aven d'Orgnac - Géomorphologie, sédimentologie, archives naturelles et modélisation 3D, EDYTEM/DREAL - Rapport d'étape, 2, 97-104.

DYNAMIQUE DE LA CONSTRUCTION TOPOGRAPHIQUE ET TOPONYMIQUE À L'AVEN D'ORGNAC
ARDÈCHE, FRANCE

Dynamic construction of topographic and toponymic in Orgnac pot hole
Ardèche, France

Christophe GAUCHON [1], Stéphane JAILLET [1], Françoise PRUD'HOMME [1, 2]

[1] *Laboratoire EDYTEM, Université de Savoie/CNRS, Pôle Montagne, Campus scientifique, 73376 Le Bourget-du-Lac cedex.*
[2] *Musée régional de Préhistoire, Site d'Orgnac, 07150 Orgnac-l'Aven.*

Résumé

En août 1935, Robert de Joly et ses coéquipiers explorent l'aven d'Orgnac. Dans les semaines qui suivent, une première topographie, coupe et plan, est publiée dans Spelunca et dans La Nature : plusieurs concrétions remarquables, plusieurs salles sont identifiées par des locutions descriptives ou par des noms dont certains s'inscriront progressivement dans la toponymie. À partir de 1965, l'équipe constituée autour de Jean Trébuchon découvre les nouveaux réseaux au-delà des salles Nord et entreprend une synthèse topographique de l'aven. Par la suite, différents documents topographiques partiels seront encore publiés, souvent en lien avec l'activité touristique ou scientifique.

L'article s'intéressera exclusivement à la partie découverte en 1935, aujourd'hui connue comme Orgnac I. Curieusement, aucune topographie complète n'existait, chaque document présentant un certain nombre de lacunes ; l'article accompagne donc la première synthèse topographique d'Orgnac I (Jaillet et al.*, 2012). Ce travail topographique a fourni l'occasion de réfléchir aux modalités de représentation, d'identifier des secteurs de la cavité occultés ou délaissés (salles Hautes par exemple), ou dont le développement était visiblement minoré (salles Nord en particulier). Il a également été complété par une étude de la toponymie souterraine : quels sont les lieux et les objets nommés ? Quelles ont été les logiques de dénomination ? Dans quelle mesure cette toponymie rend-elle compte des impératifs liés à la mise en tourisme ? La comparaison entre les textes descriptifs, les légendes des photos et les indications portées sur les topographies, et entre les documents successifs qui forment le corpus, rend compte de l'évolution toponymique (apparition/disparition de noms) et du glissement spatial de certains noms associés à des lieux mal identifiés. Au final, qu'il s'agisse de représentation imagée (topographie), verbale (toponymie) ou de leur combinaison, Orgnac I révèle, sur 75 années, les modes de représentation, d'appropriation et de médiation de ce monde souterrain par les divers acteurs impliqués.*

Mots-clés *: topographie souterraine, toponymie, karst ardéchois, grotte touristique, Orgnac.*

Abstract

In August 1935, Robert de Joly and his fellows discovered and explored the Orgnac pot hole. In the following weeks, a first survey (plan and section) is published in Spelunca and in La Nature with a toponymy applied to the most remarkable speleothems and chambers. From 1965, Jean Trébuchon and his team discovered new cave networks beyond the North chambers; they undertook a synthetic survey of the whole cave. Following this work, several partial surveys have still been published for tourism or science. This paper deals only with the chambers discovered in 1935, actually known as Orgnac I. StranGély, the existing surveys show many lakes, and no complete survey of this network exists. So, this paper complements the first survey synthesis of Orgnac I (Jaillet et al. *in this issue of Collection EDYTEM).*

During this surveying, we had the opportunity of a reflexion about the ways of drawing a great show cave: some places are concealed or neglected (Upper chambers for instance), or the North chambers are systematically undersized. This survey has been completed by a cave toponymy study: why all the places have not been named? What were the criteria for the choice to name or not to name? What are the links between toponymy and tourist arrangement? The comparison between texts, pictures captions and names written on the surveys and between successive documents show the evolution of toponymy (some names appear or disappear) and the spatial slip of several names. Then, this paper crosses surveys, toponymy and historic texts about aven d'Orgnac to show the evolving perception of this major show cave for 75 years.

Keywords*: cave surveying, karst, toponymy, show cave, Ardèche, Orgnac.*

« Tout plan de caverne est mensonger. (...)
Tout discours sur la caverne est fragmentaire, partiel ».
Chabert et Watson, 1980.

Introduction

Orgnac ! Visité par plus de cent cinquante mille personnes chaque année, Orgnac semble connu de tous. Cavité touristique majeure de France, nourrie d'une riche évolution touristique (Biot et *al.*, 2007 ; Gauchon, 2010), Orgnac et ses paysages souterrains ont fait l'objet de nombreuses études scientifiques au cours des dernières décennies (Delannoy et *al*., 2007 ; Gauchon et *al.*, 2007 ; Jaillet et *al.*, 2011). Gigantisme des salles, richesse et variété de l'ornementation calcitée, chacun se fait aujourd'hui une « image d'Orgnac ».

Cette image, c'est la « Pomme de Pin » (Figure 1), ce sont les volumes importants des trois salles géantes parcourues par les touristes, c'est l'aven « vu d'en bas ». Autant de lieux, autant de noms. Cette image aujourd'hui, c'est aussi un produit, mis en avant sur telle plaquette, tel guide touristique, tel *flyer*, tel site internet ou telle bouteille de vin.

Parmi ces images, il en est une qui se veut plus factuelle, plus distanciée, c'est la topographie. Véritable dessin « normalisé » de la grotte, la topographie se veut une représentation fidèle d'une réalité qui ne peut, dans le cas du monde souterrain, être parcourue que de l'intérieur. On ne voit jamais, en effet, une grotte que depuis la grotte elle-même. La topographie, à l'inverse de la photographie, se veut donc plus détachée. Elle propose, en plan, en coupe ou en vue cavalière, une représentation externalisée de la cavité. En ce sens, elle implique un regard et donc un certain niveau d'interprétation dans la restitution finale proposée. Ce regard est par essence subjectif ou biaisé. Porté autant par la culture de celui qui regarde que par son projet, le regard propose toujours un angle et le produit fini n'en est que plus différent. Telle topographie proposée par un géomètre et sa culture de la précision du positionnement, telle autre par un aménageur touristique et son projet d'attirer un large public, celle enfin proposée par un spéléologue ou un scientifique avec leur volonté d'exhaustivité, autant de documents différents, marques de la diversité des regards portés sur la cavité.

L'image passe aussi par le nom. Nommer les choses, c'est associer une image mentale à un lieu. La « Pomme de Pin » n'est évidemment pas une pomme de pin, c'est une concrétion en forme de pomme de pin et l'image que tout un chacun en possède suffit à se représenter assez correctement la géométrie générale de cette stalagmite. L'objet acquiert ensuite un véritable statut lorsqu'il obtient, au-delà de sa description ici morphométrique, un véritable nom pourvu de majuscule(s) : la « Pomme de Pin ».

Rares sont les cavités, du moins en France, où une véritable épaisseur topographique et toponymique peut être utilisée comme support à la réflexion sur la dynamique de la construction imagée du monde souterrain. Découvert en 1935, l'aven d'Orgnac est de celles-ci. Rapidement topographié et rapidement publié par Robert de Joly, l'aven offre dès ce moment-là une première représentation basée sur la topographie et la toponymie (Figure 2). La suite, c'est durant plus de 75 années, une succession de reprises topographiques, de compléments, d'ajouts et d'oublis

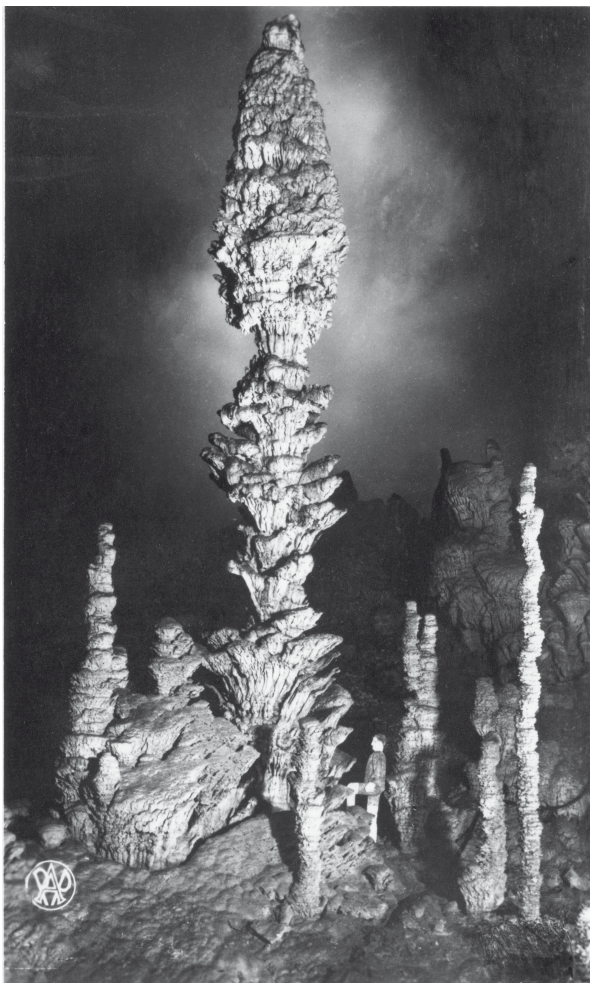
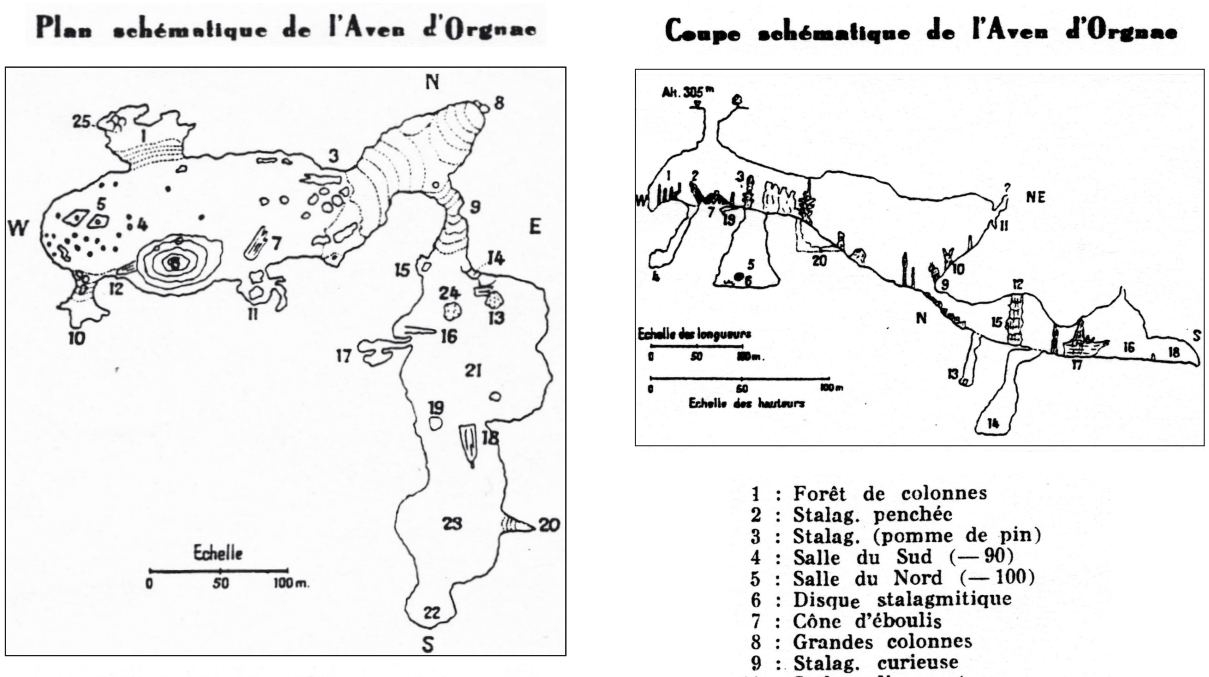


Figure 1 - La « Pomme de Pin » : un objet à toponyme marqué. Cette stalagmite phare de la grotte est, sur ce cliché Perret, nimbée de la lumière du puits, lui-même suggéré dans la brume. En arrière plan, la silhouette massive du cône d'éboulis. Photo A. Perret, Pont-Saint-Esprit (Gard), carte postale ancienne, un mannequin (pantin grandeur nature) donne l'échelle.



1 : Salle Latour (— 100).
2 : Grandes stalagmites (Hauteur — 20 m.)
3 : Stalagmite couchée.
4 : Forêt de colonnes.
5 : Blocs cyclopéens.
6 : Sommet du cône d'éboulis (— 49).
7 : Stalagmite couchée.
8 : Puits et cheminée.
9 : Passage étroit (— 100).
10 : Salle du Sud (— 100).
11 : Salle Glory (— 55) Excentriques.
12 : Stalagmite penchée.
13 : Grand pilier (Hauteur : — 20 m.).
14 : Gours (perles).
15 : Puits (— 160).
17 : Puits (— 180).
18 : Grande stalagmite renversée.
19 : Stalagmite blanche.
20 : Salle Petit (— 130).
22 : Salle finale (— 145).
23 : Salle des coulées rouges (— 130).
24 : Grand pilier (Hauteur — 30 m).
25 : Cours blancs.

1 : Forêt de colonnes
2 : Stalag. penchée
3 : Stalag. (pomme de pin)
4 : Salle du Sud (— 90)
5 : Salle du Nord (— 100)
6 : Disque stalagmitique
7 : Cône d'éboulis
8 : Grandes colonnes
9 : Stalag. curieuse
10 : Stalag. divergentes
11 : Puits et cheminée.
12 : Grand pilier.
13 : Puits (— 160).
14 : Puits (— 180).
15 : Salle Petit.
16 : Salle des coulées rouges.
17 : Grandes stalag. renversées.
18 : Salle finale (— 145).
19 : Salle Glory (— 55).
20 : Fissure et salle.

Figure 2 - Première topographie d'Orgnac I, publiée dès 1935 dans Spelunca n°4 (plan à gauche et coupe à droite).

pour arriver aujourd'hui à une situation paradoxale où aucune représentation générale et complète d'Orgnac I ne semble satisfaisante. De même en est-t-il des toponymes qui ont connu, au cours de la même période, genèse, vie, mort ou migration. Le présent article se propose donc de faire le point sur cette succession topographique et toponymique, reconnue ici sur trois quarts de siècle.

I - CONSTRUCTION TOPOGRAPHIQUE

C'est évidemment R. de Joly qui le premier propose une topographie en plan et en coupe de l'aven d'Orgnac en 1935. À sa suite, plusieurs documents se succèderont, soit de type reprise, soit originaux. Tous correspondent à un véritable projet de représentation de la caverne. L'historiographie de la topographie à Orgnac que nous proposons est limitée ici à la seule partie d'Orgnac I et n'intègre pas les nouveaux réseaux Orgnac-Issirac découverts en 1965 (Trébuchon, 2000), pour lesquels il n'est pas possible d'identifier une telle succession de phases et d'acteurs.

Ce recensement des différentes représentations disponibles des réseaux souterrains d'Orgnac I (partie touristique), depuis la première topographie publiée, donc peu après la découverte, en 1935 (Figure 2), jusqu'aux relevés 3D réalisés ces dernières années dans le cadre des études menées par le laboratoire EDYTEM, souligne des variations et des évolutions dans la matérialisation d'éléments topographiques et géomorphologiques. On remarque que ces évolutions dans les représentations ne suivent pas nécessairement l'avancée des découvertes de nouveaux espaces souterrains, mais peuvent manifester d'autres enjeux.

Dans l'inventaire des topographies successives d'Orgnac I, correspondant à la partie aménagée et à ses annexes, nous écarterons, dans un premier temps, les représentations, parfois fantaisistes, publiées dans divers articles de presse, qui apportent néanmoins des informations sur l'évolution de la toponymie des différents secteurs d'Orgnac I. Nous prendrons en compte l'ensemble des représentations publiées dans les articles scientifiques (cf. bibliographie scientifique de l'aven d'Orgnac 2007, Prud'homme, 2007) et les originaux conservés dans les archives de la commune d'Orgnac-l'Aven. On distinguera parmi ces représentations :

– les topographies de terrain, réalisées d'après des relevés établis dans la cavité ;
– les reprises de dessins des topographies précédentes, parfois enrichies de détails et/ou de graphismes, sans retouche majeure des contours des topographies qu'elles utilisent comme support ;
– les types de représentations proposées par la communauté scientifique ;
– et enfin les documents édités par les acteurs du tourisme.

1 - Les premières topographies de terrain

La première topographie, publiée dès l'année de la découverte (Joly a et b, 1935) dans *Spelunca* et dans La Nature est non signée. Elle représente la salle dite supérieure et ses prolongements (salles Latour, Chagnard et Glory, du nom des compagnons de Robert de Joly lors de la première exploration), ainsi que la salle du Chaos et les salles Rouges. Elle est assez précise dans les représentations des petites salles annexes et plutôt approximative dans la représentation des grands volumes, notamment dans les proportions de la surface de la salle supérieure qui paraît très allongée ; on note aussi d'importantes distorsions au niveau de l'angle formé par la salle Supérieure et l'ensemble salle du Chaos / salles Rouges, plus fermé que dans la réalité (la différence est d'environ 20 degrés). Les salles Rouges sont quant à elles représentées par une forme oblongue, autour d'un axe rectiligne, alors que ses trois axes principaux se succèdent à environ 45° du précédent.

Dès 1937, les projets d'aménagement avançant, et notamment le creusement de la galerie d'accès à la première salle, une topographie plus précise devient nécessaire. C'est Émile Dujardin-Weber, fidèle collaborateur de Robert de Joly, qui signe la mise au net de la topographie de 1937-1939, d'après le levé des Ponts-et-Chaussées (Figure 3). Cette représentation sera désormais la référence sur laquelle viendront se raccorder au fur et à mesure des découvertes, les nouveaux secteurs topographiés (Figure 4). Les distorsions angulaires y sont corrigées et les formes des grandes salles plus précises. Nous ne disposons pas de l'original de cette topographie. Elle a fait l'objet d'une édition en carte postale (édition non datée, Figure 3) puis, dans une version actualisée, dans un guide touristique d'après-guerre (Figure 4), et enfin reprise par Balazuc en 1956 (Figure 5).

Il faut attendre 1966 pour que de nouveaux levers topographiques originaux soient réalisés. Ceux-ci sont associés à la découverte des nouveaux réseaux en 1965 et tout l'intérêt des topographes portera évidemment sur les fabuleuses galeries qui décuplent pratiquement le développement connu de la cavité. Lors de cette découverte, un article paraît dans le Progrès (3 août 1965) et dessine grossièrement la coupe d'Orgnac I et les salles 1 et 2 d'Orgnac II (Figure 6), preuve de la nécessité impérieuse de proposer rapidement une image des réseaux avant même que les travaux topographiques ne soient engagés. Ceux-ci le seront avec une grande topographie générale réalisée par le Centre de spéléologie de Vallon-Pont-d'Arc (Trébuchon,

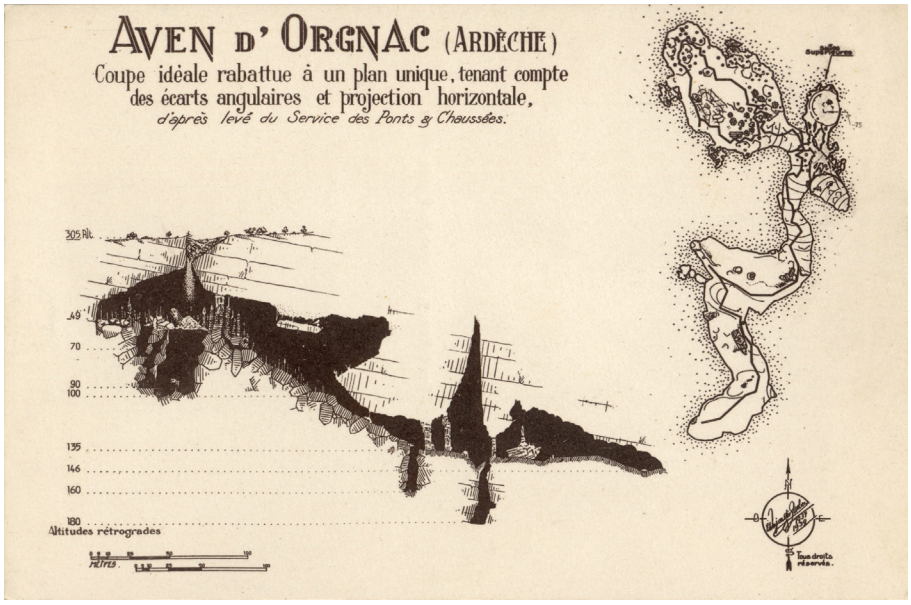


Figure 3 - Topographie dessinée par E. Dujardin-Weber d'après le levé des Ponts-et-Chaussée (1937-1939). Ce document sera édité sous forme de carte postale.

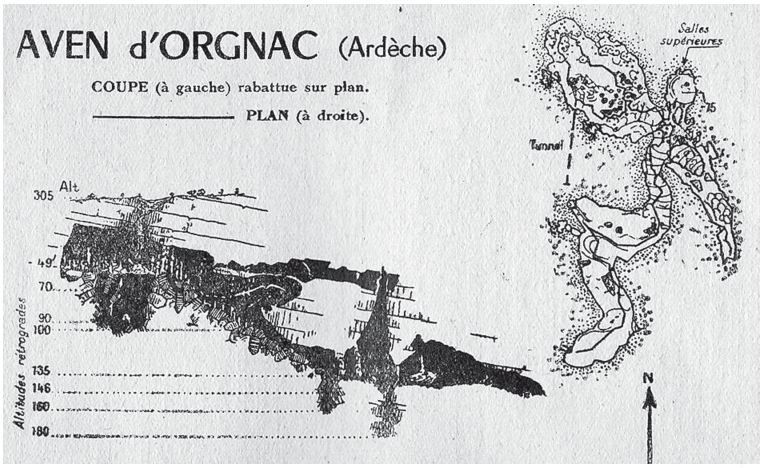


Figure 4, ci-contre - Le même document publié en 1947 dans « l'aven d'Orgnac – Éd. Louis Jean » avec les compléments associés à la découverte et l'exploration des salles Hautes (dite ici salles Supérieures). Noter la faible représentation des salles Nord par rapport à la réalité (Figure 7).

