

Occitanie, Midi-Pyrénées, Ariège, Le Mas d'Azil



Archives d'une grotte

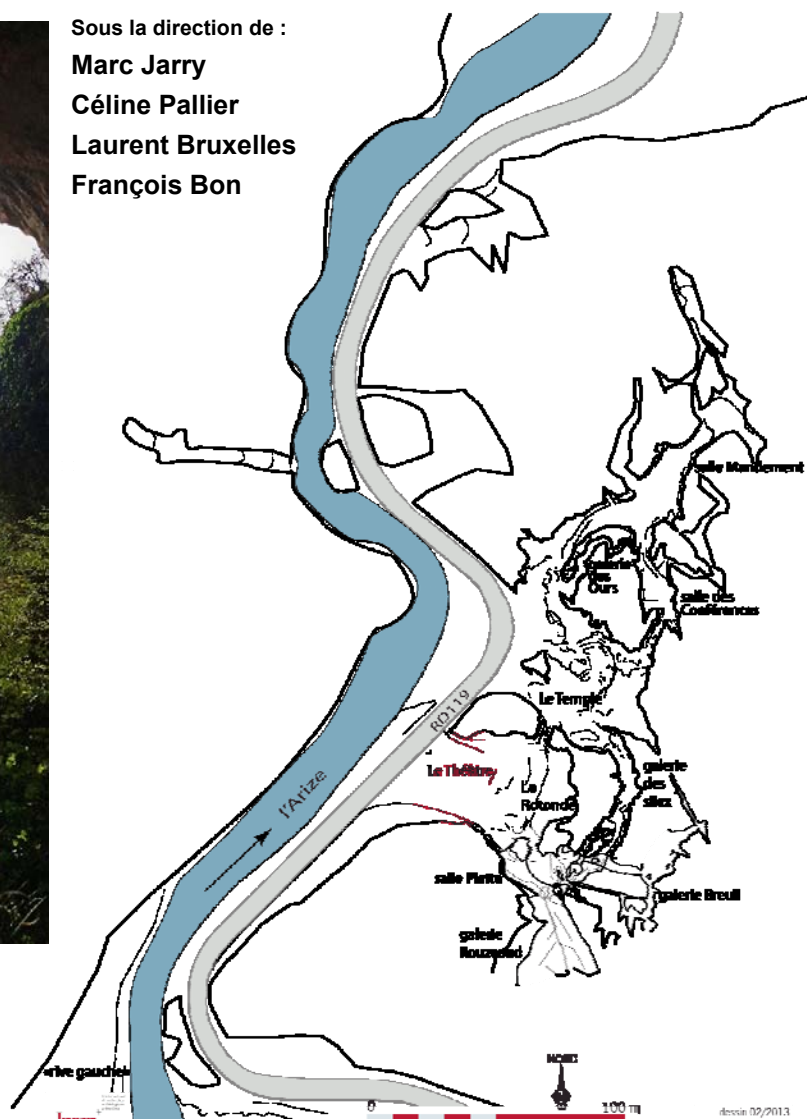
Des archives paléoenvironnementales et archéologiques
paléolithiques aux archives de fouilles
(grotte du Mas d'Azil, Ariège)

Programme Collectif de Recherches 2021-2023
Rapport d'activité pour l'année 2021



© d'après L. Bruxelles

Sous la direction de :
Marc Jarry
Céline Pallier
Laurent Bruxelles
François Bon



Décembre 2021

Occitanie, Midi-Pyrénées, Ariège, Le Mas d'Azil

Archives d'une grotte

Des archives paléoenvironnementales et archéologiques
paléolithiques aux archives de fouilles
(grotte du Mas d'Azil, Ariège)



Programme collectif de recherche 2021-2023
Rapport d'activité pour l'année 2021

Décembre 2021

Sous la direction de :

Marc Jarry
Céline Pallier
Laurent Bruxelles
François Bon



Institut national
de recherches
archéologiques
préventives



Par :

Marc Jarry
Céline Pallier
Laurent Bruxelles
François Bon
Vincent Arrighi
Michel Barbaza
Jean-Yves Bigot
Didier Cailhol
Hubert Camus
Bastien Chadelle
Sandrine Costamagno
Grégory Dandurand
Élodie Dardenne
Sixtine Hoellinger
Laure-Amélie Lelouvier
Maxime Olivo
Jean-Marc Pétillon
Manon Rabanit
Eugénie Thomas
Nathalie Vanara
Pauline Ramis
Marc Comelongue

Avec la collaboration de :

Léo Bassuet
Jean-Luc Boudartchouk
Patrice Commenge
Thomas Cuypers
Amandine Hamard
Loïc Lebreton
Hélène Martin
Patrick Massan
Yann Potin
Emmanuelle Stoetzel
Philippe Marsac
Nicole Ravaïau

Remerciements :

L'équipe scientifique du Mas d'Azil tient à remercier plusieurs personnes et institutions :

- monsieur Pascal Alard, directeur du développement du territoire, de l'économie et du tourisme au conseil départemental de l'Ariège, et responsable d'exploitation du Sesta (Service d'Exploitation des Sites Touristiques de l'Ariège) qui nous a toujours facilité l'accès au monument ;
- monsieur Jacques Azéma, responsable des sites de Niaux et du Mas d'Azil, qui est toujours très disponible à nos différentes sollicitations, y compris pendant la période hivernale où le gisement est fermé au public ;
- monsieur Raymond Berdou, maire du Mas d'Azil, vice-président du conseil départemental de l'Ariège et de manière générale la mairie du Mas d'Azil qui nous a toujours accueilli chaleureusement ;
- des remerciements très sincères aux guides (permanents et non permanents) de la grotte du Mas d'Azil (et du musée de Préhistoire), pour leur disponibilité, pour leur accueil toujours très sympathique et chaleureux, pour leur passion dans la transmission des connaissances vers le "grand public".
- nous tenons à remercier, pour leur accueil et leur écoute sur notre programme, les différents propriétaires de la grotte : madame Carrière pour la rive droite, messieurs Commenge, Paulin, Rumens et Sens pour la Rive Gauche.
- monsieur Didier Delhoume, conservateur régional de l'Archéologie de la direction régionale des Affaires Culturelles ;
- monsieur Yanik le Guillou, ingénieur au service régional de l'Archéologie, en charge du dossier ;
- monsieur Pierre Chalard, conservateur du patrimoine au service régional de l'Archéologie, pour son aide constante sur cette opération ;
- monsieur Dominique Garcia, président de l'Inrap, qui nous permet de prolonger l'aventure dans cette programmée au-delà des opérations, toujours d'actualité, d'archéologie préventive ;
- monsieur Marc Bouiron, directeur scientifique et technique de l'Inrap. Son soutien et celui de la direction scientifique et technique de l'Inrap sont essentiels ;
- le conseil scientifique de l'Inrap, pour son appui par les moyens humains apportés par l'attribution de jours/hommes dans le cadre des projets d'actions scientifiques (PAS) ;
- madame Catherine Utrera et monsieur Jean-Luc Boudartchouk, respectivement directeur interrégional Inrap Midi-Méditerranée et directeur adjoint scientifique et technique Midi-Pyrénées, pour la latitude qu'ils donnent aux agents de l'Inrap investis en temps de "projets d'actions scientifiques".
- enfin, nous remercions les membres de l'association Arize Loisir Jeunesse pour leur concours irremplaçable et surtout amical à l'organisation de Festi'Dolmen.



