

## Karstologie et remplissage sédimentaire du gisement pléistocène de Romain-la-Roche (Doubs, France).

Christophe Durllet, Denis Motte, Jérôme Gayet, Thierry Malvesy, Patrick Paupe

► **To cite this version:**

Christophe Durllet, Denis Motte, Jérôme Gayet, Thierry Malvesy, Patrick Paupe. Karstologie et remplissage sédimentaire du gisement pléistocène de Romain-la-Roche (Doubs, France).. Revue de Paléobiologie, Museum d'Histoire Naturelle de la Ville de Geneve, 2010, 29 (2), pp.447-464. hal-00599737

**HAL Id: hal-00599737**

**<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00599737>**

Submitted on 19 Aug 2019

**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.

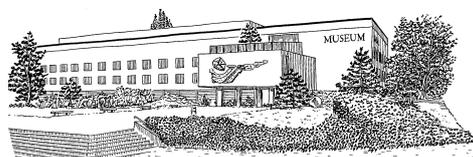
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# R E V U E D E PALÉOBIOLOGIE

---

ISSN 1661-5468

VOL. 29, N° 2, 2010



Muséum d'Histoire Naturelle • Ville de Genève • Suisse

## Karstologie et remplissage sédimentaire du gisement pléistocène de Romain-la-Roche (Doubs, France)

Christophe DURLET<sup>1</sup>, Denis MOTTE<sup>2</sup>, Jérôme GAYET<sup>2</sup>, Thierry MALVESY<sup>3</sup>  
& Patrick PAUPE<sup>4</sup>(†)

### Résumé

Le gisement pléistocène du site de Romain-la-Roche (commune de Romain dans le Doubs) correspond au remplissage épikarstique d'un aven affectant les calcaires du Jurassique moyen d'un plateau situé au nord du massif jurassien. Cette cavité, située en dehors de l'extension de la calotte du dernier maximum glaciaire, a été façonnée par un flux hydrologique en liaison avec un drainage de surface qui a vraisemblablement disparu au cours du Pliocène lors d'une phase d'inversion du relief de part et d'autre de la faille normale qui délimite la partie ouest du plateau. Avant son colmatage au cours du Pléistocène la cavité était reliée à un réseau dense de conduits karstiques sous-jacents qui ont été explorés par les spéléologues postérieurement aux opérations de fouilles paléontologiques. La base du remplissage de l'aven est de nature endokarstique et n'a livré aucun matériel paléontologique ou archéologique. Le remplissage épikarstique qui a livré le matériel étudié dans la présente monographie a commencé à se mettre en place au Pléistocène moyen lorsque le toit de la cavité, rattrapé par l'érosion de surface, s'est effondré. L'aven a alors formé un piège karstique d'abord profond et sans échappatoire, puis de plus en plus accessible suite à son comblement et à l'évasement de son ouverture.

### Mots-clés

Remplissage karstique, Gisement paléontologique, Pléistocène, Jura.

### Abstract

**Karstology and sedimentary filling of the Pleistocene deposit of Romain-la-Roche (Doubs, France).**- The Pleistocene deposits of the Romain-la-Roche (municipality of Romain, department of Doubs) site fill a sinkhole that developed within the Middle Jurassic limestones of a karstic plateau lying on the northern part of the Jura belt, outside the area covered by the ice sheet of the last glacial maximum. This cavity was probably initiated during the Mio-Pleistocene, before a phase of inversion of relief that took place along a normal fault forming the western border of the plateau. The cavity was initially connected with a complex network of underlying karstic galleries which have been discovered and mapped by speleologists few years after the last paleontological excavations in the sinkhole. The lowermost fill of the sinkhole is endokarstic and doesn't contain any paleontological or archeological material. The underlying epikarstic fill that contains the material studied in this volume is related to the collapse of the upper part of the cavity, during the Middle Pleistocene, when the downward surface erosion processes reached this part of the cavity. The sinkhole was then a relatively deep and steep hole forming a karstic trap. This deep trap without easy escape rapidly disappeared consecutively to its filling and to the enlargement of the entrance.

### Keywords

Karst filling, Paleontological site, Pleistocene, Jura.

## I. INTRODUCTION

Dans les zones tempérées soumises à une érosion permanente, les remplissages d'ovens font partie des rares pièges sédimentaires permettant parfois la fossilisation et la conservation des macrofaunes et microfaunes continentales du Pléistocène, voire de périodes plus anciennes (CAMPY & MACAIRE, 1989; CAMPY, 1990; ARGANT, 1991). Les ossements qui y sont préservés peuvent avoir plusieurs origines: (1) ils peuvent provenir de faunes tombées accidentellement dans l'aven, (2) ils

peuvent provenir d'animaux séjournant dans l'aven, (3) ils peuvent y avoir été transportés par des prédateurs ou par l'Homme (MISKOVSKY, 1997; GARCIA *et al.*, 1997; BECKER *et al.*, 2009). Dans les deux premiers cas, des squelettes entiers pourront être retrouvés, parfois en connexion.

Le gisement paléontologique de Romain-la-Roche, dans le département du Doubs, au nord du massif jurassien, est un exemple typique de ce type de piège karstique. Tout comme un autre site paléontologique très proche, situé sur la commune de Vergranne (CAMPY, 1983),

<sup>1</sup> UMR/CNRS 5561 Biogéosciences, Université de Bourgogne, 6 Bd Gabriel, F-2100 Dijon, France

<sup>2</sup> Groupe spéléologique de Clerval-Baume les Dames, 10 rue sur le Quint, F-25110 Baume-les-Dames, France

<sup>3</sup> Muséum Cuvier du musée du Château des Ducs de Wurtemberg, BP 95287, F-25205 Montbéliard cedex, France

<sup>4</sup> Ancien président d'Archéofaune Comtoise et co-inventeur du site de Romain-la-Roche

il s'agit d'un remplissage d'aven qui, entre 1980 et 1990, a livré une faune du Pléistocène très abondante et relativement diversifiée. Afin d'introduire les articles de ce volume dédiés à l'étude de cette faune, la présente contribution se propose de définir le cadre géologique, et en particulier karstologique, expliquant la formation de l'aven de Romain-la-Roche. Après avoir replacé l'aven dans son contexte structural et stratigraphique, il sera rattaché aux autres phénomènes karstiques du plateau de Romain en utilisant les nombreuses données fournies par les spéléologues qui en explorent activement les cavités depuis les années 1960.

Le lecteur pourra sans doute s'étonner de la description sédimentologique et géométrique relativement sommaire des différentes couches du remplissage qui ont livré 25000 ossements de rhinocéros laineux (GUÉRIN, ce volume), mammoths (PAUPE *et al.*, ce volume), bovidés (VERCOUTÈRE & GUÉRIN, ce volume), chevaux (BOULBES, ce volume), cervidés (AUGUSTE, ce volume), ours, canidés, félidés (ARGANT, ce volume), rongeurs (JEANNET, ce volume) etc. et quelques artefacts néandertaliens (DETREY & AFFOLTER, ce volume). Ce manque d'information est lié au fait que Patrick PAUPE, le responsable des fouilles et détenteur de la majeure partie des relevés de terrain, est décédé en 2005 après avoir transmis de nombreux travaux (PAUPE, 1983a, b, 1984a, b, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1995, 1996, 1997 et PAUPE *et al.*, 1992), mais sans avoir eu

le temps de publier la synthèse des données. Aucun des auteurs du présent article n'a pu étudier sur place le remplissage de l'aven. Celui-ci est maintenant recouvert par un remblai mis en place dans un souci de sécurisation et de préservation du site.

## II. LE CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET KARSTOLOGIQUE DE L'AVEN DE ROMAIN-LA-ROCHE

### II.1. Géologie du plateau de Romain

Situé au nord du département du Doubs (Franche-Comté), entre les villes de Baume-les-Dames et de Rougemont, le plateau de Romain constitue une entité géologique de transition (Fig. 1). Sur un axe méridien, il se situe entre le massif plissé du Jura au sud et les plateaux faillés calcaires de la Haute-Saône au nord. D'est en ouest, il s'inscrit dans le couloir faillé qui, depuis l'Oligocène, relie les fossés d'effondrement du Rhin et de la Bresse (MADRITSCH *et al.*, 2008, 2009). De cette situation «frontalière» particulière, le plateau de Romain tire ses spécificités géologiques et sa grande richesse en cavités karstiques parmi lesquelles s'inscrit l'aven de Romain-la-Roche.

Le plateau de Romain est une proéminence calcaire d'une superficie d'environ 15 km<sup>2</sup> qui est allongée du sud au

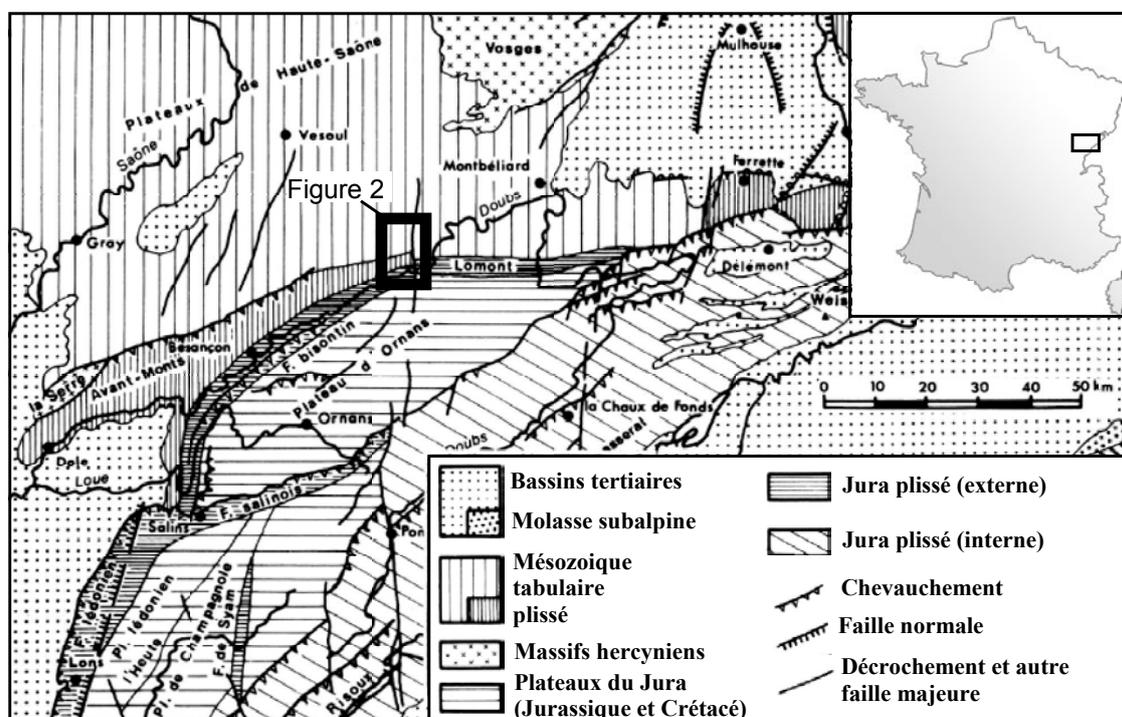


Fig. 1: Localisation du plateau de Romain dans son contexte géologique (modifié d'après TRÜMPY, 1980), à la frontière entre le Jura externe plissé et les plateaux de la Haute-Saône.

Fig. 1: Structural setting of the Romain plateau, between the external Jura belt and the Haute-Saône plateau (modified from TRÜMPY, 1980).

nord sur une longueur de 7 km pour une largeur moyenne de seulement 2 km (Fig. 2). Le plateau se situe à une altitude moyenne de 430 m, avec un point culminant à 466 m. A l'ouest et au nord, il surmonte des prés et des cultures implantés sur les versants imperméables des marnes du Lias. A l'est, il est jouté par le bassin fermé de Vergranne où le substrat géologique est exclusivement formé par les marnes du Toarcien. La pointe sud du plateau calcaire atteint l'anticlinal de la Plaine Fin (Jura externe plissé), en bordure nord de la vallée du Doubs.

