



Historique et méthodologie des recherches

Jean-Christophe Castel, Myriam Boudadi-Maligne, Jean-Baptiste Mallye

► To cite this version:

Jean-Christophe Castel, Myriam Boudadi-Maligne, Jean-Baptiste Mallye. Historique et méthodologie des recherches. Castel Jean-Christophe & Boudadi-Maligne Myriam. L'Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot) : histoire d'un piège naturel au Pléistocène supérieur, *Revue de Paléobiologie* (43(2)), Muséum de Genève, pp.25-42, 2024, 0253-6730. <10.5281/zenodo.13860154>. <hal-04777031>

HAL Id: hal-04777031

<https://hal.science/hal-04777031v1>

Submitted on 12 Nov 2024

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.



HAL Authorization

REVUE DE

43(2) – 2024

PALÉOBIOLOGIE



**L'Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot):
histoire d'un piège naturel au Pléistocène supérieur**

Sous la direction de J.-C. Castel & M. Boudadi-Maligne

**Une institution
Ville de Genève**

www.museum-geneve.ch



| | |
|--|---------|
| Préface..... | 1-2 |
| Préambule | 3-4 |
| Remerciements..... | 5-8 |
| Castel J.-C., Camus H. & Muth X. - L'Igue du Gral et son contexte | 9-23 |
| Castel J.-C., Boudadi-Maligne M. & Mallye J.-B. - Historique et méthodologie des recherches.... | 25-42 |
| Castel J.-C. & Boudadi-Maligne M. - Eléments de contexte, taphonomie et informations contextualisant l'analyse des corpus osseux de l'Igue du Gral..... | 43-59 |
| Boudadi-Maligne M., Mallye J.-B., Castel J.-C. avec la collaboration de F. Lacrampe-Cuyaubère F., Muth X. & Luret M. - Les remplissages paléontologiques de l'aven : description, définition des ensembles et cadre chronologique | 61-85 |
| Sitzia L. - Etude préliminaire du remplissage sédimentaire de l'Igue du Gral et implications pour l'accumulation des restes fauniques | 87-105 |
| Camus H. - Caractérisation morphokarstique de l'Igue du Gral | 107-149 |
| Brugal J.-P. - Les grands bovidés de l'Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot, France) et les bisons de la fin du Pléistocène..... | 151-191 |
| Bignon-Lau O. - Spécificités et évolution des chevaux de l'Igue du Gral : analyses morphométriques et inférences comportementales | 193-204 |
| Castel J.-C. & Coumont M.-P. - Le cheval de l'Igue du Gral. 2023. Compléments d'analyses | 205-214 |
| Castel J.-C. Le cerf de l'Igue du Gral | 215-233 |
| Castel J.-C. & Kuntz D. - Le renne de l'Igue du Gral | 235-300 |
| Castel J.-C. - Les herbivores rares de l'Igue du Gral : du chamois au mammoth..... | 301-315 |
| Boudadi-Maligne M. - Les grands carnivores (à l'exception du loup) de l'Igue du Gral | 317-327 |
| Boudadi-Maligne M. & Castel J.-C. - Les loups (<i>Canis lupus</i>) de l'Igue du Gral : bilan de l'analyse taphonomique et paléontologique | 329-352 |
| Mallye J.-B. & Pelletier M. - Les léporidés et les petits carnivores de l'Igue du Gral | 353-415 |
| Laroulandie V. - Taphonomie des restes aviaires de l'Igue du Gral (Lot). Considérations méthodologiques et paléoenvironnementales..... | 417-436 |
| Jeannet M. - La microfaune de l'Igue du Gral..... | 437-449 |
| Studer J. - Les poissons de l'Igue du Gral | 451-456 |
| Chaix L. & Castel J.-C. - La malacofaune de l'Igue du Gral | 457-464 |
| Couture C., Escola M., Desrue A. & Castel J.-C. - Etude anthropologique des vestiges humains protohistoriques de l'Igue du Gral et des pièges naturels de Monclar (Sauliac-sur-Célé)..... | 465-474 |
| Ducasse S., Renard C., Constans G., Villeneuve Q. & Mourre V. - Des chasseurs en embuscade ? Les témoins de la présence humaine autour de l'Igue du Gral : caractérisation des vestiges lithiques « piégés » par l'aven et hypothèses d'introduction | 475-488 |
| Castel J.-C. - Archéozoologie du renne en aven : comparaison des profils squelettiques entre accumulation naturelle et sites archéologiques | 489-507 |
| Rendu W., Pubert E., Boudadi-Maligne M. & Castel J.-C. - Saisonnalité d'accumulation des carcasses dans l'Igue du Gral : résultats cémento-chronologiques | 509-516 |
| Gauthier J., Bachmann Salvy M., Orlando L. & Alvarez N. - Paléogénomique de l'Igue du Gral, ou comment les populations de mégafaune ont traversé la dernière grande Glaciation | 517-520 |
| Boudadi-Maligne J., Castel J.-C., Ducasse S. & Mallye J.-B. avec la contribution de Bignon-Lau O., Brugal J.-P., Laroulandie V. & Pelletier M. - Synthèse paléoenvironnementale et biochronologique de l'Igue du Gral (Lot). Entre nature et culture... .. | 521-534 |

Historique et méthodologie des recherches

Jean-Christophe CASTEL¹, Myriam BOUDADI-MALIGNE² & Jean-Baptiste MALLYE²

¹ Laboratoire d'archéozoologie, Muséum d'histoire naturelle, C.P. 6434, CH-1211 Genève 6, Suisse ;
jean-christophe.castel@geneve.ch

² CNRS, PACEA – UMR5199, Allée G. St Hilaire B2, CS 50023, F-33615 Pessac Cedex, France ;
myriam.boudadi-maligne@u-bordeaux.fr ; jean-baptiste.mallye@u-bordeaux.fr

Résumé

Les méthodes de fouille de l'Igue du Gral n'ont pas été constantes, mais elles ont toujours tendu vers l'obtention de données de terrain comparables à celles obtenues grâce à la finesse des fouilles des sites d'habitat du Paléolithique supérieur. Pour cela il a fallu composer avec un milieu souterrain complexe et, au début au moins, avec des moyens très limités. En effet, dès le départ, nos recherches ont été motivées par la possibilité d'offrir des comparaisons entre un site paléontologique et les gisements du contexte archéologique régional (habitats et grottes ornées). L'Igue du Gral possède en effet ceci d'exceptionnel de pouvoir allier, dans une perspective chronologique relativement longue, la diversité des approches paléontologiques, la reconstitution des paléo-environnements et la confrontation directe avec les données issues de la recherche archéologique.

Mots-clés

Méthodes de fouille, tamisage, décapages, topographie, stratigraphie.

Abstract

History and methodology of research.- Excavation methods at the Igue du Gral have not been consistent, but have always sought results comparable to those of Upper Palaeolithic settlement sites. We were faced with a complex underground environment and, at least initially, very limited resources. From the outset, our research was designed to allow comparisons between a paleontological site and the archaeological deposits of the region (habitation sites and decorated caves). The Igue du Gral is exceptional in combining, over a relatively long chronological sequence, a diversity of paleontological approaches, reconstruction of paleo-environments and direct comparison with data from archaeological research.

Keywords

Excavation methods, sieving, surface-stripping, topography, stratigraphy.

1. HISTORIQUE DE LA DÉCOUVERTE DE L'AVEN

La découverte de l'Igue du Gral, le 3 janvier 1998, s'est effectuée dans le cadre d'une campagne d'exploration spéléologique du secteur de Monclar (communes de Sauliac-sur-Célé, Orniac et Cabrerets) conduite par Michel Espéret et Jean-Claude Eyma du Spéléo-club de Saint-Céré (Fig. 1). Le puits d'accès au gisement fossili-fère était alors presque complètement obstrué, seule une dépression de deux mètres de profondeur environ était perceptible. Lors de la désobstruction, entamée dans les mois qui ont suivi, un vide est apparu à une profondeur d'environ 7 mètres. Il s'étendait vers l'est entre un talus de cailloutis en forte pente et le plafond d'une petite salle.

C'est ainsi que le 6 décembre 1998, Jean-Jacques Miquel et Gérard Delrieu accompagnés de Jean-Louis Masbou et Michel Faurie ont découvert le gisement paléontologique. Le Service régional de l'Archéologie de Midi-Pyrénées (SRA) est averti le 8 décembre et François Rouzaud s'y rend le 10 décembre 1998. Le nom de Gral est l'acronyme du «Groupement des Radiesthésistes Amateurs du Lot» ; en effet, certains nouveaux avens du secteur de Monclar auraient été découverts au pendule ! Pour être correct, il faudrait donc écrire Igue du GRAL (ou même G.R.A.L.), mais pour des raisons pratiques et par analogie avec la thématique d'une quête quasiment homonyme, nous avons préféré adopter une écriture en minuscules.



Fig. 1 : La cavité a été repérée par M. Espéret et J.-C. Eyma du spéléoclub de Saint-Céré (en haut, dans la grotte en 2009). Les travaux furent entrepris quelques mois plus tard par J.-J. Miquel (en bas, à l'Igue du Dolmen vers 2015). Photos J.-C. Castel.

La vidange du remplissage du puits d'accès a été réalisée par l'équipe spéléologique en quelques week-ends. La rapidité des opérations de désobstruction est due à l'utilisation d'un treuil monté sur un tracteur qui a permis d'évacuer du puits plusieurs mètres cubes par heure à l'aide de fûts métalliques de 200 L renforcés à leur base. Le remplissage du sommet était constitué essentiellement de cailloux et blocs, ce qui a accéléré son évacuation. Les seuls éléments repérés et isolés par les spéléologues

dans le puits sont des os humains et de rares fragments de céramique. Ce type de dépôt n'ayant pas été retrouvé dans les plaquages subsistants sur la bordure sud de la salle principale ou le boyau ouest, il est probable qu'ils se développaient à mi-hauteur du puits d'accès. Après l'apparition du vide, la désobstruction s'est poursuivie jusqu'au niveau du sol moyen de la salle principale (vers 8,50-9 m). Les os présents en surface ont alors été rassemblés afin qu'ils ne soient pas piétinés. Le matériel a été stocké sur place dans des cartons avec celui prélevé à l'Igue de la Patte d'Oie, autre gisement fossilifère découvert à quelques centaines de mètres. Malheureusement ces cartons se sont désagrégés en quelques mois et une délicate séparation des deux lots a été réalisée par J.-Ph. Brugal et J.-C. Castel durant l'été 2000.