À la mémoire de Jean Bayot, disparu en septembre 2021

Sommaire

1. DONNEES ADMINISTRATIVES	9
FICHE SIGNALETIQUE	10
MOTS-CLES DES THESAURUS	12
ÉQUIPE DE RECHERCHE POUR 2021	13
LOCALISATION 1/250 000	15
LOCALISATION 1/25 000	16
AUTORISATION N° 76-2021-0533	17
CADASTRE	19
2. PROBLEMATIQUE ET METHODE	21
2.1. AU BAGNE...	21
2.2. GEOLOGIE, GEOMORPHOLOGIE ET GEOARCHEOLOGIE (RAPPEL)	23
2.3. LE PROGRAMME COLLECTIF DE RECHERCHES (RAPPEL)	26
PROBLEMATIQUE	26
METHODOLOGIE	27
2.4. RAPPEL DES EPISODES PRECEDENTS...	30
2.5. AUTORISATIONS DE SONDAGE ET DE PRELEVEMENTS	36
3. RESULTATS DE LA PREMIERE (9^{EME}) ANNEE	37
3.1. JOURNAL DE BORD	37
3.2. AXE 1 - CARTOGRAPHIE GENERALE DE LA CAVITE	41
ACTION 1-A : ACQUISITION ET CONTEXTUALISATION DES DONNEES ANCIENNES	41
ACTION 1-B : COLLECTE DE DONNEES TOPOGRAPHIQUES COMPLEMENTAIRES	47
ACTION 1-C : CONSTITUTION DE LA BASE TOPOGRAPHIQUE PRINCIPALE	48
ACTION 1-D : CARTOGRAPHIE MORPHOKARSTIQUE DE LA GROTTÉ	51
ACTION 1-E – TOPOGRAPHIE DE LA SURFACE	56
ACTION 1F – CARTOGRAPHIE MORPHOKARSTIQUE EXTERIEURE	56
3.3. AXE 2 - GEOMORPHOLOGIE ET GEOARCHEOLOGIE	56
ACTION 2-A : DESCRIPTION MORPHOKARSTIQUE DE LA GROTTÉ	56
ACTION 2-B : LES REMPLISSAGES KARSTIQUES ET LEURS INTERPRETATIONS	57
ACTION 2-C : CHRONOLOGIE RELATIVE ET DATATIONS DES DEPOTS	63
ACTION 2-D : MISE EN PLACE DE LA CAVITE	66
3.4. AXE 3 - ARCHEOLOGIE	85
ACTION 3-A : CARACTERISATION ARCHEOLOGIQUE DES REMPLISSAGES ET DES FORMATIONS SUPERFICIELLES	85
ACTION 3-B : EVALUATION COMPLEMENTAIRE DES NIVEAUX ARCHEOLOGIQUES DU SECTEUR II (THEATRE/ROTONDE/STERILE)	85
ACTION 3-C : EVALUATIONS COMPLEMENTAIRES DES NIVEAUX ARCHEOLOGIQUES DE LA SALLE PIETTE ET PROCHE (SECTEURS III, IV ET VI)	100
ACTION 3-D : EVALUATION DES NIVEAUX DE LA SALLE DU TEMPLE / GALERIE DES OURS / SALLE MANDEMENT ET PROCHES (SECTEURS V, VI, IX, X, XI, XII ET XIII)	100
ACTION 3-E : EVALUATION DES NIVEAUX ARCHEOLOGIQUES DE LA GALERIE PRINCIPALE / RIVE GAUCHE DE L'ARIZE (SECTEUR I)	101
ACTION 3-F : CROISEMENT DES DONNEES AVEC LES APPROCHES GEOARCHEOLOGIQUES	128
ACTION 3-G : CROISEMENT GENERAL DES DONNEES	146
4. DIFFUSION ET VALORISATION	155
4.1. COLLOQUES ET SEMINAIRES	155

4.2. PUBLICATIONS	156
4.3. FORMATION	157
4.4. COMMUNICATION/VALORISATION	159
BILAN 2021	159
PERSPECTIVES 2022	162
5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	163
BIBLIOGRAPHIE	167
ANNEXES	177
ANNEXE 1 - PRO_R_2021_102_ANNEXE1	178
ANNEXE 2 – PRO_R_2021_102_ANNEXE2	179
ANNEXE 3 – PRO_R_2021_102_ANNEXE3_MINUTE 2021	180
ANNEXE 4 – PRO_2021_102_ANNEXE4_MINUTES 2021	187
ANNEXE 5 - DATATIONS PAR LA METHODE DU RADIOCARBONE	200
ANNEXE 5A : RESULTAT DES DATATIONS REALISEES AU POZNAN RADIOCARBON LABORATORY	200
ANNEXE 5B : COMPILATION DES DATATIONS OBTENUES DANS LA GROTTTE DU MAS D'AZIL (AVEC CALIBRATION IntCal20)	202
ANNEXE 5C : COURBES DE CALIBRATION DE L'ENSEMBLE DES DATATIONS RADIOCARBONE (IntCal20)	205
ANNEXE 6 – ARTICLE PARU : JARRY <i>ET AL.</i> 2021 <i>JASr</i>	210
ANNEXE 7 – ARTICLE PARU : PALLIER 2021 <i>BSPF</i>	227
ANNEXE 8 – ANALYSES X-RF, ANALYSEUR NITON - RIVE GAUCHE	229
ANNEXE 9 – EXTRAITS DU « TIME-LAPS » DES OPERATIONS EN RIVE GAUCHE	230
INVENTAIRES	235
INVENTAIRE DES PHOTOGRAPHIES NUMERIQUES	237
INVENTAIRE DES PRELEVEMENTS	242
INVENTAIRE DES CONDITIONNEMENTS ET DE LA DOCUMENTATION ECRITE	243

1. DONNEES ADMINISTRATIVES



Fiche signalétique

Localisation

Région

Midi-Pyrénées

Département

Ariège (09)

Commune

Le Mas d'Azil

Adresse ou lieu-dit

Grotte du Mas d'Azil

Codes

Code INSEE

09181

Coordonnées géographiques et altimétriques selon le système national de référence

Lambert 93 CC 43

X : 1566,091 km

Y : 2208,984 km

Z : 325 m NGF

Références cadastrales

Année

/

Section

C

Parcelles

3086, 486, 505 à 509, 515 à 525 et 529, 575 et 576

Statut du terrain au regard des législations sur le patrimoine et l'environnement

Grotte ornée classée Monument Historique en dates du 9 août 1942 et du 26 octobre 1942

Propriétaires des terrains

Propriété d'une personne privée, propriété de la commune du Mas d'Azil

Références de l'opération

N° OA Patriarche

09 181 1 AP

Numéro de l'arrêté d'autorisation de projet collectif de recherches

76-2021-0533 du 23 avril 2021

Responsable scientifique du programme collectif de recherches :

Marc Jarry, Inrap GSO

Dates d'interventions

30 avril 2021

8 mai 2021

du 3 au 10 juillet 2021

5 août 2021

du 30 septembre au 1^{er} octobre 2021

Mots-clés des thésaurus

Chronologie

X	Paléolithique
	Inférieur
	Moyen
X	Supérieur
X	Mésolithique et Épipaléolithique
	Néolithique
X	Ancien
	Moyen
	Récent
	Chalcolithique
	Protohistoire
	Âge du Bronze
	ancien
	moyen
	récent
	Âge du Fer
	Hallstatt (premier âge du Fer)
	La Tène (second âge du fer)

	Antiquité romaine (gallo-romain)
	République romaine
	Empire romain
	Haut-Empire (jusqu'en 284)
	Bas-Empire (de 285 à 476)
	Époque médiévale
	haut Moyen Âge
	Moyen Âge
	bas Moyen Âge
X	Temps modernes
X	Époque contemporaine
X	Ère industrielle

Équipe de recherche pour 2021

Marc Jarry, Inrap/Traces (CNRS Université de Toulouse), Titulaire de l'autorisation, coordination générale, archéologie

Céline Pallier, Inrap / Traces (CNRS Université de Toulouse), coordination générale, géomorphologie, géoarchéologie, karstologie

Laurent Bruxelles, Inrap / Cnrs / Traces (CNRS Université de Toulouse et Johannesburg), coordination générale, géomorphologie, géoarchéologie, karstologie