Figure 5, ci-dessous - L'aven d'Orgnac publié dans l'inventaire spéléologique de l'Ardèche (Balazuc, 1956).

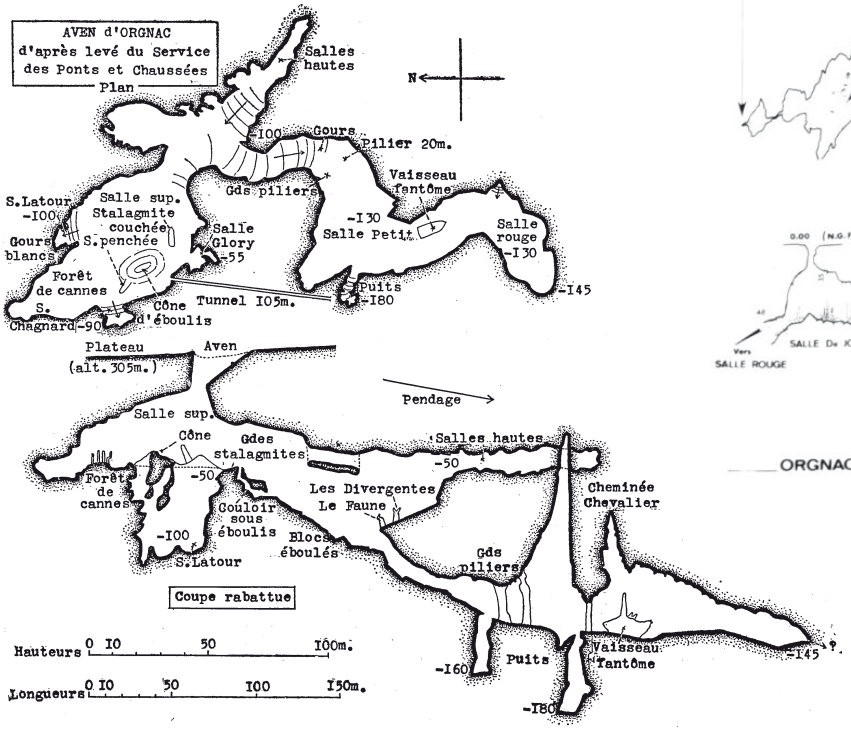




Figure 7, ci-dessus - Le plan d'Orgnac I dans la synthèse topographique de l'ensemble des réseaux Orgnac-Issirac (finalisée en 1966). Noter l'absence des salles Hautes. De même, la coupe de la partie sud des réseaux (Salles Rouges) fait défaut. Cependant les salles Nord sont enfin correctement topographiées (voir aussi Figure 23, le document qui précède cette mise au propre).

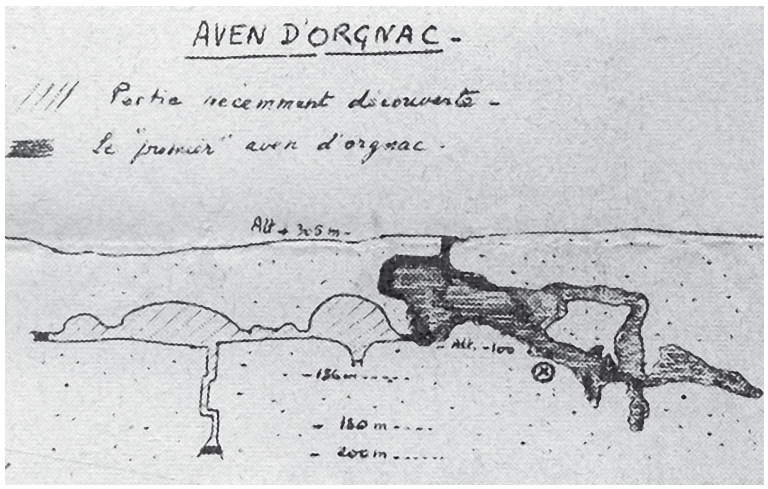


Figure 6, ci-contre - La découverte des nouveaux réseaux (Orgnac II) motive la production d'un document schématique représentant Orgnac I en coupe grossière (d'après figure 4) et les salles 1 et 2 d'Orgnac II (à gauche, hachurées). Article le Progrès, 3 août 1965.

Date	Référence topographie	Zone représentée	Référence publications	Fig.
1935	De Joly	Plan et coupe d'Orgnac I	*Spelunca* 1935 / *La Nature* 1935	2
1937-39	Pont-et-Chaussées / Dujardin-Weber	Plan et coupe d'Orgnac I (plusieurs versions en fonction des découvertes)	Carte postale nd	3
1962	Muxard	Plans du fond des salles Rouges	*Spelunca n°4, 1962*	
1966	Trébuchon	Orgnac I - Plan	Reprise de la topographie complète par les explorateurs des nouveaux réseaux	23 7
1984	Gilli	Plan et coupes selon deux axes de la salle De Joly	*Recherches sur le creusement et la stabilité des grands volumes karstiques souterrains*. Thèse de Doctorat 1984 Univ. de Provence	14
1999	Perazio	Relevé 3D d'Orgnac I (sauf 2e salle Rouge) : plan géoréférencé avec courbes hypsométriques	Documents internes non publiés.	12
2002-2011	EDYTEM	Relevés 3 D : salle De Joly et annexes, salles Rouges	Rapports d'étude EDYTEM 2004-2010	15

Tableau 1 - Topographies de terrain (levés originaux et reports associés).

1965 - 1966 ; Figure 7). Celle-ci ne reprend pas entièrement la coupe d'Orgnac 1 : les salles Rouges n'y seront pas représentées.

Au regard de l'ampleur de la cavité, peu de topographes y ont donc réellement travaillé entre 1935 et 1965 : les restrictions d'accès justifiées par le caractère touristique de la grotte et les limitations à l'exploration, appliquées aussi bien par la commune propriétaire que par le directeur, Robert de Joly, ont jusqu'aux années 2000, contraint les études que méritait cette cavité majeure du sud-est de la France.

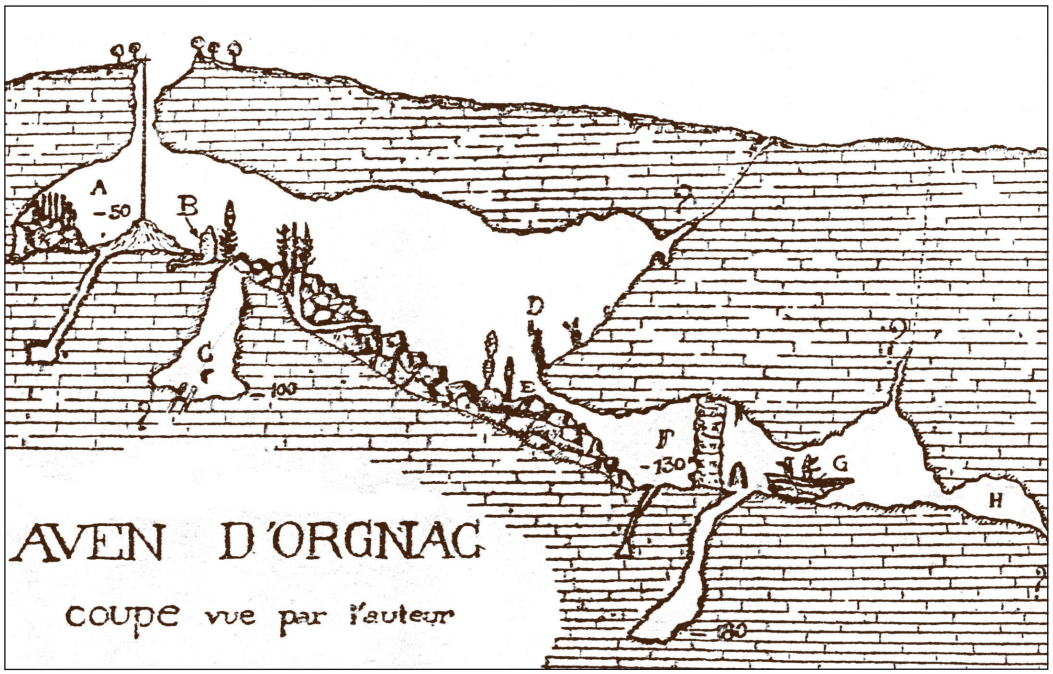
2 - Les reprises topographiques

Ces reprises plus ou moins agrémentées de nouveaux détails sont généralement publiées dans des documents à destination du grand public (récits, inventaires des cavités ou guides touristiques). Ainsi en est-il de la coupe publiée par Glory en 1937 qui, reprenant les éléments de la coupe de R. de Joly, la complète pour la surface et pour la géologie (Figure 8). Ces représentations, non associées à des levés originaux, apportent donc parfois des informations complémentaires : on peut remarquer par exemple que la coupe dessinée dans le *Guide de l'Aven* (Rieu, 1982) évoque l'épaisseur du remplissage de blocs de la salle De Joly (Figure 9). Elle reprend en ce sens les images proposées par Joly dès 1947 et dessinées par Dujardin-Weber (Figures 3, 4 et 10). Néanmoins, les copies simplifiées pour les besoins de la représentation génèrent parfois des nouveautés assez incongrues comme la jonction ici entre les salles Hautes et les salles Rouges, ou le prolongement de cette même cheminée jusqu'à la surface alors que cette cheminée avait été remontée en escalade par l'équipe de Chevalier et reconnue comme borgne dès 1947 (Joly, 1949). Sans doute le dessin de la Figure 4 aura-t-il été mal compris lors de la réalisation des Figure 9 et 11.

La succession des copies ne faisant guère le tri entre des levés factuels (Figure 4) et des interpréta-

Date	Référence topographie	zone représentée	Référence publications	Fig.
1937	Glory	Coupe d'Orgnac I (représentation surface)	*Au pays du grand silence noir*, 1937	8
1947	De Joly	Coupe et plan (complément des salles Hautes)	*L'Aven d'Orgnac*, 1947	4
1956	Balazuc	Plan et coupe d'Orgnac I	*Spéléologie du département de l'Ardèche*, 1956	5
1982	Rieu	Coupe d'Orgnac I	*Guide de l'Aven d'Orgnac*, 1982	9

Tableau 2 - Quatre reprises topographiques ayant généré chaque fois une édition.



4) Coupe de l'Aven d'Orgnac.
A) Grande salle du Puits. — B) Entrée des salles Glory. — C) Salle du Disque et trous souffleurs. — D) Belzébuth ou le Faune. — E) Ratière argileuse. — F) Salle de la Cathédrale (Salle Petit). — G) Le Vaisseau fantôme. — H) Salle à la poudre de rubis.

Figure 8 - Coupe éditée par l'abbé Glory. Il s'agit d'une reprise de la topographie de Joly de 1935 avec dessin de la surface, de la géologie et modifications des toponymes.

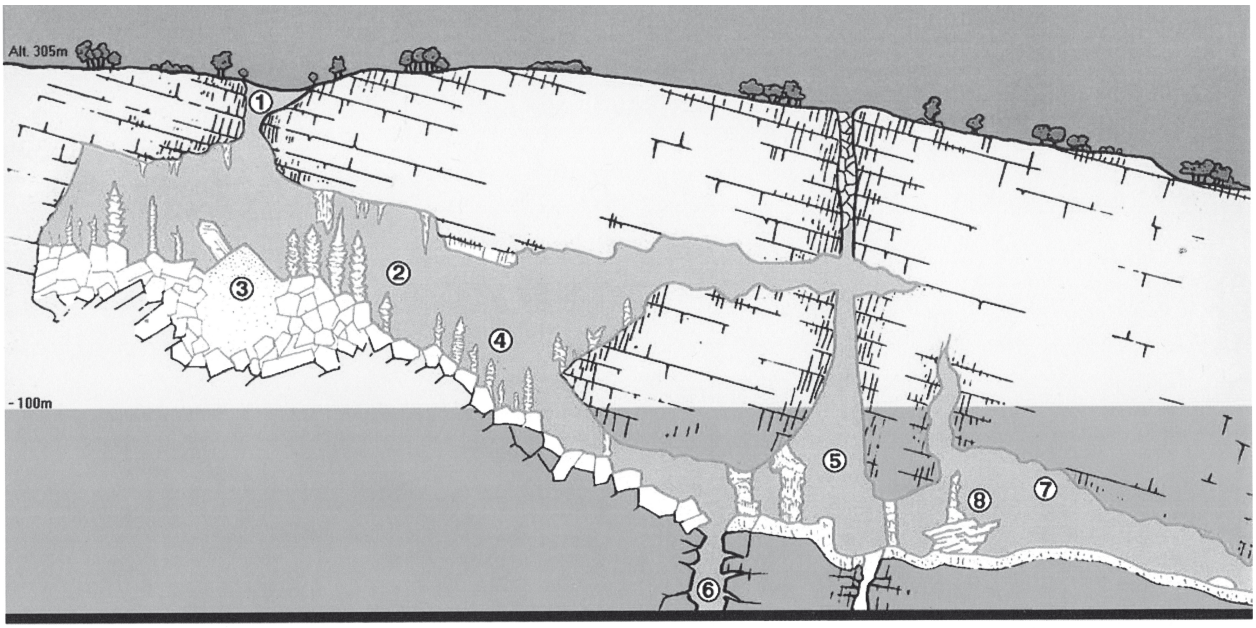


Figure 9 - Coupe d'Orgnac I - Guide touristique de l'aven d'Orgnac (Rieu, 1982). Noter les salles Hautes qui ici « jonctionnent » avec les salles Rouges, probablement liés à une copie « hâtive » des documents des Figures 4 et 5.

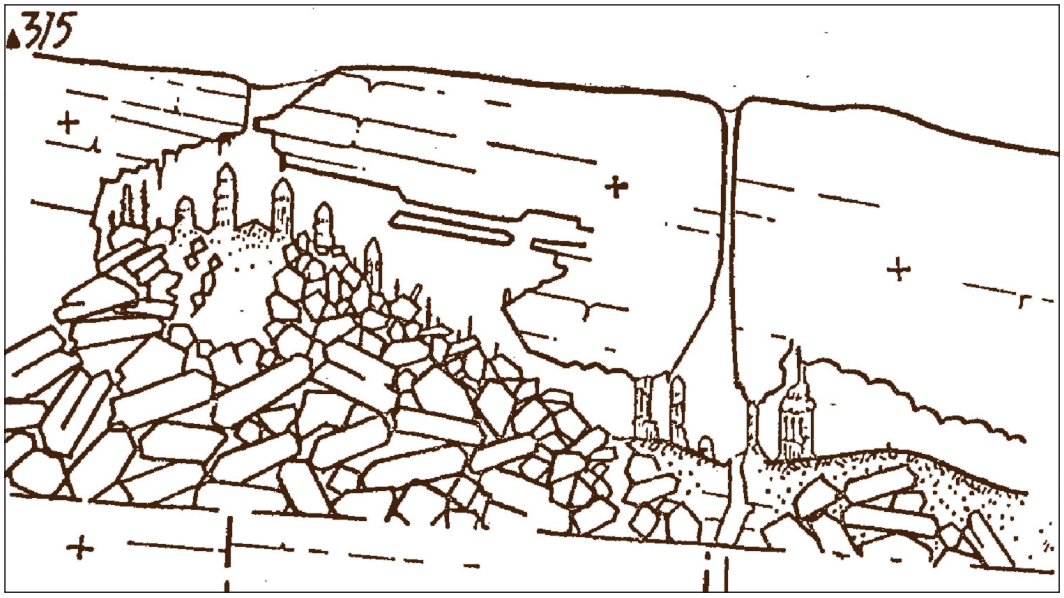


Figure 10 - Coupe idéalisée de l'aven d'Orgnac (stade E) présentée par de Joly (1947) dans une série de sept schémas (A à G) illustrant la genèse, l'évolution et la mort de la cavité (dessin Emile Dujardin-Weber). Le document est republié en couverture des actes de la 5ème rencontre d'octobre qui s'est déroulée à Orgnac en 1995.

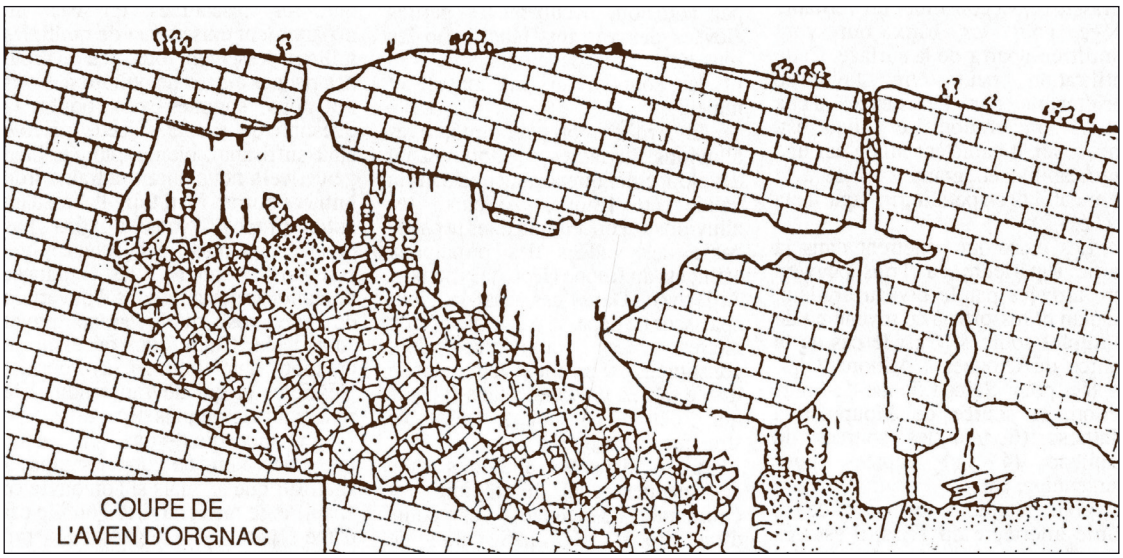


Figure 11 - Coupe de l'aven d'Orgnac (extrait de Naud, 1987, publié 1995). Noter la facture générale très proche de la Figure 9 et l'évolution de la représentation du remplissage à comparer avec les figures précédentes et suivantes.

tions (Figure 9), il parait donc logique d'obtenir à la fin des années 1980 une représentation assez peu satisfaisante d'Orgnac I. Seule l'équipe de Trébuchon, avec une réelle approche de type spéléologique et sa volonté d'exhaustivité, tente de proposer une image complète et satisfaisante de l'ensemble des réseaux. Mais, « cantonnés » aux réseaux non aménagé d'Orgnac II, III et IV et dans l'impossibilité de pouvoir accéder aux salles Hautes, ils ne proposent qu'un document incomplet (Figure 7).

La volonté de la commune de réhabiliter l'ensemble du site d'Orgnac à travers une Opération Grand Site (1998-2004) a récemment favorisé une reprise topographique par un géomètre, le cabinet Perazio (Figure 12), la recherche scientifique et la connaissance géomorphologique de ces réseaux dont

l'enregistrement topographique est la base incontournable. Cette approche scientifique va permettre de proposer une série nouvelle d'images d'Orgnac I.

3 - Une image proposée par les scientifiques

Ces images utilisent souvent à la base un fond topographique déjà réalisé. C'est le cas de la série des schémas proposés en 1947 pour une reconstitution des étapes de mise en place de la cavité (Figure 10) ou pour différents cas où l'analyse ne sollicite qu'une localisation de tel ou tel élément (Figure 13). En 1984, Gilli propose une nouvelle représentation de l'aven et de la salle De Joly, motivé par la réalisation de sa thèse sur la stabilité des grands volumes souterrains (Figure 14). À ce moment-là, le besoin d'une représentation intégrant des observations géologiques (pendage, fractures…) et les techniques développées à partir de ballon à l'hélium pour la mesure des hauteurs de plafond justifient ce choix. La représentation est ici limitée aux seuls volumes étudiés et ne présente donc pas la totalité d'Orgnac I. Il en est de même des travaux menés par le laboratoire EDYTEM de 2004 à 2011 sur l'analyse géomorphologique des volumes souterrains. Des levés scanners denses permettent la réalisation de modèles 3D à très haute densité, proposant une image renouvelée des morphologies souterraines (Figure 15). Ces images servent alors de support pour la reconstitution des étapes de mises en place des conduits (Jaillet et *al*., 2011). Mais elles restent incomplètes car ciblées sur une question scientifique qu'une représentation parcellaire suffit souvent à démêler.



Figure 12 - Plan topographique du cabinet Perazio (1999). Limité au cheminement touristique, il accompagne l'Opération Grand Site et la réhabilitation associée à cette opération. L'ossature du cheminement (escalier et tunnels) a servi de canevas à la topographie proposée (Jaillet et al*., 2012).*

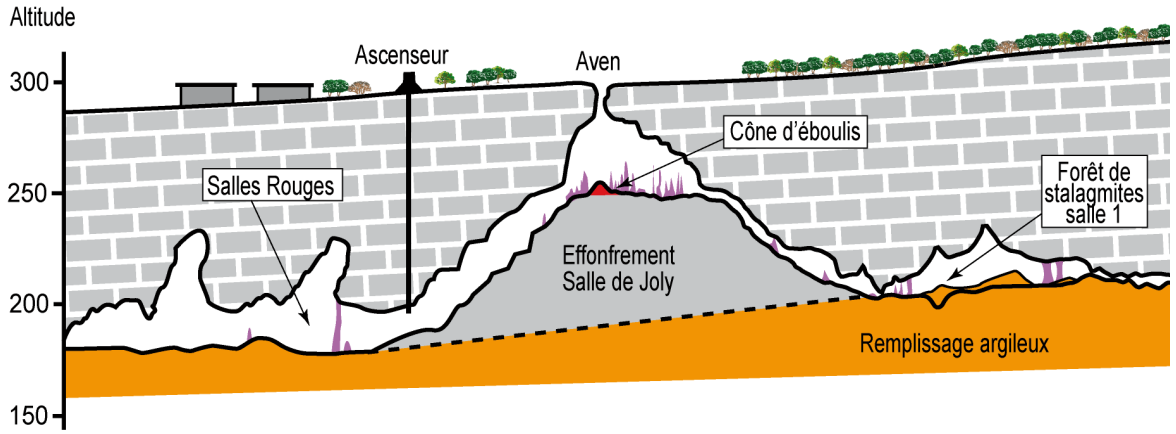


Figure 13 - Coupe synthétique de l'aven d'Orgnac publiée dans le Journal du CNRS (2012) en vue de localiser les différents sites investis dans le cadre de travaux de recherche. Document EDYTEM.