Les calcaires qui forment l'ossature du plateau sont d'âge Aalénien, Bajocien, Bathonien et Callovien (Jurassique moyen). Ils forment d'épaisses strates légèrement flexurées, avec des pendages excédant rarement 8°, sauf au voisinage des 4 failles sub-méridiennes qui structurent et délimitent le plateau (Fig. 2). D'une épaisseur cumulée d'environ 130 m, ces calcaires peuvent être bioclastiques, oolitiques, oncolitiques, coralliens ou micritiques, suivant les strates concernées. Ils contiennent peu de couches marneuses susceptibles de former des niveaux de base continus et par conséquent des obstacles au développement vertical de la karstification. Sous ces calcaires du Dogger, les marnes du Toarcien, épaisses d'au moins 60 m, forment un écran infranchissable pour la cavitation karstique. La géométrie du toit de ces marnes, faillées et flexurées, contrôle en grande partie la localisation des exurgences et résurgences du système karstique actuel.

Les deux failles sub-méridiennes qui délimitent à l'est et à l'ouest le plateau de Romain (Fig. 2) ont joué un rôle déterminant dans la morphogenèse et la karstogenèse du plateau. Elles font partie des multiples failles normales qui sont apparues à l'Oligocène, lors de la phase extensive est-ouest qui a créé l'effondrement des fossés du Rhin et de la Bresse (MADRITSCH *et al.*, 2008, 2009). Elles sont clairement circonscrites entre les deux décrochements senestres majeurs qui assurent le relais entre Bresse et Rhin: le décrochement du Doubs au sud et le décrochement de l'Ognon au nord. Entre ces deux failles, le plateau de Romain correspond à un étroit graben dont le relief a été progressivement inversé suite à une érosion différentielle de part et d'autre des failles normales (CAILLETEAU, 1967).

Lors des périodes froides du Quaternaire, la calotte glaciaire qui recouvrait le massif du Jura n'a jamais atteint le secteur du plateau de Romain. Les indices sédimentaires laissés par les fronts glaciaires (moraines frontales, stries, morphologies sous-glaciaires ...) et les modélisations d'écoulement de la glace montrent que les calottes des deux derniers maxima glaciaires ont été circonscrites à plusieurs dizaines de kilomètres au sud du plateau de Romain (BUONCHRISTIANI & CAMPY, 2004). Il en va de même de la calotte glaciaire plus réduite qui coiffait le massif vosgien, demeurée elle aussi loin au nord de la zone d'étude. Durant le Pléistocène et l'Holocène,

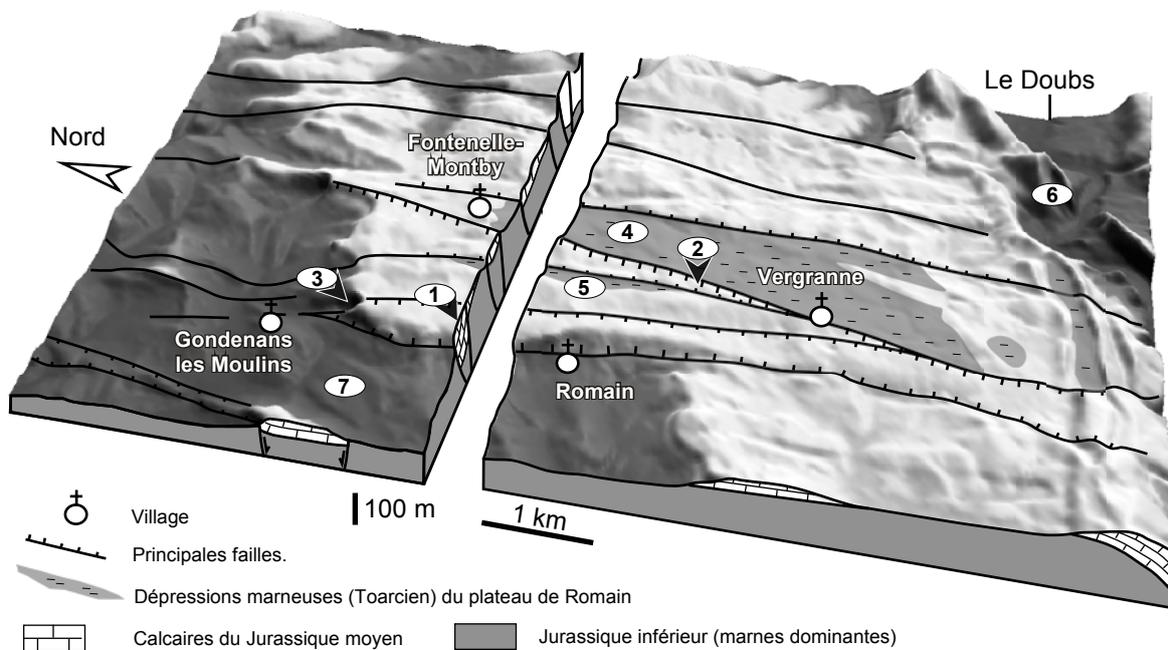


Fig. 2: Bloc diagramme illustrant la géomorphologie et la structure tectonique du plateau de Romain. 1 – Aven de Romain-la-Roche; 2 – Aven de Vergranne; 3 – Résurgence de Gondenans-les-Moulins; 4 – Bassin fermé de Vergranne, sur marnes toarciennes; 5 – Bassin fermé du Vernoi, sur marnes toarciennes; 6 – Jura externe plissé; 7 – Versant marneux (Lias) du plateau de Romain.  
 Fig. 2: 3D diagram showing the geomorphology and the tectonic setting of the studied site. 1 – Romain-la-Roche sinkhole; 2 – Vergranne sinkhole; 3 – Gondenans-les-Moulins spring; 4 – Closed basin of Vergranne, on Toarcian marls; 5 – Closed basin of Vernoi, on Toarcian marls; 6 – External Jura belt; 7 – Marly slopes (Lias) of the Romain plateau.

la morphogenèse et la karstogenèse du plateau ont donc été en alternance sous le contrôle d'un climat tempéré à tendance continentale, avec un endokarst actif, et d'un climat périglaciaire avec un endokarst qui était vraisemblablement peu actif, car majoritairement gelé en profondeur (VAN VLIET LANOE *et al.*, 2004).

## II.2. Le drainage souterrain, actuel et ancien, du plateau de Romain

Le gisement de Romain-la-Roche correspond au remplissage d'un aven tributaire d'un réseau karstique complexe, dont l'exutoire actuel est la résurgence de Gondenans-les-Moulins (Fig. 3). Celle-ci se niche dans un éboulis, au fond d'une reculée karstique, au nord

du plateau de Romain, dans une zone de convergence de failles mettant en contact les calcaires karstifiés du Dogger avec les marnes du Lias. La résurgence est à l'origine d'un cours d'eau qui reçoit un affluent issu de la source de Nans au niveau du village de Cuse-et-Adrisans, à 2 km en aval. La rivière ainsi formée, appelée le Drigeon, se jette dans l'Ognon près du village de Montferney.

La structure en étroit graben à relief inversé du plateau de Romain (Fig. 2) a favorisé le développement d'un cavernement conséquent des calcaires du Dogger, avec un drainage souterrain comportant de longues rivières souterraines s'écoulant du sud vers le nord (Fig. 3). Ces rivières souterraines sont non seulement alimentées par les précipitations tombant directement sur les 15 km<sup>2</sup> du

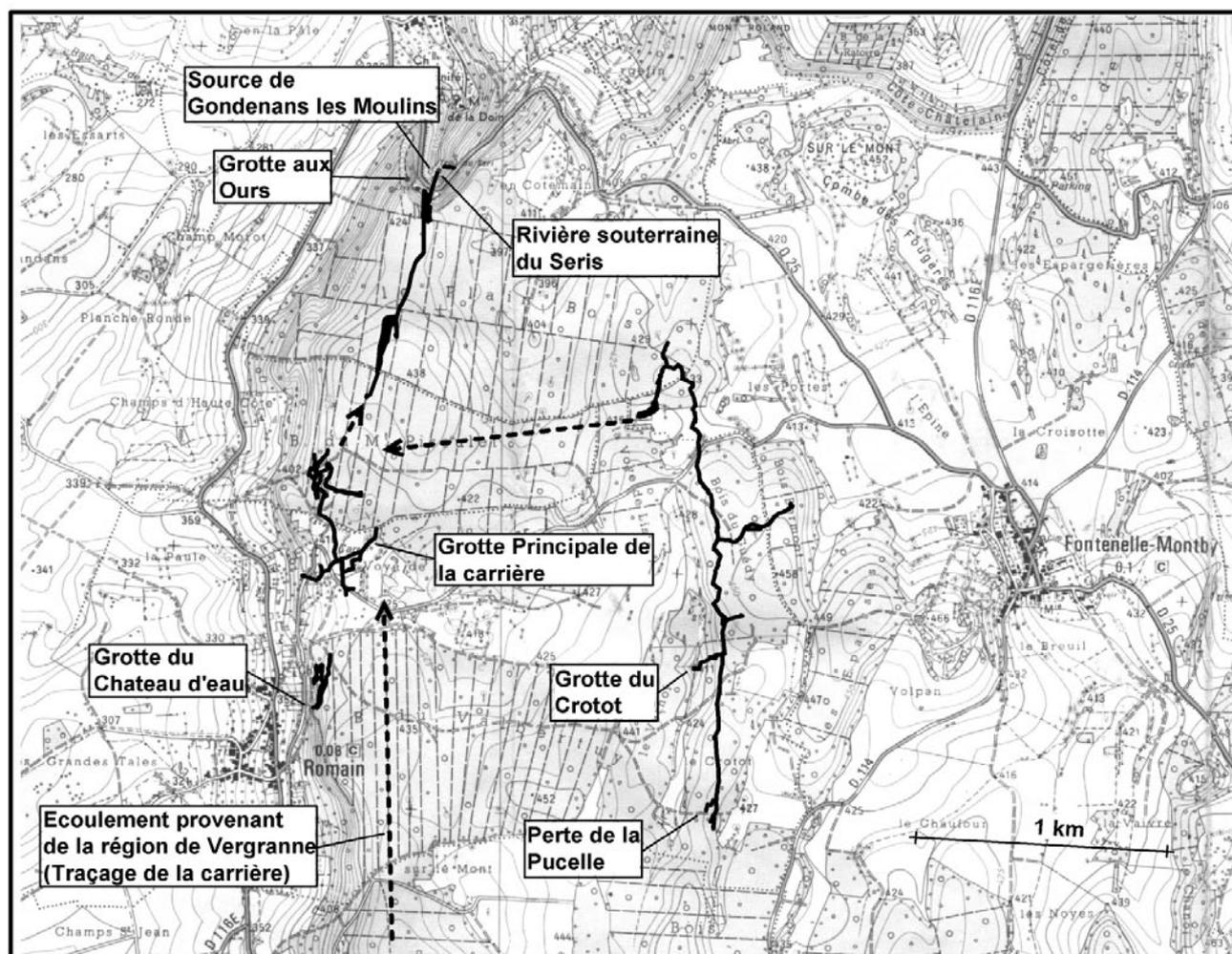


Fig. 3: Schéma d'ensemble des conduits karstiques topographiés du plateau de Romain. La rivière souterraine du Seris, dont l'exutoire est la source de Gondenans, est alimentée par deux affluents principaux : la rivière souterraine du Crotot qui draine le flanc est du plateau, et une rivière, partiellement connue, qui draine le flanc ouest du plateau, en passant approximativement sous le site paléontologique de Romain-la-Roche ainsi que sous de nombreuses autres cavités fossiles telles la «Grotte Principale de la carrière» ou la «Grotte du Château d'eau».