François Bon, Université de Toulouse/Traces, CNRS Université de Toulouse), coordination générale, archéologie

Vincent Arrighi, Inrap, topographie

Lars Anderson, Université de Toulouse/Traces, archéologie des niveaux aurignaciens

Michel Barbaza, Université de Toulouse/Traces, archéologie et technologie lithique

Léo Bassuet, Université de Toulouse, études archéozoologiques

Pierre-Antoine Beauvais, Université de Toulouse/Traces, archéologie et technologie lithique du sondage Pouech

Jean-Yves Bigot, Association Française de Karstologie, karstologie

Sarah Boscus, Doctorante Université de Toulouse, monuments mégalithiques

Blanche Bundgen, Inrap, technologie des industries magdaléniennes

Didier Cailhol, Inrap/Traces, géomorphologie, karstologie

Fabien Callède, Inrap, topographie

Pierre Camps, Géosciences Montpellier CNRS & Université de Montpellier, CC060, paléomagnétisme sur spéléothèmes

Hubert Camus, Protée, cartographie géomorphologique de la grotte

Bastien Chadelle, Doctorant université de Toulouse Jean Jaurès, géomatique et 3D

Emmanuel Chapron, professeur Université de Toulouse/Géode, sédimentologie, problématique des paléo-lacs

Marc Comelongue, Toulouse-Métropole, recherches en archives

Guilhem Constans, Traces et Grottes & Archéologies, archéopétrographie

Sandrine Costamagno, CNRS/Traces (CNRS, Université de Toulouse), Archéozoologie

Thomas Cuypers, ANA, Conservatoire d'espaces naturels Ariège, étude et protection des chiroptères

Grégory Dandurand, Inrap/Traces, géoarchéologie, karstologie

Philippe Fosse, CNRS/Traces, archéozoologie

Carole Fritz, CNRS/Traces Msht, archéologie, art pariétal, coordination programme Mas d'Azil

Sacha Gueugnot, Université de Toulouse, inventaire des collections Muséum d'Hist. Nat. de Toulouse

Sixtine Hoellinger, Université de Toulouse, géoarchéologie Rive Gauche

Sébastien Lacombe, Université de Binghampton/Traces, archéopétrographies, technologie des industries lithiques magdaléniennes

Benjamin Lans, Laboratoire Adess, Univ. Bordeaux Montaigne – Pessac, Université de Pretoria, géomatique

Loïc Lebreton, Hnhp, Muséum national d'Histoire naturelle, étude des microvertébrés

Mathieu Lejay, Université de Toulouse/Traces, archéologie des niveaux aurignaciens

Laure-Amélie Lelouvier, Inrap/Traces, archéologie des niveaux magdaléniens

Philippe Marsac, Inrap, céramique néolithique

Hélène Martin, Inrap/Traces, archéozoologie

Patrick Massan, Inrap, modèles de terrain et cartographie

Maxime Olivo, Université de Toulouse, modalités d'occupation des magdaléniens

Jean-Marc Pétilon, Cnrs/Traces

Magali Philippe, CNRS/Géode, sédimentologie, problématique des paléo-lacs

Edwige Pons, LSCE Saclay, datations U/Th

Yann Potin, Maître de conférences associé en Histoire du droit à l'Université Paris-Nord, chargé de mission aux Archives Nationales, recherches en archives

Manon Rabanit, Protée, cartographie géomorphologique de la grotte

Pauline Ramis, Grottes et Archéologies, valorisation communisation

Nicole Ravaïau, Comité départemental de spéléologie de l'Ariège

Florent Rivère, Xploria, illustrateur

Emmanuelle Stoetzel, Hnhp/Cnrs, Muséum national d'Histoire naturelle, étude des microvertébrés

Eugénie Thomas, Université de Toulouse, études des industries osseuses

Philippe Vernant, Université de Montpellier et Géoscience Montpellier, géologie, topographie 3D

Avec la collaboration sur le terrain ou en traitement post-fouille de :

Jean-Christophe Astruc (SC Arize), Jean Bayot (CDS Ariège), Manon Beauvilliers (univ. Toulouse Jean Jaurès), Laetitia Ceregatti (Univ. Roma, Italie), Patrice Commenge (Le Mas d'Azil), Zacaria Courtaban (Grottes & Archéologies), Loïc Crozet (Grottes&Archéologies), Elodie Dardenne (spéléologue), Carlita Di Lallo (univ. Rome, Italie), Gilles Eychenne (doublure officielle d'E. Piette), Emilie Garcia-Tarac (univ. Toulouse Jean Jaurès), Amandine Hamard (Grottes&Archéologies), Richard Lebas (SC Arize), Jérôme Pasquio (S.C. Arize).



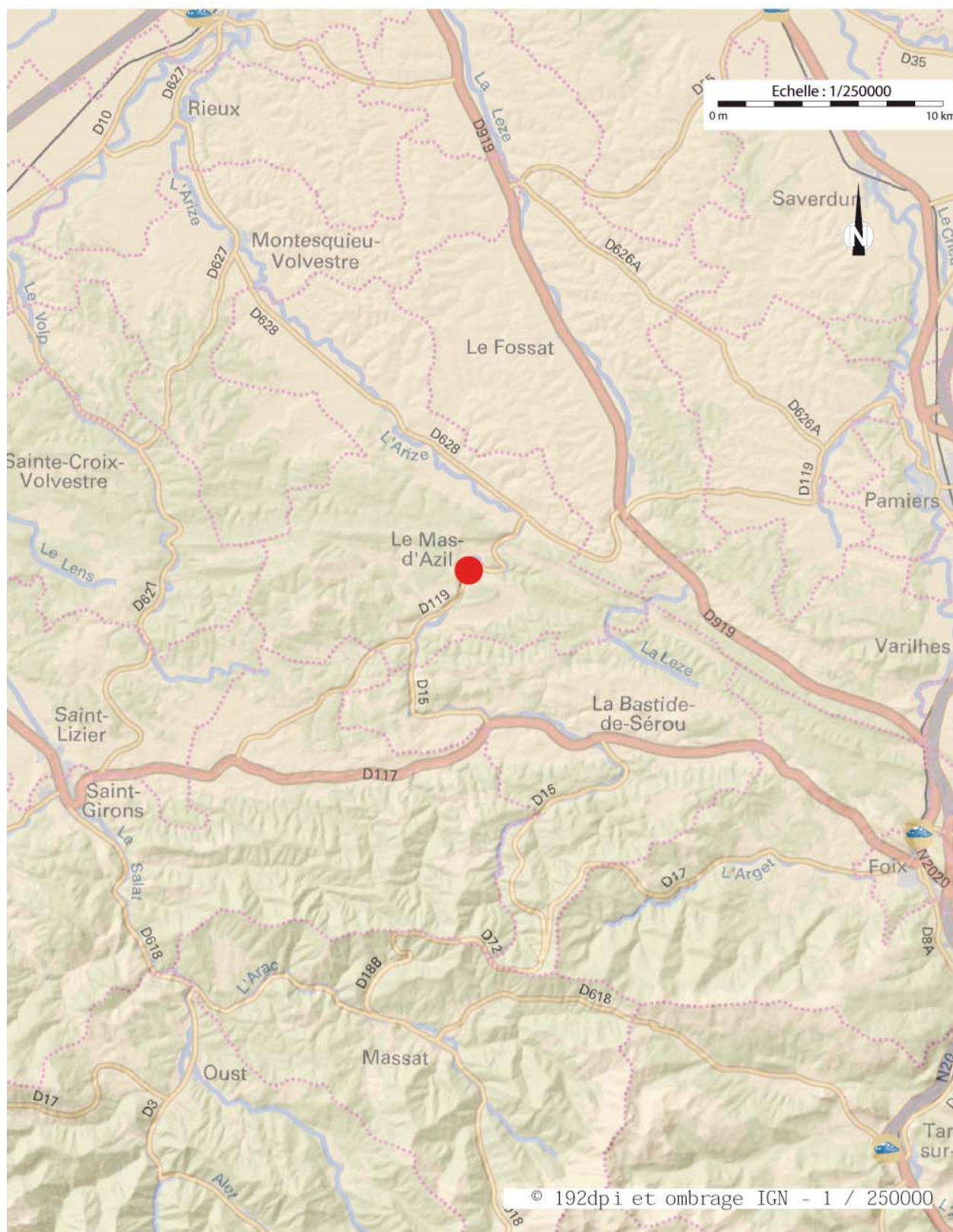
Rive Gauche en vue © Marc Jarry

Localisation 1/250 000

D'après carte IGN France Raster® 250K -1/250000-

Coordonnées générales "Grotte", Le Mas-D'Azil :
système Lambert 93 CC43 : x= 1566.091 km,
y= 2208.984 km,
z= 325 m

figure 1 : localisation de l'opération sur le fond
IGN 1/250 000.