L'ensemble des matériaux évacués a été stocké à l'extérieur vers l'ouest, sur un tas de 10 x 2 m et sur 1 m de hauteur (Fig. 2). Quelques vestiges osseux visibles en surface ont été récoltés au cours des premières années de fouilles, lors de l'emport progressif du sédiment par ruissellement météorique.



Fig. 2 : En 2001, le tri est réalisé à sec sur le causse ; il concerne les sédiments dégagés par la fouille, mais aussi les tas de déblais de désobstruction visibles derrière les fouilleurs. Photo J.-C. Castel.

La motivation des spéléologues à poursuivre l'exploration de la cavité a conduit à des destructions multiples, mais d'ampleur assez faible. Il s'agit notamment du déplacement des objets présents en surface dans la moitié est de la salle principale, de la désobstruction de boyaux sur la pente nord avec mise à l'écart des restes osseux visibles. Ces opérations ont largement détruit les couches supérieures de l'Holocène (assez pauvres), mais le remplissage du Pléistocène est resté quasiment intact. Une trappe métallique avec cadenas a rapidement été installée sur l'ouverture par les spéléologues, fermant efficacement la cavité dès 1999 (Fig. 3).

Dans ce même cadre des explorations spéléologiques du secteur de Monclar par le Spéléoclub de Saint-Céré, un autre piège à faune a été découvert le 5 décembre 1998,



Fig. 3 : A la surface du causse, l'ouverture de l'Igue du Gral est protégée par une trappe installée par le Spéléoclub de Saint-Céré à la suite de la désobstruction du puits d'accès. Photo J.-C. Castel.

à quelques centaines de mètres de l'Igue du Gral ; c'est l'Igue de la Patte d'Oie (Sauliac-sur-Célé), mentionnée précédemment. Cette cavité a également été signalée au Service Régional de l'Archéologie dès sa découverte. Le tas de déblais, découvert fortuitement par J.-C. Castel en 1999, a incité celui-ci à proposer au SRA la réalisation d'un diagnostic approfondi, mené à partir du printemps 2000 en compagnie de l'équipe spéléologique. Cette opération a été suivie par une fouille de contrôle en 2002 sous la direction de Marie-Pierre Coumont.

De ces deux cavités, l'Igue du Gral s'avérait la plus prometteuse, car plus riche et moins dangereuse et, sur les recommandations du SRA et de l'équipe scientifique de Coudoulous, une demande d'opération était déposée auprès du SRA avec J.-C. Castel comme responsable administratif et une co-direction scientifique avec M.-P. Coumont, une étudiante de J.-Ph. Brugal qui était alors à la recherche de nouveaux éléments pour sa thèse sur la taphonomie des assemblages osseux des avens-pièges. La dernière grande intervention spéléologique a eu lieu en mai 2001 en présence de J.-C. Castel. Elle avait pour but de faciliter l'accès à la partie basse de l'igue. L'équipe spéléologique espérait encore à ce moment-là pouvoir continuer à explorer cette partie, localisée dans le nord de la cavité, en parallèle avec les fouilles prévues au sommet du cône d'éboulis à l'été 2001. Ce talus nord, formant la base du réseau accessible, s'est avéré toujours aussi riche en vestiges osseux. Devant l'impossibilité de trouver de nouveaux prolongements sans destruction du remplissage paléontologique, les spéléologues décidèrent alors d'abandonner toute tentative de désobstruction.

Le gisement fossilifère a été visité dès l'été 1999 par divers archéologues préhistoriens, dont Michel Allard qui fouillait alors le site des Peyrugues, et par Jacques Jaubert et J.-Ph. Brugal qui fouillaient les gisements de

Coudoulous. L'intérêt de ce site a été souligné par ce dernier dans ses différents rapports (annexe au rapport de fouille de Coudoulous II, 1999 ; rapport de l'opération préventive d'évaluation archéologique n°150-00 du programme P1, 2000). En 2000, J.-Ph. Brugal et F. Maksud ont effectué un diagnostic, dressé un plan de la cavité et prélevé quelques restes osseux de grands mammifères menacés par le piétinement des visiteurs (Brugal & Maksud, 2001).

C'est ainsi que du 4 au 16 août 2001, nous entreprenions, avec une équipe de 6 personnes et des moyens financiers très limités, la première campagne de fouille du site pour une durée de deux semaines. Au cours de cette campagne, J.-J. Miquel et quelques amis spéléologues sont venus prêter main-forte aux scientifiques afin de retirer de la cavité, à l'aide de leur treuil et de leurs fûts, un maximum de blocs et de cailloux qui l'encombraient, notamment sur le talus nord. Les années 2002 et 2003 ont permis de réaliser un total de huit semaines de fouilles avec des équipes d'une douzaine de personnes, dont huit au maximum simultanément dans la grotte.

Après deux années d'interruption dues à la finalisation du doctorat de M.-P. Coumont, à sa soutenance en mars 2006 et à la mise en place de la fouille du Petit Cloup Barrat (Cabrerets) en 2004 et 2005 par J.-C. Castel et F.-X. Chauvière, la fouille a repris à l'Igue du Gral à partir de l'été 2006. La durée des campagnes de fouille était limitée à trois ou quatre semaines pour des raisons logistiques (principalement la quantité importante de vestiges à gérer après la fouille) avec des équipes de 15 personnes en moyenne. A partir de cette reprise, les moyens alloués par le SRA se sont avérés beaucoup plus importants et ont permis des progrès sensibles de la sécurité, de la logistique, des méthodes de fouilles et de l'analyse (Fig. 4). M.-P. Coumont a progressivement abandonné la direction de l'opération au profit de Myriam Boudadi-Maligne qui l'a remplacée officiellement à ce poste à partir de la campagne 2009. La dernière campagne de fouille a eu lieu en juillet 2011. Deux constats nous ont décidés à arrêter :

- l'identification d'une stratigraphie plus complexe qu'envisagé dans les niveaux les plus profonds et surtout,
- l'accumulation considérable de matériel osseux qu'il devenait urgent d'étudier.

Quelques incursions ultérieures lors de missions géologiques ou photographiques ont permis de récolter quelques os présents sur les voies de circulation ou fragilisés par leur position en limite des carrés fouillés.

2. DESCRIPTION DE LA CAVITÉ

L'accès actuel à la cavité se fait par un puits de 9 m de hauteur dont la section est d'environ 1 m x 2 m (Fig. 4). Il débouche sur une salle oblongue de 8 m x 3 m, haute de 2 à 6 m (Figs 5 et 6). Lors de la découverte, elle était comblée dans sa partie ouest avec un talus en forte pente



Fig. 4: Le puits d'accès haut de 9 mètres. L'échelle amovible est fixée à la paroi. Le fouilleur qui remonte, muni d'un harnais de sécurité, est assuré par une corde dotée d'un système anti-chute. Sur la photo panoramique qui déforme le bas de l'échelle, on voit aussi le câble électrique, le tuyau qui permet le renouvellement de l'air et la corde qui permet de remonter les seaux de sédiments. Photo et CAO P. Wagneur, MHNG 2009.

qui disparaissait progressivement dans la moitié est. Avant nos premières visites, la salle avait été dégagée de la quasi-totalité du remplissage Holocène.

Sur le pourtour de cette salle, on observe de petits planchers stalagmitiques formant des langues de 1 m x 0,50 m et 0,3 m d'épaisseur, suspendues de 60 à 80 cm au-dessus du sommet du sol actuel, lui-même en partie calcité. Sous ces langues de calcite, se développe une dépression en forme de rigole, large de 20 à 30 cm et profonde de 30 à 50 cm qui suit les parois est et nord-est de la cavité et s'ouvre vers le nord sur le grand talus.

Après exploration, le réseau de l'Igüe du Gral se développe dans un cercle d'environ 16 m de diamètre. La salle principale est prolongée dans les quatre directions cardinales par un ensemble de boyaux et passages plus ou moins praticables (Figs 6 et 7):

- Vers l'ouest: un petit boyau en entonnoir vers le bas, large de 2 m à son sommet et long de 4 ou 5 m, se termine après une cloche haute de 4 à 6 m.
- Au nord-ouest: un colmatage argileux correspond manifestement à une autre cheminée totalement obstruée (cheminée 2); elle semble communiquer en surface avec une dépression de 6 m x 3 m, profonde de 1 m, en partie délimitée par des affleurements calcaires inframétriques.
- Au nord et au nord-est: un talus large d'au moins 5 m, de plafond bas (60 cm) à très bas, voire localement obstrué, en forte pente (20 à 40° environ) vers le bas, se poursuit sur environ 5 m et donne accès à une coupe naturelle, due à un soutirage. Sous cette coupe naturelle, un boyau dont la voûte est très instable se poursuit sur 3 ou 4 m, toujours en forte pente. Il existe vraisemblablement des vides plus bas encore qui aspirent le remplissage de la salle principale, mais



Fig. 5: Entrée de la salle principale lors de la découverte en décembre 1998; vue vers l'ouest, le photographe se situant au niveau de la stalagmite centrale. Les carrés de fouille du secteur avant se situent sous l'amas de blocs dans la partie droite de l'image. Reconstitution réalisée par Cédric Marendaz (MHNG) et J.-C. Castel à partir de captures d'images d'une vidéo de J.-J. Miquel.