Fig. 3: General map of the caves explored below the Romain plateau. The Seris underground river springs at Gondenans-Les-Moulins and has two main tributaries: the Crotot and Seris underground rivers along the eastern and western parts of the plateau respectively. The Seris river, only partially explored by cavers, probably develops below the Romain-la-Roche sinkhole and others relict cavities such as the «Grotte Principale de la carrière» and the «Grotte du Château d'eau».

plateau calcaire, mais aussi par un ensemble de pertes dont les bassins versants s'étendent sur les marnes du Toarcien, en particulier au niveau des bassins fermés de Vergranne et du Vernoi (Fig. 2). La position des failles normales méridiennes et la géométrie du toit des marnes toarciennes a guidé le drainage souterrain vers le point bas du système hydrogéologique: la résurgence de Gondenans-les-Moulins.

Ce système karstique est étudié depuis une quarantaine d'année par les spéléologues, notamment par le groupe spéléologique de Clerval - Baume-les-Dames qui y a exploré et topographié de nombreux conduits fossiles et actifs (FOURNIER, 1923; NUFFER, 1968, 1969; PETREQUIN, 1971; BRUN, 1974; MOTTE, 1985; GS CLERVAL-BAUME LES DAMES, 1969 à 2000; COMITÉ DÉPARTEMENTAL DE SPÉLÉOLOGIE DU DOUBS, 1988; GIPEK, 2010; SACER, 2002). En complément des explorations souterraines, plusieurs traçages à la fluorescéine ont permis de définir assez précisément le bassin d'alimentation (SACER, 2002). La plus lointaine coloration a été réalisée dans l'actuelle carrière de Vergranne, à 6,6 km de l'exutoire. Ce point est vraisemblablement proche de la limite de partage des eaux avec le réseau souterrain drainé vers le sud, jusqu'à la source de Lonot à Baume-les-Dames, en bordure du Doubs. La limite ouest est constituée par la faille de Romain qui met en contact les calcaires karstifiés du Dogger avec le horst marneux qui jouxte la frontière ouest du plateau de Romain (Fig. 2). La limite est du bassin d'alimentation est formée par le

horst de Vergranne, lui aussi à relief inversé (Fig. 2), où se développent des ruisseaux de surface qui se perdent pour alimenter le karst, comme c'est le cas pour la rivière souterraine du Crotot (Fig. 3).

Les explorations spéléologiques ont été effectuées soit à partir de pertes actives, soit à partir de paléo-pertes, d'avens d'effondrement, de cheminées d'équilibre décapitées ou d'une paléo-résurgence proche de la source de Gondenans-les-Moulins. A l'heure actuelle, environ 14,3 km de galeries et de conduits verticaux ont été topographiés sur le plateau de Romain, pour un total d'une cinquantaine de cavités répertoriées (Tab. 1). Malgré un réseau complexe, avec une superposition de nombreuses galeries fossiles, un schéma directeur dans le drainage souterrain est maintenant relativement bien établi (Fig. 3 & 4). Deux branches principales, globalement orientées sud-nord, drainent le plateau. A l'est, la partie amont de la rivière souterraine du Crotot est circonscrite entre la faille de Nans et celle de Vergranne. A l'ouest, la rivière souterraine du Seris est circonscrite entre la faille de Romain et celle du Valbertuy. La convergence entre les deux rivières souterraines, qui n'est encore que très partiellement explorée, se situerait à environ 1 km au nord de la résurgence de Gondenans-les-Moulins. Les galeries de ce complexe karstique présentent des volumes parfois assez considérables, peu communs pour la région. Certaines sont proches de la surface actuelle et sont par conséquent responsables d'effondrements et de soutirages karstiques, anciens ou récents. Les deux

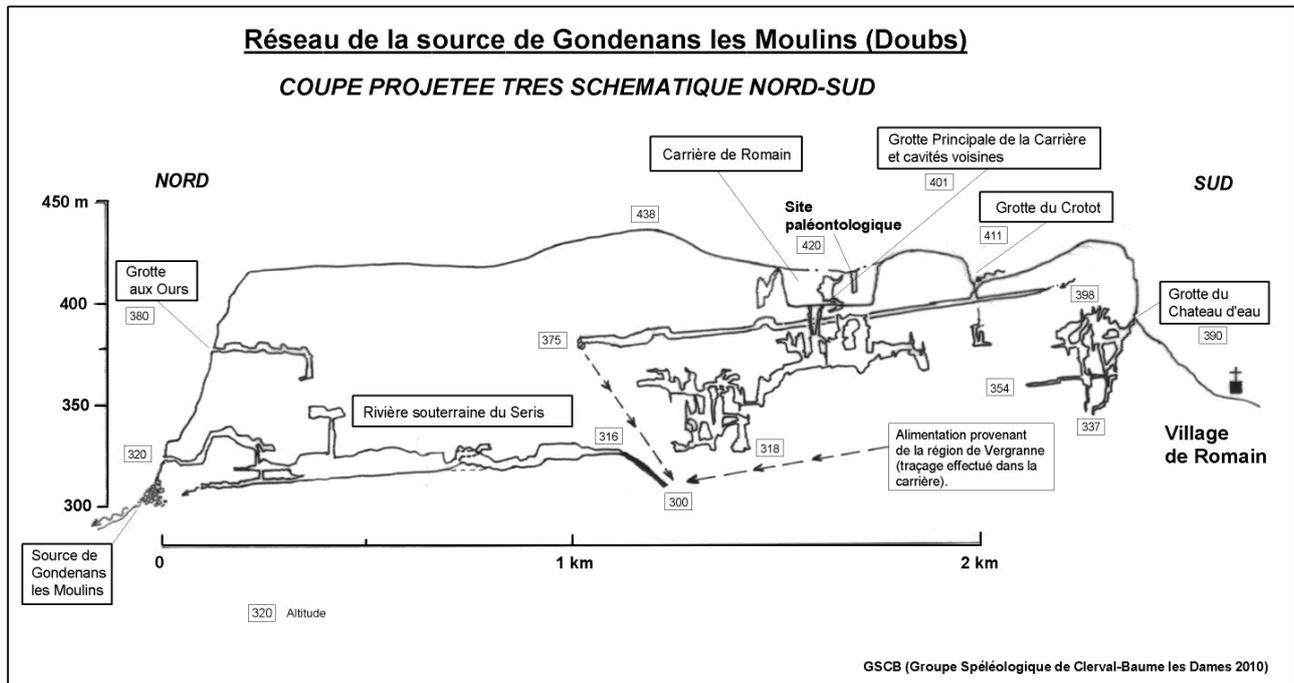


Fig. 4: Coupe projetée nord-sud des principaux conduits karstiques explorés sous le plateau de Romain. Le site paléontologique est situé juste à l'aplomb d'une galerie du réseau fossile de la «Grotte principale de la carrière».

Fig. 4: North-South section showing the explored karst conduits. A relict conduit of the «Grotte principale de la carrière» develops few meters below the studied site.

Tableau 1 : Inventaire des cavités tributaires du système karstique de la source de Gondenans-les-Moulins (août 2010).  
 Tableau 1 : List of the cavities related to the karstic network of Gondenans-les-Moulins spring (August 2010).

Nom	Commune	X	Y	Z	Développement	Dénivellation	Remarque
Bois des Brosses (grotte du)	Fontenelle	906,550	278,980	430	55	- 7	
Gondenans (source de)	Gondenans-les-Moulins	904,970	281,550	300			
Seris (trou du)	Gondenans-les-Moulins	904,970	281,550	320	59,0	-8,5	
Seris (rivière souterraine du)	Gondenans-les-Moulins	904,940	281,550	320	1 800,0	-20,0	
Seris (grotte sous le)	Gondenans-les-Moulins	904,970	281,550	315	37,0	-3,0	
Seris (grotte 2 à coté du)	Gondenans-les-Moulins				13,0		
Y (grotte en)	Gondenans-les-Moulins	904,890	281,480	380	106,0	4,0	
Balcourt (trou de)	Gondenans-les-Moulins	904,970	281,450	380	60,0	12 (+10, -2)	
Coteau (grotte 1 du)	Gondenans-les-Moulins	904,400	280,830	375	10,0		
Coteau (grotte 2 du)	Gondenans-les-Moulins				9,0		Proche coteau 1
Coteau (grotte 3 du)	Gondenans-les-Moulins				1,5		Proche coteau 2
Coteau (grotte 4 du)	Gondenans-les-Moulins				21,0		Proche coteau 3
Coteau (grotte 5)	Gondenans-les-Moulins				4,5	-4,5	Proche coteau 4
Balçon (grotte du)	Gondenans-les-Moulins	904,470	281,450	390	15,0		
Ours (grotte aux)	Gondenans-les-Moulins	904,840	281,500	380	370,0	-22,0	
JP la Virotte (gouffre de)	Mésandans	906,000	277,860	450	28,0	-15,0	
Crotot (grotte du)	Romain	906,100	279,630	411	6 000,0	-40,0	
Crotot (perte 2 du)	Romain	906,070	279,890	415			Impénétrable
Château d'eau (grotte du)	Romain	904,590	279,320	390	1 300,0	61 (+8, -53)	
Château d'eau (grotte supérieure du)	Romain	904,600	279,300	408	6,0		
Côte (Grotte gouffre de la)	Romain	904,527	279,634	391	45,0	-15,0	
Bois de Valbertuy (gouffre du)	Romain	279,600	905,150	420	9,5	-9,5	
Pucelle (grotte perte de la)	Romain	906,000	278,850	425	72,0	-5,0	
Tracteur (boyau du)	Romain	905,680	280,150	415	6,0	-3,0	Rebouché
Roche (porche 1 de la)	Romain	904,650	279,170	418	5,0		
Roche (porche 2 de la)	Romain	904,660	279,120	418	7,0		
Arnaud (grotte)	Romain	904,660	279,130	418	15,0		
trois entrées (grotte aux)	Romain	904,610	279,320	410	15,0	-2,0	
deux entrées (grotte aux)	Romain	904,600	279,350	410	6,0		
Araignées (grotte aux)	Romain	904,610	279,250	410	15,0	7 (+2, -5)	
Carrière (ancienne grotte de la)	Romain	904,727	280,087	421	180,0	-16,0	en partie rebouchée
Carrière (grotte 2 de la)	Romain	904,600	280,045	400	23,0		Disparu (travaux carrière)
Carrière (grotte 3 de la)	Romain	904,600	280,050	415	23,0		Disparu
Carrière (grotte 4 de la)	Romain	904,640	280,040	410	40,0	12 (+4, -8)	Disparu
Carrière (grotte 5 de la)	Romain	904,650	280,070	410	2,5	-2,5	Disparu
Carrière (grotte 6 de la)	Romain	904,650	280,000	410	10,0	-10,0	Disparu
Carrière (grotte 7 de la)	Romain	904,680	280,000	410	11,0	-11,0	Disparu
Carrière (grotte 8 de la)	Romain	904,600	280,000	405	11,0		Disparu
Cinq septembre (gouffre du)	Romain	904,590	280,040	400	17,0	-6,5	Disparu
Carrière (grotte Principale de la)	Romain	904,771	279,970	401	3 631,0	-83,0	
Carrière (grand gouffre de la)	Romain	904,863	279,905	417	45,0	-45,0	
Cinq mai (gouffre du)	Romain				28,0	-28,0	Proche gd gouffre de la carrière
020207 (gouffre)	Romain	904,695	280,042	402	14,0	-14,0	Dans carrière
011005 (grotte)	Romain	904,794	279,876	410	35,0	-7,0	Dans carrière (rebouché)
Dôme (grotte du)	Romain	904,862	279,946	415	70,0	-12,0	Dans carrière
Dôme 2 (grotte du)	Romain				20,0	13 (+7, -6)	Proche grotte du Dôme
Barre (gouffre de la)	Romain	904,541	279,602	397	8,0	-8,0	
Carrière (gouffre 1 de la)	Vergranne	905,002	274,761	435	36,0	-36,0	Rebouché
Carrière (gouffre 2 de la)	Vergranne	904,996	274,757	435	20,0	20 (+8, -12)	Rebouché
Carrière (gouffre 3 de la)	Vergranne				39,0	-39,0	Proche gouffre 1 et 2
Carrière (gouffre 4 de la)	Vergranne				8,0	-8,0	
Fougery (grotte 1 de)	Vergranne	905,180	276,350	425	6,0	-4,0	
Fougery (grotte 2 de)	Vergranne	905,260	276,900	425	24,0	2,0	
<b>Total:</b>					14 392 mètres		

gisements paléontologiques karstiques de Vergranne et de Romain-la-Roche y trouvent leur origine.