Localisation 1/25 000

figure 2 : localisation de l'opération sur le fond IGN 1/25 000.



D'après extrait carte IGN 1/25000
2046 Est
éditions 2000

Coordonnées générales "Grotte", Le Mas-D'Azil :
système Lambert 93 CC43 : x= 1566.091 km,
y= 2208.984 km,
z= 325 m



Autorisation n° 76-2021-0533



Direction régionale des affaires culturelles

Arrêté n° 76-2021-0533 du 23/04/21 portant autorisation de projet collectif de recherche 2021-2023.

Le Préfet de région ;

Vu le code du patrimoine et notamment son livre V ;

Vu le dossier, enregistré sous le n° PGR762021000056, de demande d'opération archéologique arrivé le 17 décembre 2020 ;

Vu l'arrêté préfectoral R76-2021-03-04-004 du 4 mars 2021 portant délégation de signature à M. Michel ROUSSEL, Directeur régional des affaires culturelles ;

Vu l'arrêté modificatif R76-2021-03-08-001 du 8 mars 2021 de M. Michel ROUSSEL, Directeur régional des affaires culturelles d'Occitanie, portant subdélégation de signature aux agents de la Direction régionale des affaires culturelles ;

Vu l'avis de la commission territoriale de la recherche archéologique (CTRA), Commission Sud-Ouest, session de mars 2021 ;

ARRÊTE

Article 1 - Monsieur Marc JARRY est autorisé, en qualité de responsable scientifique, à conduire une opération de projet collectif de recherches à partir de la date de notification du présent arrêté jusqu'au 31 décembre 2023, sise en :

RÉGION : OCCITANIE
DEPARTEMENT : ARIEGE
COMMUNE : LE MAS-D'AZIL

Intitulé de l'opération : Archives d'une grotte - PCR 2021-2023.
Programme de recherche : Axe 2. Le Paléolithique supérieur.
Code de l'opération : **1411614**

Article 2 - prescriptions générales

Les recherches sont effectuées sous la surveillance du conservateur régional de l'archéologie territorialement compétent et conformément aux prescriptions imposées pour assurer le bon déroulement scientifique de l'opération.

Le responsable scientifique de l'opération informe régulièrement le conservateur régional de l'archéologie de ses travaux et découvertes. Il lui signale immédiatement toute découverte importante de caractère mobilier ou immobilier. Il revient au préfet de région de statuer sur les mesures définitives à prendre à l'égard des découvertes.

À la fin de l'année civile, le responsable scientifique de l'opération adresse au conservateur régional de l'archéologie, en triple exemplaire papier plus un exemplaire au format pdf, un rapport accompagné des plans et coupes précis des structures découvertes et des photographies nécessaires à la compréhension du texte. L'inventaire de l'ensemble du mobilier recueilli est annexé au rapport d'opération. Il signale les objets d'importance notable. Il indique les études complémentaires envisagées et, le cas échéant, le délai prévu pour la publication.

Article 3 - destination du matériel archéologique découvert

Le responsable prend les dispositions nécessaires à la sécurité des objets mobiliers. Le mobilier archéologique est mis en état pour étude, classé, marqué et inventorié. Son conditionnement est adapté par type de matériaux et organisé en fonction des unités d'enregistrement. Le statut juridique et le lieu de dépôt du matériel archéologique découvert au cours de l'opération sont fixés conformément aux dispositions légales et réglementaires et aux termes des conventions passées avec les propriétaires des terrains concernés.

Article 4 - versement des archives de fouilles

L'intégralité des archives accompagnée d'une notice explicitant son mode de classement et de conditionnement et fournissant la liste des codes utilisés avec leur signification, fait l'objet de la part du responsable de l'opération d'un versement unique. Ce versement est détaillé sur un bordereau récapitulatif établi par le responsable de l'opération, dont le visa par le préfet de région vaut acceptation et décharge. Le lieu de conservation est désigné par le préfet de région.

Article 5 : Mouvements et prélèvements sur les objets

Pendant la durée d'étude du mobilier archéologique (maximum 5 ans) l'État est responsable de la sécurité des biens et de la réalisation des opérations d'étude scientifique nécessaires dans l'intérêt public de la recherche archéologique. Ainsi, tout mouvement des collections à des fins d'étude, d'expertise ou d'analyse, doit faire l'objet d'un accord préalable du Conservateur régional de l'archéologie. La demande à lui adresser doit être accompagnée d'un inventaire des pièces concernées par ce déplacement et indiquer la durée du mouvement.

Par ailleurs, si ce transfert temporaire pour étude ou analyse induit une sortie du mobilier hors du territoire national, le responsable de l'opération doit adresser une demande spécifique d'autorisation au Conservateur régional de l'archéologie (formulaire [Cerfa n°02-0083](https://www.culture.gouv.fr/Media/Thematiques/Circulation-des-biens-culturels/Files/Informations-pratiques-procedures-d-exportation/Formulaire-de-demande-d-autorisation-de-sortie-temporaire-AST-d-un-bien-culturel-Cerfa-n-02-0083), <https://www.culture.gouv.fr/Media/Thematiques/Circulation-des-biens-culturels/Files/Informations-pratiques-procedures-d-exportation/Formulaire-de-demande-d-autorisation-de-sortie-temporaire-AST-d-un-bien-culturel-Cerfa-n-02-0083>).

Toute analyse impliquant la destruction partielle ou complète de restes humains ou animaux (prélèvement, forage, découpe) ou leur irradiation devra impérativement faire l'objet au préalable d'une demande d'autorisation spécifique au Conservateur régional de l'archéologie.

Article 6 : Prescriptions particulières

Pour tout accès aux parcelles situées en rive gauche comme en rive droite de l'Arize, une autorisation d'accès devra préalablement être obtenue de la part des propriétaires concernés ou de leurs mandataires.

Tout prélèvement pour analyse ou intervention sur les couches en place devra faire l'objet d'une demande spécifique assortie d'un argumentaire détaillé, et adossée à une autorisation des propriétaires concernés.

L'opération devra se dérouler dans le strict respect des mesures générales nécessaires pour faire face à l'épidémie de Covid-19 dans le cadre de l'état d'urgence sanitaire, telles qu'éditées et actualisées par le Gouvernement, et, le cas échéant, des mesures réglementaires ou individuelles de restriction ou d'interdiction qui seraient décidées par le représentant de l'État dans le département afin de répondre à des circonstances locales.

Article 7 : Le Directeur régional des affaires culturelles est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera notifié à Marc JARRY.