La science propose aussi des images plus interprétatives comme dans le cas d'une analyse de la pénibilité du parcours touristique à l'aven d'Orgnac (Figure 16 ; Gauchon, 2010). La cavité y est schématisée à l'extrême, mais le respect de l'échelle des hauteurs et le positionnement des éléments clés du discours (tunnels, ascenseurs…) permettent de n'utiliser ici la topographie que comme support aux idées proposées.

Ces idées, supportées par l'image, sont intégrées dans la présentation de l'offre touristique qui utilise la topographie à dessein, c'est-à-dire pour étayer un discours ciblé.

4 - Les images du tourisme

Elles sont nombreuses et variées tant dans leur projet que dans leur rendu. Les topographies publiées dans les différents guides de l'aven d'Orgnac (Joly, 1947 ; Rieu, 1982 ; Figures 4 et 9) répondent déjà à cela mais restent très proches du projet spéléologique ou scientifique. Avec un touriste à convaincre, il faut à la fois donner du rêve et rassurer. Faire rêver, c'est le cas de l'image proposée par Gaston Bonheur en 1938 dans le quotidien *Paris-Soir* (Figure 17). Le document reprend les éléments factuels de la topographie de Dujardin - Weber

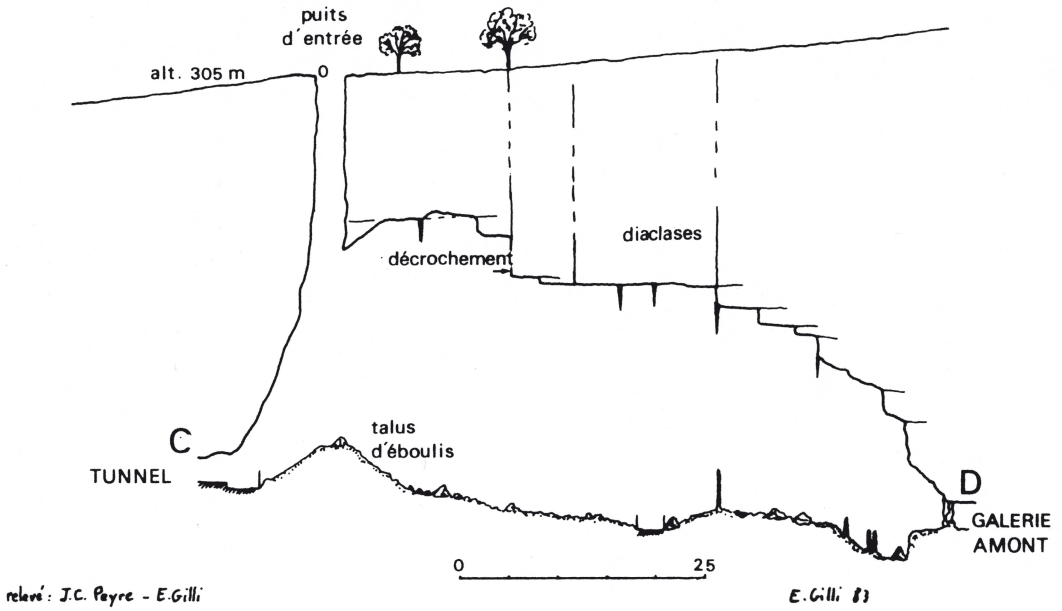


Figure 14 - Coupe de l'aven et de la salle de Joly (Gilli, 1984). Représentation du volume, de la surface et des conditions structurales dans le cadre de travaux de recherches sur la stabilité des volumes souterrains.

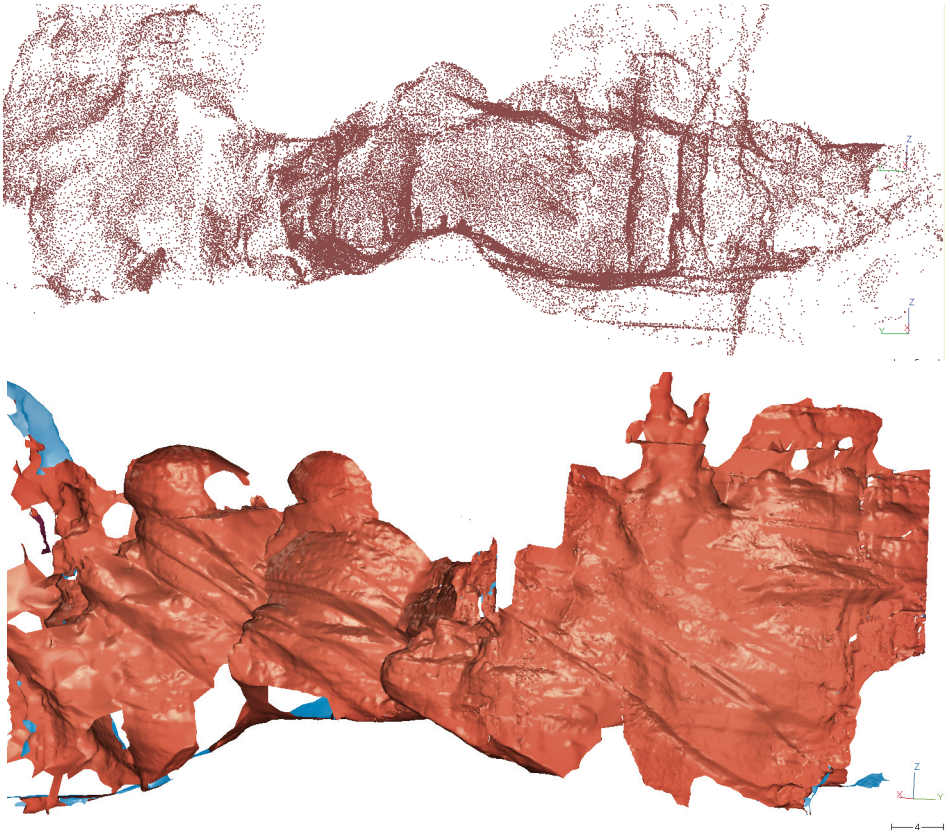


Figure 15 - Extrait du modèle 3D des salles Rouges (nuage de points en haut, modèle triangulaire en bas). Ce type de représentation 3D constitue le support aux analyses de type géomorphologique (Jaillet et al.*, 2011).*

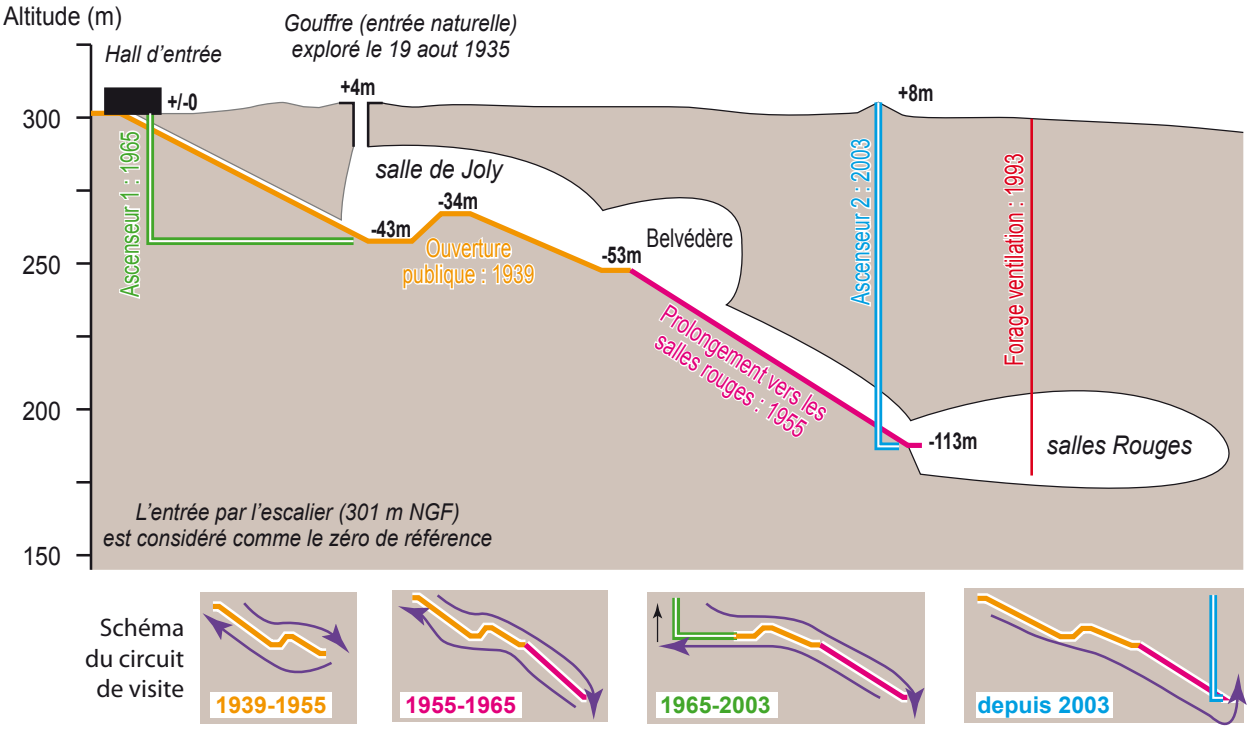


Figure 16 - Une représentation de l'évolution de la pénibilité du parcours touristique à l'aven d'Orgnac (Gauchon, 2010). La topographie est simplifiée à l'extrême et constitue le support aux autres éléments présentés. Les altitudes sont respectées.

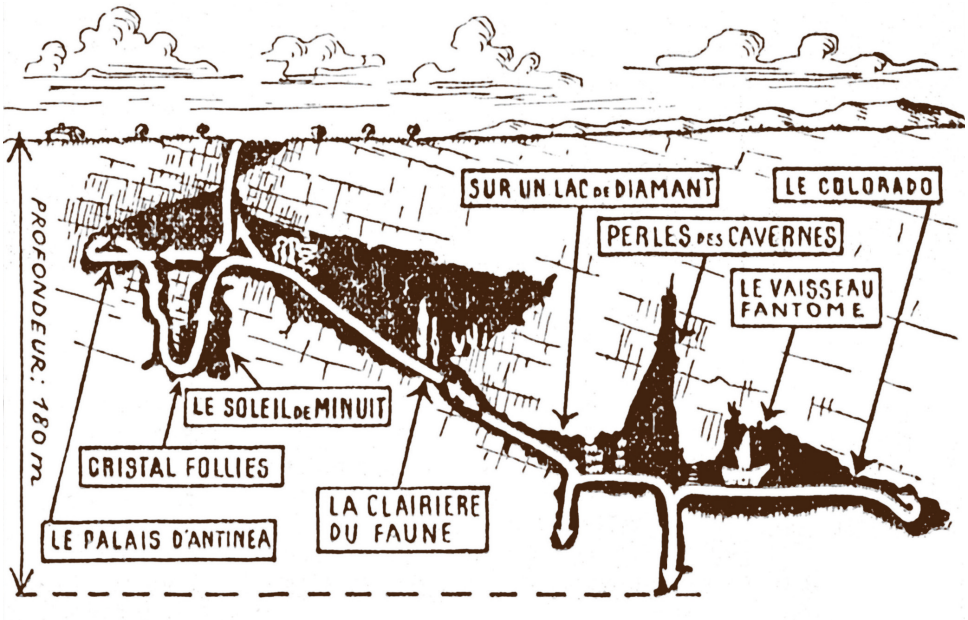


Figure 17 - L'aven d'Orgnac et un cheminement improbable proposé dans un quotidien à la fin des années 30. Gaston Bonheur, Paris Soir, 15 octobre 1938.



Figure 18 - Vue d'artiste (auteur Michel Jouin) des réseaux d'Orgnac. La coupe, habillée et colorée, est présentée aux touristes à l'accueil du site et avant la descente dans l'aven (détail d'un panneau de 1,45 m x 5,80 m). Photo A. Dubouloz.

(Figure 3) et la complète de la surface, de petits nuages, d'une indication simplifiée de la dénivellation, d'une série de flèches symbolisant le cheminement et surtout d'une toponymie très imagée (cf. *infra*). Faire rêver encore, c'est aussi le cas de la grande coupe proposée aujourd'hui aux touristes, à l'accueil du site et à l'entrée de la visite. Basée sur la coupe de l'équipe Trébuchon (Figure 7) et la complétant d'éléments plus anciens (pour la partie salles Rouges), l'artiste peintre Michel Joint propose une image très colorée de la cavité, plutôt réussie et faisant la part belle à l'ornementation (stalactites, stalagmites et concrétions pariétales) et aux remplissages argileux (Figure 18).

Rassurer est aussi un projet des aménageurs du tourisme et c'est le cas de l'image proposée aux visiteurs sur le panneau d'accueil du parking en 2002, durant

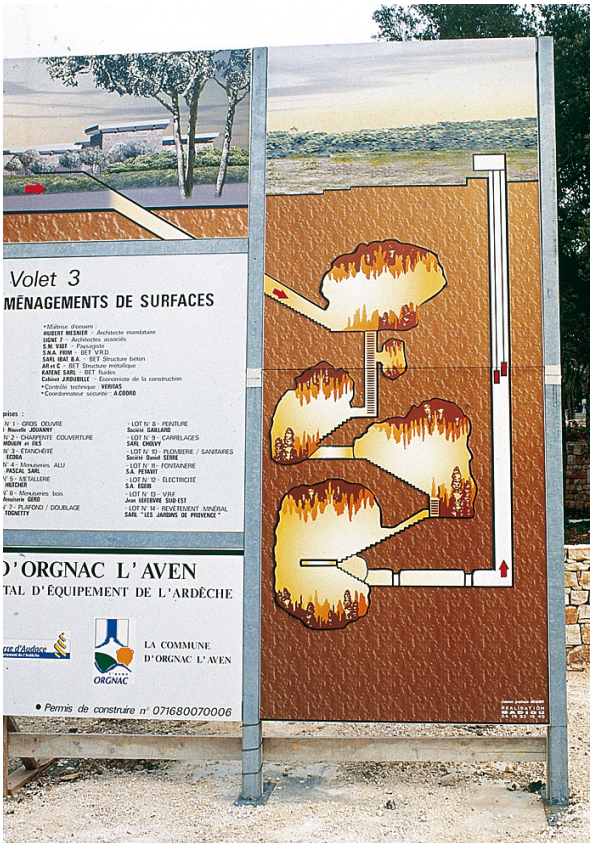


Figure 19 - Représentation de l'aven d'Orgnac sur un panneau d'affichage durant les travaux d'aménagement et de réhabilitation du site (Photo avril 2002). Noter l'absence d'aven et une image traduisant la facilité du cheminement.

les travaux de réhabilitation du site (Figure 19). Nul gouffre, un lissage de la verticalité, remplacé par des rampes, des escaliers et bien sûr un ascenseur pour ressortir. Là encore, il s'agit d'une représentation partielle et orientée de la cavité, à un instant donné et dans un but précis.

5 - Une diversité de regards

Qu'il s'agisse donc d'une représentation proposée par un spéléologue, un scientifique, un technicien ou un promoteur du tourisme, les images qu'ils se font *a priori* et qu'ils proposent, ici d'un même objet, sont donc très différentes. Ces images reposent toujours à la fois sur une culture et sur un dessein, c'est-à-dire une manière d'aborder un objet peu visible et dont il faut bien proposer une représentation pour asseoir un discours quel qu'il soit. Cette image, cette représentation, conditionnée par un choix, implique donc bien un angle, une posture, un regard et c'est dans la diversité de ces regards qu'il faut chercher à retrouver la cavité plutôt que dans la désignation de telle ou telle « bonne représentation » qui de toute façon risque de ne pas supporter le filtre du temps[1].

L'image semble donc ici bien fugace et changeante. S'il en est ainsi des topographies dont on a pu comprendre la diversité, qu'en est-il des lieux nommés dans la grotte ? En effet, la toponymie, associant un lieu ou un objet à un nom, utilise aussi l'image dans un projet autant de description que d'appropriation de l'espace souterrain. La construction toponymique d'Orgnac constitue donc un éclairage tout aussi intéressant des modes de représentations de la caverne.

II - CONSTRUCTION TOPONYMIQUE

La toponymie souterraine reste un champ peu exploré. Certains spéléologues s'y sont essayés, parfois avec succès mais surtout dans l'idée d'expliquer l'origine des noms qui s'égrènent le long des grands réseaux (Clément et Vennarecci, 2003 ; Lismonde 1991, 1997). En cela, ils s'inscrivent dans une longue et ancienne tradition étymologique des études toponymiques (Zadora-Rio, 2001). Pour notre part, nous ne chercherons pas ici à fournir des explications sur la signification de tel et tel toponyme présent dans l'aven d'Orgnac mais plutôt à comprendre comment cette toponymie s'est installée et quels rapports elle a entretenus avec la production des topographies successives.

La recension des topographies, publiées ou inédites, de l'aven d'Orgnac nous a livré un abondant matériau qu'il était possible d'appréhender sur le plan toponymique (Tableau 3). Pour cette étude, nous nous en sommes tenus au réseau ancien d'Orgnac I : l'exploration est toute entière due à Robert de Joly et à ses coéquipiers entre 1935 (première descente dans l'aven) et 1947 (fin des escalades dans les salles supérieures). Dans ses écrits, Joly laisse souvent penser que l'exploration a été intégralement réalisée le jour de la découverte de l'aven, même si dans les faits, il y est revenu à plusieurs reprises entre août et septembre 1935. Quoi qu'il en soit, à l'automne 1935, la cavité semble connue *in extenso* ou presque, et la question n'est plus de découvrir mais de décrire l'aven et d'en nommer les différents éléments caractéristiques…

Pendant cette première période marquée par la personnalité de Robert de Joly, quelques autres publications (Glory, 1937, Figure 8 ; Bonheur, 1938,

[1] *Conscient de ces limites et du caractère probablement illusoire du projet quant à sa durabilité, nous avons cependant fait le choix de proposer une nouvelle image d'Orgnac 1. Une reprise topographique complète a donc été entreprise sur la totalité d'Orgnac I, conduisant à la réalisation du document A2 (voir Jaillet et* al.*, 2012).*

Figure 17) proposent des compléments toponymiques que nous inclurons également dans cette réflexion. Les topographies successives laissent donc apparaître plusieurs strates toponymiques, avec des phénomènes d'innovation et d'oubli en fonction de l'importance accordée à telle ou telle partie du réseau. Sur cette base, on voit évoluer les appellations à la fois dans leur statut (locutions descriptives, vrais toponymes) et quant aux objets auxquels elles s'appliquent (objet ou lieu), selon le type de support (article d'une revue spéléo, article d'une revue grand public, guide pour les visiteurs) et en fonction du temps qui passe et qui permet une structuration progressive de la toponymie.

Pour le nom de l'aven lui-même, on se reportera à l'encadré publié dans la Collection EDYTEM (Biot et *al*., 2007, p. 33). Quant aux réseaux d'Orgnac II, III et IV, ils se prêteraient moins bien à une pareille étude car la toponymie, due aux équipes Trébuchon, est beaucoup plus homogène et plus stable. Dans un premier temps, nous sommes partis de l'inventaire des noms portés sur les deux premières topographies (plan et coupe pour chacune d'entre elles) publiées par R. de Joly dans les mois qui ont suivi la découverte, l'une dans *Spelunca* (Joly, 1935a ; Figure 2), l'autre dans *La Nature* (Joly, 1935 b).

1 - La production toponymique

Sur ces deux topographies, 29 objets sont nommés (quel que soit le statut du nom, cf. *infra* II) ; parmi eux, il n'y en a que 13 qui soient communs à *Spelunca* et à *La Nature*, le même nom désignant le même objet, ce qui montre que la toponymie de l'aven d'Orgnac est encore mal fixée ; l'inventeur lui-même se cherche encore sur ce point.

Plusieurs indices montrent que la topographie publiée dans *Spelunca* (Joly, 1935a) a été finie dans l'urgence, ou tout du moins que la précision toponymique n'était pas la priorité. Sur le plan, les trois seuls vrais toponymes sont des anthroponymes qui rendent hommage à trois des quatre explorateurs (Latour, Glory et Petit ; Chagnard restant absent). Les répétitions (stalagmite couchée, puits) montrent qu'il s'agit d'appellations descriptives, et non pas de vrais toponymes. Sur le plan, la *pomme de pin* est citée, mais ce n'est pas encore un nom propre : le nom est juste cité entre parenthèses à la suite du mot « stalagmite » : le toponyme spécifique ne s'est pas encore autonomisé de la catégorie à laquelle il appartient. Si l'on confronte cette topographie au texte de l'article, on observe que Joly utilise peu ces premiers toponymes, ou bien qu'il en utilise d'autres (le *Colorado*, la *salle rouge de -130*) qu'il n'a pas cru utile de porter sur sa topographie. Il n'y a donc pas adéquation entre la toponymie proposée par le texte et celle présentée dans la topographie. La proto-toponymie est très peu investie, Joly n'en a pas vraiment besoin pour décrire la cavité et pour rendre compte de ses observations.

Dans l'article de *La Nature* (Joly, 1935 b), une salle est attribuée à Chagnard, qui avait été oublié dans la première distribution des noms de baptême, même si plus tard l'habitude s'imposera de l'appeler plutôt *salle des Merveilles*. Mais surtout, un progrès est marqué dans le sens de l'établissement de vrais toponymes spécifiques, dotés de majuscules, pour des concrétions (la *Pomme de Pin*, le *Vaisseau fantôme*), pour des passages (le *Four*) ou pour des salles. Ce qui avait d'abord été mentionné comme « stalag. curieuse » dans *Spelunca* (1935 a) est devenu dans *La Nature* (1935 b) *le Faune* (Figure 20), ce qui illustre un glissement vers une appellation plus spécifique. Pourquoi Joly a-t-il ressenti le besoin de faire évoluer sa toponymie dans ce sens ? Est-ce qu'il y a déjà une de prise en compte de la future fonction touristique ? Cela est probable, au moins dans le choix des noms donnés aux concrétions. *La Nature* est, plus que *Spelunca*, une revue grand public, et la fin de l'article annonce bien le futur aménagement touristique.