Le système karstique du plateau de Romain est un réseau très évolué qui montre différentes étapes de creusement, avec des niveaux de galeries étagés. Ceci est bien visible au niveau du cirque de Gondenans-les-Moulins, où plusieurs orifices s'étagent à des niveaux différents qui constituent des exutoires anciens et qui témoignent de l'enfouissement progressif du cours d'eau souterrain. Les cavités les plus anciennes se situent vers 380 m d'altitude (Fig. 4). La plus connue est la Grotte aux Ours, qui contenait un important gisement d'*Ursus spaeleus* (BRÖCKELMANN & REUSSER, 1974; REUSSER *et al.*, 1975; PAUPE *et al.*, 1988) malheureusement en grande partie pillé. Le muséum Cuvier, à Montbéliard, possède une riche collection de près de 5000 os provenant de cette grotte. Deux autres grottes moins importantes se trouvent au même niveau. Toutes trois ont livré des vestiges d'occupation humaine, en particulier moustériens (THÉVENIN, 1958; MILLOTTE, 1960, 1965, 1971 et 1981). D'autres cavernes existent à la base du cirque vers 320 m d'altitude. Certaines peuvent servir d'exutoire de crue à l'occasion de très fortes précipitations ou de fonte de neige. C'est à partir de l'une d'elles que les spéléologues ont pu atteindre la rivière souterraine alimentant la source et remonter la galerie sur une distance de 1200 m (Fig. 4) jusqu'à un point où elle s'ennoie (siphon amont). La sortie des eaux s'effectue vers 300 m d'altitude, à travers un vaste éboulis, à un niveau qui varie suivant le débit.

Certaines alimentations ou paléo-alimentations amont du réseau karstique ont pu être explorées et topographiées à partir d'entrées actives ou fossiles se situant dans deux secteurs.

Dans la partie orientale du plateau, la grotte du Crotot a été découverte en 1978, suite à la désobstruction d'une perte alimentée par un cours d'eau qui draine une partie du bassin marneux fermé de Vergranne. Cette perte donne accès à une ample galerie active qui s'écoule vers le nord. Dans sa partie aval connue, la rivière souterraine du Crotot disparaît sous des éboulis dans une vaste salle créée au niveau de la faille de Vergranne (Fig. 4). La grotte du Crotot développe actuellement plus de 6 km de galeries, souvent vastes et riches en concrétions, et constitue l'une des plus belles cavités du nord de la France.

Dans la partie occidentale du plateau, les cavités recensées sont plus nombreuses, mais la plupart d'entre elles sont fossiles, sans alimentations de surface actuelles. Cela est en particulier le cas à proximité du village de Romain où une quinzaine de cavités ont été explorées. La densité des galeries et des puits est particulièrement importante dans le secteur de la carrière de Romain-la-Roche où se situe le site paléontologique (Fig. 5). Cette densité de conduits fossiles peut s'expliquer par le fait que ce secteur a autrefois constitué une zone d'absorption préférentielle pour les eaux de surface. En reconstituant l'évolution

vraisemblable du relief de ce secteur, il apparaît que les zones d'absorption, où pouvaient se développer des pertes et les conduits s'y rattachant, ont pu se déplacer. Ces zones d'absorption préférentielles se trouvaient en toute logique là où il y avait contact en surface entre calcaires et marnes. En considérant l'érosion progressive des marnes oxfordiennes puis des marnes toarciennes, trois étapes clés peuvent être reconstituées dans le cavernement du secteur (Fig. 6).

Les premiers conduits d'importance (étape 1) ont probablement été façonnés à partir de pertes diffuses ou ponctuelles alimentées par des ruisseaux s'écoulant sur les marnes oxfordiennes du graben de Romain (Fig. 6A), avant l'inversion de relief. Cette étape demeure non datée par des données paléontologiques ou géochimiques. Toutefois, en prenant en compte un âge minimal de l'ordre de 160 ka pour le colmatage de l'aven de Romain-la-Roche (BAHAIN *et al.*, ce volume) et des taux de dénudation de surface moyens compris entre 7 et 50 cm/ka, comme cela a été calculé pour des lithologies comparables dans la région proche, mais moins faillée de l'est du bassin de Paris (JAILLET *et al.*, 2004; LOSSON *et al.*, 2006; COJAN *et al.*, 2007), le début de cette cavitation pourrait avoir eu lieu vers la fin du Miocène ou plus vraisemblablement au début du Pliocène.

Lorsque l'inversion du relief est apparue, il est probable que de nouvelles pertes ont été créées à l'aplomb même de la faille de Romain (Fig. 6B), au contact entre marnes toarciennes et calcaires du Dogger. Ainsi s'explique par exemple l'entrée de la grotte du Château d'eau, au-dessus du village de Romain (Fig. 3). Un âge Pliocène ou début du Pléistocène peut être proposé sur cette étape, mais resterait à valider par des données paléontologiques ou géochimiques.

La situation actuelle (Fig. 6C) montre un complexe de conduits fossiles étagés, creusés à des époques différentes, à partir d'alimentations de surface ayant considérablement évolué.

### III. PHYSIONOMIE DE L'AVEN DE ROMAIN-LA-ROCHE ET DE LA GROTTE PRINCIPALE DE LA CARRIÈRE

Le gisement paléontologique de Romain-la-Roche est constitué par le remplissage d'un aven d'effondrement qui a été mis au jour en 1978 par l'exploitation d'une carrière (Fig. 7) située sur la commune de Romain. Cette carrière exploite des calcaires oolitiques, oncoïdiques et bioclastiques du Bathonien pour la fabrication de granulats par concassage. La carrière est située en bordure nord de la départementale D116E, à 500 m au nord-nord-est du village, légèrement en retrait par rapport à la bordure occidentale du plateau de Romain, au lieu dit « Sur la côte ». L'aven s'ouvre dans l'actuelle partie sud-ouest de la carrière (long. 06°22'42'' E, lat. 47°26'54'' W) à une altitude de 422 m (sommet du remplissage), au niveau d'un ancien front de taille qui est maintenant taluté.

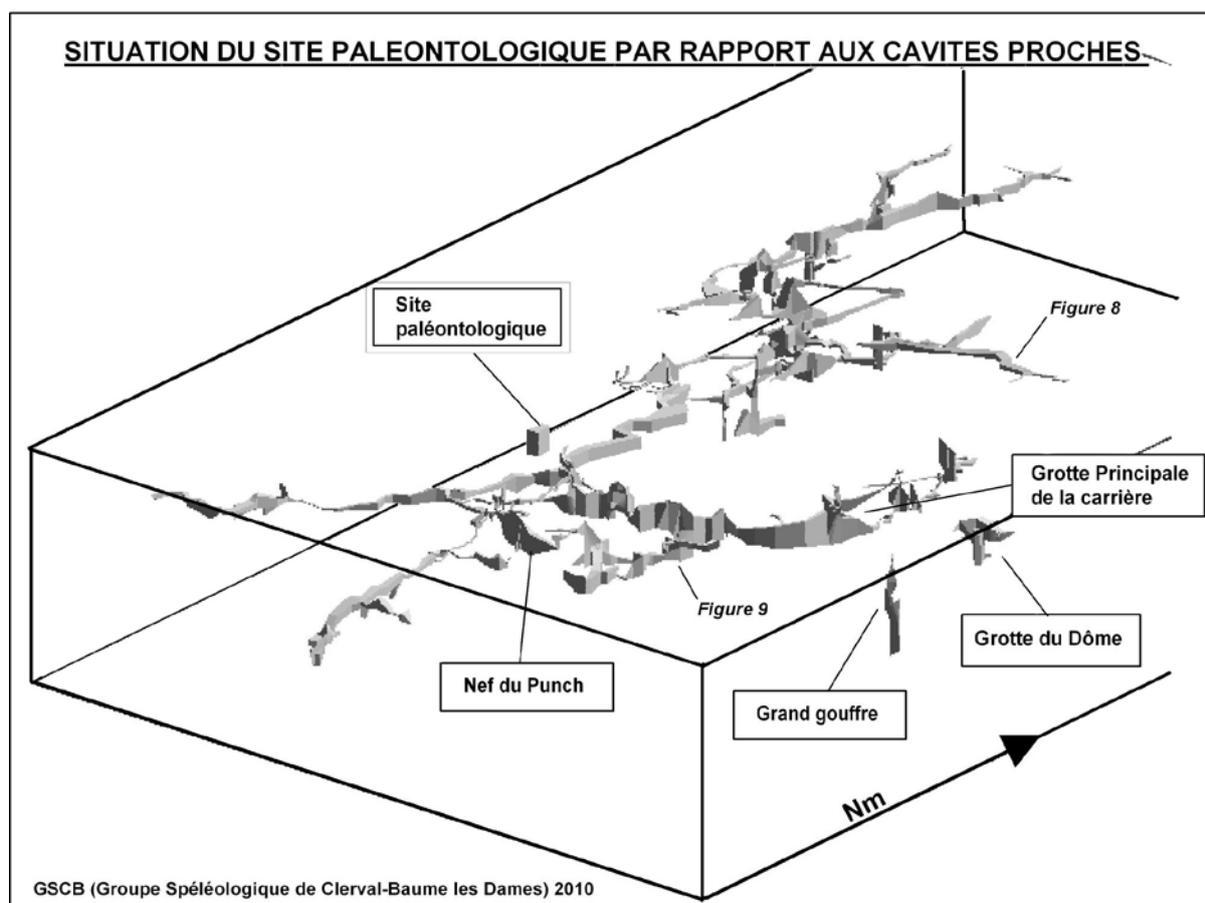


Fig. 5: Bloc diagramme 3D représentant les galeries et les puits explorés dans le secteur de la carrière de Romain-la-Roche où se situe le site paléontologique.

Fig. 5: 3D diagram showing karst conduits situated near the Romain-la-Roche sinkhole.

Aligné sur une diaclase d'orientation méridienne, l'aven se présente comme un puits vertical large de 7 m pour une longueur de 18 m. Son remplissage, d'abord mis au jour par un tir de mine lors de la progression du front de taille de la carrière, a été reconnu par les fouilleurs sur une profondeur proche de 12 m. Ne montrant aucune circulation active, il était comblé sur toute sa hauteur, avec toutefois quelques vides décimétriques situés sous des surplombs ou des blocs d'effondrement. A environ 20 m sous les parties fouillées de l'aven, les spéléologues ont exploré une galerie et une salle fossile appartenant à la «Grotte Principale de la Carrière» qui n'était pas encore connue à l'époque des fouilles paléontologiques (Fig. 5). L'entrée de cette grotte, ouverte en 2004, a été repérée à la suite des travaux de la carrière. Son exploration, qui est encore en cours, a nécessité de très nombreuses séances de désobstruction, notamment pour franchir des remplissages argileux obstruant totalement les conduits. Les galeries de la Grotte Principale de la Carrière, toutes fossiles, forment un ensemble labyrinthique avec des sections caractéristiques d'un creusement en régime noyé (Fig. 8). Des conduits d'orientation est-ouest se greffent sur un système de galeries sub-méridiennes dont

le creusement a été orienté par les diaclases satellites de la faille de Romain. De nombreux remplissages argileux ou argilo-sableux sont visibles un peu partout, ainsi que des reprises d'érosion qui laissent apparaître la stratigraphie de ces sédiments, qui pouvaient parfois colmater complètement les galeries (Fig. 9). Les conduits actifs, vraisemblablement situés plus bas dans la série, ne sont pas connus.