Fait à Toulouse, le 23/04/21

Pour le Préfet de Région,
et par délégation, Pour le Directeur régional des affaires culturelles,
et par subdélégation
Le Conservateur régional de l'archéologie



Didier DELHOUME

Cadastre

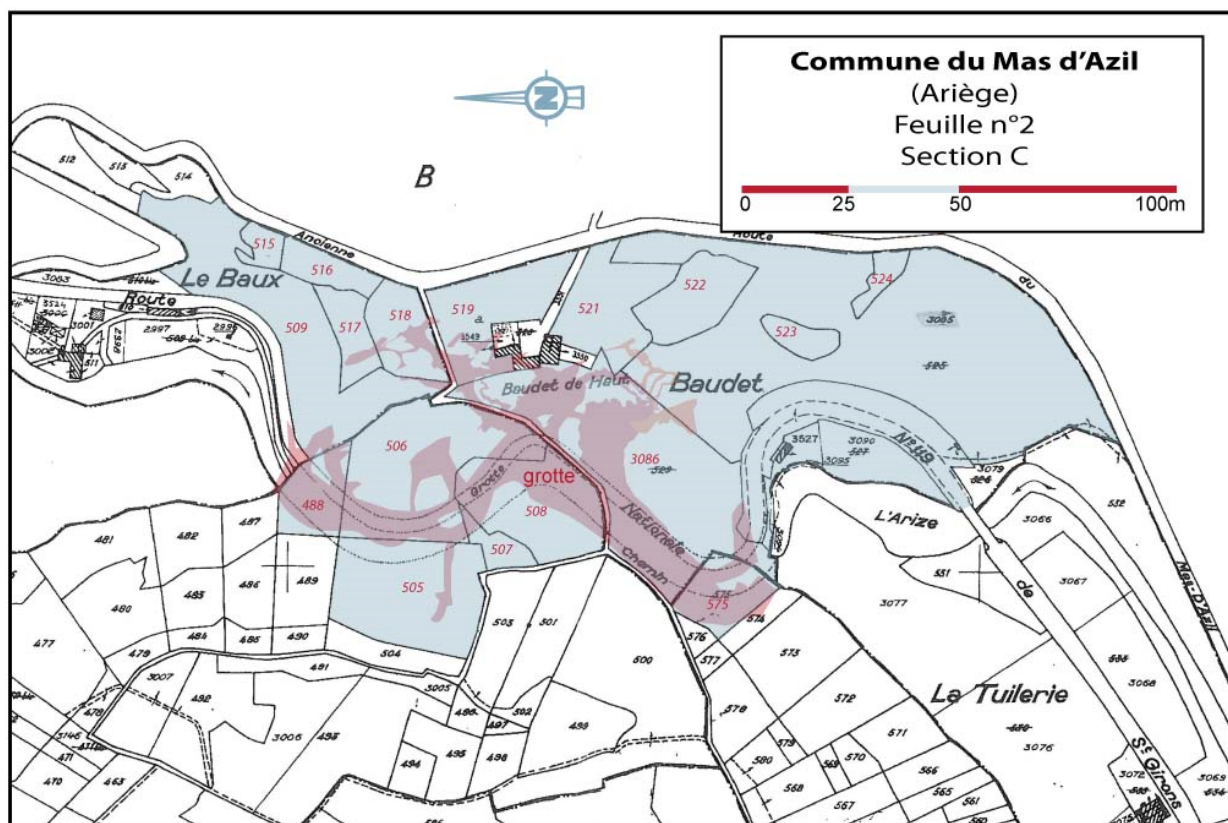


figure 3 : la grotte du Mas d'Azil sur la matrice cadastrale.

2. PROBLEMATIQUE ET METHODE

2.1. Au bain...

Par Marc Jarry, Céline Pallier, Laurent Bruxelles et François Bon

Ce rapport consigne les résultats de la première année de deuxième triennale de programmation des recherches collectives développées sur la grotte du Mas d'Azil en Ariège. Avec les prospections thématiques antérieures, qui avaient vu la mise en place de la problématique (Jarry *et al.* 2013a, 2014, 2015a, 2016, 2017a), cela fait maintenant neuf comptes-rendus d'activités annuelles que nous livrons (en ajoutant les trois années du premier PCR : Jarry *et al.* 2018, 2019 et 2020). À ces travaux doivent être ajoutés ceux développés dans le cadre de l'archéologie préventive, par l'Inrap, depuis 2011, en parfaite collaboration avec notre équipe dont elle est, en partie, issue (Jarry *et al.* 2012, 2013b, 2015b et 2017b ; Pallier *et al.* 2015 et 2017, Lelouvier *et al.* 2016 et 2019). Ce sont ainsi plus de 2 300 pages, hors publications, de données et d'analyses, la plupart inédites, qui apportent un regard pluridisciplinaire innovant sur cet important monument du patrimoine archéologique, culturel et naturel. Des publications ont été réalisées, d'autres sont en préparation. À terme, l'ensemble sera publié, soit en articles thématiques, soit en publications « monographiques ».

Il s'agit donc ici d'un rapport de première année de triennale de PCR. Normalement, un simple « rapport d'activité » est requis, décrivant simplement les tâches effectuées, les analyses lancées, en réservant à la troisième année la restitution de l'ensemble des résultats et analyses réalisés pendant toute la durée du programme. Nos lecteurs et rapporteurs sont maintenant habitués, nous préférons livrer chaque année l'intégralité des résultats obtenus dans l'année, ce qui fait à chaque fois un rapport conséquent, comme ici encore en 2021. Nous faisons cela pour plusieurs raisons, même si chaque fin d'année cela demande un gros travail, occasionnant parfois de petits retards dans la livraison. Tout d'abord, nous préférons restituer nos travaux et ceux des chercheurs associés aux fil de l'eau, quand ils sont encore frais, évitant en dernière année de triennale d'avoir à solliciter laborieusement des contributeurs pour des recherches parfois déjà un peu « refroidies ». Cela évite par ailleurs d'avoir à monter un énorme rapport final, qui fait souvent que la triennale se transforme en quadriennale. Ensuite, le travail de restitution de nos recherches, la plus exhaustive possible, chaque année, impose une réflexion collective qui permet

de digérer ce qui a été fait et, nous le pensons, prépare mieux l'année suivante. Au final, ce sont encore plus de 200 pages qui formeront le présent « rapport d'activité » pour 2021.

Cette année est encore marquée par la Covid-19 : gel hydroalcoolique, masques, gestes barrières et tests antigéniques étaient de rigueur, mais n'ont pas réussi à stopper notre motivation lors des sessions de terrain qui ont pu être organisées, notamment celle de début juillet qui a rassemblé une belle équipe. Nous sommes heureux de constater que nos mesures ont été efficaces puisque nous n'avons eu aucun cas positif à déplorer.



figure 4 : les deux principales facettes des travaux réalisés cette année dans le cadre du PCR. À gauche : visite/études des grottes du massif (ici la grotte de la Fage), dans le but de mieux comprendre le fonctionnement général des systèmes karstiques locaux mais aussi de compléter la cartographie du potentiel archéologique général (cliché © Jean-Yves Bigot). À droite : la Rive Gauche de la grotte du Mas d'Azil vue depuis le secteur Maury vers la galerie principale, avec, sortant du secteur Péquart, une chaîne de fouilleurs évacuant les blocs issus des déblais encombrant le fond de la fouille (cliché © Marc Jarry/Inrap-Traces).

Coté terrain, nous avons continué et largement augmenté notre investissement sur la Rive Gauche. En effet, même si nous réalisons encore des recherches dans les autres points de la cavité, il est essentiel pour nous maintenant d'investir cette rive laissée en jachère depuis si longtemps. Cette partie du terrain, qui a consisté avant tout à casser des pierres à la masse, à transporter des cailloux et des sacs de sable, a été très difficile, et il faut le dire, pas une chose très passionnante. Cependant, avec nous, les étudiants et bénévoles ne se sont pas démotivés et ont bien compris que cette tâche est essentielle à la reprise des travaux de recherches sur ce locus majeur d'un site majeur. Juste un peu d'enfer au paradis des préhistoriens.