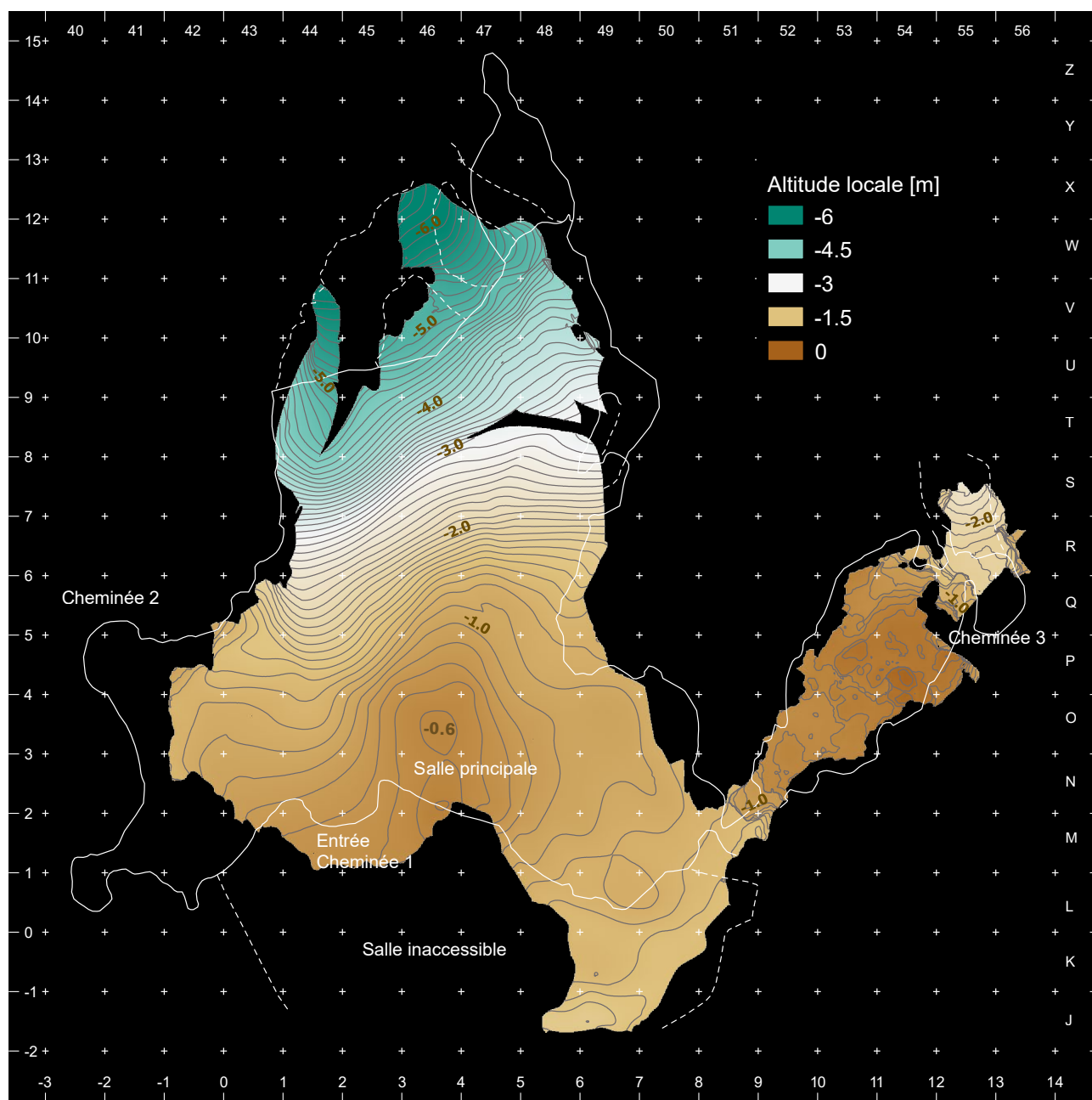


Fig. 6 : Plan de la cavité avant le début des fouilles. Les contours en blanc correspondent aux relevés de terrain réalisés par F. Maksud, D. Mancel et J.-C. Castel avant 2003. Les courbes de niveau de la partie centrale correspondent aux relevés du début de fouilles ; ceux de la périphérie notamment au nord et à l'est correspondent à des relevés photogrammétriques. Les limites de l'extension de la cavité ne se superposent pas forcément, principalement à cause de la difficulté d'accéder à certains recoins. D'autres plans font figurer des extensions mal cartographiées au sud et au nord-est. DAO X. Muth.

ce phénomène est actuellement très lent ou stoppé par un comblement à peu près complet.

- A l'est : au fond de la salle principale, derrière une étroiture calcaire (pilier stalagmitique), on accède à une petite salle, le «diverticule», de 5 m x 2 m et de hauteur variable entre 2 et 6 m. Des blocs suspendus, formés de sédiment rouge caillouteux et concrétionné, attestent de l'existence d'un puits autrefois ouvert sur l'extérieur (cheminée 3). Quelques os indéterminables

sont piégés dans cette brèche. Plusieurs restes de grands herbivores sont présents sous le plancher stalagmitique qui recouvre presque complètement cette partie de la salle. A son extrémité, elle se prolonge par un boyau étroit qui plonge vers le nord avec un léger soutirage.

- Au sud : deux ouvertures aux extrémités de la salle principale, au sud-est, et près de l'entrée au sud-ouest, permettent d'apercevoir une salle très basse (40 cm) parallèle et de dimensions voisines de celles de la salle

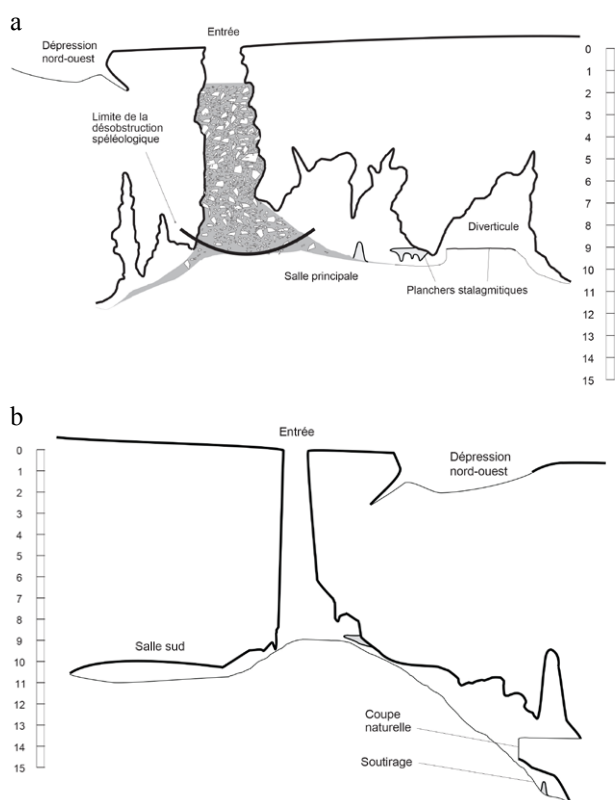


Fig. 7: a - Coupe ouest-est : état du site lors de la découverte de la dépression karstique et avant désobstruction ; b - Coupe schématique sud-nord : état du site lors du début des fouilles (docs Maksud-Camus-Castel modifiés).

principale. Le sol est recouvert d'un plancher stalagmitique tandis que le plafond est envahi de fistuleuses et de fines stalactites.

L'aspect de la cavité a changé au fur et à mesure de l'avancée des fouilles compte tenu de sa morphologie en cloche. Il en résulte que certains carrés de fouille qui, sur les schémas, semblent recouper la paroi sont bien entendu situés sous cette dernière. De même, du fait de cette évolution de l'aspect de la cavité, les plans illustrés dans ce chapitre sont marginalement variables d'un auteur à l'autre, car réalisés à des moments différents.

Les altitudes utilisées dans cet ouvrage correspondent :

- pour l'extérieur, au nivellement IGN ;
- pour la morphologie générale de la cavité, aux profondeurs mesurées par rapport au rebord extérieur du puits ;
- pour l'enregistrement des vestiges, à la profondeur par rapport à un point de référence ($Z=0$) situé au-dessus de la langue de calcite la plus développée au fond de la salle principale (Fig. 8).

L'altitude NGF du bord du puits d'accès est de 319,50 m NGF et celle du repère au fond de la salle principale à 311,58 m.

3. UN GISEMENT PALÉONTOLOGIQUE EXCEPTIONNEL ?

Les premiers vestiges collectés étaient presque uniquement osseux avec quelques restes humains et de rares



Fig. 8: Vue du fond de la salle principale montrant le repère d'altitude principal constituant le niveau 0 de référence (croix noire au-dessus du fouilleur). Photo J.-C. Castel.

fragments de céramique. Lorsque l'équipe scientifique a entrepris les fouilles en 2001, l'Igüe du Gral présentait les caractéristiques paléontologiques suivantes :

- un site assez vaste et contenant de très grandes quantités de matériel paléontologique ;
- des os déposés à plat dans un gisement épais de plusieurs mètres et probablement stratifié ;
- des activités humaines ou de carnivores négligeables ;
- un matériel généralement très bien préservé avec principalement des os complets de bison, de cheval, de renne, de loup et de cerf (Fig. 9) ;
- un accès relativement facile par une échelle de 9 m ;
- la possibilité de réaliser des fouilles dans de bonnes conditions de sécurité et un confort acceptable ;



Fig. 9: Quelques découvertes réalisées à la fin de la campagne 2001 au milieu et au fond de la salle principale. L'échelle est indiquée en cm à la base du cartel de référence. Photo J.-C. Castel

- les caractéristiques des populations animales analysées de façon préliminaire indiquant un âge contemporain de la fin du Pléistocène, ce qui était particulièrement recherché.

Plusieurs observations réalisées lors des premières visites soulignaient le fort potentiel du gisement. Au bas du talus nord, une coupe naturelle montrait sur près de 2 m², un remplissage stratifié duquel émergeaient un grand nombre d'os d'ongulés disposés horizontalement et bien conservés. Le dégagement de quelques vestiges montrait que la fouille ne présentait pas de difficulté. Enfin, des os pouvaient être récoltés dans toutes les parties de la cavité (à l'exception sans doute de la salle sud et de la plus grande partie du diverticule).

Les premières indications quant à l'âge du remplissage de la partie sommitale étaient fournies par la présence d'un loup de grande taille et de petits chevaux. Les loups de grande taille étaient alors assimilés à la fin du Pléistocène (Suire, 1969 ; Bonifay, 1971) tout comme les petits chevaux (Guadelli, 1987). Cela permettait de suspecter que la fin du remplissage ancien était contemporaine de la fin du Pléistocène et que par conséquent les dépôts sous-jacents se rapprochaient du dernier Pléniglaciaire. Que la suite des opérations ait permis de confirmer toutes ces observations préliminaires relève indéniablement d'une part de chance, mais les conditions de dépôts telles que nous les percevions auguraient de nombreuses possibilités de recherches (Fig. 10).



Fig. 10: Un carré riche en vestiges de renne et de bison. Noter l'état de conservation des vestiges. Le bord inférieur de l'étiquette mesure 104 mm. Photo J.-C. Castel.

4. PROBLÉMATIQUES DE L'OPÉRATION

Lors de la première campagne de fouille, l'étude de ce gisement était inscrite dans le cadre d'un programme du ministère français de la Culture nommé «gisements paléontologiques avec ou sans indices de présence humaine». Elle avait donc pour principal objectif la caractérisation des associations fauniques à la fin du Pléistocène sur les plateaux du Quercy. Cette caractérisation devait s'effectuer sur les plans paléontologique, paléoécologique et taphonomique et, par comparaison, contribuer à la compréhension des systèmes d'acquisition carnée des groupes humains contemporains. C'est dans ce cadre général que plusieurs perspectives de recherche ont pu être développées.