L'aven d'effondrement qui forme le site paléontologique est indiscutablement lié à la Grotte Principale de la Carrière, elle-même liée aux paléo-infiltrations qui existaient sur le site (Fig. 6). A l'origine il pouvait s'agir soit d'un puits creusé par un flux descendant alimenté par des pertes maintenant disparues, soit plus vraisemblablement d'une cheminée d'équilibre formée en régime noyé. Depuis que l'aven a été comblé, l'érosion de surface a fait disparaître le toit de l'aven et le sommet de son remplissage. Les fouilles n'ayant pu être prolongées vers le bas, sous le plancher de la carrière, il demeure difficile d'apprécier la géométrie du conduit maintenant colmaté qui devait le relier aux galeries de la Grotte Principale de la Carrière.

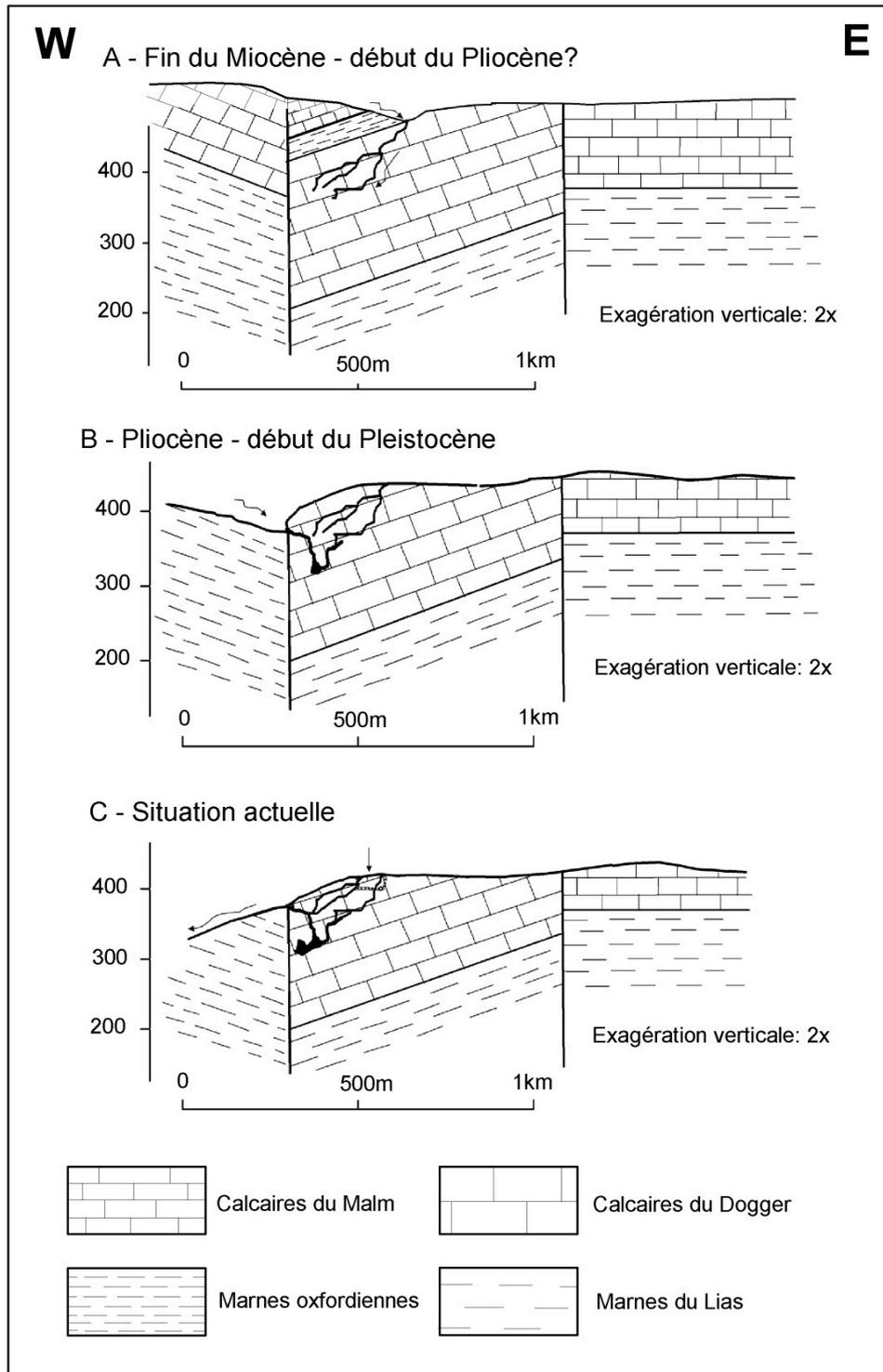


Fig. 6: Reconstitution schématique des paléo-drainages karstiques suivant une coupe est-ouest. L'érosion progressive des marnes du Lias et de l'Oxfordien a entraîné un déplacement des zones d'absorption et des niveaux de base. Les premiers réseaux karstiques du plateau de Romain ont pu apparaître au début du Pliocène, voire à la fin du Miocène (Phase A). En l'absence de datation sur les remplissages les plus anciens, la chronologie des trois étapes proposées n'est qu'indicative, basée sur des taux d'érosion moyens depuis l'émergence finale de la région à la fin du Crétacé.

Fig. 6: Model of successive underground drainages following an East-West transect. The progressive erosion of Lias and Oxfordian marls leads the base levels and the karstic absorption zones to be displaced. Digging of the karst network probably starts during the Early Pliocene, or perhaps during the Late Miocene (phase A). This chronology is not based on dating of karst fills but is an estimation based on erosion rates since the emersion of the area at the end of the Cretaceous.

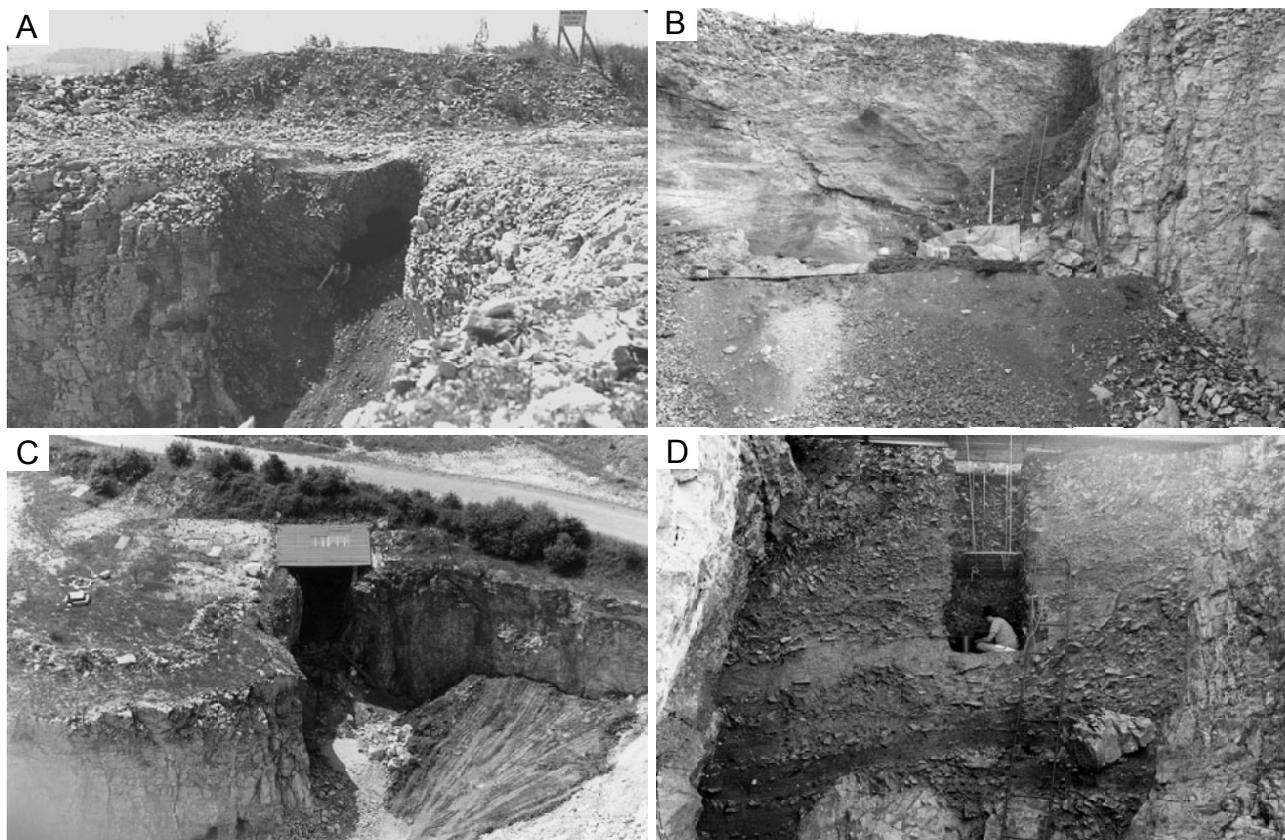


Fig. 7: L'aven de Romain-la-Roche à différents stades de son étude. A – L'aven avant les fouilles (1980), au sommet de l'angle sud de la carrière. B – L'aven lors des premières fouilles, en 1981. C – Photo aérienne du site en 1990, un toit protège alors le remplissage des intempéries. D – Coupe stratigraphique III (voir Fig. 12), lors de la fouille d'une colonne de prélèvement de sédiment et de microfaune.

Fig. 7: Successive views of the Romain-la-Roche sinkhole before and during excavations. A – The sinkhole before excavations (1980) at the southern corner of the quarry. B – In 1981, during the first paleontological excavation. C – Aerial view of the site in 1990, with a roof protecting the sinkhole. D – The stratigraphy III (see Fig. 12) with a vertical nick dues to sediment and microfauna sampling.

#### IV. DESCRIPTION DU REMPLISSAGE DE L'AVEN DE ROMAIN-LA-ROCHE

L'aven et son remplissage étant actuellement inaccessibles (suite au comblement de l'aven), la description qui suit (en italique) est extraite du rapport de fouille rédigé par PAUPE *et al.* en 1992. Quelques commentaires et informations complémentaires y sont ajoutés sous forme de texte non en italique.

*Les travaux de la carrière ont détruit la partie nord du remplissage sur une dizaine de mètres. La surface fouillée (avant 1992) limitée par la proximité de la départementale (D116E), est d'environ 50 m<sup>2</sup> (5,5 m x 9 m) (Fig. 10).*

*La première intervention en 1980 a consisté en un ramassage du matériel ostéologique provenant de la zone ébranlée par les tirs de mines. Les fouilles systématiques ont débuté l'année suivante jusqu'au niveau -10 m dans*

*la zone ébranlée et jusqu'à -7,5 m dans la zone non touchée par les tirs de mines.*

*Le gisement archéologique occupe toute la surface de la fouille. Le matériel ostéologique et l'industrie lithique ont été situés à partir d'un carroyage métrique. Ce carroyage (Fig. 10) a été numéroté de 3 à 21 en abscisse et de J à U en ordonnées. Toutes les altitudes relatives ont été mesurées à partir d'un point de référence « zéro ».*

*Le remplissage de l'aven, sans être totalement stratifié, présente un pendage atteignant 38% dans le sens nord-sud et variant de 5% à 30% d'ouest en est. Il est constitué de couches différentes. La plupart d'entre elles s'appuient contre la paroi ouest de l'aven. Les différentes campagnes de fouilles ont permis d'individualiser les niveaux stratigraphiques. Plusieurs coupes, dont certaines ont été détruites pour la poursuite des travaux, ont été relevées.*



Fig. 8: Galerie fossile creusée en régime noyé dans le réseau de la grotte Principale de la Carrière (cliché GSCB).

Fig. 8: A relict conduit formed under hydrostatic pressure in the Grotte Principale de la Carrière.