Dans *Au pays du Grand Silence noir*, l'abbé Glory (1937) donna une longue narration de la première exploration de l'aven d'Orgnac, à laquelle il avait participé. Il l'accompagna d'une coupe et d'une abondante production toponymique de son cru, ou tout du moins non attestée dans les récits de R. de Joly. De toute évidence, pour Glory, le privilège de décerner de nouvelles appellations revient de droit à l'explorateur et il n'entend pas laisser passer l'occasion : « *Je ne cesse de donner les noms les plus fantastiques à toutes les concrétions que nous croisons. C'est pour nous une tendance invincible* » (on remarque le jeu sur *je* et *nous* qui entretient un flou sur la responsabilité et la légitimité du baptême ; p. 212). Il propose ainsi quelques toponymes comme la *salle du Disque* ou la *salle de la Cathédrale* qui n'auront aucune postérité. Dans un des grands piliers, il voit une échancrure qu'il dénomme aussitôt la *chaire de Moïse*. Puis il compare la *Cathédrale*, qu'il vient de baptiser ainsi, au *Temple de Belzébuth*, où d'ailleurs un autre pilier « *évoque le minaret de Kairouan* », sans paraître troublé de ces rapprochements insolites, tout abbé qu'il est !

Un an plus tard, l'écrivain Gaston Bonheur signe dans *Paris-Soir* un article plus personnel accompagné d'une assez vilaine coupe très simplifiée (Figure 17) et organisée autour d'un itinéraire de visite. G. Bonheur y réinvente une toponymie fantastique, dans laquelle

Tableau 3, ci-contre - Toponymes employés dans les deux topographies de l'aven d'Orgnac publiées en 1935 par R. de Joly dans Spelunca *et dans* La Nature*. Dans les trois dernières colonnes du tableau, on a précisé pour chaque nom mentionné sur ces topographies : s'il s'agit d'un lieu au sens strict ou d'un objet remarquable ; s'il est visible ou non depuis le parcours touristique ; s'il s'agit d'un véritable toponyme employé comme un nom propre ou d'une locution descriptive. Ces différentes catégories renvoient au statut des toponymes et seront développées infra au II.2. La numérotation des colonnes 1 à 4 renvoie à la Figure 2.*

Plan *Spelunca*	Coupe *Spelunca*	Plan La Nature	Coupe La Nature	Caractéristiques		
				Lieu / Objet	Visible / Non visible	Nom propre / Locution descriptive
1. Salle Latour	5. Salle du Nord	1. Salle Latour	5. Salle Latour (-100)	Lieu	Non visible	Nom propre
2. Grandes stalagmites (hauteur 20 m) (absentes du plan)		2. Grandes stalagmites (20m) (absentes du plan)		Objet	Non localisées sur le plan	Locution
3. Stalagmite couchée		3. Stalagmite couchée		Objet	Visible depuis l'ancien circuit	Locution
4. Forêt de colonnes	1. Forêt de colonnes	4. Forêt de « cannes » stalagmitiques	4. Forêt de « cannes » stalagmitiques	Lieu	Visible	Locution
5. Blocs cyclopéens		5. Blocs cyclopéens		Objet	Visible	Locution
6. Sommet du cône d'éboulis (-49)	7. Cône d'éboulis	6. Sommet du cône d'éboulis (-49)	7. Cône d'éboulis	Lieu-Objet	Visible	Locution
7. Stalagmite couchée		7. Stalagmite couchée (long. 10m)		Objet	Visible	Locution
8. Puits et cheminée	11. Puits et cheminée	8. Puits et cheminée concrétionnés	11. Petit puits et cheminée du NE	Objet	Non visible	Locution
9. Passage étroit		9. Le Four (-100)		Lieu	Visible	Locution
10. Salle du Sud (-100)	4. Salle du Sud	10. Salle Chagnard (-90)	4. Salle Chagnard (-90)	Lieu	Non visible	Nom propre
11. Salle Glory, excentriques	19. Salle Glory	11. Salle Glory (-55)	19. Salle Glory	Lieu	Entrée visible depuis l'ancien circuit	Nom propre
12. Stalagmite penchée	2. Stalagmite penchée	12. Stalagmite penchée (long. : 11 m)	2. Stalagmite penchée	Objet	Visible	Locution
13. Grand pilier (hauteur : 20 m)	12. Grand pilier (à moins que ce soit le 24, difficile à déterminer)	13. Grand pilier (hauteur : 20 m)	12. Grand pilier	Objet	Visible	Locution
14. Gours (perles)		14. Gours (perles)		Objet	Non visible	Locution
15. Puits (-160)	13. Puits	15. Puits (-160)	13. Puits (-160)	Objet	Non visible	Locution
16. présent sur le plan, mais pas en légende		16. Cañon en miniature dans l'argile		Objet	Non visible	Locution
17. Puits (-180)	14. Puits	17. Puits final (-180)	14. Puits final (-180)	Objet	Non visible	Locution
18. Grande stalagmite renversée	17. Grandes stalag. renversées	18. Stalactite écroulée (long. 25 m), en note : « Vaisseau Fantôme »	17. Le « Vaisseau Fantôme »	Objet	Non visible	Locution
19. Stalagmite blanche		19. Stalagmite blanche		Objet	Visible	Locution
20. Salle Petit		20. Diverticule montant sans issue.		Lieu	Visible	Nom propre
21. présent sur le plan, mais pas en légende	15. Salle Petit	21. Salle Petit	15. Salle Petit (-130)	Lieu	Visible	Nom propre
22. Salle finale	18. Salle finale	22. Salle finale	18. Salle finale	Lieu	Non visible	Locution
23. Salle des coulées rouges	16. Salle des coulées rouges	23. Salle des coulées rouges	16. Salle des coulées rouges	Lieu	Non visible	Locution
24. Grand pilier		24. Grand pilier		Objet	Visible	Locution
25 Gours blancs		25 Gours blancs		Objet	Non visible	Locution
	3. Stalag. (pomme de pin)		3. La « pomme de pin » (stalag.)	Objet	Visible	Locution évoluant vers nom propre
	6. Disque stalagmitique		6. Disque stalagmitique	Objet	Non visible	Locution
	8. Grandes colonnes (absentes de la coupe)		8. Grandes « cannes » (absentes de la coupe)	Objet	Visible	Locution
	9. Stalag. curieuse		Le « Faune » (stalag.)	Objet	Visible	Locution évoluant vers nom propre
	10. Stalag. divergentes		Les « divergentes » (stalag.)	Objet	Visible	Locution évoluant vers nom propre
	20. Fissure et salle (qui deviendra la salle Gèze)		20. Fissure et couloir derrière un bloc	Lieu	Non visible	Locution

on relève un *Palais d'Antinéa*, un *Soleil de Minuit*, un *Lac de Diamant* et des *Cristal Follies* qui ne sont guère localisables. G. Bonheur reprend à son compte le *Vaisseau fantôme* qui s'inscrit bien dans son registre de prédilection, et il y ajoute le *Colorado* : le terme avait été employé par Joly (1935a) mais c'est la première fois qu'il figure sur une topographie, même s'il est mal placé.

En juin 1939, préparant la première saison touristique, Joly signe un rapport sur la visite de la presse étrangère dans lequel il introduit la *Tour de Pise* (Figure 21) en lieu et place de « *stalagmite penchée* », ce qui confirme que de telles innovations toponymiques sont en rapport avec la mise en tourisme. Après l'ouverture de l'aven au public en 1939, R. de Joly poursuit quelques compléments d'exploration dans les plafonds d'Orgnac I et ajoute encore quelques toponymes supplémentaires, même si les textes ne s'accompagnent pas de topographies : en avril 1939, plusieurs échos paraissent dans la presse (*Le Petit Provençal*, 18 avril ; *Le Nouvelliste de Lyon*, 19 avril) pour annoncer que de nouvelles découvertes ont été faites dans les salles supérieures et que ces galeries



Figure 20 - Le Faune dans la salle du Chaos (aujourd'hui salle Petit). La « stalagmite curieuse », devenue Le Faune. Robert de Joly donne l'échelle. Photo A. Perret, Pont-Saint-Esprit (Gard), carte postale ancienne.

« *s'appelleront salles Dujardin-Weber* » ; dans les faits, elles apparaîtront plutôt sous l'appellation de *salles supérieures* [1] et aujourd'hui de salles Hautes.

La synthèse topographique de l'équipe Trébuchon publiée en 1966 propose une simplification drastique de la toponymie dans Orgnac I, de façon à éviter une distorsion trop flagrante avec les nouveaux réseaux où les toponymes sont beaucoup plus parcimonieux (Figure 7). De ce grand ménage n'émergent que la *salle De Joly*, la *salle Petit*, la *salle Rouge* et le *Vaisseau fantôme* qui deviennent ainsi des toponymes canoniques d'Orgnac.

2 - Les statuts des toponymes

Sur un plan théorique, on sait que la mise en tourisme des lieux s'accompagne d'une production toponymique. Dans le cas de l'aven d'Orgnac, la découverte, l'exploration et le projet de mise en tourisme sont strictement concomitants, d'où la conjonction de différentes logiques toponymiques pour désigner à la fois les différentes parties du réseau (les salles) et les différents éléments du décor souterrain (les stalagmites surtout). Ces processus de construction toponymique posent un certain nombre de problèmes.

On s'étonne tout d'abord du choix des objets qui ont été baptisés et de ceux qui ne l'ont pas été. Car la production toponymique évidemment n'a jamais une prétention à l'exhaustivité ; ainsi, dans la salle du Chaos (aujourd'hui devenue salle Petit), R. de Joly appelle *divergentes* une stalagmite bifide dont la silhouette est singulière mais qui est située au milieu d'un groupe de concrétions (Figure 22). Et bizarrement, la grosse stalagmite isolée au centre de la même salle et bien visible depuis le futur cheminement touristique ne recevra jamais de nom particulier. On est là confronté à des logiques difficiles à reconstituer *a posteriori,* liées au cheminement initial suivi par les explorateurs ou à l'éclairage qu'ils ont utilisé… De façon générale, trois observations doivent être faites sur le statut de ces toponymes.

a - Des réalités différentes

Tout d'abord, le terme de « toponyme » ne doit pas désigner abusivement des réalités assez différentes les unes des autres : *salle Latour* ou *salle Petit* sont réellement des noms de lieux alors que la *Pomme de Pin* ou le *Faune* désignent des objets localisés et identifiés dans leur singularité. De ce point de vue, la topographie publiée par Trébuchon fera le ménage des noms d'objets et ne gardera pour l'essentiel que des toponymes *stricto sensu*.

[2] *« Salles Supérieures » au pluriel, pour qu'il n'y ait pas de confusion avec l'actuelle salle De Joly alors appelée « salle supérieure » (cf II, 2, c).*



Figure 21 - La stalagmite penchée, devenue la Tour de Pise, imposante stalagmite basculée près de la paroi sud de la salle de Joly. On distingue les repousses sur le profil. Photo A.Perret, Pont-Saint-Esprit (Gard), carte postale ancienne.

Car ce n'est pas la même chose de désigner par un nom précis un objet, fût-il précisément localisé, comme la *Pomme de Pin*, et un lieu au sens propre (une salle par exemple). Là où Joly parlait du *Faune* pour désigner une stalagmite, G. Bonheur proposait la *Clairière du Faune*, ce qui était assez éloigné de la réalité des lieux mais fonctionnait davantage sur un vrai registre toponymique. Ce terme ne fut jamais repris.

De même, on ne confondra pas les vrais noms propres (ou qui le deviennent) comme la *Pomme de Pin* ou la *salle Glory*, et les locutions descriptives localisées sur les topographies comme « *stalagmite couchée* ». Dans ses topos de 1935, Joly note les noms qu'il donne (vaisseau fantôme, faune, divergentes…) entre guillemets ; il ne les considère pas vraiment comme des noms propres, les guillemets attirent l'attention sur un usage que l'on peut encore discuter, sur des noms qui ne sont pas définitivement admis. Le passage de locutions descriptives à de vrais noms propres, comme la Pomme de Pin, apparaît comme une étape décisive de la construction toponymique « vraie ».

b - Des fonctions différentes

Les toponymes au sens large ont deux fonctions assez différentes, voire opposées : les uns désignent un objet remarquable, appelé à servir de repère pour localiser d'autres objets, par exemple la *Pomme de Pin* ou le *Vaisseau fantôme* ; les autres s'appliquent au contraire à des lieux plus difficiles à caractériser dans leur singularité, et ils ont alors pour fonction de les tirer de l'anonymat, par exemple la *salle Gèze* ou la *salle Glory*.

On a vu aussi que tous les toponymes ne remplissent pas les mêmes fonctions par rapport à la mise en tourisme de l'aven. Dans l'immédiat après-guerre, Joly rédige un Guide de l'aven d'Orgnac (1946). En fin d'opuscule, trois pages constituent un « *mémento sommaire à l'usage des guides de l'aven d'Orgna*c ». Joly y multiplie des toponymes qu'il n'a jamais proposés jusque-là (la *Baïonnette*, la *Stalagmite en trois pièces*, la *Chapelle blanche*…) et dont on comprend qu'ils doivent servir à construire un discours à destination des visiteurs. Mais quelques pages auparavant, il décrivait une salle découverte sous les blocs de la grande salle :

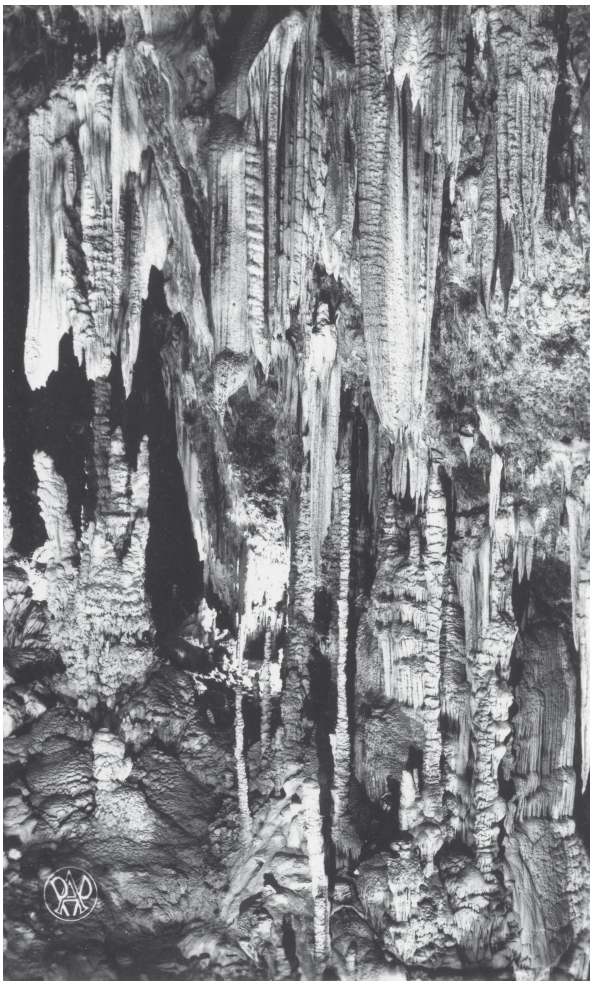


Figure 22 - Les Divergentes, salle du Chaos : parmi une profusion de concrétions, les stalagmites divergentes ont reçu un toponyme descriptif. Photo Alix, Bagnères-de-Bigorre, carte postale ancienne.

« *Je lui ai donné le nom de salle Gèze* » (p. 31). Un peu plus loin, il raconte l'escalade d'une grande cheminée au-dessus des salles Rouges : « *nous donnerons le nom* [de Chevalier] *à cette Cheminée à l'avenir* » (p. 36), et pourtant le circuit touristique ne donnera jamais à voir ni la salle Gèze ni la cheminée Chevalier, ce qui indique que le tourisme n'était pas non plus le seul ressort de la production toponymique. Deux logiques cohabitent donc, l'une directement liée à la fonction touristique de l'aven, l'autre plus strictement spéléologique, et ces deux logiques se combinent pour construire la toponymie propre à l'aven d'Orgnac.

c - Des supports différents

Le statut des toponymes diffère enfin selon qu'ils ont été portés sur une ou sur plusieurs topographies ; selon qu'ils apparaissent seulement dans des descriptions rédigées mais pas sur des topographies ; ou selon qu'ils ressortent purement du registre oral, comme la *salle du Chaos* ou la *salle des Merveilles* (ou *Merveilleuse*). Enfin, certains ont été mis par écrit sur des documents qui n'ont jamais été diffusés, comme la première topographie de l'équipe Trébuchon en 1965 (Figure 23) restée inédite.

En fonction de ces différents critères qui interagissent, certains toponymes s'installent durablement, d'autres sont oubliés à peine suggérés. Par exemple, l'actuelle *salle De Joly* a d'abord été décrite par Joly lui-même comme *Salle supérieure* (par exemple 1935a, p. 85). R. de Joly, en tant que grand ordonnateur toponymique de l'aven, ne donne son nom ni à l'aven ni à aucune de ses parties. D'après les anciens de l'équipe Trébuchon, ce sont les guides qui conduisaient la visite dans les années 1950-60, dont un fameux Pradier, qui disaient *salle De Joly*, et c'est la première topographie Trébuchon qui transcrira ce nom, officialisant ainsi une habitude orale. À l'opposé, la *salle des Merveilles* est connue sous ce nom qui n'a jamais été indiqué sur aucune topographie… jusqu'à celle que nous proposons avec ce volume.

De façon générale, par rapport à la toponymie inventée par R. de Joly entre 1935 et 1947, peu de noms continuent à être réellement employés aujourd'hui : la *Pomme de Pin*, la *Tour de Pise*, les *salles Rouges*… auxquels s'est ajoutée, comme on l'a vu, la *salle De Joly*. L'habitude a également été prise d'appeler *Buffet d'orgue* l'édifice stalagmitique dans lequel a été déposée l'urne contenant le cœur de Joly. Plusieurs raisons expliquent cet appauvrissement progressif : tout d'abord, la densité toponymique proposée après la découverte de l'aven était peut-être trop importante pour que tous ces noms soient identifiés et fixés individuellement par les guides et par les visiteurs ; il y aurait donc eu comme un tri lié aux capacités d'évocation des toponymes et de mémorisation des visiteurs. Ensuite, le tourisme souterrain est contraint par les temps de visite et par la notion de débit, surtout en haute saison, si bien que le discours ne s'attache pas toujours à chaque détail de la cavité : au terminus du circuit aménagé, les visiteurs sont invités à admirer les *salles Rouges* mises en valeur par un spectacle sons et lumières, sans commentaire sur le paysage souterrain et les éléments qui le composent. Enfin, pendant de longues années, les spéléologues n'ont guère fréquenté l'aven, d'où une déperdition toponymique pour tous les passages latéraux. À cet égard, la *via cordata* installée depuis 2007 et proposée aux visiteurs les plus aventureux sous le nom de *Vertige souterrain* donne à un plus grand nombre l'occasion de visiter les salles supérieures qui étaient tombées dans un oubli relatif (Eymery, 2010).

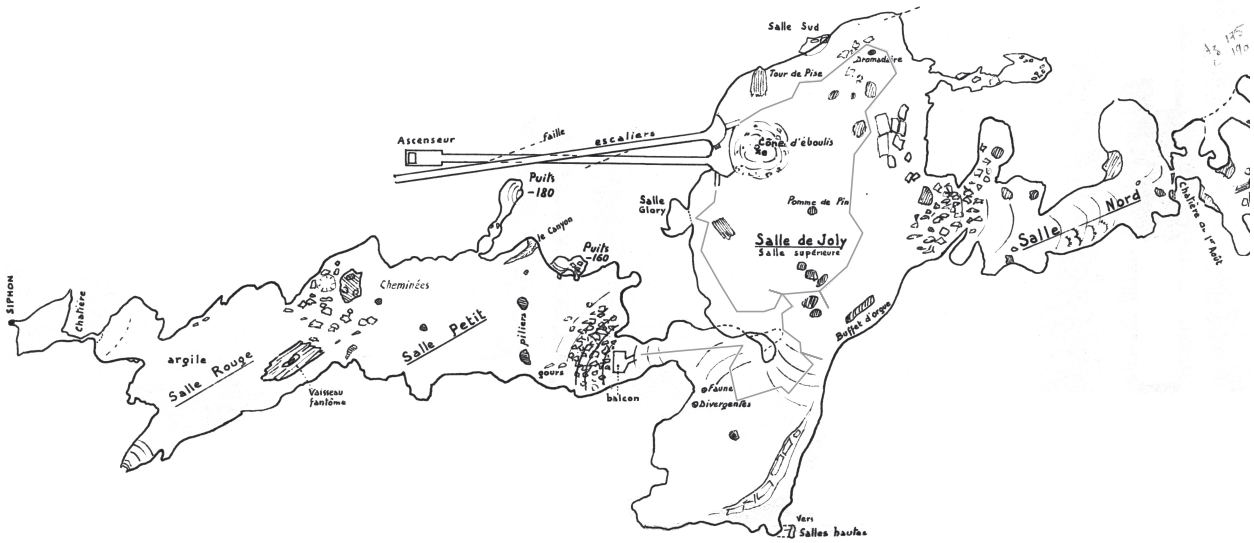


Figure 23 - Extrait de la topographie de l'équipe Trébuchon (1965) avant sa finalisation. Les topographes d'Orgnac I et II sont alors C. Bayle, A. Roquebrun et A. Wilzius. Certains toponymes présents sur ce document (« Dromadaire ») ne perdureront pas. Le toponyme « Salle de Joly » y apparaît pour la première fois.

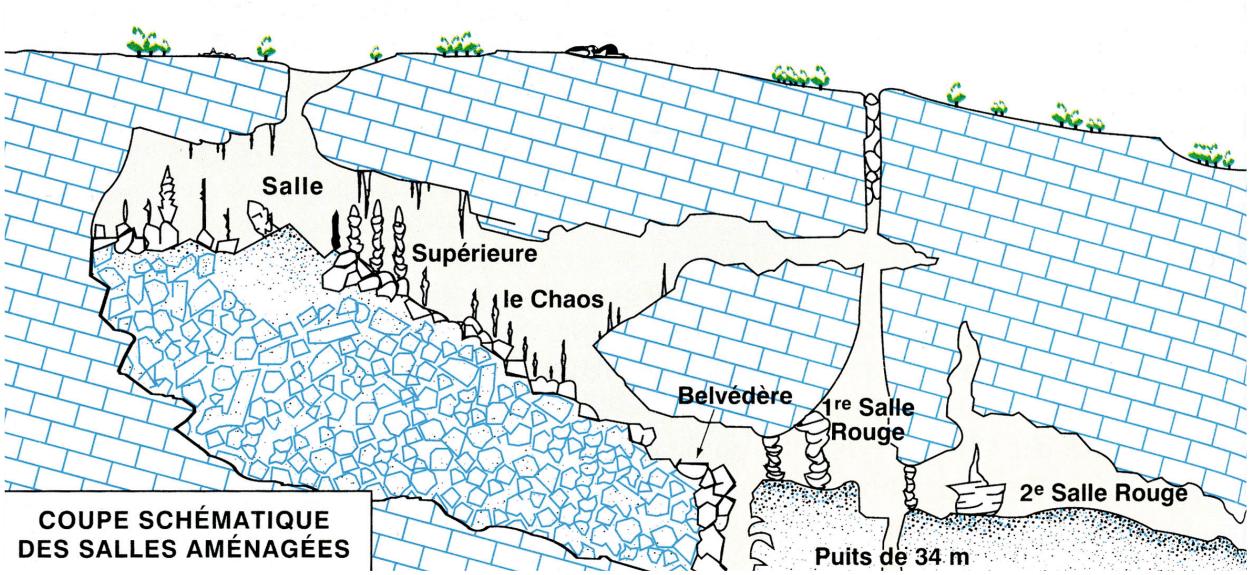


Figure 24 - Coupe de l'aven d'Orgnac. Extrait du guide vert « Lyon et la vallée du Rhône » Michelin, 2003. La topographie est très inspirée de Rieu, 1982 (Figure 9). Les toponymes sont organisés en fonction d'un discours recomposé.