4.1. Les accumulations de faune en aven

Si les pièges naturels sont d'excellents candidats pour de nombreux domaines de recherche, ils ne sont cependant pas exempts d'un certain nombre de facteurs limitants relevant notamment de la géologie et des conditions matérielles dans lesquelles des fouilles «modernes» peuvent s'effectuer :

- accessibilité ou dangerosité de l'accès ;
- présence de gaz carbonique ;
- sécurité et confort des bénévoles ;
- possibilité d'évacuation des déblais.

Les caractéristiques de la structure de piégeage sont aussi déterminantes pour la paléontologie :

- taille de l'ouverture et hauteur de chute ;
- nombre d'animaux ;
- géométrie des dépôts ;
- qualité de conservation des ossements ;
- durée du piégeage pour chaque ensemble stratigraphique ;
- pérennité annuelle de la structure piégeante : celle-ci peut se combler plus ou moins complètement par des bouchons neigeux par exemple.

Tous les avens sont par ailleurs sous le contrôle de facteurs et agents biologiques contemporains des dépôts, notamment :

- aptitude des différentes espèces à éviter ou non les puits présents à la surface du causse : ainsi, dans certains avens isolés, actuellement ouverts en Quercy, on peut fréquemment trouver des chevreuils tombés plus ou moins récemment ; il est par contre très rare de trouver des sangliers alors que cette espèce est actuellement tout aussi abondante que la première ;
- saisonnalité des fréquentations animales sur les causses : la plupart des ongulés du Pléistocène ayant un comportement migrateur, leur présence et donc leur capacité à être piégés peuvent être variables au cours de l'année ;
- fréquentation par des chiroptères et par certains oiseaux comme refuge ou nichoir : leur statut conditionne ainsi

la présence ou non de ces taxons ; les déjections de chiroptères ont un effet parfois important sur l'évolution de la morphologie des cavités et en général très défavorable sur la conservation des restes osseux ;

- fréquentation de la cavité par des carnivores ayant eu accès par des conduits latéraux en pente et actuellement masqués : une activité intense des carnivores (en tanière ou site de consommation) modifie de façon parfois sensible le spectre des espèces et des parties anatomiques conservées (e.g. Brugal & Fosse, 2004 ; Discamps, 2011) ;
- fréquentation par les chasseurs-cueilleurs préhistoriques qui peuvent profiter de l'aubaine des pièges grâce à un accès latéral ou la présence momentanée d'amas de neige pour pratiquer un charognage contrôlé ; là aussi, ils peuvent induire de forts biais dans les assemblages d'ossements (cf. Brugal & Jaubert, 1991).

4.2. Caractérisation paléontologique et évolution des vertébrés

L'objectif classique des études de faunes en aven ou en contexte naturel est la caractérisation des populations animales dans la diachronie (Castel *et al.*, 2018, 2022). Ceci relève de la paléontologie classique à travers ses thèmes de prédilection : variabilité des populations animales, évolution des cortèges fauniques, évolution des lignées spécifiques au cours du temps ou face à des contraintes climatiques. Dans un premier temps, ce type de recherche s'applique à chaque espèce identifiée (ostéométrie, anatomie, biomécanique, physiologie, structure des populations, etc.). Puis sont interrogés les liens de ces espèces avec les formes qui les ont précédées et celles qui les ont suivies (évolution, phylogénie). Dans un dernier temps sont abordées les relations que les différentes espèces identifiées entretiennent entre elles et leur signification d'un point de vue éthologique, écosystémique et paléo-environnemental.

Pour la fin du Pléistocène, autour du dernier Pléniglaciaire, l'étude paléontologique des grands mammifères du Sud-Ouest de la France a longtemps reposé sur deux catégories de données disjointes : les faunes récoltées dans des accumulations naturelles et celles provenant de sites archéologiques. Cette séparation est le résultat de la difficulté de mettre en correspondance des échelles chronologiques différentes : d'une part les sites naturels, datés par le degré d'évolution des faunes qui les composent et, d'autre part, les sites archéologiques, datés par la succession des techno-complexes caractérisés par la présence de fossiles directeurs (outillage lithique, industrie osseuse, etc.). De plus, les méthodes de datations physiques telles que le carbone 14 ont longtemps été plus accessibles pour les sites archéologiques. A l'orée des années 2000, les sites archéologiques disposaient d'une chronologie absolue établie de plus en plus précisément alors que les accumulations naturelles n'étaient encore envisagées que

grâce à leur chronologie relative ou à partir de datations très ponctuelles. Ainsi, l'étude de l'évolution des faunes et des paléo-environnements des hommes préhistoriques s'est historiquement basée sur les ensembles fauniques les plus nombreux et les mieux datés c'est-à-dire ceux des sites archéologiques.

L'utilisation de ces ossements à des fins uniquement paléontologiques est demeurée centrale tout au long du XX^e siècle. Ce n'est qu'à partir des années 1970 que l'utilisation des os des sites archéologiques pour caractériser les comportements humains s'est vraiment développée. Parallèlement, le volume de matériel exhumé annuellement dans un habitat préhistorique s'est considérablement réduit, limitant ainsi les capacités d'analyses strictement paléontologiques. Les fouilles paléontologiques continuaient quant à elles à se concentrer sur la récolte des seules pièces bien conservées (i.e. quasi complètes) et de grande dimension autorisant les analyses ostéométriques. Les pièces abîmées et/ou correspondant à des portions squelettiques peu étudiées dans le cadre paléontologique (i.e. côtes, vertèbres autres que les deux premières cervicales, fragments de diaphyses, extrémités des bas de pattes, dents isolées, etc.), dont l'intérêt pouvait concerner des études taphonomiques ou la reconstitution des profils squelettiques n'étaient bien souvent pas prises en considération.

De plus, pour les accumulations récentes, les datations par spectrométrie de masse (AMS) n'étaient pas faciles à justifier pour les contextes paléontologiques qui devaient se contenter de datations traditionnelles. Ces dernières nécessitaient plusieurs centaines de grammes d'os, donc le regroupement de plusieurs vestiges provenant si possible du même milieu de dépôt. Conséquemment, cela impliquait une perception plus globale des ensembles fauniques.

C'est dans ce contexte que les fouilles à l'Igue du Gral ont été envisagées. La démocratisation des possibilités de datations radiocarbone et surtout le développement des analyses par AMS, c'est-à-dire concrètement la possibilité de dater un os même petit plutôt qu'une masse regroupant plusieurs gros vestiges, permettaient de poser un nouveau regard sur les accumulations naturelles et de baser les études non sur une chronologie paléontologique nécessitant un grand nombre de vestiges, mais sur une stratigraphie datée physiquement et des volumes fouillés plus faibles mais mieux documentés.

Cette contextualisation précise des assemblages osseux devait permettre le développement de problématiques plus spécifiques. A titre d'exemple, il est très vite devenu évident que l'Igue du Gral étant sub-contemporain des premières expériences de domestication, la caractérisation morphométrique du loup en contexte naturel devenait d'une importance stratégique dans le débat sur les processus de modification anatomique de cette espèce (Boudadi-Maligne & Escarguel, 2014). De la même manière, les nombreux ossements et dents de taxons rares, ou au contraire ceux considérés comme

paléoécologiquement centraux, ont vite suscité un grand intérêt et fait émerger de nouvelles problématiques spécifiques.

Les dynamiques écologiques peuvent être abordées à la fois par l'analyse des associations fauniques datées et par l'évolution des profils de mortalité associés aux principales espèces. En insérant l'Igue du Gral dans un cadre chronologique plus large, nous avons dès l'origine de nos recherches envisagé d'obtenir une meilleure définition de l'évolution des populations naturelles à l'échelle du Quercy en regard de celles de l'Aquitaine qui partagent le même espace paléogéographique.

4.3. Reconstitution des paléo-environnements à la fin du Pléistocène

La connaissance fine des environnements dans lesquels évoluaient les groupes humains préhistoriques pendant le Pléistocène constitue une information essentielle à la compréhension de leur organisation logistique, notamment sous l'aspect de leurs déplacements en fonction de la disponibilité saisonnière des ressources carnées. Cet environnement peut être défini par des paramètres climatiques dérivant directement ou indirectement de plusieurs types d'études :

- caractérisation des morphologies des paysages et des sols sous l'influence de phénomènes périglaciaires ;
- caractérisation de paramètres paléo-climatiques issus d'enregistrements continus en domaine marin ou glaciaire (carottes) ;
- modélisation des niches écologiques et culturelles par des algorithmes prédictifs ;
- caractérisation des mouvements et périodicité des orbites planétaires ;
- identification des densités et des mouvements des espèces animales ou végétales à partir de ce qui est identifié dans divers types de « gisements » : sites archéologiques, grottes ornées, pièges à faune, accumulations naturelles en grotte ou en plein air (essentiellement lacs et cours d'eau).

La fin du Pléistocène, contemporaine du Paléolithique supérieur, est, dans de nombreuses régions d'Europe, associée à une grande abondance de vestiges de rennes dans les sites archéologiques. Le terme d'Age du Renne a été créé dès le XIX^e siècle pour souligner cette prééminence et n'a pas été invalidé dans de nombreuses parties de l'Europe, même si dans certaines régions, ou lors de courtes périodes, d'autres espèces prenaient le relais dans l'alimentation humaine.

Pour le Sud-Ouest de la France, nos connaissances de ces paléo-environnements reposaient, à l'heure où nous commençons nos recherches dans l'Igue du Gral, sur les travaux de F. Delpech (1983, 1990, 1999 ; Delpech *et al.*, 2000). A partir des données sur les écosystèmes actuels, F. Delpech proposait, en se basant sur les associations de grands ongulés observées dans les gisements

archéologiques du Paléolithique moyen et supérieur, des hypothèses concernant les environnements et les tendances climatiques qui avaient pu régner au cours du développement des différents techno-complexes individualisés.

Pour les périodes et les régions les mieux documentées, le renne était clairement considéré comme le gibier principal parce qu'il était la ressource de loin la plus abondante, témoignant de conditions froides et sèches. La présence de bisons et de chevaux semblait cantonnée aux régions les plus basses d'Aquitaine. Cette vision d'ensemble confortait largement la dénomination d'Age du Renne.

Les sentiments et motivations qui étaient les nôtres (J.-C. Castel) au moment de débiter les travaux à l'Igüe du Gral étaient tout autres. En effet, les spéléologues extrayaient des multiples avens de la bordure orientale du Bassin aquitain majoritairement des os de bisons et de chevaux, plus rarement de rennes et presque jamais de petits ongulés ou de carnivores plus «exotiques» et anciens tels que l'hyène et l'ours des cavernes. Une intuition nous portait à croire qu'une partie au moins de ces vestiges était contemporaine des sites archéologiques qui sous-tendaient l'appellation d'Age du Renne.