*L'ensemble du remplissage est compact, sauf au niveau de la paroi est où il est « aéré » dans les niveaux profonds. Ils présentent des vides importants dus à une accumulation de gros blocs calcaires au niveau du resserrement basal de l'aven. Ces blocs calcaires se sont appuyés contre la paroi est formant une voûte et empêchant le tassement de l'ensemble.*

*La roche encaissante est constituée de calcaire du Bajocien supérieur (ou peut-être du Bathonien), gris brun, se délitant en plaques de 20 cm d'épaisseur moyenne. La paroi ouest de l'aven est relativement compacte. Sub-verticale, elle est couverte de dépôts calcitiques très épais par endroits. Ces concrétions géotropes, clairement mises en place avant le remplissage renfermant les ossements, tapissent une bonne partie de la paroi, ainsi que le sommet de certains gros blocs mis au jour dans la partie basse de la fouille.*

*Il n'en est pas de même de la paroi est, verticale voire surplombante. Les plaquettes calcaires qui la composent se délitent en bancs. Ces derniers, dissociés de la masse rocheuse, ont nécessité un étayage permanent pendant la fouille, afin de pallier à tout risque d'éboulement.*

*La situation surplombante de la paroi semble être à l'origine de cette fragilisation. En outre, les dépôts calcitiques sont quasiment absents. Ils apparaissent sporadiquement (à partir du niveau -6 m) contre la paroi mais se dissocient de la masse après le vide laissé par la fouille du remplissage.*

*A partir des stratigraphies I et III (Fig. 11 et 12), il nous est permis d'établir une coupe générale synthétique qui donne une idée globale des principaux ensembles stratigraphiques. Toutefois, les coupes transversales est-ouest distantes de plus de 9,5 m ne sont pas, pour l'instant (en 1992) rattachées l'une à l'autre. D'après PAUPE *et al.* (1992) une coupe stratigraphique détaillée, orientée nord-sud, reliant les coupes I et III, était en cours de réalisation en 1992. Pour la rédaction de cet article, nous n'avons pas retrouvé les données relatives à cette coupe.*

#### **La coupe stratigraphique I**

*Cette coupe stratigraphique (Fig. 11A) recoupe les couches de la base du remplissage de l'aven, à la limite de la zone ébranlée par les tirs de mines, dans la partie*



Photo GSCB

Fig. 9: Dans une galerie fossile de la Grotte Principale de la Carrière un épais remplissage endokarstique argilo-sableux est surmonté par plancher calcitique. Une reprise d'érosion tronque l'ensemble de ce remplissage.

Fig. 9: A thick argillaceous and sandy endokarstic fill is overpalepped by a calcitic floor in a conduit of the Grotte principale de la Carrière. A secondary erosion phase cuts this cave fill.

nord du remplissage (Fig. 10). La couche IX est la seule indiquée dans le rapport de fouille n°7 (PAUPE, 1989): *en avant de la stratigraphie III, à 7 m vers le sud, on peut suivre la suite du remplissage, grâce à la stratigraphie I, où l'on repère d'autres couches, dont la couche IX: important cailloutis reposant sur de gros blocs; restes osseux très complets mais fragmentés. Il reste encore une épaisseur de 6 m à fouiller.*

Auparavant, dans le rapport n°4 (PAUPE, 1986), il est fait mention de cette couche IX sans qu'elle soit localisée sur une coupe stratigraphique. Les carrés fouillés s'y rapportant semblent indiquer qu'il s'agit bien d'une couche de la coupe stratigraphique I. Toujours est-il que dans la synthèse de 1988-1990 (PAUPE *et al.*, 1992), la couche IX n'apparaît plus et la description du remplissage au niveau de la stratigraphie I est la suivante :

*Le remplissage est constitué de gros blocs calcaires, d'éléments calcitiques (fragments de stalactites, etc.) englobés dans une matrice argileuse rouge qui contient encore quelques éléments calcaires et calcitiques de plus petite taille. Les argiles adhèrent aux gros blocs calcaires dont certains dépassent les 2 m<sup>2</sup> (en coupe). Certains blocs sont issus des parois. Ils sont reconnaissables par les dépôts calcitiques (draperies) qui les recouvrent. D'autres proviennent de l'effondrement du toit de la galerie lui permettant de communiquer avec le haut. Les blocs provenant du plafond de la galerie ont une disposition générale en berceau. Ils occupent toute la largeur du remplissage. Il s'agit là du remplissage karstique de profondeur.*

*Les argiles se sont déposées en karst aveugle... le remplissage n'était pas, sauf par de petites fissures,*

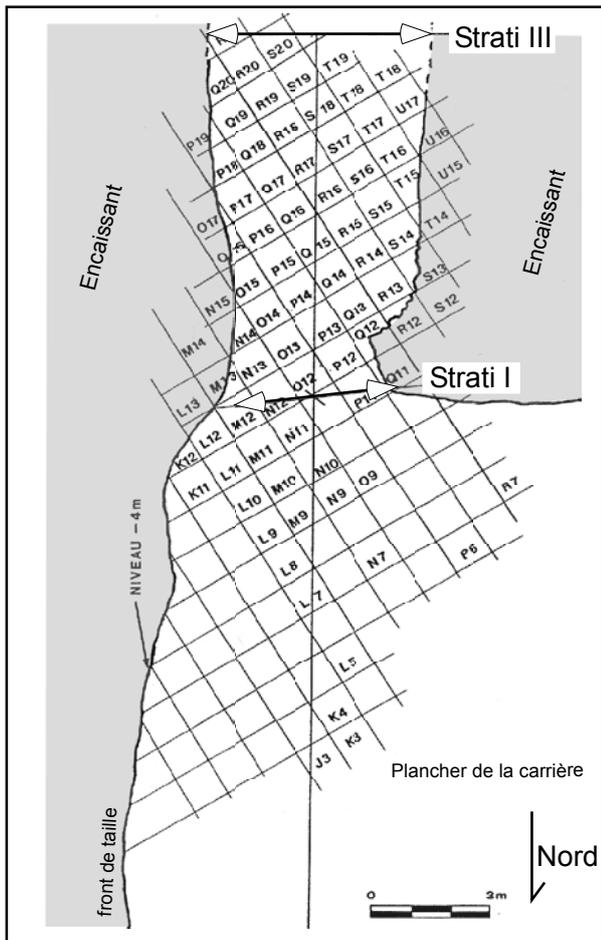


Fig. 10: Plan des fouilles de l'aven de Romain-la-Roche avec position du carroyage métrique et des coupes stratigraphiques I et III (d'après PAUPE *et al.*, 1992). La stratigraphique II (Fig. 11B) s'inscrit entre les coupes I et III, mais sa position exacte n'est pas clairement définie dans le rapport n°2 de 1984 où elle est décrite.

Fig. 10: Plan of the excavation with situation of the stratigraphic sections I and III (d'après PAUPE *et al.*, 1992). The stratigraphic section II (see Fig. 11B) is situated between the I and III sections but its precise location is unknown.

relié à la surface du plateau. C'est pendant la formation de ces argiles que se forment également l'essentiel des concrétions (stalactites, stalagmites, draperies, etc.). PAUPE *et al.* (1992) n'y signalent aucun matériel osseux ou lithique.

Les parois du remplissage se resserrent. La paroi ouest descend en pente douce. Elle est recouverte d'un puissant encroûtement calcitique dépassant 1 m d'épaisseur. La paroi est descend également en pente douce après avoir été surplombante à -6 m. Elle est marquée par des vagues d'érosion (cupules?) et est recouverte sporadiquement d'un fin revêtement calcitique. Le processus de gélifraction ne s'est pas manifesté à cette profondeur.

### La coupe stratigraphique II (Fig. 11B)

Historiquement, cette coupe est la plus ancienne (1983). Elle fut publiée pour la première fois dans le rapport de fouille n°2 (PAUPE, 1984b). Si aucune numérotation ne figure sur la coupe, une description complète des couches permet de s'y retrouver (voir ci-après la description des couches I à VIII de la strati III). Dans le 3<sup>e</sup> rapport (PAUPE, 1985), les couches VI et VII sont regroupées.

### Le coupe stratigraphique III

Approximativement parallèle au profil stratigraphique I mais située 9,50 m plus au sud (Fig. 10), la coupe stratigraphique III (Fig. 7D et 12) a été de loin la plus étudiée et la mieux documentée dans les divers rapports de fouille. Aucune coupe nord-sud n'ayant apparemment été levée, il est malheureusement impossible d'illustrer les corrélations stratigraphiques entre les coupes II et III. La coupe III comporte dix couches superposées (de haut en bas C.I à C.VIIIb) qui se situent stratigraphiquement au-dessus du remplissage de la coupe I. La coupe III ne comporte visiblement pas les premiers décimètres du sol actuel qui avaient été décapés par les engins de terrassement de la carrière avant l'intervention des fouilleurs.

A l'exception de C.II, C.VI-VIIa les couches s'appuient contre la paroi ouest (Fig. 12).

Couche I: Sa puissance varie de 0,85 m (proximité paroi est) à 1,70 m au centre du remplissage. Elle est située sous le sol végétal arasé par l'exploitation de la carrière. Cette couche en berceau très net est constituée d'un cailloutis hétérométrique et d'éléments calcitiques abondants englobés dans une matrice argileuse brune devenant graduellement plus importante à la base de la couche. A l'est, présence de blocs importants correspondant à la destruction de la paroi en fort surplomb (vestiges du plafond de la galerie) qui a constitué un abri pour les occupants de la couche V. Totalement stérile.

Couche II: Sa puissance moyenne est de 0,15 m. Cette couche débute à 0,60 m de la paroi ouest et s'appuie sur la couche III. D'allure générale en berceau, elle remonte légèrement sur les gros blocs de la paroi surplombante est. Cette couche est composée d'argile brune contenant quelques éléments calcaires centimétriques et décimétriques localement bréchifiés. Stérile également.

Couche III: D'une puissance presque constante de 0,60 m, cette couche est constituée d'un cailloutis anguleux centimétrique homogène localement bréchifié dans une matrice argileuse brune. Cette couche, bien individualisée par son aspect général et ses limites nettes, a un fort pendage au niveau de la paroi ouest. Elle est subhorizontale à partir de 1 m de la paroi avant de remonter et de se réduire jusqu'à la paroi est. Elle a livré quelques fragments osseux indéterminables et deux éclats en chaille.