Si l'on se reporte à une version récente du Guide Vert *Lyon et la vallée du Rhône* (éd. 2003), deux pages entières sont consacrées à l'aven d'Orgnac : on y observe un grand bricolage toponymique où voisinent dans une certaine confusion les *salles Rouges*, le *Belvédère du Grand Théâtre* et les « pommes de pin de la salle supérieure » (Figure 24) ; on voit par là que la toponymie souterraine a conservé, 70 ans après son invention, une grande malléabilité, chacun pouvant se servir dans le stock existant ou ajouter ce qui lui paraît utile ou nécessaire. C'est tout l'intérêt d'une toponymie non officielle qui peut ainsi évoluer au gré des représentations et des usages du monde souterrain.

CONCLUSION

L'évolution de la toponymie traduit finalement la façon dont évoluent les liens entre les descriptions rédigées et les topographies : les mentions descriptives (« *stalagmite couchée* » par exemple) présentes sur les premières topographies de R. de Joly vont bientôt disparaître des coupes et des plans, car elles sont redondantes avec le dessin et sont plutôt décrites dans les textes. On voit ainsi se préciser peu à peu les fonctions respectives du texte et des documents topographiques.

Chaque topographie, avec la toponymie qu'elle véhicule, a une fonction particulière : celle de *Spelunca* (1935a) est essentiellement informative et descriptive (d'où peu de vrais noms propres), celle de L*a Nature* (1935b) est déjà presque publicitaire (d'où l'apparition de vrais noms propres). Celle des Ponts-et-Chaussées de 1937 est purement technique et ne s'embarrasse pas de toponymes ; celle de Glory revendique une part de la paternité de la découverte en ajoutant une strate personnelle et en tirant la couverture à l'auteur ; celle de G. Bonheur est très personnelle aussi, mais plutôt dans un registre féerique qui ne cherche pas à rendre compte de la réalité de la caverne.

Qu'il s'agisse de production topographique ou toponymique, c'est chaque fois la marque d'un individu ou d'un groupe qui transparaît dans le rendu final, iconographique ou verbal. La représentation imagée, la représentation verbale ou la combinaison des deux, traduisent bien à Orgnac I les modes d'appropriation et de médiation de la cavité par les différents acteurs impliqués. Déclinées ici sur trois quarts de siècle, cette appropriation et cette médiation de la cavité répondent aussi à des enjeux, qu'ils soient revendicatifs, scientifiques ou économiques.

Rares sont les cavités qui offrent sur un espace restreint, appréhendé dès son exploration dans sa quasi-totalité, une telle diversité d'acteurs en jeu et sur une telle durée. Il nous semblera fécond à l'avenir de décliner ce type d'investigation sur d'autres cavités françaises d'une part, européennes d'autre part avec la double entrée suivante :

– celle d'une importante épaisseur temporelle, avec une riche production topographique et toponymique. Ce peut être par exemple le cas à Rouffignac (Dordogne) ou à Postojna (Slovénie) ;

– celle d'une diversité d'acteurs impliqués proposant chaque fois une diversité de regards sur le volume souterrain. Le cas de la salle de la Verna (Pyrénées-Atlantiques) est à ce titre assez éloquent.

Les grottes sont fascinantes et tout visiteur du monde souterrain produit pour lui-même comme pour

son entourage une ou plusieurs images de cet univers. À travers la topographie, comme à travers la production toponymique, chaque acteur produit une image et un discours distancié par nature et orienté par choix conscient ou inconscient. Apprécier la variété des images produites et la diversité des discours, c'est apprécier la richesse de ce monde souterrain et du rapport que nous entretenons avec lui.

Remerciements

Nous tenons à remercier la Mairie d'Orgnac pour les facilités à consulter le fonds d'archives, ainsi que la famille Rieu (Véronique et Denis Rieu) pour la consultation de coupures presse.

BIBLIOGRAPHIE

Balazuc J., 1956. Spéléologie du département de l'Ardèche. Rassegna speleologica Italiana e Societa Speleologica Italiana, Memoria II, 158 p, 112 fig., 1 carte.

Biot V., Duval M., Gauchon C., 2007. L'aven d'Orgnac : identification d'un haut lieu du tourisme souterrain. *In* Delannoy J.-J., Gauchon C., Jaillet S., (dir), L'Aven d'Orgnac, valorisation touristique, apports scientifiques. *Collection EDYTEM*, 5, 13-35.

Bonheur G., 1938. Paris Soir. 15 octobre 1938.

Chabert C., Watson R.-A., 1980. Sur quelques problèmes de topographie. *Spelunca*, 20, 3, 119-121.

Clément S., Vennarecci P., 2003. Réseau Félix Trombe - Henne Morte. Comité départemental de spéléologie de Haute-Garonne, 351 p.

Delannoy J.-J., Gauchon C., Jaillet S., (dir.), 2007. L'aven d'Orgnac : valorisation touristique, apports scientifiques. *Collection EDYTEM*, 5, 178 p.

Eymery C., 2010. Les parcours ludiques et sportifs en milieu souterrain. *Karstologia*, 56, 35-44.

Gauchon C., 2010. Tourisme et patrimoines : un creuset pour les territoires ? Mémoire d'Habilitation à diriger des recherches. Université de Savoie, 211 p.

Gauchon C., Prud'homme F., 2007. L'aven d'Orgnac : une caverne privilégiée pour l'élaboration des connaissances karstologiques. *In* Delannoy J.-J., Gauchon C., Jaillet S., (dir), L'Aven d'Orgnac, valorisation touristique, apports scientifiques. *Collection EDYTEM*, 5, 39-55.

Gilli É., 1984. Recherches sur le creusement et la stabilité des grands volumes karstiques souterrains. Thèse 3ème cycle, Université de Provence Aix-Marseille, 1 et 2, 77-80 et 62-65.

Glory A., 1937. Au pays du grand silence noir, Explorations souterraines. Éd. Alsacia, 272 p.

Jaillet S., Sadier B., Hajri S., Ployon E., Delannoy J.-J., 2011. Une analyse 3D de l'endokarst : applications lasergrammétriques sur l'aven d'Orgnac. *Géomorphologie : reliefs, processus, environnement,* 4, 379-394.

Jaillet S., Boche É., Cailhol D., Gauchon C., Hez G., Laborde A., Prud'homme F., Sadier B., Thomas M., Tocino S., 2012. Une nouvelle synthèse topographique d'Orgnac I. *In* Karsts, Paysages et Préhistoire. *Collection EDYTEM*, 13, 177-182.

Joly R. de, 1935 a. Note préliminaire sur l'aven d'Orgnac. *Spelunca*, 4, 78-91.

Joly R. de, 1935 b. Comment fut découverte une des plus belles cavernes d'Europe : l'aven d'Orgnac. *La Nature*, 2967, 529-533.

Joly R. de, s. d., 1946. Guide de l'aven d'Orgnac. Éd. atelier H. Péladan, Uzès, 80 p.

Joly R. de, s.d., 1947. L'aven d'Orgnac. Louis Jean, Gap, 85 p.

Joly R. de, 1949. Travaux dans l'Ardèche et le Gard : Aven d'Orgnac. *Annales de spéléologie*, 4, 3, 12-13.

Lismonde B., (dir.), 1991. Le Trou qui Souffle. Comité départemental de spéléologie de l'Isère, 146 p.

Lismonde B., (dir.), 1997. La Dent de Crolles et son réseau souterrain. Comité départemental de spéléologie de l'Isère, 303 p.

Naud G. 1995. L'eau des profondeurs ou les précieuses réserves du sous-sol ardéchois, in Aici, l'aiga es d'aur. L'eau et ses usages en Ardèche (2e partie), Mémoire d'Ardèche et Temps présent, août 1987, 5-8.

Prud'homme F., 2007. Bibliographie scientifique sur l'aven d'Orgnac. *In* Delannoy J.-J., Gauchon C., Jaillet S., (dir), L'Aven d'Orgnac, valorisation touristique, apports scientifiques. *Collection EDYTEM*, 5, 51-55.

Rieu G., 1982. Guide de l'Aven d'Orgnac, 36 p.

Trébuchon J.-C., 2000. La saga de l'aven d'Orgnac-Issirac, l'épopée d'une fantastique découverte souterraine et ses ahurissantes conséquences. Auto-édition, 240 p.

Zadora-Rio E., 2001. Archéologie et toponymie : le divorce. *Les Petits Cahiers d'Anatole*, Université de Tours, 8, 17.

UNE NOUVELLE SYNTHÈSE TOPOGRAPHIQUE DES SALLES ET GALERIES D'ORGNAC I

A new topographical synthesis of chambers and galleries of Orgnac I

Stéphane JAILLET [1, 4], Élisa BOCHE [1, 2, 4], Didier CAILHOL [1, 4], Christophe GAUCHON [1, 4], Gabriel HEZ [1, 4], Amandine LABORDE [1, 4], Françoise PRUD'HOMME [1, 3], Benjamin SADIER [1, 4], Matthieu THOMAS [1, 4], Stéphane TOCINO [5]

[1] *Laboratoire EDYTEM, Université de Savoie/CNRS, Pôle Montagne, Campus scientifique, 73376 Le Bourget-du-Lac cedex.*

[2] *Centre national de Préhistoire, Ministère de la Culture, 38 rue du 26e Régiment d'Infanterie, 24000 Périgueux.*

[3] *Musée régional de Préhistoire, Site d'Orgnac, 07150 Orgnac-l'Aven.*

[4] *Speleus - Spéléologie, Université de Savoie, Pôle Montagne, 73376 Le Bourget-du-Lac cedex.*

[5] *Site d'Orgnac, 07150 Orgnac-l'Aven.*

Contact : stephane.jaillet@univ-savoie.fr

Résumé

Motivé par l'absence de synthèse topographique exhaustive d'Orgnac I, un vaste travail collectif de levé de terrain (au 1/250) a été entrepris sur trois années, conduisant ici à la publication d'un document hors texte de l'ensemble des volumes souterrains d'Orgnac I. Le document de synthèse constitue aujourd'hui un support nouveau pour présenter cette cavité et fait suite à plus de trois quarts de siècles de succession de relevés topographiques. Une brève analyse topométrique est présentée.

Mots-clés : topographie souterraine, plan topographique, coupe topographique, aven d'Orgnac

Abstract

Motivated by the absence of a complete topography of Orgnac I, a collective work with wide field survey (scale 1/250) was undertaken over three years, leading by the publication of a map (format A2) of the underground whole volumes of Orgnac I. This topographic map is now a new medium to present this cavity after 75 years of topographical works. A brief topometric analysis is presented.

Keywords: underground topography, topographic map, topographic cross section, Orgnac

NB : Cet article accompagne le document topographique hors texte (format A2).

« Que nul n'entre ici s'il n'est géomètre ! »
Platon.

Introduction

Depuis 1935, le réseau dit Orgnac I a été le théâtre de plusieurs travaux topographiques. Topographies originales, copies, reprises à des fins de communications touristiques, autant de documents qui se succèdent et qui montrent combien cette cavité a suscité intérêt et passion (Gauchon et *al.*, 2012). Pourtant, et aussi paradoxal que cela puisse paraître, aucun document de synthèse ne semble satisfaire à la condition d'exhaustivité en présentant la totalité des volumes aujourd'hui connus du réseau d'Orgnac I.

Motivée par cette absence de synthèse générale d'Orgnac I, l'idée est donc apparue de refaire entièrement cette topographie. Ce travail a été entrepris par un collectif réuni dans le cadre des travaux de recherche que mène le laboratoire EDYTEM sur le site d'Orgnac. En effet, les recherches entreprises sur la géomorphologie des salles Rouges (Bersihand, 2006 ; Jaillet et *al*., 2007, 2010, 2011), sur les salles Nord (Perroux, 2005) ,et plus récemment sur le cône d'Orgnac (Noury, 2007 ; Boche et *al*., 2011 ; Gambéri et *al*., 2012) nous ont donné une assez bonne connaissance des géométries et des volumes de cette partie de la cavité. Les recherches menées tout récemment sur l'historiographie de la topographie et sur l'analyse des toponymes (Gauchon et *al*., 2012) ont de même participé de ce besoin d'une nouvelle synthèse topographique.

I - Choix méthodologique

La disparité des documents tant en termes d'échelles que de modes de représentation nous a rapidement conduits au choix d'une reprise totale en plan comme en coupe. Cependant, il semblait judicieux de s'appuyer sur un canevas géométrique correctement géoréférencé afin d'intégrer les éléments factuels que constituent les aménagements internes et les bâtiments des surface. C'est la topographie du cabinet de géomètres Perazio (1999) qui s'est avérée la plus pertinente pour ce projet (sous format AutoCad). En effet, si les contours de la grotte y sont peu précis, cette topographie en plan offre l'avantage de présenter la totalité des objets anthropiques (escalier, tunnel, points topo au sol, etc.) avec un positionnement correct tant en plan qu'en planimétrie. Ce canevas a donc constitué, avec les bâtiments externes, le squelette sur lequel toutes les topographies réalisées sur chaque salle et galeries, en technique spéléologique classique, se sont raccordées.

La technique retenue pour le travail a été la suivante (Figure 1) :

– topographie en cheminement spéléologique classique (mesure des longueurs, des directions et des pentes, mesure des largeurs et des hauteurs) ;
– report des données sur logiciel dédié (Visual Topo) ;
– ajustement des boucles par les moindres carrés ;
– édition papier et pdf du plan filaire à l'échelle 1/250 ;
– dessin sur le terrain, en plan et coupe à une échelle 1/250 ;
– dessin au propre à la main sur le papier à cette échelle (parfois cette étape était confondue avec la précédente quand la qualité du relevé le permettait) ;
– scan de la minute 1/250, réduction à 50 % pour passer au 1/500 et assemblage sur Adobe Illustrator (sur la base du plan AutoCad) ;
– dessin vectoriel sur Adobe Illustrator des éléments topographiques (bord de galerie et habillage du contenu : blocs, stalagmites, etc.) ;
– impression de planches A4 à 1/250 et vérification de terrain éventuelle ;
– édition finale sur pdf ou papier (ici sur un hors texte A2 dans le cadre de cet article).

Il n'a pas été réalisé d'évaluation très fine du temps consacré à ce travail étalé sur près de trois ans. En effet, les relevés étaient parfois réalisés à l'occasion de passages sur le site ou de travaux connexes. Néanmoins, il semble raisonnable de considérer que l'ensemble de ces travaux de terrain représente environ une trentaine de journée-personne. Le report topographique et le dessin vectoriel représentent de même un temps conséquent, bien qu'étalé sur une durée plus longue. L'estimation d'une quinzaine de journée-personne ne semble pas trop éloignée de la réalité. Cela veut dire que si une personne toute seule avait fait ce travail, il lui aurait fallu environ une petite cinquantaine de journées.

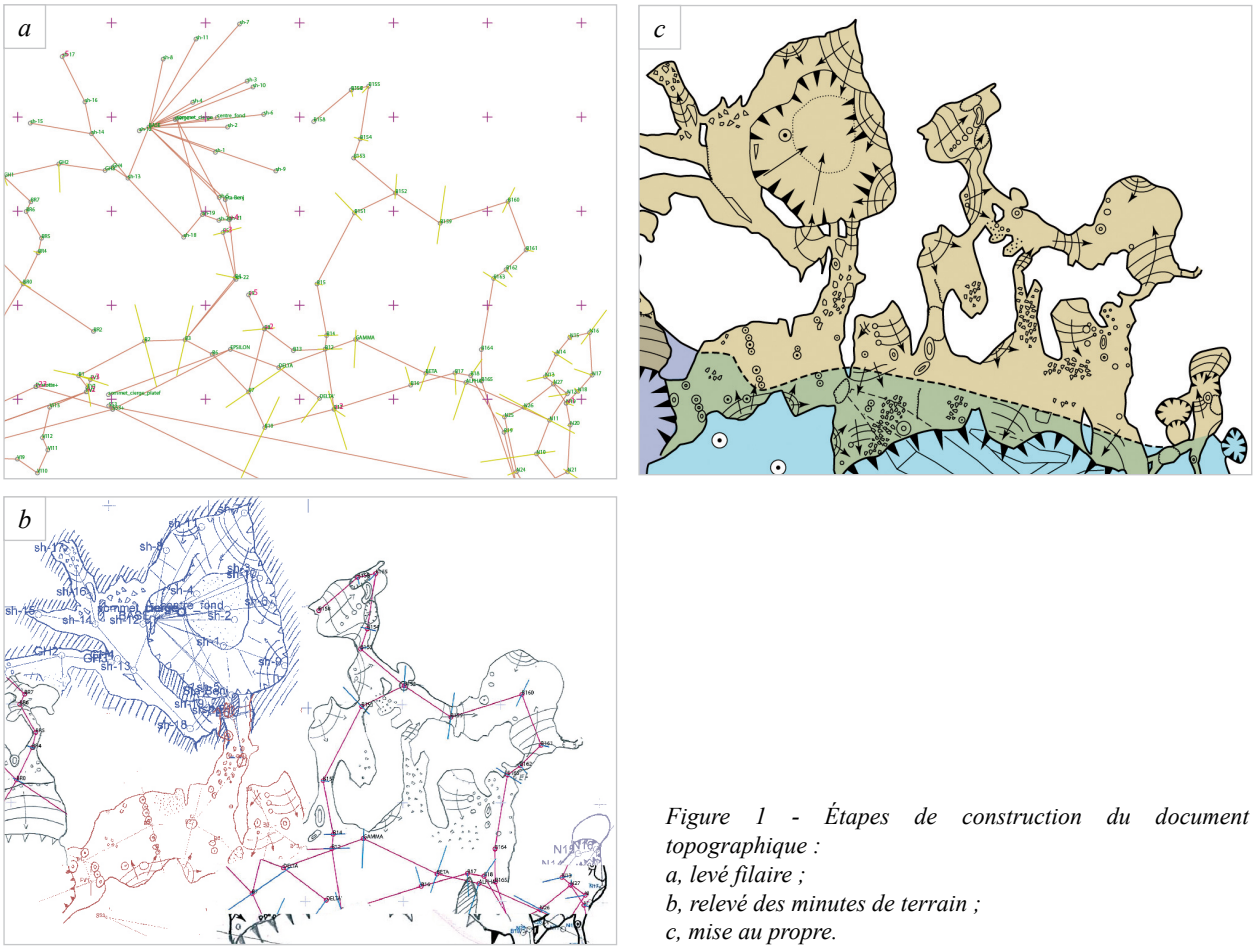


Figure 1 - Étapes de construction du document topographique :
a, levé filaire ;
b, relevé des minutes de terrain ;
c, mise au propre.

II - Analyse topométrique des salles d'Orgnac I

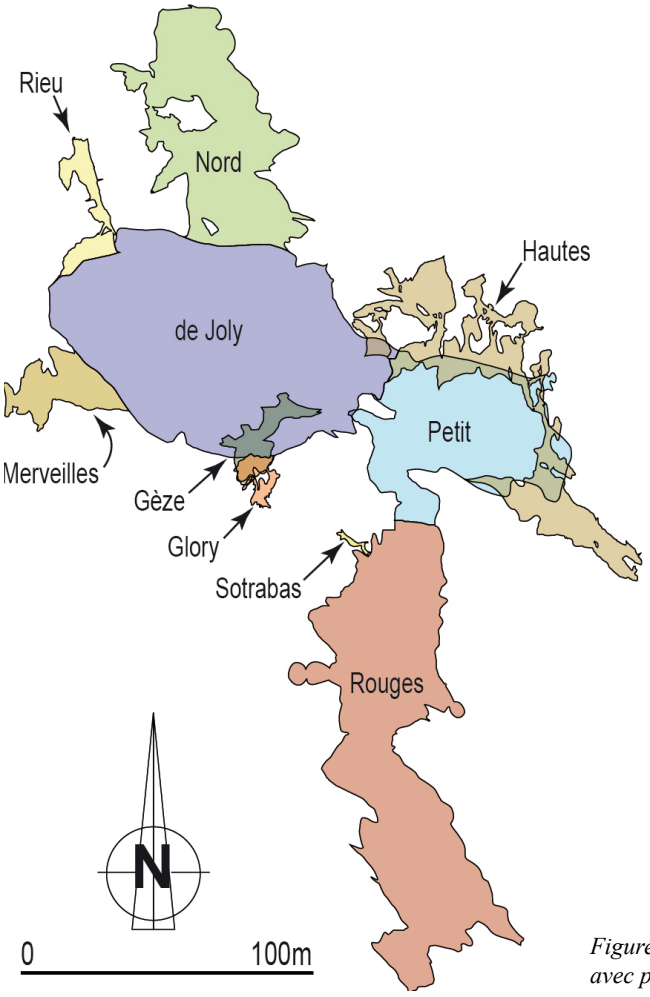
Le document proposé constitue aujourd'hui un support pour d'autres recherches. Outil de localisation, document pour l'analyse toponymique, la topographie a toujours constitué la base des divers travaux menés en grottes. Ce n'est pas le propos de cet article. Cependant, il nous a semblé intéressant de proposer, en accompagnement de ce travail, une analyse des différents volumes du réseau topographié ici. Cette analyse est proposée par salle souterraine (Figure 2). Pour chacune d'entre elles (dix salles et galeries sont retenues ici), nous livrons une brève description spéléologique et morphométrique. Ces éléments morphométriques (Tableau 1) sont :

– les trois dimensions essentielles. La longueur et largeur du plus petit rectangle encadrant la surface topographiée et la hauteur moyenne estimée grossièrement et censée être représentative du volume considéré ;

– la surface de chaque salle calculée sur logiciel en plan projeté et le volume estimé de cette salle (produit de cette surface et de la hauteur moyenne estimée). Pour le calcul des surfaces, les piliers (zone rocheuse pleine contenue dans un vide) ont été soustraits ;

– enfin, nous présentons, les pourcentages, en surface et en volume, de chaque salle par rapport au total d'Orgnac I. Dans un souci de simplification, nous avons considéré que le total des surfaces et des volumes était la somme de chacune des dix parties identifiées. En effet, en plusieurs endroits les salles se superposent (salle De Joly et salle Glory sur salle Gèze, salles Hautes sur salle Petit) et dans ces cas (qui représentent 601 m² soit 3 % du total), il a paru plus simple de comptabiliser les véritables surfaces spéléologiques.