À la fin du XX^e siècle, ces réflexions se plaçaient dans un contexte de la recherche où certaines idées issues de données paléthnographiques se diffusaient de plus en plus largement (p. ex. Lee & De Vore, 1968; Winterhalder & Smith, 1981). Celles-ci montraient que les faunes chassées relevaient, dans une mesure que devaient définir les archéologues, de choix économiques divers liés à la taille des groupes, à leur degré de mobilité ou à la saison de chasse, et ne reflétaient que de loin les disponibilités globales de l'environnement.

La requalification des environnements de la fin du Pléistocène sur des bases dépassant celles des seuls sites d'habitats paraissait donc nécessaire à une meilleure connaissance des comportements humains (Castel *et al.*, 2005; Castel & Chauvière, 2007).

Dans le même temps, en raisonnant non pas sur la fréquence, mais sur la présence ou l'absence des taxons, Brugal et ses collaborateurs (2004) concluaient à l'existence d'écosystèmes riches et diversifiés autour du Dernier Maximum Glaciaire, notamment en Aquitaine.

Dans ce contexte général, l'Igüe du Gral se plaçait, à l'orée des années 2000, comme une source de renouvellement des connaissances particulièrement propice, dans la mesure où les corpus paléontologiques pouvaient être bien placés dans la chronologie grâce au développement de datations par AMS accessibles financièrement et obtenues rapidement.

4.4. Les choix anthropiques

Les limites de cette perception des paléoenvironnements ayant été soulignées, il devenait tentant de caractériser

ces différences entre spectres de chasse et biomasse locale disponible. Pour obtenir des résultats ayant une valeur régionale ou une valeur d'exemple, il fallait pouvoir disposer de plusieurs éléments :

1. Une région définie par des critères d'unité paléoécologique et géomorphologique ; dans le cas présent cette unité était définie par les causses jurassiques du Quercy et les vallées qui les traversent.
2. Cette région devait avoir été occupée de façon suffisamment soutenue par les communautés animales, dont l'Homme.
3. Ces données du Quercy devaient être comparées avec le reste de l'Aquitaine qui forme l'unité régionale naturelle et culturelle d'échelle supérieure.

Les sites d'habitat interrogés dans le cadre de cette confrontation sont ceux répartis dans un rayon de 20 km autour de l'Igüe du Gral et dans des environnements géomorphologiques similaires : l'abri des Peyrugues, le grand abri de Cabrerets (abris Louradour – Dimanche – Vertu), la grotte de la Gare de Conduché, la grotte du Petit Cloup Barrat, la grotte de la Bergerie de Saint-Géry, l'abri du Cuzoul de Vers, la grotte de la Bergerie-des-Quatre-Chemins, la grotte de Pégourie, la grotte de Sainte-Eulalie, la grotte du Pech de Cavières et d'autres moins bien appréhendés (fouilles anciennes ou insuffisantes, mauvaise conservation de l'os) (cf. Castel *et al.*, 2024, fig. 4).

À cette échelle, les premières phases du Paléolithique supérieur ne sont pas bien documentées et c'est seulement à partir du milieu du Gravettien que la région semble plus régulièrement fréquentée (Pégourie, Peyrugues, Petit Cloup Barrat) (Castel *et al.*, 2013, 2014). En revanche, l'occupation humaine semble quasiment continue jusqu'à l'Holocène.

4.5. Activités humaines associées au milieu karstique : un problème méthodologique

L'étude du site constituait aussi une contribution au problème de la présence de vestiges lithiques en contextes naturels, repaires (Villa & Soressi, 2000) ou avens-pièges (Brugal & Jaubert, 1991; Brugal *et al.*, 2001; Diez Fernandez-Lomana, 1993). Y a-t-il eu un charognage actif sur les carcasses des animaux piégés ? D'après nos connaissances sur la topographie de la cavité, l'Igüe du Gral constitue un milieu où l'homme n'a pas pu pénétrer. Cependant, quelques pièces lithiques ont été très tôt récoltées. De plus, la présence de morsures sur certains os montre que des loups ont vraisemblablement pu entrer volontairement ou du moins avoir survécu à leur chute à un moment de l'histoire du remplissage, ce qui permet d'envisager que l'Homme a pu connaître le même destin. Dans ce cas, comment caractériser ces intrusions et leur rôle dans l'alimentation de ces espèces ?

4.6. Taphonomie d'un remplissage naturel

Avant de pouvoir aborder les problématiques évoquées ci-dessus, il est nécessaire de mesurer, d'une part, les pertes d'informations dues à l'évolution géologique des remplissages et à la dégradation post-dépositionnelle des vestiges et, d'autre part, évaluer les biais induits par l'activité des animaux ayant vécu dans la cavité, notamment les carnivores. Il faut aussi tenir compte des conditions de fouille et de traitement du matériel qui ne sont pas neutres dans un tel contexte. Cette analyse taphonomique revêt une importance particulière à l'Igue du Gral puisqu'il s'agit d'un des très rares sites naturels fouillés comme le serait un site archéologique. L'exhaustivité de la récolte et le soin apporté à la conservation et au conditionnement des vestiges permettent d'écarter des biais qui peuvent apparaître lors d'analyses sur les faunes récoltées dans des conditions souvent difficiles en aven.

4.6.1. Altérations des surfaces

Un des objectifs de la fouille de l'Igue du Gral était de créer un référentiel fossile des formes d'altérations climato-édaphiques et biologiques existant dans le milieu naturel (fragmentation, dissolution, météorisation et dépôts observés sur les restes osseux). Cette perspective a été développée sur les repaires de carnivores (e.g. Bunn, 1983 ; Cruz-Urbe, 1991 ; Fosse, 1994) et sur certaines formes d'accumulations naturelles généralement en plein air (Behrensmeyer *et al.*, 1989), parfois en aven (Oliver, 1989 ; Diez Fernandez-Lomana, 1993 ; Costamagno, 1999 ; Brugal *et al.*, 2004). Il s'agit de comprendre la formation d'une accumulation et l'importance des phénomènes qui vont l'altérer indépendamment de l'intervention humaine. Cet objectif a fait l'objet de publications suivant de peu le début des fouilles (Coumont, 2006, 2009 ; Coumont & Castel, 2007 ; Coumont *et al.*, 2013) et d'un travail de Master 2 (Robert, 2010).

4.6.2. Activités des carnivores

La découverte au sommet du remplissage de l'Igue du Gral, de vestiges présentant des modifications vraisemblablement attribuables à des canidés de taille moyenne, autorise une caractérisation de l'impact de ces carnivores sur un assemblage osseux, en termes de traces et de destruction différentielle des éléments squelettiques en dehors de toute influence humaine comme ce serait le cas dans un site d'habitat. L'occasion est par ailleurs donnée de constituer un corpus de marques qui résultent de l'activité des canidés seuls et de mieux la différencier de celles de prédateurs avec lesquels elle peut être confondue (hyène). En effet, au contraire de l'hyène, accumulateur d'ossements dans les repaires (e.g. Fosse, 1994 ; Discamps, 2011), le loup se nourrit généralement, si l'on

se réfère aux données éthologiques (e.g. Mech & Boitani, 2003), autour des sites de rendez-vous ou sur le « kill-site ». Ces sites de plein air, peu propices à la conservation de l'os, ne sont donc pas documentés pour le registre paléolithique. La présence de loup au sein de l'Igue, si elle pose encore de nombreuses questions concernant l'accès de la cavité (Castel *et al.*, 2010), offre donc une opportunité rare de décrire les stigmates causés par cette espèce sur les restes d'ongulés et autres petits et moyens mammifères (Coumont, 2006 ; Castel *et al.*, 2008).

4.6.3. Dégradation différentielle du squelette en dehors de tout agent animal

Dans les niveaux où aucune activité de carnivore n'est observée, il est possible de documenter la fréquence des éléments du squelette. Cette caractérisation est particulièrement utile pour mieux comprendre les fréquences des différents os observés dans les sites archéologiques, notamment ceux dans lesquels le matériel est apparemment bien conservé et, a priori, n'a pas, ou peu, été modifié par les carnivores. Ces fréquences des différents os sont en effet reliées aux stratégies de transport entre sites d'abattage et sites d'habitat ainsi qu'aux modalités d'exploitation des animaux abattus à des fins alimentaires et techniques.

Les possibilités offertes par la découverte et l'étude de l'Igue du Gral étaient telles qu'il était indispensable de définir un protocole de fouille adapté autorisant les différentes analyses et la comparaison directe avec les sites archéologiques voisins.

5. MÉTHODES DE FOUILLES

Les méthodes de fouilles mises en œuvre sur le site du Gral relèvent des méthodes classiques de terrain utilisées en archéologie du Paléolithique supérieur et non à celles qui étaient en vigueur dans les sites paléontologiques jusqu'à la fin du XX^e siècle. Cet effort autorise ainsi la comparaison entre les données de l'aven et celles des sites archéologiques. Toutefois, compte tenu du lieu de fouille (milieu souterrain, distant d'une source d'eau) et de l'exiguïté de la cavité, il a été nécessaire d'adopter quelques procédures visant à simplifier les opérations. En effet, la localisation topographique du gisement nous a imposé certaines contraintes dont les principales sont l'absence d'eau courante dans l'environnement proche, l'alimentation électrique (ventilation, éclairage) assurée par un groupe électrogène et enfin la circulation des personnes dans le puits qui demandent un temps important du fait des règles de sécurité à respecter. La motivation des fouilleurs a toujours compensé ces contraintes.

5.1. Organisation matérielle

Le site du Gral est situé, en ligne droite, à 2,5 km de Cabrerets et 3,5 km de Sauliac-sur-Célé, à 150 m au-dessus de ces villages de vallée. L'accès en véhicule est plus aisé depuis Cabrerets, où le camp de base de l'opération a été fixé : 3,5 km de petites routes de campagne s'achevant par une montée sur la colline puis 2 km d'une piste aisément praticable et enfin 150 m de chemins peu carrossables. Le transport quotidien d'un groupe électrogène, du matériel spéléologique et des seaux à sédiments mobilisait presque totalement un véhicule. Un ou deux autres véhicules servaient au transport des fouilleurs. Un autre véhicule rejoignait l'équipe à midi pour le repas et les échanges de postes de travail entre fouille et camp de base. Dans l'après-midi, une équipe véhiculée redescendait vers le Célé pour le tamisage des sédiments.