Toujours sur le terrain, on notera que les recherches géoarchéologiques ont tendance à « s'élargir ». en effet, nous arrivons à une phase où il est nécessaire de sortir un peu de la grotte pour mieux comprendre certaines choses que nous observons dans celle-ci (figure 4). Ainsi, du temps a été consacré à la visite des cavités des environs, à la mise en place d'un programme d'étude du lac pro-glaciaire dans la plaine de Maury et de manière générale de tout le bassin versant de l'Arize.

Notons le lancement cette année du PCR « Biocorrosion », dirigé par l'un d'entre nous (LB), dans lequel la grotte du Mas d'Azil est un laboratoire d'observation et d'expérimentation important et notre équipe assez investie. Les travaux sur cette thématique, que nous avons initié les années précédentes (*e.g.* Bruxelles *et al.* 2016, Cailhol *et al.* 2021), seront dorénavant versés aux comptes-rendus de ce nouveau programme.

Ce rapport 2021, deuxième année virale, mais première année de PCR, illustre une fois de plus le dynamisme de l'équipe, sa volonté de proposer une approche pluridisciplinaire et son implication infaillible, malgré un contexte difficile...

2.2. Géologie, géomorphologie et géoarchéologie (rappel)

Par Laurent Bruxelles, Manon Rabanit et Céline Pallier

L'Arize, au cours de sa descente des Pyrénées, traverse perpendiculairement les structures géologiques orientées est-ouest (figure 5). Son tracé est donc en baïonnette, en fonction de la résistance des différentes roches recoupées. Elle contourne notamment par l'est le synclinal du Lézères-Pradals et passait initialement au niveau du col du Baudet où l'on retrouve les alluvions anciennes de la rivière. Au cours de son encaissement dans les calcaires thanétiens, l'Arize a été progressivement absorbée par des pertes pour résurger quelques centaines de mètres plus au nord, de l'autre côté du synclinal. Cette percée hydrogéologique correspond à une auto-capture souterraine de l'Arize. Elle est responsable du creusement de la galerie principale, celle qui est empruntée actuellement par la rivière et par la route départementale (figure 7).

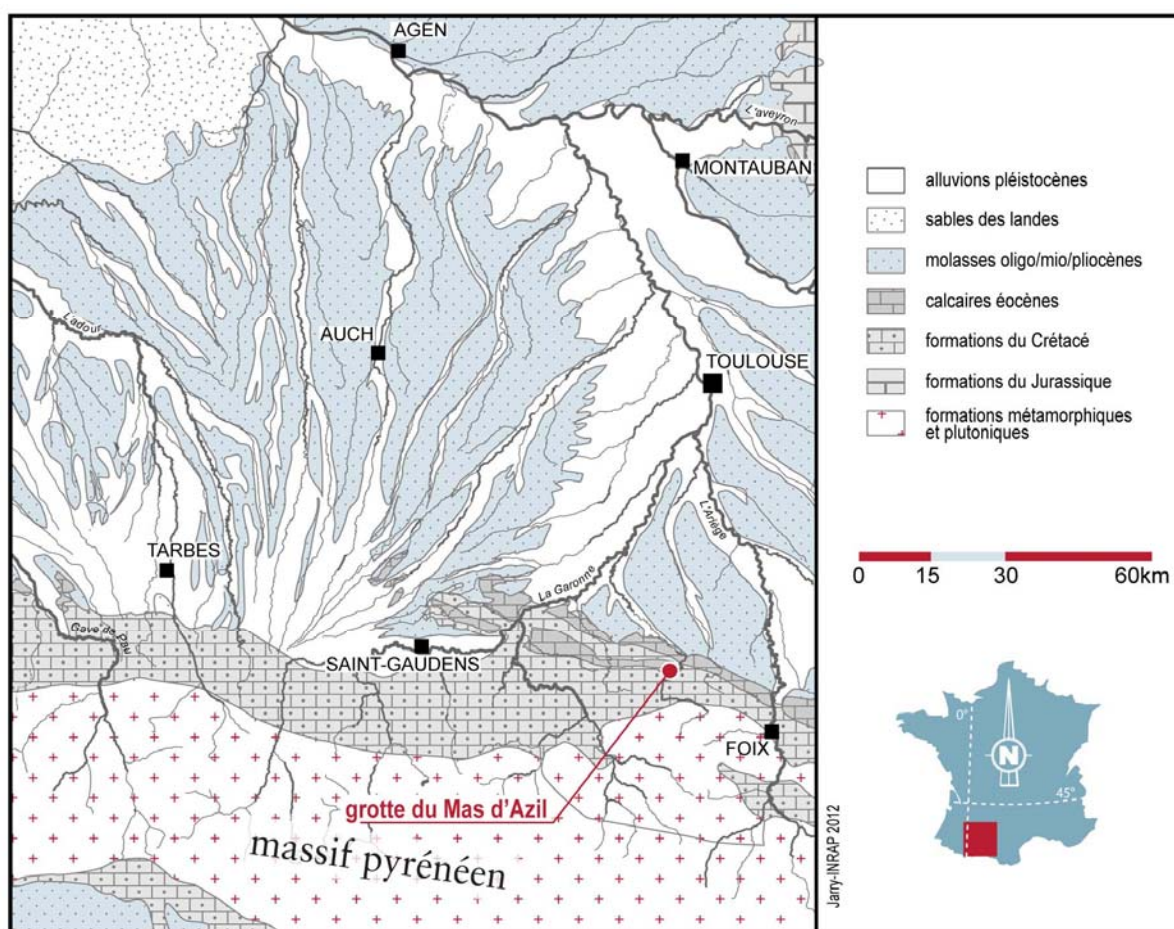


figure 5 : contexte géologique (dessin Marc Jarry / Inrap-Traces).

La grotte, dans sa morphologie et ses dépôts, a ainsi pu enregistrer directement une partie de l'histoire de l'Arize. D'imposants remplissages d'alluvions siliceuses sont associés à des morphologies pariétales caractéristiques d'une évolution paragénétique. Au gré des variations climatiques quaternaires, le cours d'eau a connu plusieurs phases de remblaiement alluvial puis de recreusement. À chaque fois, la cavité en a préservé d'importants témoins dont nous avons pu reconnaître la géométrie et la succession.

Ces phases d'accrétions sédimentaires sont responsables du creusement des galeries latérales, creusées donc secondairement bien qu'elles soient situées altitudinalement plus haut. Des datations de ces principaux épisodes de sédimentation sont en cours. Elles permettront, au-delà du seul cadre de la grotte, de caler la mise en place des terrasses alluviales en aval mais aussi d'identifier des phases de sédimentation lacustre en amont, directement liées à l'obstruction de la cavité. Les premiers modèles 3D permettent d'ailleurs d'envisager que le Col du Baudet a pu être réutilisé, avant que la grotte ne soit à nouveau décolmatée (figure 6).