Couche IV: Puissance constante de 0,14 m seulement. Effleurant la paroi ouest, elle s'appuie sur la couche V et remonte nettement contre la paroi est. Elle est constituée

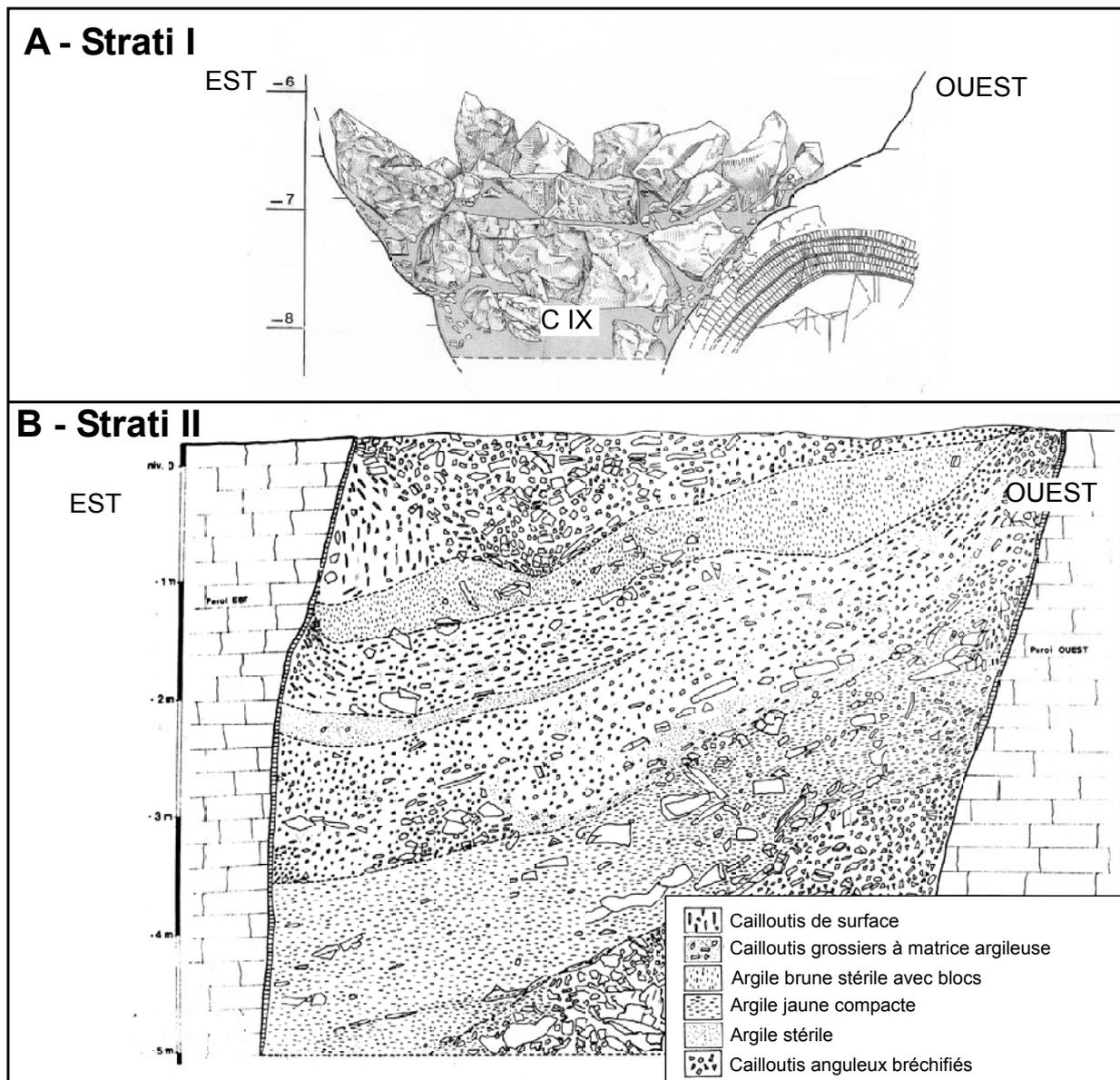


Fig. 11 : Coupes stratigraphiques I et II, orientées E-W suivant l'axe le plus étroit de l'aven. Les originaux de ces coupes sont issus respectivement des rapports de fouilles n°5 (1987) et n°2 (1984b), coordonnés par P. PAUPE (1984b, 1987).

Fig. 11 : Stratigraphic sections I and II, oriented E-W, across the small axis of the sinkhole (after PAUPE, 1984b, 1987).

de rares éléments calcaires englobés dans une matrice argileuse compacte brune. Totalement stérile.

**Couche V** : D'une puissance variant de 0,55 à 0,90 m, elle est, tout comme la couche III bien individualisée par son aspect et ses limites. Elle est constituée d'un cailloutis hétérométrique et cryoclastique aéré et légèrement bréchifié. La matrice argileuse, rare au sommet, devient graduellement abondante à la base de la couche. Cette couche a livré la série lithique la plus importante de la fouille (jusqu'en 1992) ainsi que des traces de foyers non structurés confirmant une occupation humaine. La faune est constituée à 90% de fragments osseux non déterminables.

**Couche VI-VIIa** : D'une puissance de 0,30 m, elle débute à 1 m de la paroi ouest. Elle s'appuie sur la couche VI-VIIb. Cette couche est constituée de quelques éléments calcaires anguleux englobés dans une matrice argileuse compacte brun jaune. Stérile.

**Couche VI-VIIb** : D'une puissance irrégulière de 1,85 m contre la paroi ouest sur laquelle elle s'appuie et de 50 cm contre la paroi est, cette couche est constituée d'un important cailloutis cryoclastique, hétérométrique, localement bréchifié et englobé dans une matrice argileuse brun jaune. La faune est très abondante et l'industrie lithique est rare.

**Couche VI-VII c1, c2, c3** : Puissance moyenne 0,60 m.



*gros blocs calcaires dans une matrice argileuse brune compacte. S'appuyant sur la paroi ouest, au niveau -6 m environ, la couche plonge sous un nouveau fort surplomb de la paroi est en adhérant fortement à celle-ci. La faune est très abondante et l'industrie lithique rare.*

Sans les décrire et sans les numéroter, PAUPE *et al.* (1992) signalent d'autres couches plus «aérées» et probablement plus anciennes qui ont été sondées lors de la campagne de fouilles 1988-1990. Contenant une faune riche et diversifiées, ces couches non décrites auraient subi un effet de «suçoir karstique» le long de la paroi est, en d'autres termes un remaniement en direction de vides sous-jacents sur lesquels nous ne disposons d'aucune information. La liaison non fouillée avec les galeries sous-jacentes de la Grotte Principale de la Carrière est peut-être à l'origine de ce possible soutirage.

## V. SYNTHÈSE ET CONCLUSION

Le gisement de Romain-la-Roche correspond au remplissage d'une cavité karstique ayant une section verticale moyenne de 5 x 15 m pour une profondeur supérieure à 12 m. Avant son colmatage et son effondrement, cette cavité était reliée physiquement au réseau sous-jacent de la Grotte Principale de la Carrière. Elle formait alors soit une cheminée d'équilibre creusée *per ascensum* en régime noyé, soit un conduit vertical creusé par un flux descendant. La partie inférieure de l'aven demeurant inexplorée, car colmatée, il est actuellement impossible de trancher entre ces deux hypothèses. L'aven de Romain-la-Roche et les autres conduits de la Grotte Principale de la Carrière sont entièrement fossiles. Ils ont été creusés par des eaux provenant en partie de pertes karstiques très anciennes, elles-mêmes alimentées par des ruisseaux de surface s'écoulant sur des niveaux de marnes maintenant érodés (Fig. 6). Depuis le Pliocène, l'érosion rapide des marnes toarciennes situées à l'ouest du gisement a conduit à une inversion du relief et donc à une forte réduction des circulations dans les drains karstiques qui affectent la partie supérieure du plateau calcaire. Actuellement le drainage karstique s'effectue plus bas, dans des galeries en cours d'exploration par les spéléologues.

Le remplissage qui a livré le matériel paléontologique et archéologique est épikarstique. Il repose toutefois sur un remplissage endokarstique parfaitement stérile d'un point de vue paléontologique, constitué d'un mélange d'argiles de décalcification, de blocs d'effondrement et de concrétions calcitiques. D'après la nomenclature de PAUPE *et al.* (1992), ces dépôts épikarstiques correspondent aux couches non numérotées de la coupe I (Fig. 11A) et à la couche C.VIIIb de la coupe III (Fig. 12). Le remplissage endokarstique sous-jacent n'a été fouillé que sur de faibles épaisseurs et son épaisseur totale demeure inconnue. Il constitue vraisemblablement le «bouchon» qui empêche une liaison directe entre l'aven de Romain-la-Roche et la Grotte Principale de la

Carrière, elle-même très colmatée par des remplissages endokarstiques.

Le remplissage épikarstique provient essentiellement de la surface du plateau et du démantèlement par effondrement et cryoclastie des parois de l'aven. Constitué par un mélange de blocs, de cailloutis, d'argiles et de silts, il s'est déposé suite à l'effondrement du toit de la cavité, lorsque l'érosion de surface a atteint la cavité. L'inclinaison vers le sud-est des couches C.I à C.VIIIa qui composent ce remplissage (Figs 7D, 11 et 12) peut avoir deux origines. PAUPE *et al.* (1992) suggèrent que cette inclinaison puisse être liée à un «suçoir karstique» induit par un vide situé sous la partie sud-est du remplissage connu de l'aven. Cette hypothèse est plausible mais elle ne semble pas être documentée par d'indiscutables figures sédimentaires de soutirage. L'autre hypothèse fait intervenir la géométrie des parois de l'aven. Les relevés montrent en effet que la paroi est était surplombante (Figs 11B et 12). Il en était peut-être de même de la paroi sud qui a malheureusement été détruite par les tirs de la carrière avant la découverte du gisement. La trajectoire de chute des matériaux a donc vraisemblablement été influencée par ce surplomb qui a favorisé des points de chute (et donc d'accumulation) à l'ouest et non à l'est. La couche supérieure C.I est en grande partie formée par l'effondrement de cette paroi surplombante.

Une partie au moins de la faune présente dans les premières couches du remplissage épikarstique est tombée dans l'aven. Ce fonctionnement en piège karstique suppose des lèvres abruptes et/ou dissimulées par de la végétation, ainsi qu'un puits escarpé et relativement profond empêchant la faune rescapée de la chute de remonter en surface. En revanche, dans les phases tardives du remplissage une entrée plus large et moins escarpée, avec une dénivellation moindre, a pu faciliter un accès non accidentel au fond de l'aven qui a alors pu servir de tanière pour la faune de la fin du Pléistocène ou d'abri pour les Hommes. Les différents articles de la présente monographie apporteront des précisions supplémentaires sur les datations et les conditions paléo-environnementales qui ont régi la mise en place de ce remplissage épikarstique.

## BIBLIOGRAPHIE

- ARGANT, A. (1991) - Carnivores quaternaires de Bourgogne. *Documents des Laboratoires de Géologie de Lyon*, 115: 1-301.
- ARGANT, A. (2010) - Les carnivores (Canidae, Felidae et Ursidae) de Romain-la-Roche (Doubs, France). *In*: GUÉRIN, C. & Th. MALVESY, L'aven pléistocène moyen final de Romain-la-Roche (Doubs, France). *Revue de Paléobiologie*, 29 (2): 495-601.
- AUGUSTE, P. (2010) - Les Cervidae (Mammalia, Cetartiodactyla) du gisement pléistocène moyen final de l'Aven de Romain-la-Roche (Doubs, France). *In*: GUÉRIN, C. & Th. MALVESY, L'aven pléistocène moyen final de Romain-la-