Chaque été, la mise en place de la fouille nécessitait trois personnes pendant une grosse journée. Elle comprenait notamment le transport et l'installation d'une échelle, de l'ensemble du matériel électrique et l'aménagement d'un coin-repas. A l'ouverture, le site était assez fortement chargé en CO₂. Les taux mesurés lors de la première triennale étaient de l'ordre de 1,8-1,9 %, ce qui est supportable par une personne en bonne condition physique travaillant tranquillement, mais devient gênant lorsqu'on y travaille à plusieurs ou lorsque l'on discute. Un extracteur d'air pour salle de bain (200 m³ par heure) relié à un tuyau souple (15 m) a permis de renouveler l'air et assurer un bon confort aux fouilleurs dans la salle principale. L'échelle télescopique, haute de 9 m, était préparée à l'extérieur et basculée dans l'orifice, puis fixée contre la paroi par des chaînes. Elle permettait d'installer dans un second temps l'équipement de sécurité qui consistait en une corde avec fractionnement sur laquelle coulisait un appareil antichute mobile pour corde statique (Antichute Asap Petzl). L'ensemble du matériel d'éclairage était ensuite descendu et installé ainsi que le matériel de fouille et la lunette de chantier (ou niveau laser). Le seul matériau qui supporte de passer une année dans l'aven est le plastique, c'est-à-dire en pratique les seaux à sédiments et des armoires. Tout le reste, en bois ou en métal, devait donc impérativement être remonté en fin de campagne et stocké ailleurs.

La circulation verticale du matériel et des seaux de sédiments se faisait à la force des bras à l'aide d'une corde. Ce système a retenu notre préférence, car il ne nécessitait pas d'installation/démontage quotidien et ne bloquait pas l'orifice de l'aven. L'implantation d'une cabane de chantier au-dessus de l'orifice pour permettre une installation plus pérenne a été envisagée, mais nous a semblé à la fois risquée (plus visible donc vols plus faciles) et peu bénéfique en temps de manœuvre.

Lors de l'accueil des fouilleurs, une phase de formation aux rudiments de la spéléologie était délivrée. L'équipement et la descente avec baudrier et casque nécessitaient jusqu'à 10 minutes pour les débutants.

Le temps total de descente dans l'aven dépassait donc parfois une heure en début de campagne. Le temps de remontée était plus long encore, mais certains fouilleurs pouvaient continuer leur travail pendant que d'autres remontaient et commençaient à prendre en charge le rangement journalier du matériel.

A l'intérieur de l'aven, il fallait composer avec l'exiguïté de l'espace disponible avec pour objectif de faire cohabiter dans la vingtaine de m² où l'on pouvait se tenir debout, une équipe de fouilleurs, des équipements spéléologiques encombrants, tout le matériel de fouille... en prenant garde de ne pas piétiner les carrés ouverts à la fouille et en laissant libres les espaces de circulation. A partir de 2002, le nombre de personnes présentes dans la grotte a oscillé entre 6 et 10 avec une moyenne de 8. Ces conditions difficiles étaient en partie compensées par la qualité du matériel faunique conservé dans l'Igue et les solutions humaines mises en place, plus conciliantes que d'ordinaire en cas de problème lié à la fouille. Des procédures permettant d'optimiser le travail ont progressivement été mises en place avec une complexité et une précision croissantes tout en assurant le confort des fouilleurs (Fig. 11).



Fig. 11 : Vue du secteur Avant en 2009. Photo P. Wagneur, MHNG.

Dans ce type de milieu, l'éclairage joue un rôle important. Lors de notre première installation, il nous avait été recommandé de procéder avec un système en 24 volts, car le site était considéré comme faisant partie des milieux humides. Grâce à Paola Villa, nous avons pu profiter du matériel qui était utilisé sur le site de Bois Roche, en Charente. Nous avons très vite constaté les limites de ce type d'éclairage pour la visibilité des petits ossements ou la perception des faciès sédimentaires. Considérant que le site était suffisamment sec, nous avons opté pour l'éclairage en 220V à partir de 2006, ce qui a constitué un progrès considérable.

5.2. La fouille

5.2.1. Fouille par carré et par décapage

Les premières interventions avaient permis une récolte des vestiges superficiels par les spéléologues. L'intervention de J.-Ph. Brugal et F. Maksud en 2000 avait poursuivi cette récolte avec un découpage de l'espace plus précis de la salle principale (Brugal & Maksud, 2001).

La fouille entreprise en 2001 a été réalisée en découpant l'espace de la salle principale selon un carroyage métrique (Fig. 12). Cette solution est la plus adaptée au dégagement d'os longs de grands herbivores dépassant parfois 40 cm de longueur. L'axe des Y forme un angle de 12° vers l'est par rapport au Nord magnétique. Les décapages sont menés à l'horizontale ou en respectant le pendage général des vestiges et des blocs. Les vestiges de plus de 3-4 centimètres et ceux considérés comme déterminables sont cotés. Les coordonnées planimétriques des petites pièces sont prises au milieu de celles-ci, les coordonnées altimétriques au point le plus bas. Pour les os les plus volumineux, d'autres points sont pris. Le découpage vertical est réalisé par « décapages » de quelques centimètres. Le pendage des os est enregistré au clinomètre (dès qu'il dépasse 5°). Les pierres sont cotées à partir de 10 centimètres de longueur. Les sédiments sont évacués dans des seaux de 20 litres référencés remplis aux deux tiers au maximum.



Fig. 12 : Fouille dans le secteur Arrière en 2011. Les bords de carrés sont matérialisés par des fils à plomb. L'espace exigu et irrégulier ne permet de mettre à disposition des fouilleurs qu'un nombre limité de repères horizontaux. Des contrôles à l'aide d'une équerre étaient régulièrement nécessaires. Photo P. Wagneur, MHNG.

La salle principale a été divisée en deux secteurs de fouilles qui semblaient pertinents lors de notre première intervention : le secteur Arrière a priori plus riche en carnivores et le secteur Avant qui semblait renfermer

des os plus complets. Par la suite, cette partition a été maintenue, principalement pour des questions de gestion de l'espace autour des fouilleurs. A la fin des fouilles de 2011, les deux secteurs n'étaient jointifs que par un angle de carré (P48/O49).

5.2.2. Relevés des informations

Les informations d'un décapage sont consignées sur une feuille de relevé A4 (Fig. 13). Cette feuille est constituée d'une carte représentant 1 m² sur laquelle les os et les blocs sont dessinés et les principales informations sédimentaires sont indiquées. Au-dessous, un ensemble de 12 colonnes permet d'enregistrer les références spatiales, la détermination paléontologique primaire, d'éventuelles observations. L'inclinaison est notée si l'objet n'est pas à plat. Avec le développement de nos moyens, nous avons pu progressivement mettre en place un relevé photographique systématique, deux fois par jour les dernières années.

Si la mesure de la position en plan des vestiges n'a posé aucune difficulté, celle de la profondeur s'est avérée plus complexe à mettre en place de façon fiable. En effet la conformation en cloche de la cavité ne permettait pas de lecture directe dans tous les points depuis un instrument d'optique : une lunette de chantier a été parfois installée, mais celle-ci gênait fortement la circulation. Par conséquent, des points repères ont été disposés sur les parois. La lecture a été réalisée à partir de ficelles et de nivelles. A mesure de la progression de la fouille, d'autres repères ont été positionnés de plus en plus bas. Une vérification en fin d'opération en 2011 avec des moyens de contrôle plus efficaces (tachéomètre) nous a permis de constater une dérive inférieure à 4 cm entre les repères de départ et les valeurs les plus éloignées.

L'épaisseur des relevés/décapages n'était pas définie de façon précise. Le plus souvent, nos décapages correspondaient à l'enregistrement en trois dimensions de 25 objets. La quantité de sédiments associée pouvait être nulle si le matériel était dense ou correspondre à plus d'une cinquantaine de litres de sédiments dans les couches pauvres en vestiges. Cette information était consignée dans les feuilles de relevé en notant le nombre de seaux utilisés. Un changement de relevé était réalisé en général au-delà de quatre seaux (soit 40 à 60 litres). Lorsque la densité des vestiges est très forte, la limite de 25 objets par décapage ne correspond pas à des critères spatiaux ou sédimentaires, mais permet une meilleure gestion lors du lavage-marquage-conditionnement. Dans ce cas, l'appellation « décapage » est abusive puisqu'une nappe de vestiges peut être enregistrée sous plusieurs numéros successifs ; pour des raisons pratiques, nous avons conservé ce terme et l'utilisons dans cet ouvrage (Fig. 14).

Au titre des imprécisions des méthodes d'enregistrement que nous devons regretter, il faut noter que si