Nous n'avons pas détaillé ici la notion de développement spéléologique. Outre le fait que cette notion reste souvent difficile à définir (Chabert et Watson, 1980), elle semble dans le cas des salles d'Orgnac I assez délicate à évaluer. Tout au plus pourrions-nous considérer la somme des plus grandes longueurs de chacune des salles, encore que cela ne rendrait guère compte du caractère tortueux de certaines d'entre elles. La somme des longueurs topographiées est souvent retenue en spéléologie, mais ici elle nous semble peu représentative des développements souterrains. C'est pourquoi les dimensions et les surfaces paraissent des critères plus appropriés. Passons à présent en revue les dix volumes considérés.



	Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)	Surface (m²)	Volume (m³)	% surface	% volume
De Joly	122	74	30	6285	188556	31	42
Rouges	160	62	30	5017	150504	25	33
Petit	78	58	30	2719	81572	14	18
Nord	92	54	8	2704	21635	13	5
Hautes	137	56	3	2031	6092	10	1
Rieu	45	24	3	334	1002	2	0
Merveilles	42	27	3	562	1685	3	0
Glory	20	15	2	138	275	1	0
Gèze	38	19	4	319	1275	2	0
Sotrabas	13	4	1	20	20	0	0
TOTAL	333	174	-	20128	452617	100	100

Tableau 1 - Évaluation des dimensions générales, des surfaces et des volumes de chacune des salles d'Orgnac I.

Figure 2, ci-contre - Plan simplifié d'Orgnac I avec présentation des 10 salles topographiées.

La salle De Joly est le volume majeur de l'aven. D'une longueur de 122 m pour 74 m de largeur, sa hauteur moyenne est estimée à 30 m environ. C'est un volume caractérisé par une accumulation importante de blocs de grande taille, un plafond effondré et la présence de l'aven à l'aplomb du cône. Sa surface (6285 m²) représente 31% d'Orgnac I et son volume (190000 m³) représente plus de 40% du total d'Orgnac I.

Les salles Rouges, que nous avons considéré débuter dès la plateforme finale est le second volume avec une surface de 5071 m² et un volume de 150000 m³ soit 25% de la surface et 33% du volume d'Orgnac I. C'est un des rares endroits où on identifie clairement les morphologies pariétales témoignant de la genèse de la cavité.

La salle Petit est le volume central se développant sous les salles Hautes. Bien qu'à l'origine plus basse, nous avons suivi l'évolution toponymique qui place ce nom (Petit) désormais à mi-parcours du cheminement touristique. Vaste volume effondré, encombré de blocs importants, avec une surface de 2719 m² et un volume estimé à 81500 m³, cette salle constitue 14% de la surface et 18% du volume d'Orgnac I.

Les salles Nord, bien qu'occupant une surface importante (2704 m² soit 13% de la surface totale) ne représentent que 21600 m³ soit 5% du volume total. Cela est lié à l'important tablier d'éboulis qui se développe dans cette suite septentrionale de la salle De Joly.

Il en est de même des salles Hautes qui avec une surface de 2031 m² (soit 10% du total) ne représente qu'1% du volume de la cavité. Cela tient à la géométrie de conduits surbaissés, labyrinthiques et modestes qui caractérisent cette partie élevée de la cavité.

Les cinq volumes suivants, la salle des Merveilles, la salle Gèze, la salle Glory, la galerie Rieu et la galerie Sotrabas sont des volumes anecdotiques, tous inférieurs à 2 ou 3% du total. Cependant malgré leur petite taille, ils conservent une existence marquée par les toponymes qui les caractérisent.

Avec une surface totale de 20128 m² et un volume total estimé à 450000 m³, Orgnac I reste un vide majeur des paysages karstiques français[1]. Contenu dans un parallélépipède calcaire de 333 m x 174 m pour une

[1] *La salle de la Verna dans les Pyrénnées Atlantiques reste le plus grand volume souterrain de France (6e rang mondial) avec un volume de 3,6 millions de m³. Source : http://www.3dlasermapping.com/attachments/article/78/Verna.pdf*

dénivellation de 140 m, soit un volume de 8 millions de m^3, l'aven d'Orgnac présente un indice de cavernement (volume des vides spéléologiques rapportés à la plus petite boîte englobante contenant le vide karstique) de l'ordre de 5,5 % ce qui est assez considérable (Gèze, 1965). L'évaluation correcte des volumes de vides par rapport aux pleins est toujours délicate et quelque peu biaisée par la connaissance spéléologique lacunaire que l'on a des systèmes karstiques. Cependant, cela constitue un apport intéressant à la connaissance spéléogénétique de la cavité, surtout si cela est replacé dans le cadre d'une étude géomorphologique plus large.

Conclusion

L'objectif du présent travail était de proposer une nouvelle représentation de l'ensemble des volumes souterrains d'Orgnac I. En parcourant l'ensemble de ces vides et en proposant ici une représentation géométrique correctement dimensionnée, nous proposons une nouvelle image d'Orgnac I, dans la lignée des topographies précédemment réalisées au cours des 75 dernières années. L'analyse dimensionnelle sommaire des dix volumes sélectionnés constitue un support à une meilleure description de chaque objet. Mis en perspective avec la toponymie (Gauchon et *al*., 2012), on constate un dimorphisme assez considérable entre les véritables volumes majeurs de la cavité (certain sans toponymes marqués : salles Nord, salle Hautes) et des volumes mineurs (salle Glory, salle Gèze) pourtant affublés d'un toponyme personnalisé. Cela tient à la fois à l'histoire des explorations (les salles Hautes sont découvertes plus tardivement) qu'à des choix de mettre telle ou telle personne en avant.

Autre intérêt du document hors-texte proposé ici, celui d'offrir une nouvelle grille de lecture aux analyses géomorphologiques de la cavité. Ainsi, si les salles Rouges constituent toujours le point bas de la cavité avec des morphologies pariétales bien conservées témoignant de la genèse de la cavité en régime paragénétique, d'autres volumes, jusqu'à présent mal identifiés, présentent un intérêt tout aussi important. C'est le cas des salles Hautes, ensemble de conduits labyrinthiques caractérisés par des morphologies phréatiques témoignant sans doute de la fin de la phase paragénétique. L'identification de morphologies similaires dans les conduits de la salle Glory et dans une mesure moins éloquente dans la galerie Rieu, permet aujourd'hui de reconnaître un vaste ensemble géomorphologiquement homogène perché à 260 m NGF et traduisant une dynamique des écoulements orientés WNW / ESE. Cette direction des écoulements à la fin de la phase paragénétique est différente de la direction plutôt subméridienne du début de cette phase. N'y a-t-il pas dans ce possible changement de direction, sur une aggradation de l'ordre de 100 m de dénivelé, matière à reconnaître une migration du paléo-point de résurgence qui devait drainer Orgnac à cette époque ? Voilà une première piste que nous propose déjà cette nouvelle topographie.

On l'aura compris, qu'il s'agisse de topométrie, de toponymie ou de géomorphologie, un document topographique exhaustif et fiable constitue une base précieuse sur laquelle il est possible de réfléchir, de construire un argumentaire et divers développements scientifiques. Orgnac I, cavité française majeure, méritait sans nul doute un tel travail.

Remerciements

Nous tenons à remercier ceux qui ponctuellement ont bien voulu participer à ces travaux de relevés topographiques : Philippe Barth, Jean-Loïc Bersihand, Lauranne Sonzogni et Bernard Fanget. De même, il fut fécond et agréable de pouvoir rencontrer l'équipe des topographes de « l'époque Trébuchon » qui ont bien voulu partager avec nous leur passion pour cette cavité : Christian Bayle, Louis Berger, Liliane Trébuchon, Claude Vilzius. Le cabinet Perazio a fourni un fond référencé qui a servi de support à nos cheminements et habillages. Enfin, nous remercions le Grand Site d'Orgnac pour sa confiance et son accueil.

Bibliographie

Bersihand J.-L., 2006. Etude géomorphologique des salles Rouges. Réseau d'Orgnac-Issirac (Ardèche, France). Contribution à l'étude spéléogénique et karstogénique de l'aven d'Orgnac. TER Master 1 Géographie, Université de Savoie, 85 p.

Boche É., Gamberi Almendra De Carvalho L., Jaillet S., Sadier B., 2011. Enregistrement et modélisation 3D de la fouille archéologique et paléontologique du cône d'entrée d'Orgnac (Ardèche, France). *In* Jaillet S., Ployon E., Villemin T. (dir), Images et Modèles 3D en Milieux Naturels. *Collection EDYTEM*, 12, 131-136.

Chabert C., Watson R.-A., 1980. Sur quelques problèmes de topographie. *Spelunca*, 4^e série, 20, 3, 119-121.

Gamberi A. De C. L., Boche É., Jaillet S., Sadier B., Peltier-Muscatelli R., Couchoud I., Prud'homme F., 2012. L'aven d'Orgnac. Études du cône d'éboulis de la salle Robert de Joly. *Ardèche Archéologie*, 29, 3-9.

Gauchon C., Jaillet S., Prud'homme F., 2012. Dynamique de la construction topographique et toponymique à l'aven d'Orgnac (Ardèche, France). *In* Delannoy J.-J., Jaillet S., Sadier B. (dir.), Karsts - Paysages et Préhistoire. *Collection EDYTEM*, 13, 157-176.

Gèze B., 1965. La spéléologie scientifique. Le Rayon de la Science, 192 p.

Jaillet S., Bersihand J.-L., Delannoy J.-J., Sadier B., Tocino S., 2007. Les banquettes-limites de l'Aven d'Orgnac : témoins d'une phase paragénetique majeure du réseau. Apport de l'analyse 3D par laserscanning. *Actes des rencontres d'Octobre*, 16 (2006), Méaudre, 64-70.

Jaillet S., Sadier B., Delannoy J.-J., Ployon E., 2010. Identification de morphologies pariétales en grotte à partir d'un lever laser 3D. Application aux salles rouges de l'Aven d'Orgnac (Ardèche, France). *Actes du colloque «Techniques Laser pour l'Etude des environnements naturels et urbains», Revue SFPT*, 191, 3-8.

Jaillet S., Sadier B., Hajri S., Ployon E., Delannoy J.-J., 2011. Une analyse 3D de l'endokarst : applications laser-grammétriques sur l'aven d'Orgnac. *Géomorphologie, reliefs, processus, environnement,* 4, 379-394.

Noury M., 2007. L'ouverture au milieu extérieur des volumes karstiques. Détritisme, construction de cône et reconstitution paléo-environnemtale. Mémoire master 2, géographie, Université de Savoie, 65 p.

Perazio G., 1999. Topographie détaillée Orgnac I. Document informatique format Autocad.

Perroux A.-S., 2005. Les remplissages détritiques endokarstiques. Contribution méthodologique à la lecture des mémoires paléogéographiques et environnementales. Application aux systèmes karstiques de Choranche (Vercors) et d'Orgnac (Bas-Vivarais). Thèse, Université de Savoie, 418 p.

LA BAUME DE RONZE

ENTRE KARSTOGENÈSE, ARCHÉOLOGIE ET PATRIMOINE

The baume de Ronze rock shelter: between karstogenesis, archaeology and heritage

Philippe BARTH [1], Bernard GÉLY [2]

[1] *Musée régional de Préhistoire, Site d'Orgnac, 07150 Orgnac-l'Aven.*

[2] *Service régional de l'archéologie, DRAC Rhône-Alpes, 6 quai Saint-Vincent, 69001 Lyon.*

Contact : p.barth@orgnac.com

Résumé

Toute proche de l'aven d'Orgnac, la baume de Ronze est un site dont la visite permet d'éclairer à la fois l'histoire géologique récente et le peuplement préhistorique de la région. Vaste aven d'effondrement, elle est interprétée comme un stade futur dans l'évolution de l'aven d'Orgnac.

L'occupation humaine holocène a été particulièrement bien documentée par vingt années de fouilles réalisées par le Centre d'archéologie préhistorique de Valence sous la direction d'Alain Beeching. À l'issue de ces travaux, la baume de Ronze apparaît comme un site majeur pour la compréhension du Néolithique dans le Midi de la France.

***Mots-clés** : aven d'effondrement, Orgnac, Néolithique, baume de Ronze, Ardèche.*

Abstract

Very close to the aven d'Orgnac, the Baume de Ronze rock shelter is a site whose visit show the recent geological history and the prehistoric settlement of the region. Large sinkhole collapse, it is interpreted as a future stage in the evolution of Orgnac.

The Holocene human occupation has been particularly well documented by twenty years of excavations conducted by the Centre of Prehistoric Archaeology of Valence (France) under the direction of Alain Beeching. Following this work, the Baume de Ronze appears as a major site for understanding the Neolithic in this area.

***Keywords**: collapse cave, Orgnac, Neolithic, baume de Ronze, Ardèche.*

Introduction

Cachée dans le dense taillis de chênes verts du bois de Ronze, dans l'ombre d'un site touristique majeur au plan national, la Baume de Ronze recèle bien des trésors. La descente, en été, dans ce havre de fraîcheur et de calme est un véritable dépaysement tant l'ambiance y est différente de celle du taillis surchauffé. Passée l'émotion esthétique, l'attention laisse rapidement place à la curiosité : la morphologie du site s'inscrit en effet dans l'évolution des grandes cavités comme l'aven d'Orgnac. De même, bien qu'aucun vestige ne soit actuellement visible, l'aspect accueillant de la baume suggère qu'elle a été habitée de longue date. Près d'un siècle de fouilles archéologiques l'ont d'ailleurs démontré. Ainsi, la baume de Ronze apparaît, pour les curieux qui en découvrent le chemin, comme un passionnant complément à la visite de l'aven d'Orgnac et de la future Cité de la Préhistoire, situés à proximité.

I - Situation et contexte géologique

La baume de Ronze (Figure 1) est un vaste aven largement ouvert sur l'extérieur, situé à 650 m à l'ouest-sud-ouest de l'aven d'Orgnac, sur la commune d'Orgnac-l'Aven, dans le périmètre classé du Grand site de l'aven d'Orgnac, étendu en 2008. Les deux cavités se développent dans les calcaires bédouliens à faciès urgonien (cf. Carte géologique au 50 000e, feuille de Bourg-Saint-Andéol, BRGM, 1989). Ce sont des calcaires compacts de type biocalcarénite et calcaires fins à rudistes, très propices à la karstification. Stratigraphiquement, à la faveur d'une faille, la baume de Ronze est située dans un niveau supérieur du Bédoulien par rapport à l'aven d'Orgnac. Les deux couches calcaires sont séparées par un niveau marneux, la « vire » v 4. Structuralement, le secteur considéré est situé sur le flanc sud de l'anticlinal du bois de Ronze d'axe est - ouest. À 1,4 km au sud, celui-ci s'ennoie sous les formations de l'Eocène terminal et de l'Oligocène basal du bassin d'Issirac.

II - Éléments de karstogenèse

L'histoire de la formation de la grotte est vraisemblablement proche de celle de l'aven d'Orgnac (de Joly, 1946). En effet, un coup d'œil circulaire depuis la plateforme de -15 m évoque la première salle de ce dernier : un vaste volume occupé par un amoncellement de blocs qui descend vers les parties basses.

La différence la plus marquante est l'absence de voûte au-dessus de la majeure partie de la grotte. Alors que les effondrements qui ont affecté la première salle de l'aven d'Orgnac n'ont créé qu'une modeste ouverture par rapport à la superficie de la salle, dans la baume de Ronze, c'est au bas mot 2000 m² de plafond qui se sont écroulés, probablement en plusieurs étapes. Autre différence : en descendant le long de l'éboulis d'Orgnac, on finit par retrouver, dans les salles Rouges et dans les réseaux non aménagés, des formes originelles



Figure 1 - La baume de Ronze est un volume impressionnant, à la croisée des influences internes et externes. Ci-dessus, Photo F. Prud'homme ; ci-dessous, Photo S.Jaillet.



de corrosion ; c'est-à-dire des volumes qui n'ont pas, ou peu, été affectés par des effondrements de voûtes. Dans la baume de Ronze au contraire, les volumes effondrés ont été plus importants et ont comblé l'accès à d'éventuels réseaux intacts.

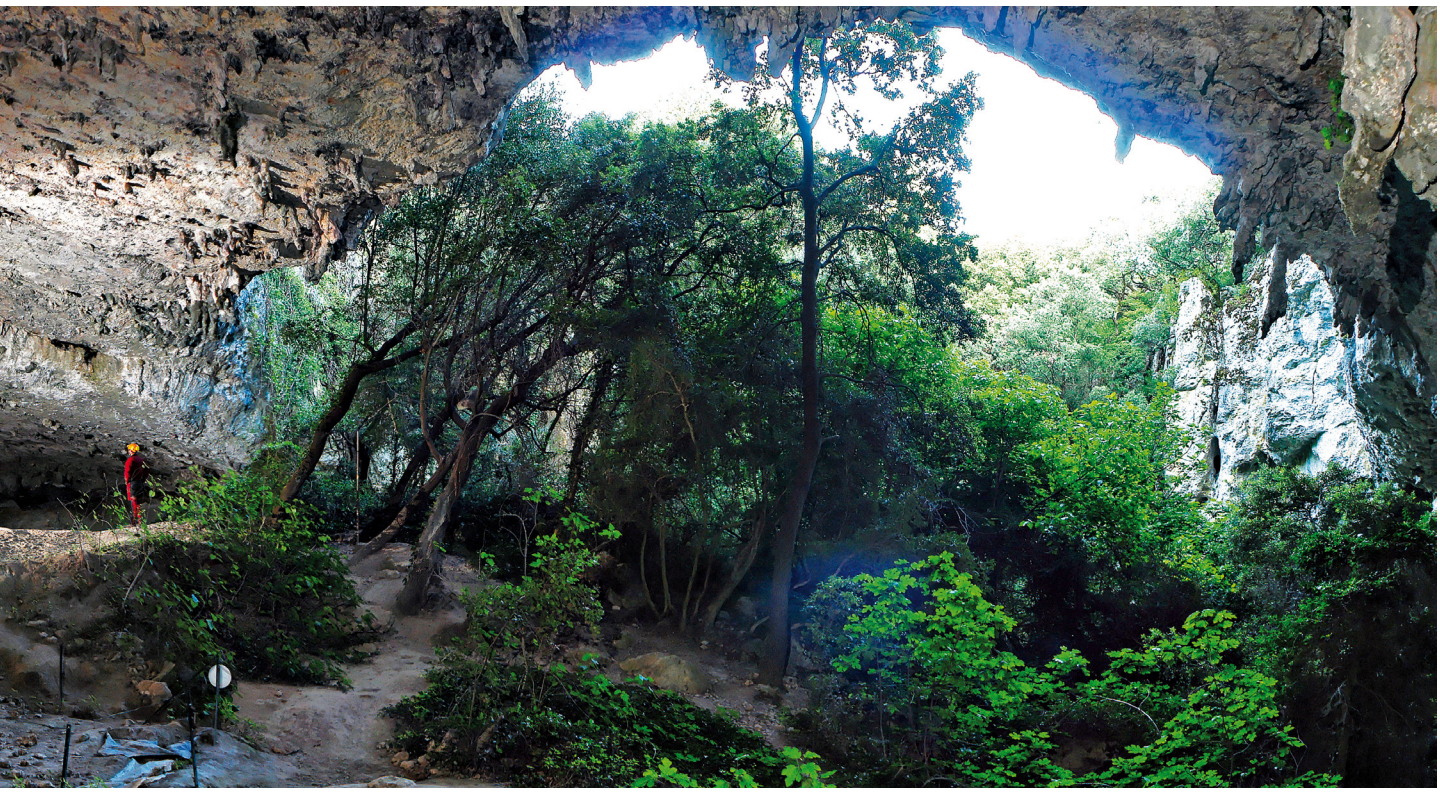
Cette large ouverture a pour conséquence un impact des agents atmosphériques dans toute la cavité. Des cavitations dues à la gélifraction ainsi que de gros volumes de gélifracts en sont la marque la plus nette. Si l'action du gel est actuellement limitée aux corniches bordant l'aven, elle a pu provoquer la desquamation des parois plus profondément lors des épisodes glaciaires. En effet, si on ne peut dater l'ouverture de la grotte, des vestiges attribués au Paléolithique y ont été trouvés, attestant qu'un large aven, facilement accessible, existait déjà durant le dernier stade froid.

Des concrétions particulières confirment le caractère semi-souterrain de la baume de Ronze : la plupart des stalactites ont des formes boursouflées car elles sont constituées de travertin et, de plus, elles sont incurvées vers le centre de l'aven. La lumière provenant de celui-ci a autorisé le développement des mousses du côté de l'ouverture ; celles-ci, par leur action photosynthétique, ont prélevé du CO_2 dans les eaux de ruissellement, accélérant la précipitation de la calcite côté lumière. Ce phénomène de phototropisme « biominéral » est courant mais il est rarement aussi bien exprimé qu'ici.

III - Archéologie

Les premières fouilles archéologiques ont été menées dès la fin du 19e siècle. Le niveau archéologique le plus ancien reconnu à ce jour dans la cavité a été atteint lors des fouilles de l'abbé Roux menées de 1955 à 1959 sous une couche mésolithique. Un dépôt de cailloutis cryoclastique avait livré une faune froide (renard polaire et lièvre variable) et de l'industrie lithique de type Paléolithique supérieur final.

Entre 1977 et 1996, des fouilles ont été conduites dans l'abri supérieur par le Centre d'archéologie préhistorique de Valence, sous la direction d'Alain Beeching. Elles ont permis d'identifier plusieurs phases d'occupations holocènes. Une série d'occupations du Sauveterrien (Mésolithique) a été identifiée dans une fine stratification limono-argileuse ainsi qu'un Mésolithique mal caractérisé, peut-être Castelnovien, dans des accumulations cendreuses. Les niveaux du Néolithique ancien, Cardial, peuvent atteindre un mètre de puissance, le plus souvent lié à un sédiment limoneux et caillouteux. Ils se divisent en au moins deux grands ensembles scindés par une phase d'érosion et de concrétionnement. De nombreuses occupations se succèdent, entrecoupées par des phases d'abandon de la cavité. Des vestiges de trous de poteaux ont permis de mettre en évidence des structures construites, probablement des habitations temporaires.