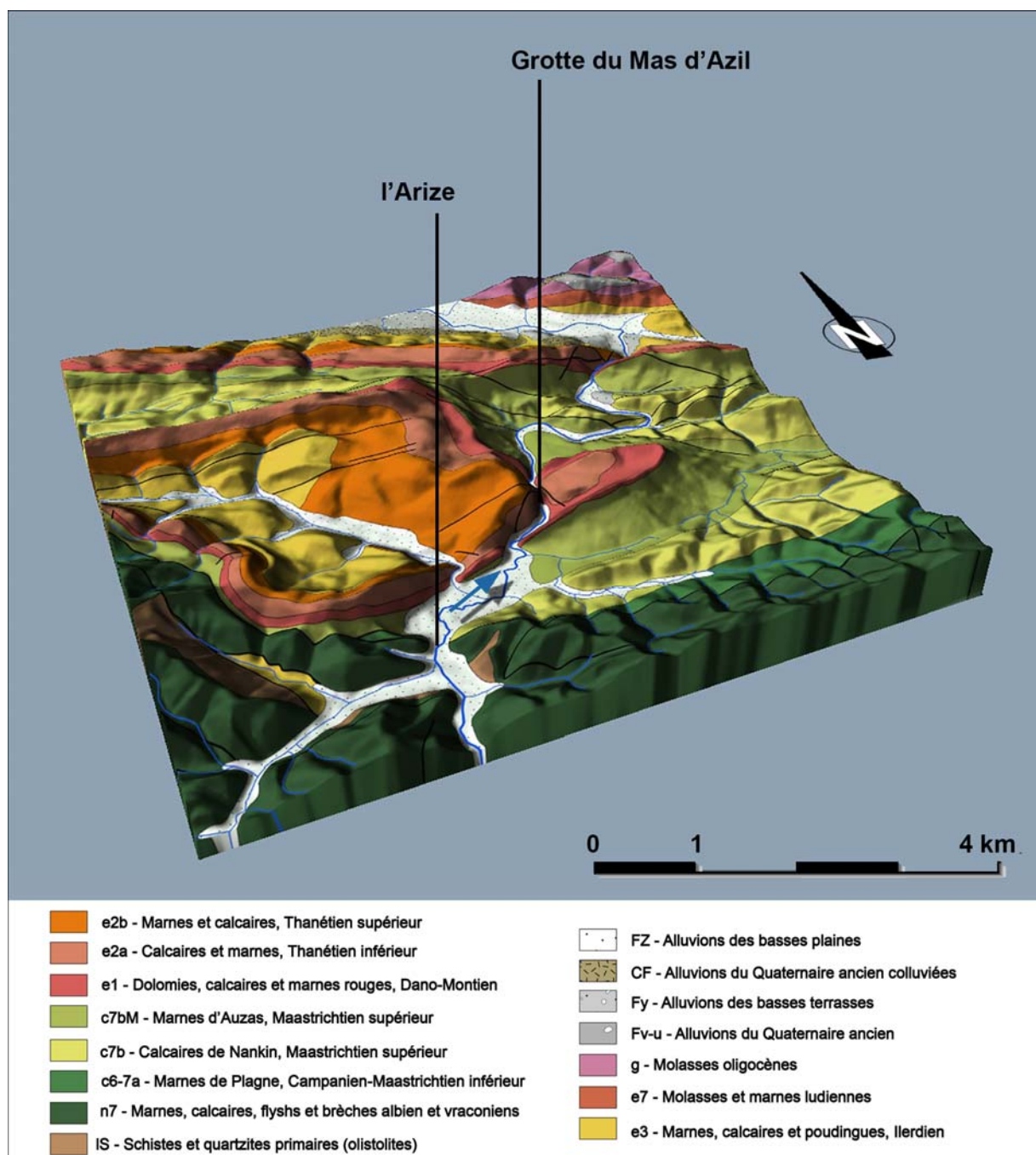


figure 6 : extrait de la carte géologique plaquée sur le modèle numérique de terrain (© dessin Laurent Bruxelles / Inrap-Traces, d'après fonds BRGM)

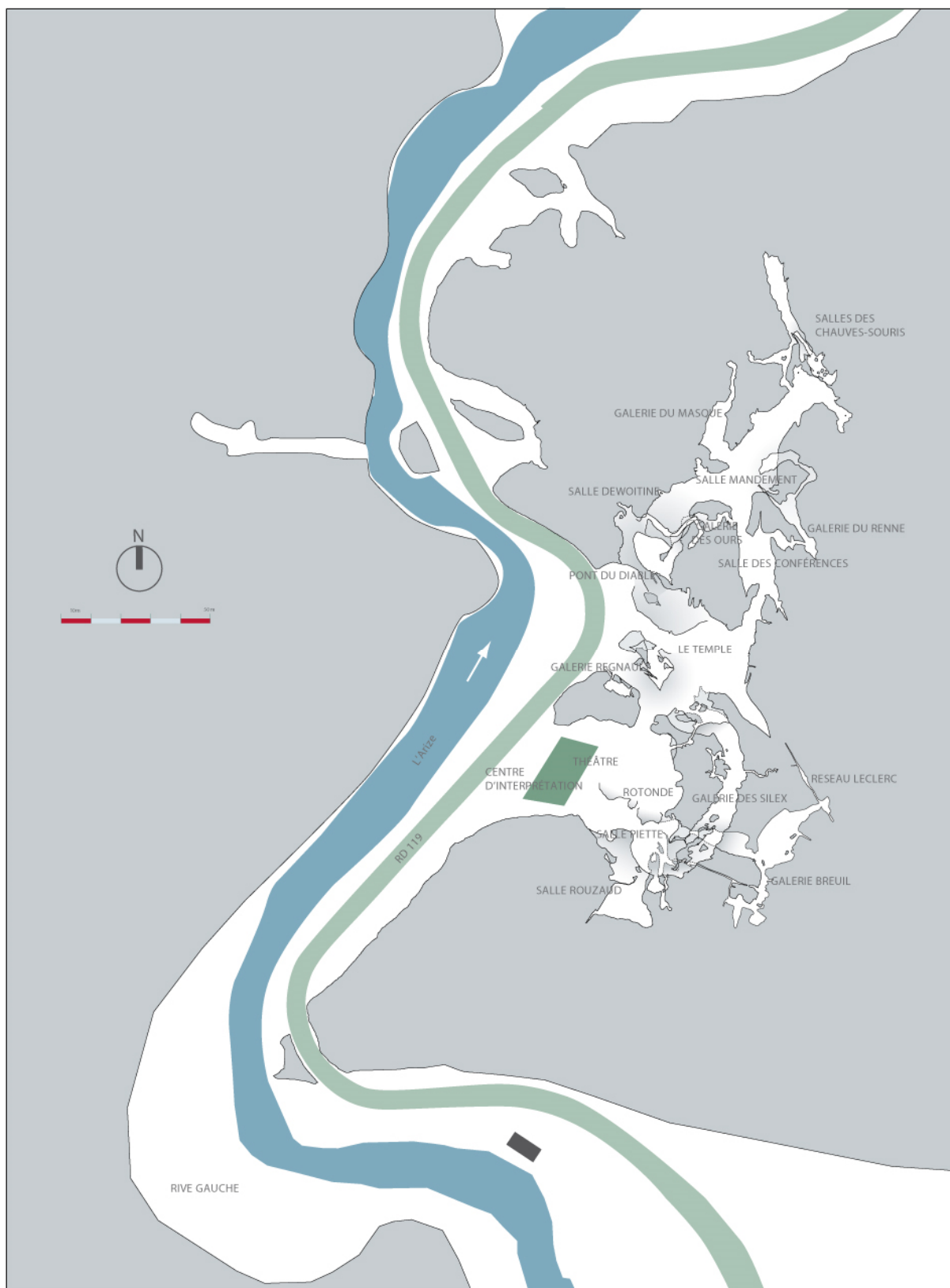


figure 7 : plan général le plus complet de la grotte du Mas d'Azil (état 2017, dessin © Marc Jarry / Inrap-Traces, d'après données diverses et inédites).

2.3. Le programme collectif de recherches (rappel)

Par Marc Jarry, Laurent Bruxelles, François Bon et Céline Pallier

La problématique scientifique, les axes, les ateliers et les méthodologies des cinq années de prospections thématiques puis du programme collectif de recherche ont été établies après le constat selon lequel la connaissance de ce site majeur en tant qu'objet karstique, mais aussi archéologique, était très sommaire. Effectivement, en dépit de sa célébrité et de sa monumentalité, la grotte ne jouissait pas d'un catalogue bibliographique à sa hauteur, surtout dans les domaines allant de la géologie jusqu'à son interface avec l'archéologie : la géoarchéologie. Le deuxième constat, perçu aux lendemains de la série d'opérations d'archéologie préventive, était celui de la faible résolution de la cartographie géologique et archéologique de cette cavité, dont la topographie n'était d'ailleurs même pas établie. Ainsi, nous avons proposé de « rattraper » tout cela, mais surtout pour commencer de réaliser un état des lieux complet.