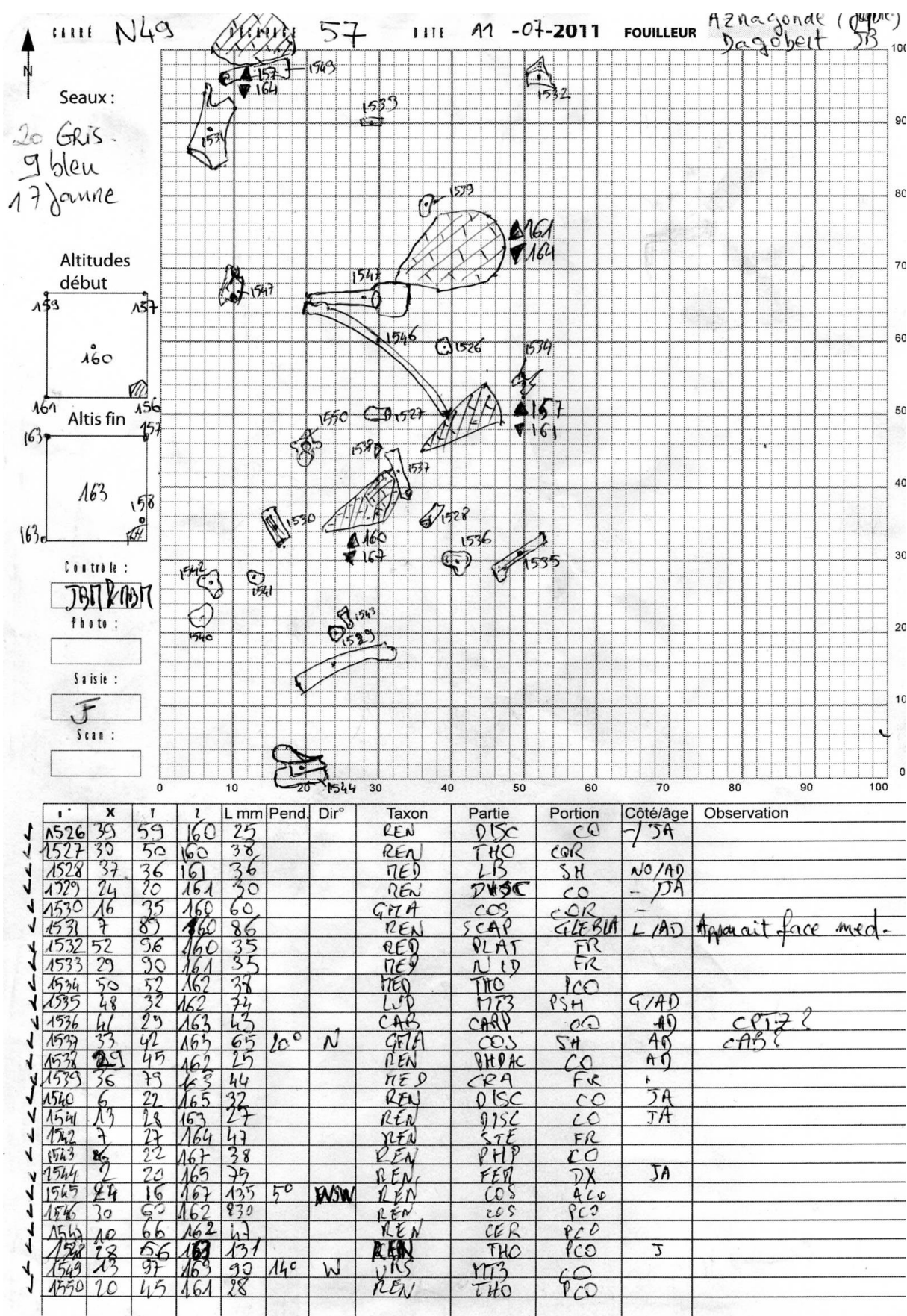


Fig. 13: Feuille de relevé représentative.



Fig. 14: Evolution de l'aspect d'un carré de fouille à quelques heures d'intervalle. Dégagement des vestiges d'un niveau de petits blocs sur lesquels les os sont particulièrement abondants et déposés sans cohérence anatomique. Photos P. Wagneur, MHNG.

théoriquement les décapages sont au mieux des volumes parallélépipédiques, la nature du terrain a presque toujours nécessité des rectifications de coupes, soit parce que des blocs ou de grands os empêchaient momentanément la fouille horizontale, soit parce que pour de nombreux bénévoles la notion de coupes droites aux limites des carrés constituait un objectif insaisissable dans le contexte souterrain de la fouille. Il en résulte que dans un nombre non négligeable de cas, les rectifications de coupes n'ont pas été distinguées des décapages réalisés en même temps, mais quelques centimètres plus bas. L'étude de la distribution spatiale des vestiges déterminés dans les refus de tamis doit en tenir compte.

5.2.3. Tamisage

Le tamisage est l'aspect qui a le plus évolué entre 2001 et 2011. Faute de moyens, il était relativement médiocre lors de la première campagne (Fig. 2). En effet, le choix avait été fait de procéder à un tri rapide afin de reconnaître en priorité les potentialités du gisement. Nous avons alors

préféré récolter un corpus de vestiges suffisant plutôt que d'interrompre la fouille pour procéder à un tamisage précis, ce qui aurait nui à une perception d'ensemble du site à l'issue de la première campagne. Le tamisage a donc été réalisé dans un premier temps sur place et à sec avec un tamis de maille 2,1 mm. Avec l'augmentation du nombre de fouilleurs, de véhicules pour relier la fouille au point d'eau le plus proche et du temps consacré au tri, les choses se sont sensiblement améliorées. A partir de la deuxième triennale en 2006, le tamisage au camp de base avec l'eau potable du village nous avait été fortement déconseillé par les élus. Aussi, l'intégralité du tamisage a été réalisée dans l'eau de la rivière, le tri des refus se faisant alors directement dans le tamis. A partir de la campagne de 2009 enfin, les refus de tamis ont été triés après séchage au camp de base. Cette dernière méthode a permis de récolter plus complètement les restes de mésofaune et de microfaune, mais également les plus petits éléments squelettiques des espèces de gabarit plus conséquent (e.g. sésamoïdes, petits os du tarse et du carpe, dents déciduales isolées, etc.). Parallèlement, la maille de tamis utilisée a également évolué. La réalisation d'un tri intégral avec une maille fine (1,85 mm, n° 14) revient à s'aligner sur les méthodes classiques pour les sites du Paléolithique supérieur les mieux fouillés. Cela nous a permis d'accéder à des données rarement disponibles pour un gisement paléontologique apparemment dominé par la grande faune. Le gain scientifique apporté conjointement par l'utilisation d'une maille de tamis plus fine et le tri à sec des refus de tamis est considérable pour les petites espèces, mais cela a aussi permis de récolter des vestiges tout à fait improbables tels que des osselets d'oreille interne de rennes (cf. Castel & Kuntz, 2024). En contrepartie, le temps global consacré à cette étape de la fouille est passé à presque la moitié du temps total de l'opération de terrain.

5.3. Enregistrement des données

Les données de fouille se rapportant aux vestiges osseux ont toutes été saisies informatiquement dans une base de données, au fur et à mesure des campagnes de terrain. La base ainsi constituée au terme des trois triennales comprend plus de 26 000 entrées. Un important travail de concaténation des différentes bases de données et d'homogénéisation a été réalisé dans le cadre de l'APP (Aide à la Préparation de Publication) obtenue entre 2014 et 2016, lors de séances de travail communes réunissant M. Boudadi-Maligne, J.-C. Castel, V. Laroulandie et J.-B. Mallye. L'intégralité des feuilles de relevés de 2001 à 2011 a été numérisée. Les relevés photographiques ont beaucoup progressé entre la première campagne, pour laquelle seule une trentaine de diapositives est exploitable, jusqu'à la dernière où 600 photos numériques ont été réalisées. Sur chaque photographie sont précisés les coordonnées spatiales, les décapages en cours et l'altitude

atteinte. Ces documents sont une source importante d'information partiellement exploitée jusqu'à présent pour les différentes études.

5.4. Traitement post-fouille du matériel

La totalité des vestiges était lavée au camp de base et séchée à l'ombre. Le matériel fragile (quelques dizaines de pièces chaque année) et certains os volumineux nécessitant un séchage long ont été lavés et marqués à Genève par Jean-Marie Zumstein, alors assistant du Département d'Archéozoologie du Muséum d'histoire naturelle. Une partie de ces vestiges a dû être consolidée. Rapidement, nous avons opté pour un conditionnement de chaque vestige dans un sachet individuel.

Au final, les 9 campagnes de fouilles à l'Igue du Gral représentent environ 140 caisses d'ossements de format 40 x 60 x 23 m.

Le tri des vestiges déterminables dans les refus de tamis notamment pour la microfaune et mésofaune constitue un poste de travail qui a longuement occupé les déterminateurs à Bordeaux, Toulouse et Genève. La gestion post-fouille des erreurs de relevé et de report informatique a été assurée principalement par J.-C. Castel et M. Boudadi-Maligne avec l'aide des différents membres de l'équipe scientifique. Avant que le matériel soit confié aux paléontologues responsables des différents taxons, une phase importante de détermination a été conduite par différents spécialistes (principalement J.-C. Castel, M.-P. Coumont, M. Boudadi-Maligne, J.-B. Mallye et D. Kuntz).

6. CONCLUSION

La fouille dans des conditions particulières et avec des moyens relativement limités a constitué une aventure particulièrement motivante, tant pour les scientifiques que pour les bénévoles. La mise à disposition des corpus de vestiges par espèce et par ensemble paléontologique a constitué une lourde étape, assurée dès la fin de l'opération de terrain par les responsables de cet ouvrage.

Les données sont spatialisées avec un très bon niveau de précision pour la macrofaune, mais elle est moins assurée pour les petites espèces (en général : absence d'enregistrement 3D des os de moins de 15 mm ; tamisage incomplet au début ; volume des décapages trop importants). Nous avons néanmoins pu concilier des objectifs de précision chronologique pour des espèces aussi éloignées en taille que le bison et le chocard.

Comme souvent dans les opérations archéologiques, la décision de confier aussi vite que possible les corpus taxonomiques fiables aux différents spécialistes (des paléontologues) a restreint le développement d'analyses purement taphonomiques qui n'ont pu être conduites que séparément par les spécialistes les plus concernés par cette problématique.

Au final, la fouille de l'Igue du Gral a permis de constituer un corpus de données exceptionnel, avec un degré de précision rarement atteint, tant par la qualité du positionnement spatial que la finesse du prélèvement des vestiges, à la fois pour la macrofaune, la mésofaune et la microfaune.

Les neuf campagnes de fouilles ont montré que les remplissages de la cavité correspondaient bien au potentiel pressenti au départ. Cela a motivé une équipe scientifique de plus en plus élargie.

Les analyses qui suivent montrent l'étendue du potentiel de ces données. Il n'est pas douteux que chaque approche pourrait être approfondie et que d'autres champs seront prochainement développés ou explorés. En cela, l'Igue du Gral rejoint les grands sites préhistoriques pour lesquels les recherches sont toujours renouvelées une fois les fouilles achevées. Et si l'on tient compte du fait que la fouille n'a concerné que 2 à 3 % des remplissages de la cavité, on peut considérer que le présent volume n'est que le premier d'une longue série de publications !

REMERCIEMENTS

Nous remercions J.-P. Chadelle d'avoir accepté de réviser avec talent et célérité ce chapitre. Il faut ici souligner à nouveau le rôle stratégique de Jérémie Ferrand qui a réalisé à lui tout seul plus de la moitié des scans de fiches et documents de fouilles et saisi la même proportion d'informations sur les vestiges numérotés à la fouille, ligne après ligne, dans la base de données numériques.

BIBLIOGRAPHIE

- Behrensmeyer A.K., Gordon K.D. & Yanagi G.T. 1989. Nonhuman Bone Modification in Miocene Fossils from Pakistan. In: Bonnicksen R. & Sorg M.H. (eds), *Bone Modification*. Peopling of the Americas Publications, Orono, University of Maine, pp. 99-120.
- Bonifay M.-F. 1971. *Carnivores quaternaires du Sud-Est de la France*. Editions du Muséum, 377 pp.
- Boudadi-Maligne M. & Escarguel G. 2014. A biometric re-evaluation of recent claims for Early Upper Palaeolithic wolf domestication in Eurasia. *Journal of Archaeological Science*, 45 : 80-89.
- Brugal J.-P. & Fosse P. 2004. Carnivores et Hommes au Quaternaire en Europe de l'Ouest. *Paléo*, 23(2) : 575-595.
- Brugal J.-P. & Jaubert J. 1991. Les gisements paléontologiques pléistocènes à indices de fréquentation humaine : un nouveau type de comportement de prédation ? *Paléo*, 3(1) : 15-41.
- Brugal J.-P. & Maksud F. 2001. Sauliac-sur-Célé : l'Igue du Gral. In: *Bilan scientifique 2000 de la région Midi-Pyrénées*, pp. 120-121.
- Brugal J.-P., Bridault A., Guadelli J.-L., & Vigne J.-D. 2004. Distribution des grands mammifères en France aux deux derniers extrêmes climatiques (18 Ka et 8 Ka). In: XIV^e Congrès UISPP. *BAR International Series*, 1271 : 39-48.