Le Néolithique moyen, Chasséen, se présente sous la forme de lits charbonneux intercalés dans une succession de limons colorés où les dépôts organiques, litières et fumiers de bergeries, sont importants. Ceci rappelle les dépôts observés dans d'autres vastes grottes autour des gorges de l'Ardèche comme la grotte de Saint-Marcel ou la Baume d'Oulen. Cette stratification cyclique régulière évoque une utilisation de ces cavités comme bergerie. Le Néolithique final présente une séquence complète, largement amputée par les fouilles anciennes. Un niveau « proto-Ferrières », deux niveaux Ferrières et un niveau du groupe des Bruyères ont néanmoins été identifiés, ainsi qu'un niveau compacté chalcolithique (Fontbouisse) et un niveau de l'Âge du Bronze ancien.

IV - Patrimoine et valorisation raisonnée

Depuis la fin des fouilles, les fosses sont protégées par des planches de bois et du sédiment. Ce dispositif se dégradant, la commune d'Orgnac-l'Aven, avec le soutien du Service régional de l'archéologie, a décidé de faire appel à une entreprise spécialisée pour fermer les fosses de fouille de manière plus durable mais néanmoins réversible. Ainsi le site présentera-t-il des conditions de sécurité et de visibilité correctes et compatibles avec la richesse de ses intérêts. En effet, on l'aura compris à travers cette courte note, les intérêts sont triples : géologique et géomorphologique ; archéologique et préhistorique ; enfin, patrimonial et éventuellement touristique (Figure 2).

Si une mise en tourisme de masse ne parait absolument pas souhaitable, le panneautage en place depuis l'aven d'Orgnac et le fait que cette cavité soit pointée sur carte IGN constituent déjà une forme d'organisation touristique qu'il convient d'encadrer et de structurer correctement. Il pourrait être fécond à l'avenir d'identifier et de proposer des formes touristiques compatibles avec ces enjeux scientifiques, médiatiques et conservatoires du site. À tous ces égards, ce site très spectaculaire et emblématique de la région mérite de la part de tous, attention, étude, conservation et valorisation.



Figure 2 - Visite guidée à la baume de Ronze, en direction d'un public scolaire et organisée par la Cité de la Préhistoire d'Orgnac. Photo F. Prud'homme.

Bibliographie

Albigny P. d', 1895. L'aven de Ronze à Orgnac-l'Aven. *Revue du Vivarais*, 3, 241-243.

Beeching A., 1987. Les gisements de la Baume de Ronze et de Rochas : contribution à l'étude d'un groupe cardial Cèze-Ardèche et de ses prolongements septentrionaux. *In* Premières communautés paysannes en Méditerranée occidentale. Éditions du C.N.R.S., 513-522.

Beeching A., Cordier F., 1986. La Baume de Ronze à Orgnac-l'Aven ; un site majeur de la Préhistoire récente rhodano-languedocienne ; le point des recherches en 1986. *ARENERA*, 2, 50-59.

Beeching A., Moulin B., 1981. Les structures de combustion des niveaux supérieurs de la Baume de Ronze à Orgnac-l'Aven ; première approche. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 78, 10-12, 411-431.

Beeching A., Moulin B., 1983. Sédiments anthropiques et coprolithes animaux : modestes contributions à de grands problèmes ? *Bulletin de la Société préhistorique française*, 80, 3, 72-74.

Beeching A., Thirault É., 2009. Un habitat en grotte du Néolithique ancien : les cabanes de Baume de Ronze (Orgnac, Ardèche). *In* Mémoire XLVIII de la Société préhistorique française, De la maison au village. L'habitat néolithique dans le Sud de la France et le Nord-Ouest méditerranéen, 49-59.

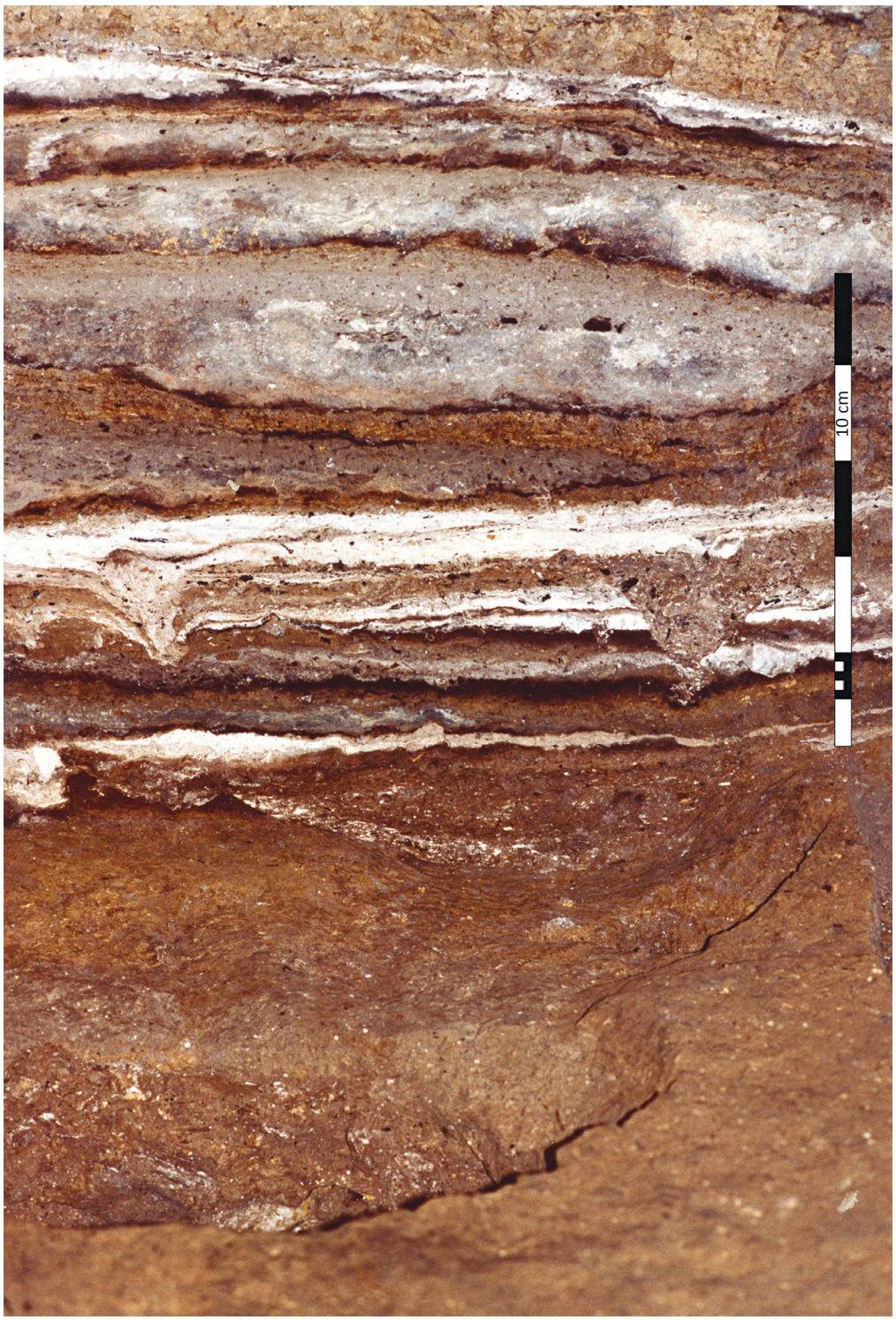
Brochier J.-E., 1983. Combustion et parcage des herbivores domestiques ; le point de vue du sédimentologue. *B.S.P.F.*, 80, 5, 143-145.

Gaillard C., 1936. L'abri sous-roche du Puits de Ronze à Orgnac-l'Aven. Étude de la faune. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 33, 549-667.

Joly R. de, 1946. Guide de l'aven d'Orgnac. Éd. atelier H. Péladan, Uzès, 80 p.

Saint-Périer R. de, 1922. L'abri-sous-roche de la Baume de Ronze à Orgnac. *L'Anthropologie*, 32, 515-516.

Saint-Périer R. de, 1935. Fouilles de la Baume de Ronze à Orgnac-l'Aven. Rhodania, 127-135.

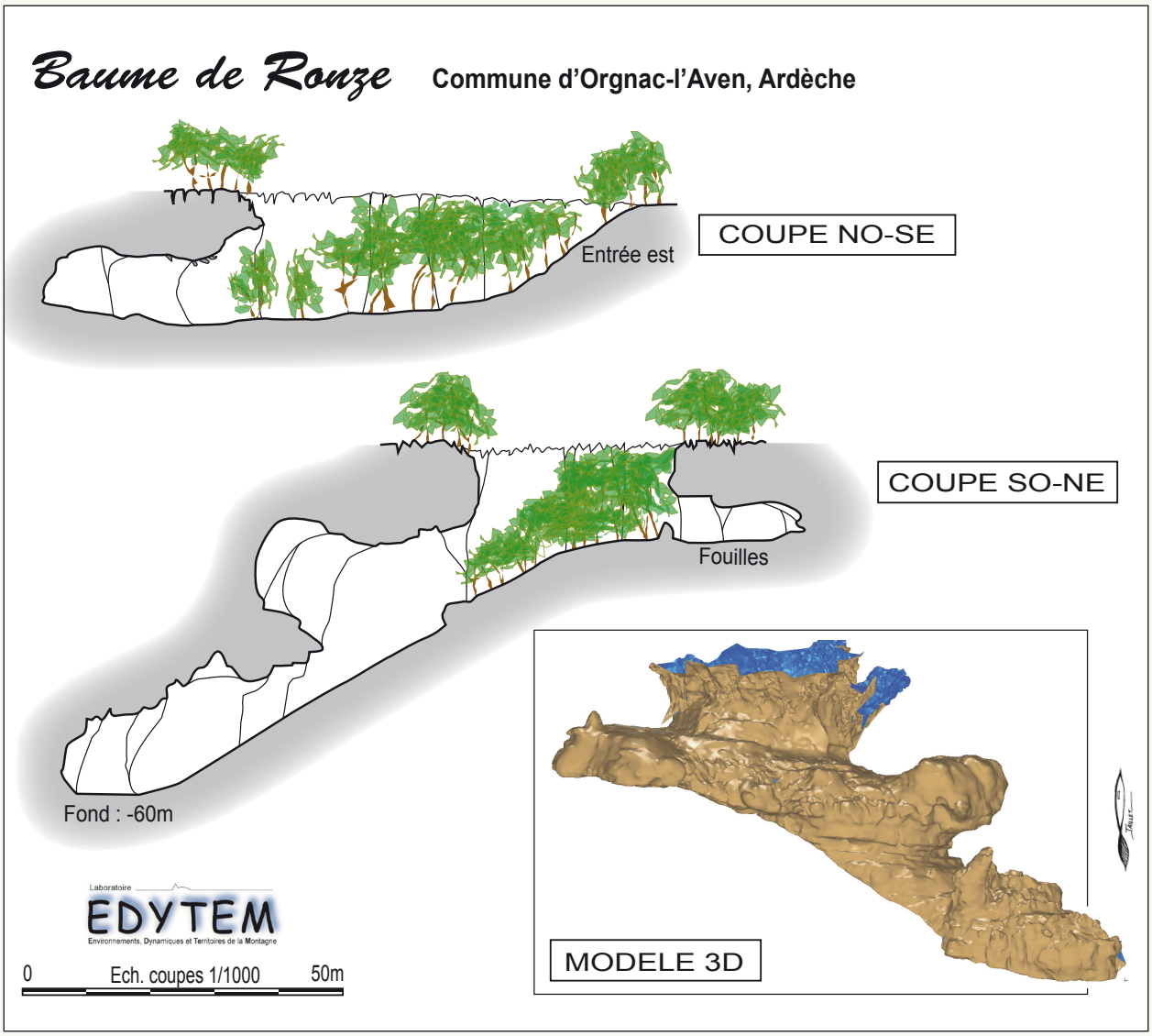


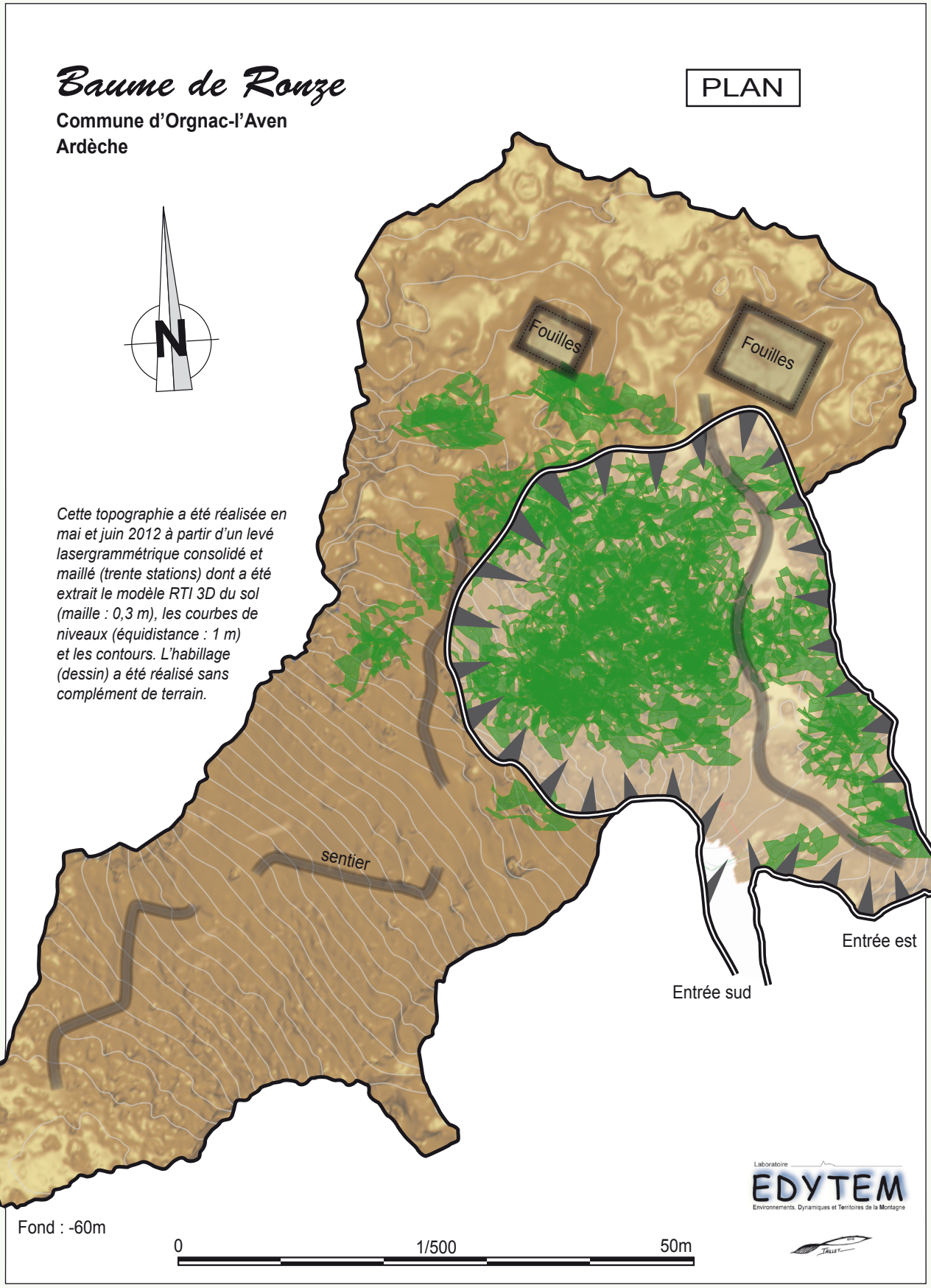
Séquence stratigraphique à la Baume de Ronze, constituée de niveaux limoneux alternant avec de fines strates blanches, grises et noires, correspondant à des litières d'herbivores domestiques plus ou moins décomposées et calcinées. Cette séquence métrique (Néolithique moyen) repose sur un cailloutis argileux (tiers bas de la photo). De telles formations sont connues dans de nombreuses grandes cavités drômoises et ardéchoises (Oulen, St-Marcel, Maquis, Chazelles, Combe Obscure, etc.) sans doute utilisées comme bergeries lors de déplacements saisonniers. Ces occupations sont souvent peu riches en mobilier archéologique à l'inverse des habitats plus pérennes. Photo F. Prud'homme.

Une topographie et un modèle 3D de la Baume de Ronze

Stéphane JAILLET, Françoise PRUD'HOMME, Stéphane TOCINO

Un site aussi exceptionnel que la baume de Ronze mérite une documentation topographique à la hauteur de ses intérêts. Dans cet objectif, un relevé lasergrammétrique 3D a été réalisé en mai 2012. Trente positions de scanners ont permis l'acquisition d'un nuage de l'ordre de 1 milliard de points. La consolidation du nuage a été réalisée par la technique des sphères sur 1/9 du nuage soit environ 120 millions de points. Cette consolidation est correcte (infra centimétrique) et permet d'obtenir un nuage présentant peu de masques et de points aberrants. Une décimation a permis de ne conserver que 15 millions de points, plus faciles à manipuler, même sur une station de travail de bureau. De ce nuage réduit, a été réalisé un modèle 3D RTI (réseau de triangles irréguliers) puis ont été extraits deux coupes et un plan dont le fond est une image du modèle maillé du sol de la cavité, nettoyé de la végétation. L'intérêt de cette procédure est la réalisation d'une topographie, à partir du modèle 3D, sans phase de topographie et de dessin sur le terrain. Au-delà de cette production iconographique qui donne une nouvelle image de la baume de Ronze, il semble possible de poursuivre le travail dans trois directions au moins : (i) investigation en 3D sur les volumes et le rôle des conditions structurales (plan de stratification, fractures…), (ii) analyse 3D des stalactites phototropiques qui occupent le pourtour de la baume et (iii) utilisation du modèle 3D pour une analyse des conditions de circulation aérologique et de leurs conséquences sur la conservation du site. Nul doute que le site mérite de telles études. Nous tenons à remercier le cabinet Perazio pour le prêt du scanner HDS 6000.




Baume de Ronze
PLAN
Commune d'Orgnac-l'Aven
Ardèche
N
Fouilles
Fouilles
Cette topographie a été réalisée en mai et juin 2012 à partir d'un levé lasergrammétrique consolidé et maillé (trente stations) dont a été extrait le modèle RTI 3D du sol (maille : 0,3 m), les courbes de niveaux (équidistance : 1 m) et les contours. L'habillage (dessin) a été réalisé sans complément de terrain.
sentier
Entrée est
Entrée sud
Laboratoire
EDYTEM
Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne
Fond : -60m
0
1/500
50m

Postface

La Grotte Chauvet - Pont-d'Arc
Un trésor de l'humanité

Située dans le cirque d'Estre sur la commune de Vallon - Pont-d'Arc, dans le prolongement de l'arche naturelle du Pont-d'Arc, la grotte Chauvet - Pont-d'Arc est le plus ancien chef-d'œuvre de l'art pariétal connu à ce jour. Sa découverte, le 18 décembre 1994, par trois spéléologues Jean-Marie Chauvet, Eliette Brunel et Christian Hillaire, a bouleversé le monde de l'archéologie et de l'histoire de l'art. Cette cavité est en effet unique par l'originalité de son bestiaire (14 espèces animales représentées), l'ancienneté et la qualité esthétique de ses dessins et gravures. De surcroît elle est située dans un écrin paysager remarquablement riche, tant du point de vue de la géologie, de la faune que de la flore. Site classé, le secteur est géré aujourd'hui par le Syndicat de Gestion de la Réserve Naturelle des Gorges de l'Ardèche.

Afin de valoriser ces différents patrimoines, le Conseil régional de Rhône-Alpes, le Conseil général de l'Ardèche avec l'appui de l'État, de l'Europe et des collectivités locales, se sont mobilisés pour assurer la conservation et la valorisation de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc. Cette action s'appuie en grande partie sur les recherches menées par l'équipe scientifique de la grotte.

Construction d'une réplique de la grotte

La Grotte Chauvet - Pont-d'Arc est fermée au public depuis sa découverte pour d'évidentes raisons de préservation. Une reproduction grandeur nature des œuvres laissées par les plus anciens artistes connus de l'humanité ouvrira en 2014, à deux kilomètres du site originel, sur les hauteurs de Vallon - Pont-d'Arc.

Site enterré et éclaté sur près de huit hectares, l'Espace de restitution comprendra deux pôles culturels majeurs : la grotte reconstituée sur 3 500 m² et un centre de découverte.

Les techniques les plus innovantes seront utilisées pour relever le formidable défi visant à restituer les émotions suscitées par les représentations pariétales de la grotte originale. Les sens des visiteurs seront stimulés : la fraîcheur, l'humidité, le silence, l'obscurité mais aussi les sensations olfactives contribueront en effet à immerger le public dans la grotte reconstituée. Le relief des parois sera restitué au millimètre, et toutes les peintures seront traitées à partir des originaux numérisés. Cette réalisation exceptionnelle portée par la Région Rhône-Alpes et le Département de l'Ardèche avec l'appui de l'Etat et de l'Europe (50 millions d'euros investis) permettra aux visiteurs de ressentir l'émotion de la visite de la vraie grotte. Géré par la société Kléber Rossillon spécialisée dans la gestion de site culturel et touristique, l'Espace de restitution devrait accueillir chaque année entre 300 000 et 400 000 visiteurs.