- Roche (Doubs, France). *Revue de Paléobiologie*, 29 (2): 619-653.
- BAHAIN, J.-J., Q. SHAO, C. FALGUERES & T. GARCIA (2010) - Datation par résonance de spin électronique et uranium-thorium (ESR/U-Th) de restes paléontologiques provenant du site de Romain-La-Roche (Doubs, France). Implication sur l'âge de l'assemblage faunique. *In*: GUÉRIN, C. & Th. MALVESY, L'aven pléistocène moyen final de Romain-la-Roche (Doubs, France). *Revue de Paléobiologie*, 29 (2): 465-472.
- BECKER, D., D. AUBRY & J. DETREY (2009) - The late Pleistocene dolines from the "Va Tche Tcha" Valley (Ajoie, Switzerland): a trap for mammals remains and lithic artefacts. *Quaternaire*, 20: 135-148.
- BOULBES, N. (2010) - Le cheval de Romain-la-Roche – Contribution à la biochronologie d'*Equus ferus* (Mammalia, Perissodactyla) au Pléistocène moyen. *In*: GUÉRIN, C. & Th. MALVESY, L'aven pléistocène moyen final de Romain-la-Roche (Doubs, France). *Revue de Paléobiologie*, 29 (2): 747-770.
- BRÖCKELMANN, S. & P. REUSSER (1974) - Description du squelette d'un oursin des cavernes nouveau-né (*Ursus spelaeus*). *Bulletin de la Société d'Etudes et de Recherches Préhistoriques, Les Eyzies*, 23: 1-7.
- BRUN, A. (1974) - Du plateau de Fontenelle-Romain aux résurgences de Nans et Gondenans les moulins. *Bulletin de l'Association Spéléologique de l'Est, 2<sup>e</sup> série*, 11: 84.
- BUONCHRISTIANI, J.F. & M. CAMPY (2004) - Expansion and retreat of the Jura ice sheet (France) during the last glacial maximum. *Sedimentary Geology*, 165: 253-264.
- CAILLETEAU, P. (1967) - Etude géologique de la région de Rougemont. *Thèse de 3<sup>e</sup> cycle de géologie appliquée*. Faculté des sciences de l'Université de Besançon, 104 p.
- CAMPY, M. (1983) - L'Aven de Vergranne (Doubs): un site du pléistocène moyen à Hominidé. *Annales Scientifiques de l'Université de Besançon, Géologie, 4<sup>e</sup> série*, 5: 137 p.
- CAMPY, M. (1990) - L'enregistrement du temps et du climat dans les remplissages karstiques: l'apport de la sédimentologie. *Karstologia Mémoires*, 2: 11-22.
- CAMPY, M. & J.J. MACAIRE (1989) - *Géologie des formations superficielles, géodynamique – faciès – utilisation*. Masson, Paris, 433 p.
- COJAN, I., J. BRULHET, J. CORBONNOIS, A. DEVOS, J. GARGANI, D. HARMAND, S. JAILLET, A. JOUVE, M. LAURAIN, O. LEJEUNE, J. LE ROUX, B. LOSSON, A. MARRE, M.G. MOREAU, C. RICORDEL, R. SIMON-COINCON, O. STAB, M. THIERRY & P. VOINCHET (2007) - Morphologic evolution of eastern Paris Basin: «ancient surfaces» and Quaternary incisions. *Mémoires de la Société Géologique de France*, 178: 135-155.
- DETREY, J. & J. AFFOLTER (2010) - Analyse typo-technologique de l'industrie lithique. *In*: GUÉRIN, C. & Th. MALVESY, L'aven pléistocène moyen final de Romain-la-Roche (Doubs, France). *Revue de Paléobiologie*, 29 (2): 861-879.
- FOURNIER, E. (1923) - Explorations souterraines en Franche-Comté. *Grottes et rivières souterraines*. Jacques & Demontrond, Besançon.
- GARCIA, N., J.L. ARGUSA & T. TORRES (1997) - The carnivore remains from the Sima de los Huesos Middle Pleistocene site (Sierra de Atapuerca, Spain). *Journal of Human Evolution*, 33: 155-174.
- GS CLERVAL-BAUME LES DAMES (1969 à 2000) - *Beunes et Empoues (bulletin périodique)*, 1 à 10.
- GUÉRIN, C. (2010) - *Coelodonta antiquitatis praecursor* (Rhinocerotidae) du Pléistocène moyen final de l'Aven de Romain-la-Roche (Doubs, France). *In*: GUÉRIN, C. & Th. MALVESY, L'aven pléistocène moyen final de Romain-la-Roche (Doubs, France). *Revue de Paléobiologie*, 29 (2): 697-746.
- COMITÉ DÉPARTEMENTAL DE SPÉLÉOLOGIE DU DOUBS (CDS Doubs) COLLECTIF (1988) - *Inventaire spéléologique du Doubs, tome 1*.
- GROUPEMENT POUR L'INVENTAIRE, LA PROTECTION ET L'ÉTUDE DU KARST DU MASSIF JURASSIEN (GIPEK) COLLECTIF (2010) - *Inventaire spéléologique du Doubs, tome 5* (in press).
- JAILLET, S., D. HARMAND, O. LEJEUNE, J. ALLOUC, S. OCCHIETTI, J. BRULHET, P.J. FAUVEL, B. HAMELIN, M. LAURAIN, J. LE ROUX, A. MARRE, E. PONS-BRANCHU, Y. QUINIF & A. DEVOS (2004) - Dynamique de l'érosion dans le Barrois et le Perthois (Est du Bassin de Paris): incision et karstification dans les bassins-versants de la Marne, de la Saulx et de l'Ornain. *Quaternaire*, 15: 305-318.
- JEANNET, M. (2010) - Aven de Romain-la-Roche (Doubs): Paléoécologie et biostratigraphie selon les micro-vertébrés. *In*: GUÉRIN, C. & Th. MALVESY, L'aven pléistocène moyen final de Romain-la-Roche (Doubs, France). *Revue de Paléobiologie*, 29 (2): 477-493.
- LOSSON, B., J. CORBONNOIS, J. ARGANT, J. BRULHET, E. PONS-BRANCHU & Y. QUINIF (2006) - Palaeoclimatic interpretation of cave fillings of the Moselle valley at Pierre-la-Treiche (Lorraine, France) *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 1/2006: 37-38.
- MADRITSCH, H., A. KOUNOVA, S.T. SCHMID & O. FABBRI (2009) - Multiple fault reactivations within the intra-continental Rhine-Bresse Transfer Zone (La Serre Horst, eastern France). *Tectonophysics*, 471: 297-318.
- MADRITSCH, H., S.M. SCHMID & O. FABBRI (2008) - Interactions between thin- and thick-skinned tectonics at the northwestern front of the Jura fold-and-thrust belt (Eastern France). *Tectonics*, 27, TC5005: 31 p.
- MILLOTTE, J.-P. (1960) - Circonscription de Franche-Comté: Doubs: Gondenans-les-Moulins. *In*: *Gallia préhistoire*, 3: 194-195.
- MILLOTTE, J.-P. (1965) - Circonscription de Franche-Comté: Doubs: Gondenans-les-Moulins. *In*: *Gallia préhistoire*, 8: 90-92.
- MILLOTTE, J.-P. (1971) - Circonscription de Franche-Comté: Doubs: Gondenans-les-Moulins. *In*: *Gallia préhistoire*, 14-2: 382.
- MILLOTTE, J.-P. (1981) - Circonscription de Franche-Comté: Doubs: Gondenans-les-Moulins. *In*: *Gallia préhistoire*, 24-2: 508-510.
- MISKOVSKY, J.C. (1997) - Paléoenvironnements de l'Homme Préhistorique d'après l'étude du karst et des remplissages de grottes et abris. *Quaternaire*, 8: 319-327.
- MOTTE, D. (1985) - Activités du Groupe spéléologique de Clerval Baume les Dames. *Spelunca*, 4: 6.
- NUFFER, R. (1968) - Activités du groupe spéléologique Graylois. *Spelunca*, 3: 90.
- NUFFER, R. (1969) - Activités du groupe spéléologique Graylois. *Spelunca*, 2: 235.
- PAUPE, P. (1983a) - L'Aven de Romain La Roche, volume 1. Fouille 1983. *Rapport de fouille de l'Association pour la sauvegarde des sites paléontologiques du Canton de Rougemont*. 1-22.

- PAUPE, P. (1983b) - Romain La Roche, étude préliminaire : la denture des éléphants fossiles. 1-116.
- PAUPE, P. (1984a) - L'Aven de Romain La Roche. Fouille 1983. *Actes de la Société Jurassienne d'Emulation* : 271 à 295.
- PAUPE, P. (1984b) - L'Aven de Romain La Roche, volume 2. Fouille 1984. *Rapport de fouille de l'Association pour la sauvegarde des sites paléontologiques du Canton de Rougemont*. 1-55.
- PAUPE, P. (1985) - L'Aven de Romain La Roche, volume 3. Fouille 1985. *Rapport de fouille de l'Association pour la sauvegarde des sites préhistoriques et paléontologiques du Canton de Rougemont et du Pays de Montbéliard*. 1-41.
- PAUPE, P. (1986) - L'Aven de Romain La Roche, volume 4. Fouille 1986. *Rapport de fouille de l'Association pour la sauvegarde des sites préhistoriques et paléontologiques du Canton de Rougemont et du Pays de Montbéliard*. 1-60.
- PAUPE, P. (1987) - L'Aven de Romain La Roche, volume 5. Fouille 1987. *Rapport de fouille de l'Association pour la sauvegarde des sites préhistoriques et paléontologiques du Canton de Rougemont et du Pays de Montbéliard*. 1-37.
- PAUPE, P. (1988) - L'Aven de Romain La Roche, volume 6. Fouille 1988. *Rapport de fouille de l'Association pour la sauvegarde des sites préhistoriques et paléontologiques du Canton de Rougemont et du Pays de Montbéliard*. 1-11.
- PAUPE, P. (1989) - L'Aven de Romain La Roche, volume 7. Fouille 1989. *Rapport de fouille de l'Association pour la sauvegarde des sites préhistoriques et paléontologiques du Canton de Rougemont et du Pays de Montbéliard*. 1-14.
- PAUPE, P. (1990) - L'Aven de Romain La Roche, volume 8. Fouille 1990. *Rapport de fouille de l'Association pour la sauvegarde des sites préhistoriques et paléontologiques du Canton de Rougemont et du Pays de Montbéliard*. 1-17.
- PAUPE, P. (1995) - L'Aven de Romain La Roche, rapport d'activités 1994-1995. *Rapport de fouille de l'Association pour la sauvegarde des sites préhistoriques et paléontologiques du Canton de Rougemont et du Pays de Montbéliard*. 1-45.
- PAUPE, P. (1996) - L'Aven de Romain La Roche, un site archéologique européen. *Bulletin et Mémoires de la Société d'Emulation de Montbéliard*. 145<sup>e</sup> année, 119 : 21-96.
- PAUPE, P. (1997) - L'Aven de Romain La Roche : un piège naturel, une tanière, un abri pour l'Homme préhistorique, il y a 150 000 ans. *Actes de la Société Jurassienne d'Emulation*. 127 à 153.
- PAUPE, P., A. ARGANT, J.-M. CORDY, J. DETREY, C. GUÉRIN, H. RICHARD & A. THEVENIN (1992) - Le remplissage d'Aven de Romain La Roche, première synthèse : fouilles 1988-1990. Fouille 1986. *Rapport de fouille de l'Association pour la sauvegarde des sites préhistoriques et paléontologiques du Canton de Rougemont et du Pays de Montbéliard*. 1-213.
- PAUPE, P., C. GUÉRIN, B. LABE & F. ROUSSELIÈRES (2010) - Les Mammouths (Proboscidea, Elephantidae) du Pléistocène moyen final de l'Aven de Romain-la-Roche (Doubs, France). *In* : GUÉRIN, C. & Th. MALVESY, L'aven pléistocène moyen final de Romain-la-Roche (Doubs, France). *Revue de Paléobiologie*, 29 (2) : 803-825.
- PAUPE, P., H. SCHMITT & M. THIEVENT (1988) - La faune fossile de la grotte aux ours de Gondenans les Moulins. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle du Pays de Montbéliard*. 133-146.
- PETREQUIN, P. (1971) - Activités du groupe spéléologique du Doubs. *Spelunca*, 3 : 23.
- REUSSER, P., S. BRÖCKELMANN & M. GEROLD (1975) - Analyse et description de quelques fractures et maladies osseuses observées chez *Ursus spelaeus*. *Bulletin de la Société d'Etudes et de Recherches Préhistoriques, Les Eyzies*, 24 : 1-8.
- SACER (2002) - Traçage des eaux souterraines dans le cadre de la demande de renouvellement d'autorisation d'exploiter une carrière de roches massives sur la commune de Vergranne. *Rapport inédit du bureau d'études « Sciences Environnement », Besançon*.
- THÉVENIN, A. (1958) - Un poignard en silex à Gondenans-les-Moulins, canton de Rougemont (Doubs). *Bulletin de la Société Préhistorique de France*, 5-6 : 286-287.
- TRÜMPY, R. (1980) - *Geology of Switzerland - a guidebook ; Part A*. Wepf, Basel.
- VAN VLIET-LANOË, B., A. MAGYARI & F. MEILLIEZ (2004) - Distinguishing between tectonic and periglacial deformations of quaternary continental deposits in Europe. *Global and Planetary Change*, 43 : 103-127.
- VERCOUTÈRE, C. & C. GUÉRIN (2010) - Les Bovidae (Mammalia, Artiodactyla) du Pléistocène moyen final de l'Aven de Romain-la-Roche (Doubs, France). *In* : GUÉRIN, C. & Th. MALVESY, L'aven pléistocène moyen final de Romain-la-Roche (Doubs, France). *Revue de Paléobiologie*, 29 (2) : 655-696.