- Brugal J.-P., Diez Fernandez-Lomana J.C., Huguet R., Michel P. & Rosell J. 2006. Karstic cavities, natural bone accumulations and discrete human activities in the European palaeolithic: some case studies. In: Haws J.A., Hockett B.S. & Brugal J.-P. (eds), *Paleolithic Zooarchaeology in Practice*. BAR International Series, Oxford, pp. 1-12.
- Bunn H.T. 1983. Comparative analysis of modern bones assemblages from a San hunter-gatherer camp in the Kalahari Desert, Botswana, and from a spotted hyena den near Nairobi, Kenya. In: Clutton-Brock J. & Grigson C. (eds), *Animals and Archaeology. 1: hunters and their Prey*. BAR International Series, 163: 143-148.
- Castel J.-C. & Chauvière F.-X. 2007. Les spécificités de l'exploitation du renne au Badegoulien entre Charente et Quercy. In: Beyries S. & Vaté V. (eds), *Les civilisations du renne d'hier et d'aujourd'hui. Approches ethnohistoriques, archéologiques et anthropologiques*. XXVII^e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, Actes des rencontres, 19-21 octobre 2006, Sophia-Antipolis, APDCA: 279-293.
- Castel J.-C. & Kuntz D. 2024. Le renne de l'Igue du Gral. In: Castel J.-C. & Boudadi-Maligne M. (dir.), *L'igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot): histoire d'un piège naturel au Pléistocène supérieur*. *Revue de Paléobiologie*, 43(2): 235-300.
- Castel J.-C., Chadelle J.-P. & Geneste J.-M. 2005. Nouvelle approche des territoires solutréens du Sud-Ouest de la France. In: Jaubert J. & Barbaza M. (eds), *Territoires, déplacements, mobilité, échanges durant la Préhistoire*, 126^e congrès du CTHS, Toulouse, 2001. Paris, Editions du CTHS, pp. 279-294.
- Castel J.-C., Coumont M.-P., Brugal J.-P., Laroulandie V., Camus H., Chauvière F.-X., Cocharde D., Guadelli J.-L., Kuntz D., Martin H. & Mourre V. 2008. La fin du Paléolithique supérieur en Quercy: l'apport de l'Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot). In: Jaubert J., Ortega I. & Bordes J.-G. (eds), *Les sociétés du Paléolithique dans un Grand Sud-Ouest: nouveaux gisements, nouveaux résultats, nouvelles méthodes*. Journées de la Société Préhistorique Française, Bordeaux, 24-25 novembre 2006. Société Préhistorique Française, Mémoire XLVII: 335-353.
- Castel J.-C., Coumont M.-P., Boudadi-Maligne M. & Prucca A. 2010. Rôle et origine des grands carnivores dans les accumulations naturelles. Le cas des loups (*Canis lupus*) de l'Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot, France). *Revue de Paléobiologie*, Genève, 29(2): 411-425.
- Castel J.-C., Kuntz D., Chauvière F.-X., avec la collaboration de Gerbe M. & Juillard F. 2013. L'exploitation du monde animal au Paléolithique supérieur en Quercy. Un état des connaissances. In: Jarry M., Brugal J.-Ph. & Ferrier C. (eds), *Modalité d'occupation et exploitation des milieux au Paléolithique dans le Sud-Ouest de la France: l'exemple du Quercy*. Actes de la session C67, XV^e Congrès mondial de l'UISPP, Lisbonne, sept. 2006, *Paléo*, supplément n°4: 395-418.
- Castel J.-C., Ducasse S., Chauvière F.-X., Boudadi-Maligne M., Kuntz D., Mallye J.-B. & Renard C. 2014. Animal exploitation strategies in Quercy (France) during the last glacial maximum. In: Fould F.W.F., Drinkall H.C., Perri A.R., Clinnick D.T.G. & Walker J.W.P. (eds), *Wild Things Recent Advances in Palaeolithic and Mesolithic Research*, Oxbow Books, Oxford, pp. 160-174.
- Castel J.-C., Boudadi-Maligne M., Crégut-Bonnoure E. & Brugal J.-Ph. 2018. Les avens-pièges quaternaires: vers une meilleure connaissance des paléoenvironnements et des sociétés préhistoriques. In: Djindjian F. (dir.), *La préhistoire de France*, pp. 103-107.
- Castel J.-C., Luret M., Brugal J.-Ph. & Boudadi-Maligne M. 2022. Les aven-pièges: apport à la connaissance des paléoenvironnements pléistocènes et implications archéologiques. L'exemple du Quercy. In: 18^e congrès international de spéléologie, Chambéry, vol. V. *Karstologia mémoires* 25: 367-370.
- Castel J.-C., Camus H. & Muth X. 2024. L'Igue du Gral et son contexte. In: Castel J.-C. & Boudadi-Maligne M. (dir.), *L'Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot): histoire d'un piège naturel au Pléistocène supérieur*. *Revue de Paléobiologie*, 43(2): 9-23.
- Costamagno S. 1999. Coudoulous II: Taphonomie d'un aven-piège. Contribution des accumulations d'origine naturelle à l'interprétation des archéofaunes du Paléolithique moyen. *Anthropozoologica*, 29: 13-32.
- Coumont M.-P. 2006. *Taphonomie préhistorique: Mammifères fossiles en contexte naturel, les avens-pièges, apport pour l'étude des archéofaunes*. Thèse, Université d'Aix-Marseille I.
- Coumont M.-P. 2009. Proposition d'un référentiel fossile à partir des faunes contenues dans les avens-pièges. In: Costamagno S., Fosse Ph. & Laudet F. (eds), Actes de la table-ronde «Taphonomie: des référentiels aux ensembles osseux fossiles», Toulouse, Novembre 2005, *Annales de Paléontologie*, 95: 1-20.
- Coumont M.-P. & Castel J.-C. 2007. Etude taphonomique d'un aven-piège du Tardiglaciaire, l'Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot). In: Evin J. (ed.), *Un siècle de construction du discours scientifique en préhistoire*, Actes du 26^e Congrès Préhistorique de France, Colloque du centenaire de la S.P.F., Avignon, 21-25 septembre 2004. *Société Préhistorique Française*, 3: 503-514.
- Coumont M.-P., Brugal J.-Ph., Castel J.-C., Costamagno S., Jaubert J. & Mourre V. 2013. Les avens-pièges à faible indice de fréquentations humaines: caractérisation paléocologique, taphonomique et anthropologique. In: Jarry M., Brugal J.-Ph. & Ferrier C. (eds), *Modalité d'occupation et exploitation des milieux au Paléolithique dans le Sud-ouest de la France: l'exemple du Quercy*. Actes de la session C67, XV^e Congrès mondial de l'UISPP, Lisbonne, sept. 2006, *Paléo*, supplément n°4: 181-196.
- Cruz-Urbe K. 1991. Distinguishing hyena from hominid bone accumulations, *Journal of Field Archaeology*, 18: 467-486.
- Delpech F. 1983. *Les faunes du Paléolithique supérieur dans le Sud-Ouest de la France*. Paris, CNRS Cahiers du Quaternaire n° 6.
- Delpech F. 1990. The range distribution of some ungulate mammals during the Dryas I (Recent Würm) in Aquitaine. Paleoeological implications. *Geobios*, 23(2): 221-230.
- Delpech F. 1999. Biomasse d'Ongulés au Paléolithique et inférences sur la démographie. *Paléo, Revue d'Archéologie Préhistorique*, 11(1): 19-42.
- Delpech F., Grayson D. K. & Rigaud J.-Ph. 2000. Biostratigraphie et paléoenvironnements du début du Würm récent d'après les grands mammifères de l'Abri du Flageolet I (Dordogne, France). *Paléo*, 12: 97-126.
- Diez Fernandez-Lomana J.C. 1993. *Zooarqueología de*

- Atapuerca (Burgos) e implicaciones paleoeconómicas del estudio tafonómico de yacimientos del Pleistoceno medio*, Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- Discamps E. 2011. *Hommes et hyènes face aux recompositions des communautés d'ongulés (MIS 5–3)*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux I, 437 pp.
- Fosse Ph. 1994. *Taphonomie paléolithique: Les grands mammifères de Soleilhac (Haute-Loire) et de Lunel-Viel (Hérault)*, Thèse de doctorat, Université de Provence.
- Guadelli J.-L. 1987. *Contribution à l'étude des zoocénoses pré-historiques en Aquitaine (Würm ancien et interstade Würmien)*. Thèse de doctorat, Université Bordeaux I.
- Lee R.B. & De Vore I. (eds) 1968. *Man the Hunter*, Chicago, Aldine Publishing Co.
- Mech L.D. & Boitani L. 2003. Wolf social ecology. In: Mech L.D. & Boitani L. (eds), *Wolves: Behaviour, Ecology and Conservation*. University of Chicago Press, Chicago. pp. 1-34.
- Oliver J.S. 1989. Analogues and Site Context: Bone Damages from Shield Trap Cave (24CB91), Carbon County, Montana, U.S.A. In: Bonnicksen R., Sorg M.H. (Dir.), *Bone modification*. Peopling of the Americas publications, Orono, Center for the Study of the First Americans, pp. 73-99.
- Robert B. 2010. *Analyse faunique et taphonomique du secteur arrière de l'Igue du Gral: Apport à la connaissance paléontologique et géologique du remplissage*. Mémoire de Master, Université de Bordeaux.
- Suire C. 1969. *Contribution à l'étude du genre Canis d'après des vestiges recueillis dans quelques gisements pléistocènes du Sud-ouest de la France*. Thèse, Université de Bordeaux I.
- Villa P. & Soressi M. 2000. Stone tools in carnivore sites: the case of Bois Roche. *Journal of Anthropological Research*, 56: 187-215.
- Winterhalder B. & Smith E.A. (eds). 1981. *Hunter-Gatherer Foraging Strategies. Ethnographic and Archaeological Analyses*, Chicago, The University of Chicago Press, Prehistoric Archeology and Ecology Series.