En attendant, une exposition permanente proposée à Vallon - Pont-d'Arc par le Centre européen de recherches préhistoriques et la municipalité vallonnaise est accessible au public toute l'année à des milliers de visiteurs - www.prehistoireardeche.com

Candidate pour une inscription à l'UNESCO

Avec ses caractéristiques exceptionnelles, La grotte Chauvet - Pont-d'Arc peut prétendre à l'inscription sur la liste prestigieuse du Patrimoine mondial de l'UNESCO. Le dossier de candidature est actuellement en cours d'instruction. Un comité de soutien a été officiellement lancé le 14 juin 2010 à Vallon - Pont-d'Arc et compte plus de 15 000 membres. La grotte Chauvet - Pont-d'Arc pourrait intégrer à l'été 2014 le cercle fermé et très prisé des sites inscrits dans le monde. En Rhône-Alpes, déjà, le site historique de Lyon en fait partie. Ce classement à forte notoriété donnerait un formidable coup de projecteur, en attirant en Ardèche de nouveaux visiteurs passionnés de patrimoine culturel. Cette candidature est aussi l'occasion pour nous de structurer et organiser l'ensemble du département de l'Ardèche dans une perspective de développement durable et raisonné. Les questions des transports, de la préservation des ressources et de l'amélioration des pratiques touristiques constituent autant d'enjeux fondamentaux. Par ailleurs, nous travaillons sur l'appropriation, la diffusion et la mise en œuvre des valeurs prônées au travers de la Convention du Patrimoine Mondial. Ce travail pédagogique a une grande importance à nos yeux, car lui seul permet aux populations de prendre conscience de la richesse de son patrimoine naturel et culturel pour en assurer ensuite naturellement une gestion pérenne.

Le développement territorial

La découverte de la grotte, le travail de recherche scientifique, le projet d'Espace de restitution et la candidature UNESCO sont étroitement liés et constituent pour l'ensemble des acteurs du « Grand Projet Rhône-Alpes LA GROTTE Chauvet Pont-d'Arc » une occasion unique de créer une véritable dynamique de développement territorial. Son objectif est de bénéficier de retombées positives pérennes et de faire du sud-Ardèche et des territoires environnants une destination culturelle et patrimoniale d'intérêt national et international.

De ce fait, le caractère exceptionnel et le potentiel de rayonnement de la cavité sud-ardéchoise a permis d'inscrire la démarche autour de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc parmi les sept «Grands Projets Rhône-Alpes». Ce label vise à favoriser un aménagement équilibré et durable du territoire, la création d'emplois, la préservation et la valorisation de l'environnement, un large partenariat entre les acteurs sociaux, économiques, universitaires et enfin la notoriété et le rayonnement international de la région Rhône-Alpes.

Pour relever ces multiples défis des partenariats sont engagés avec les acteurs socio-économiques et universitaires. La récente convention de partenariat signée entre le « Grand Projet LA GROTTE Chauvet Pont-d'Arc » et l'Université de Savoie participe de cette dynamique, notamment pour construire et développer différents projets en lien avec l'enseignement supérieur et la recherche et associant la grotte Chauvet - Pont-d'Arc.

Hervé Saulignac

Vice-président du Conseil régional Rhône-Alpes
et co-président du « GPRA LA GROTTE Chauvet Pont-d'Arc »

Georges Fangier

Président du Pays de l'Ardèche Méridionale
et co-président du « GPRA LA GROTTE Chauvet Pont-d'Arc»

Pour en savoir plus :

GPRA CHAUVET

04 75 29 04 35

www.lagrottechauvetpontdarc.org

Cet ouvrage a été soutenu dans le cadre du « Grand Projet Rhône-Alpes LA GROTTE Chauvet Pont-d'Arc » avec une aide financière de 4 800 €.

Le GPRA LA GROTTE Chauvet - Pont-d'Arc est un projet d'accompagnement à la valorisation et à la candidature auprès de l'UNESCO de La Grotte Chauvet - Pont-d'Arc, porté par la Région Rhône-Alpes, le Pays de l'Ardèche Méridionale, le Parc Naturel Régional des Monts d'Ardèche, le Syndicat de Gestion des Gorges de l'Ardèche, le Syndicat Mixte Grand Projet LA GROTTE Chauvet Pont-d'Arc, le Conseil général de l'Ardèche.



L'Espace de restitution comprendra cinq bâtiments éclatés sur 8 hectares. © illustration agence Fabre et Speller - Atelier 3A.

Laboratoire

Collection EDYTEM

Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne

ISSN 1762-4304

À paraître :

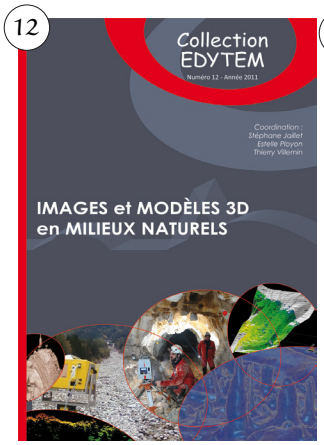
N° hors série - **Mer de Glace - Art et Science**

N° 14 - Managing Geosites in Protected Areas
Gestion des géosites dans les espaces protégés

N° 15 - Ressources patrimoniales et alternatives touristiques

Complétez votre collection !



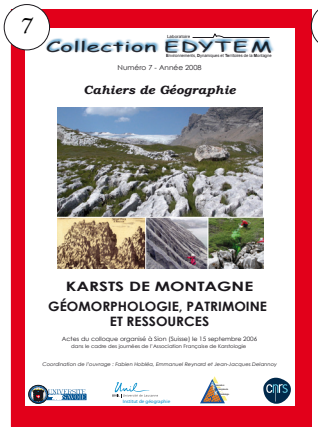


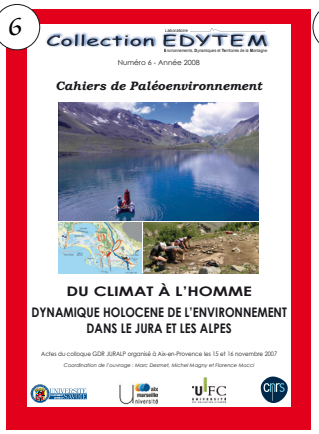


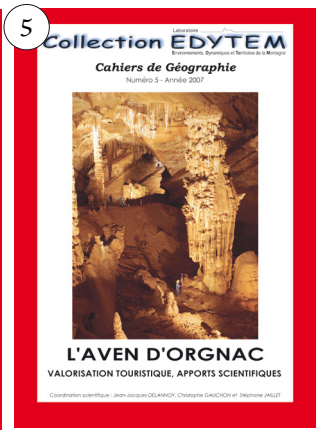


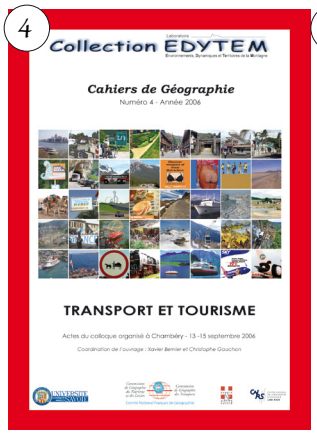


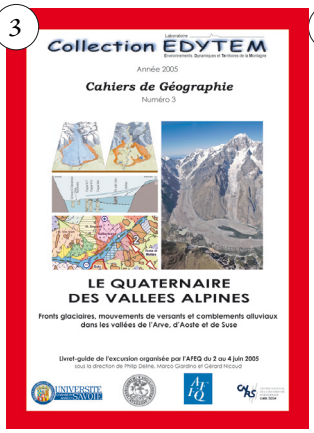


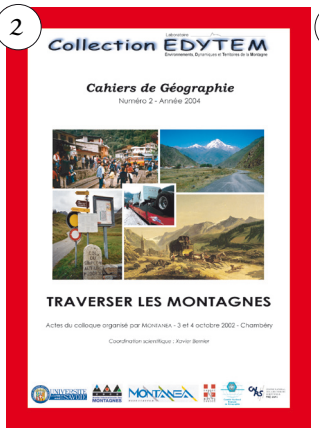














COMPLETEZ VOTRE COLLECTION

Cahiers Savoisiens de Géographie

	Prix du N°	Frais de port
N° 1 (1997) : **Transports et développement en Pays de Savoie**	10 €	3 €
N° 2 (1999) : **Livret guide des excursions Grands Causses - Vercors**	épuisé	
N° 3 (2000) : **La géographie des risques dits «naturels» entre géographie fondamentale et géographie appliquée**	10 €	3 €
N° 4 (2001) : **Identités et territoires**	10 €	3 €

Collection EDYTEM

N° **1** (2003) : **Dynamique et vulnérabilités des milieux montagnards méditerranéens et alpins**	15 €	3 €
N° **2** (2004) : **Traverser les montagnes**	15 €	3 €
N° **3** (2005) : **Le Quaternaire des vallées alpines**	épuisé, pdf en ligne *	
N° **4** (2006) : **Transport et Tourisme**	15 €	3 €
N° **5** (2007) : **L'Aven d'Orgnac, valorisation touristique, apports scientifiques**	15 €	3 €
N° **6** (2008) : **Du climat à l'homme : Dynamique holocène de l'environnement dans le Jura et les Alpes**	15 €	3 €
N° **7** (2008) : **Karsts de montagne : Géomorphologie, patrimoine et ressources**	15 €	3 €
N° **8** (2009) : **Neige et glace de montagne : reconstitution, dynamique, pratiques**	épuisé, pdf en ligne *	
N° **9** (2009) : **L' hydrothermalisme en domaine continental : Fonctionnement, ressource et patrimoine**	15 €	3 €
N° **10** (2010) : **Espaces protégés, acceptation sociale et conflits environnementaux**	15 €	3 €
N° **11** (2010) : **Panorama de la dendrochronologie en France**	15 €	3 €
N° **12** (2011) : **Images et modèles 3D en milieux naturels**	épuisé, pdf en ligne *	
N° **13** (2012) : **Karsts - Paysages et Préhistoire**	15 €	3 €

* Site web du laboratoire : http://edytem.univ-savoie.fr/
Plus d'informations sur chacun des documents sur ce site, ainsi que les pdf en ligne des numéros épuisés.

Pour recevoir ces publications, adressez votre commande à :

Université de Savoie, Laboratoire EDYTEM, secrétariat, Campus scientifique, 73376 Le Bourget-du-Lac cedex, France (ou à sec-edytem@univ-savoie.fr),

accompagnée d'un chèque (à l'ordre de M. l'Agent Comptable de l'Université de Savoie), ou d'un mandat administratif.

Aven d'Orgnac

Commune d'Orgnac-l'Aven, Ardèche

Cette topographie a été réalisée entre 2009 et 2012 par le laboratoire EDYTEM dans le cadre des travaux de recherches menés sur le site de l'Aven d'Orgnac. Le fond topographique des escaliers, des deux tunnels d'entrée et des bâtiments de surface est récupéré du fond topographique du cabinet Perazio (1999), complété par nos soins et par le plan de masse du site. Liste des personnes ayant participé aux levers topographiques : Philippe Barth, Jean-Loic Bersihand, Élisa Boche, Didier Cailhol, Bernard Fanget, Christophe Gauchon, Gabriel Hez, Stéphane Jaillet, Amandine Laborde, Françoise Prud'homme, Benjamin Sadier, Laurane Sonzogni, Matthieu Thomas, Stéphane Tocino. Synthèse générale et dessin : Stéphane Jaillet. Ce document A2 accompagne l'article « Une nouvelle synthèse topographique des salles et galeries d'Orgnac I », publié dans Collection EDYTEM n°13 – 2012.

N

0 25m 50m



GRAND SITE Aven d'Orgnac

Laboratoire EDYTEM
Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne

Réseau non aménagé
Orgnac-Issirac

Les Salles Nord

Galerie de la P2
ou Galerie Rieu

Salle de Joly

P.2

P.3

P.4

P.1

P.5

P.6

ENTREE NATURELLE

Salle des Merveilles

Salle Glory

Salle Gèze
(Niveau inférieur)

Salles Hautes (partie 1)

Salle du Chaos

Salles Hautes (partie 2)

Sotrabas -28

COUPE 1

COUPE 2

COUPE 3

BATIMENT ADMINISTRATIF

SALLE HORS SAC

MAISON DES STAGIAIRES

HALL ENTREE

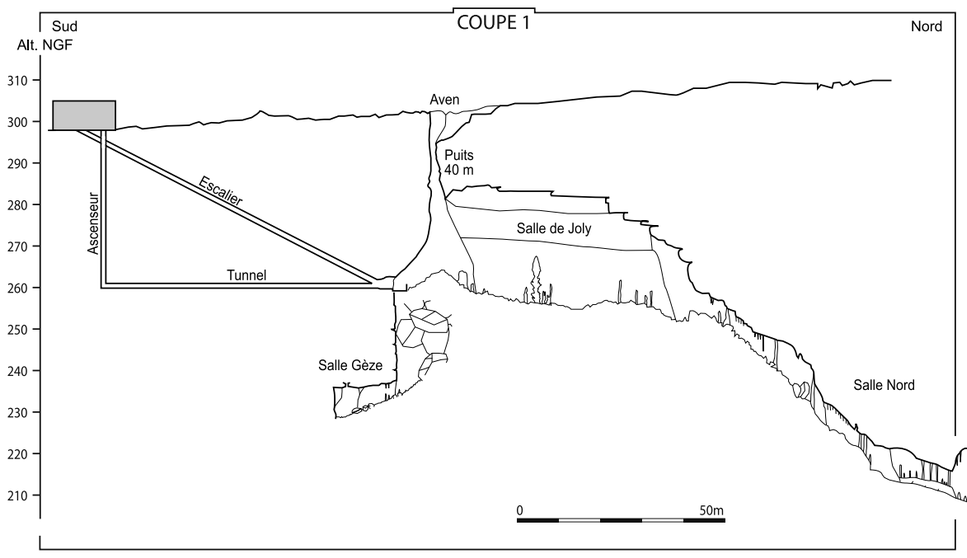
MUSEE

ACCUEIL

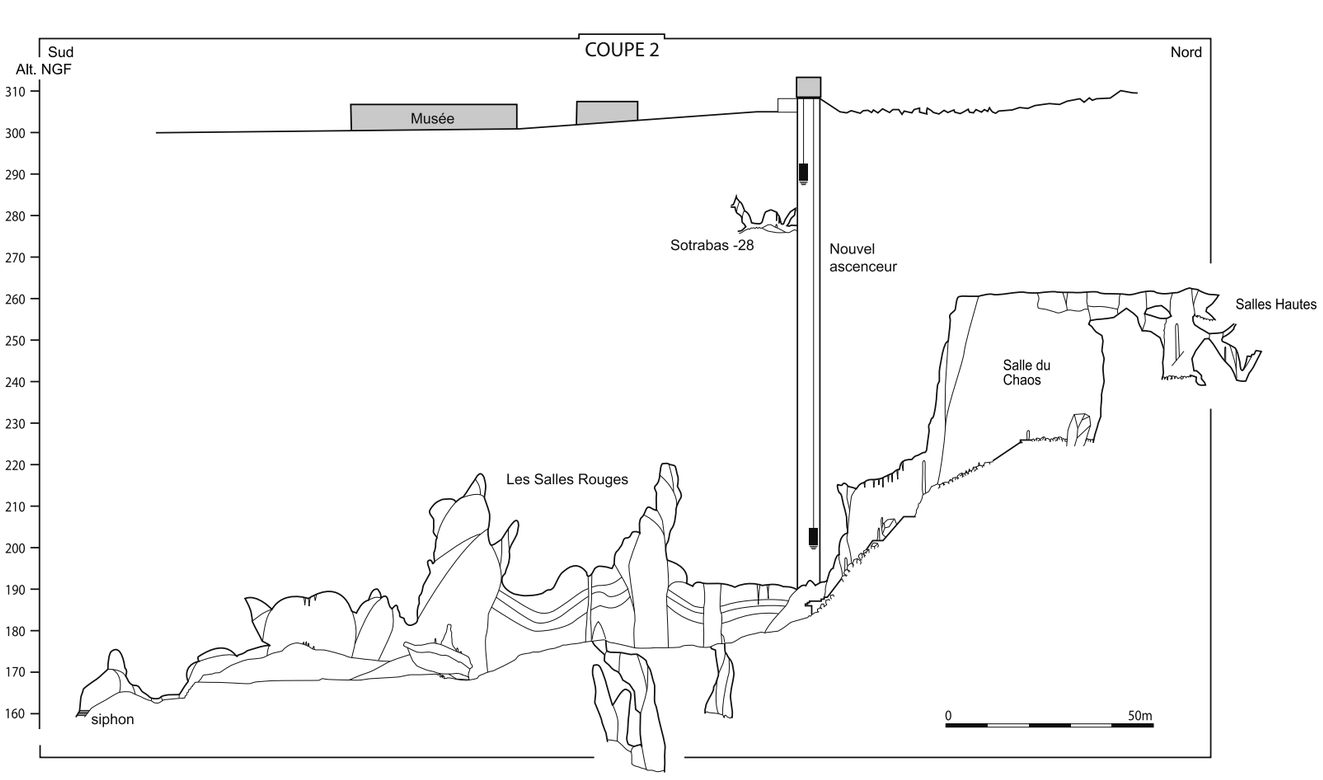
Les Salles Rouges

vers suite réseau Orgnac-Issirac

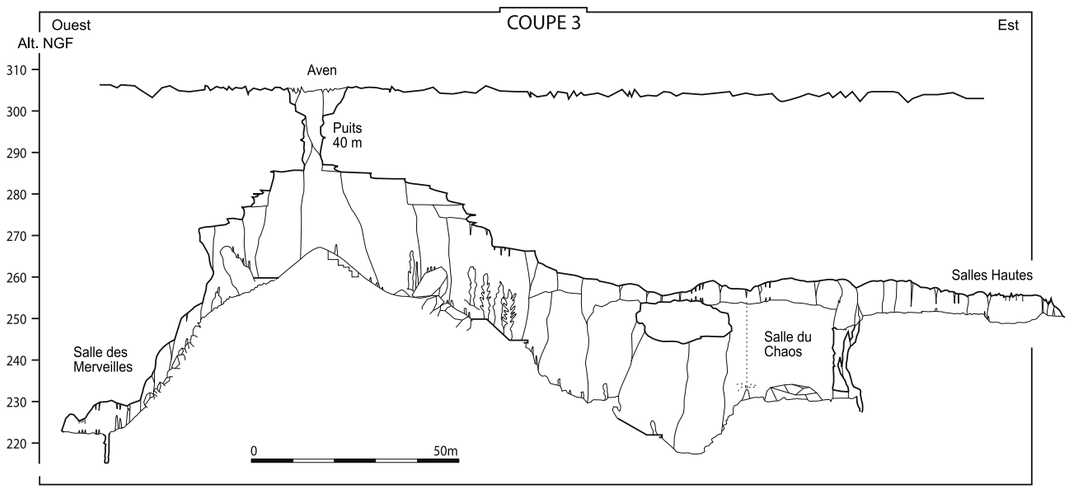
COUPE 1



COUPE 2



COUPE 3



LEGENDE

Limite paroi	Bloc pluri-métrique	Colonne stalagmitique
Talus majeur (décamétrique)	Blocs infra-métriques	Stalag. brisées (grosse, moyenne)
Talus moyen (sup. 1 m)	Petits blocs et clastes	Bloc de calcite (stalagmite au sol)
Talus mineur (inf. 1 m)	Sédiments fins (sables, argiles)	Gour, Ossements
Pente topographique	Ecoulement d'eau mineur	Escalier et aménagement
Rupture topogr. au plafond	Impact de gouttes	Rambarde des salles Nord
Cheminée (petite)	Stalagmites (grosse, moy., petite)	Marche dans l'argile

KARSTS - PAYSAGES ET PRÉHISTOIRE

Sommaire

Éditorial

Avant-propos. DELANNOY J.-J., JAILLET S., SADIER B.
Entre karsts, paysages et Préhistoire : l'Ardèche et le Bas-Vivarais.

Ouverture. GENESTE J.-M.
La Grotte Chauvet - Pont-d'Arc, 1994-2012 : une rétrospective anthropologique.

MONNEY J.
Et si d'un paysage l'on contait passé. Tissu de sens et grottes ornées le long des gorges de l'Ardèche.

DELANNOY J.-J. , GENESTE J.-M., JAILLET S., BOCHE É., SADIER B.
Les aménagements et structures anthropiques de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc. Apport d'une approche intégrative géomorpho-archéologique.

SADIER B., BENEDETTI L., DELANNOY, J.-J., BOURLÈS D., JAILLET S. , ARNAUD J., JARRY B., VERMOREL G., GENESTE J.-M.
Datations ^{36}Cl de la fermeture de la grotte Chauvet, implications géomorphologiques et archéologiques.

GENTY D.
Les spéléothèmes de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc : apports chronologiques et paléoclimatiques. Synthèse des travaux publiés.

TOSELLO G., DALIS A., FRITZ C.
Copier pour montrer, connaître avant de copier. Entre recherche et médiation, le fac-similé d'art préhistorique.

MALGAT C., DUVAL M., GAUCHON C.
Donner à voir un patrimoine invisible : de l'original à la copie. Le cas de l'Espace de restitution de la grotte Chauvet - Pont-d'Arc.

JAILLET S., CAILHOL D., ARNAUD J., ASTRADE L., BELINGARD C., BOCHE É, CORNILLON T., COUCHOUD I, DUGUET R., FRANCK N., GAUCHON C., HELLSTROM J., LE ROUX P., MONTEIL P., PEYRONEL O, PONS-BRANCHU E., SADIER B., THOMAS M.
Les crues du système karstique de Foussoubie (Ardèche, France). Une analyse géomorphologique et hydrodynamique des circulations dans la zone épinoyée du karst.

COUCHOUD I., GENTY D., BOURGES F., DRYSDALE R., JAILLET S.
Les spéléothèmes de l'aven d'Orgnac, potentialités et études en cours.

GAMBÉRI ALMENDRA DE CARVALHO L., BOCHE É, COUCHOUD I, JAILLET S., PELTIER-MUSCATELLI R., PRUD'HOMME F., SADIER B.
Le cône d'éboulis de l'aven d'Orgnac : un dépôt entre apports externes et édification endokarstique.

GAUCHON C., JAILLET S., PRUD'HOMME F.
Dynamique de la construction topographique et toponymique à l'aven d'Orgnac (Ardèche, France).

JAILLET S., BOCHE É, CAILHOL D., GAUCHON C., HEZ G., LABORDE A., PRUD'HOMME F., SADIER B., THOMAS M., TOCINO S.
Une nouvelle synthèse topographique des salles et galeries d'Orgnac I.

BARTH P., GÉLY B.
La baume de Ronze, entre karstogenèse, archéologie et patrimoine.

Postface. SAULIGNAC H., FANGIER G.
La Grotte Chauvet - Pont-d'Arc, un trésor de l'humanité.

La «Collection Edytem» a pour objet de montrer l'apport de la géographie, de la géologie et des sciences de l'environnement dans l'étude des milieux et territoires de montagne.

Déclinée en «numéros thématiques», elle met en avant les travaux réalisés au sein du laboratoire Edytem et les résultats de ses programmes et actions de recherche.

Prix 15 euros

ISBN 978-2-918435-05-1