La problématique que nous avons proposée lors du projet initial de prospection thématique, en 2013, reste logiquement la même. Elle avait permis de définir une méthodologie déclinée en trois axes, eux-mêmes composés de plusieurs ateliers. Cette programmation détaillée fixe des objectifs que nous devons tenir (cf. tableaux d'avancement des ateliers en conclusion des rapports d'activité ainsi qu'en conclusion de ce volume).

Problématique

Partant d'un état des lieux préliminaire que constituaient les opérations d'archéologie préventive, mais aussi du travail déjà réalisé sur les archives et mobiliers archéologiques issus des fouilles anciennes, nous avons proposé une opération de recherches sur la grotte du Mas d'Azil. Nous disons bien "sur" la grotte du Mas d'Azil, et non "dans" puisqu'il nous est apparu comme essentiel de considérer, pour une fois, le monument dans son ensemble. Il nous semble, en effet, que c'est de cela qu'a particulièrement souffert la grotte depuis plus d'un siècle, à savoir son abord, presque toujours, par un angle très précis, pour une thématique particulière, oubliant presque "l'objet" grotte dans sa globalité. Nous avons alors volontairement limité la problématique de ce programme à trois axes, évitant au maximum de se laisser tenter par une thématique particulière de la Préhistoire ou d'un secteur particulier :

- 1) disposer d'une cartographie générale de la grotte et de ses remplissages, intégrant les états antérieurs par l'analyse systématique des archives ;
- 2) comprendre l'histoire de la grotte, et caler chronologiquement les étapes de sa formation puis de son évolution ;
- 3) évaluer le potentiel des niveaux archéologiques encore présents dans le monument.

Afin de parvenir à l'aboutissement de ces trois objectifs, nous avons proposé trois axes de recherches :

- Axe 1 – Cartographie générale de la cavité
- Axe 2 – Géomorphologie et géoarchéologie
- Axe 3 – Archéologie

Chacun de ces axes a été décliné en plusieurs "actions" précises, que nous détaillerons plus loin. La réalisation des travaux, suivant des rythmes quelquefois différents, est facilement évaluable (cf. en conclusion le tableau de suivi). Ces "actions" constituent ainsi des "engagements" à réaliser, évitant de se disperser, ce qui serait tentant avec un tel gisement.

L'objectif du PCR est de terminer les actions engagées, mais aussi de préparer la phase de valorisation des données.

Dans ce sens, 4 orientations sont privilégiées pour le PCR :

- terminer le programme d'acquisition et d'étude sur le terrain ;
- publier systématiquement, sous forme d'articles de synthèses (certains sont déjà publiés ou en préparation) ou d'ouvrages thématiques ;

- intégrer l'ensemble des données géoréférencées à un SIG ; les données archivistiques rassemblées seront intégrées à un « chronogramme », développé en prototype pour notre opération avec le soutien du Centre National de Préhistoire. L'objectif serait de livrer l'ensemble de ces données à la communauté scientifique, si possible en open access ;
- diffuser des connaissances acquises vers les publics non scientifiques (expositions, ateliers...).

Ainsi, la présente opération constituera une nouvelle base sur laquelle pourra s'appuyer la remise en perspective les collections issues des différentes fouilles anciennes. *In fine*, l'approche archivistique et les études de terrain, complémentaires et bien identifiées, aboutiront à une meilleure compréhension des modalités d'occupation de ce célèbre site archéologique, sur lesquelles beaucoup reste manifestement à faire et à dire.

Méthodologie

Chacun des trois axes définis dans la problématique *supra* a été partitionné en plusieurs actions précises. L'ensemble des actions développées dans le cadre de la prospection thématique a été repris dans le PCR, avec juste quelques petites modifications de détail :

Axe 1 – Cartographie générale de la cavité

Cet axe se compose de 6 thématiques autour de la topographie et de la cartographie :

- A - des données anciennes
- B - des données topographiques complémentaires
- C - de la base topographique principale
- D - de toutes les formations de la grotte
- E et F - de la surface

Action 1-A : acquisition et contextualisation des données anciennes

L'objectif est de traiter les données anciennes, de les vérifier et, au besoin, de les recaler précisément. Ces données sont des topographies anciennes, notamment celle réalisée dans les années 80 par une équipe dirigée par F. Rouzaud mais non publiée. Notons que jusqu'à présent la topographie publiée la plus complète de la grotte est celle de 1984 (Mandement et Rouzaud *in* Leroi-Gourhan 1984 : 392). Il s'agit aussi d'intégrer les données acquises lors des opérations d'archéologie préventive de 2011 et 2012, au même titre que les données topographiques 3D récentes. Cette partie représente un travail important, mais la part la plus conséquente de cette action est celle réalisée sur les archives anciennes, la documentation de fouilleurs et les correspondances diverses d'un siècle et demi de fréquentation de la grotte. Ainsi, à ce jour, les archives de l'abbé Pouech, de Régnauld, de Piette, de l'abbé Breuil et d'Alteirac, entre autres, ont pu être au moins partiellement dépouillées, répertoriées et analysées. Elles permettent de mieux comprendre les fouilles anciennes, de contextualiser les données et les collections qui en sont issues, mais aussi de chercher à reconstituer l'état de la grotte à différentes étapes de son histoire récente, comme par exemple avant les travaux routiers du milieu du XIX^e siècle, grâce en l'occurrence aux archives Pouech.

Action 1-B : collecte de données topographiques complémentaires

Des contrôles sur le terrain et des compléments de mesures sont réalisés notamment au tachéomètre électro-optique, afin de partir sur une base topographique plus précise, notamment en altitude. Des scans 3D, des modélisations 3D ou des photogrammétries complémentaires permettent une vision de la cavité dans l'espace et de la positionner par rapport à la surface.

C : constitution de la base topographique principale

À partir des données acquises, une base topographique (graphique) est constituée, permettant l'enregistrement de l'ensemble des données de l'opération. Cette base, comprenant la

vectorisation des topographies anciennes, a comme vocation, à terme, de servir de base à un système d'information géographique.

Action 1-D : cartographie morphokarstique de la grotte

À partir du plan topographique ainsi constitué, une cartographie détaillée de toutes les formations (naturelles ou archéologiques) est réalisée. Ce travail important nécessite la participation de tous les intervenants de l'équipe. À terme, cette cartographie sera confrontée avec les données issues des archives et publications anciennes.

Actions 1-E et 1-F : topographie et cartographie de la surface

La topographie de l'extérieur de la grotte est menée, afin de replacer précisément les cavités présentes dans le paysage (action 1-E). Elle est accompagnée par la réalisation d'une cartographie détaillée des formes du paysage et des formations superficielles sédimentaires est réalisé (action 1-F). Ces informations permettent de comprendre les connexions entre la grotte du Mas d'Azil et la surface du plateau (puisque l'on soupçonne fortement que certains vestiges paléontologiques ne sont pas venus par l'entrée actuelle) ou de modéliser les passages possiblement empruntés par l'Arize lorsque la grotte était colmatée. Cette cartographie, avec une résolution adaptée, nous amène ainsi en amont de la grotte jusqu'au massif dit "de l'Arize" et en aval, jusqu'à la confluence de l'Arize avec la Garonne.

Axe 2 – Géomorphologie et géoarchéologie

Cet axe se divise en 4 thématiques autour de la géomorphologie et de la géoarchéologie :

- A - de l'ensemble de la grotte
- B - des remplissages de la grotte
- C - des dépôts de la grotte
- D - de la mise en place de la grotte

Action 2-A : Description morphokarstique de la grotte

La géométrie du réseau est complexe. Cependant, l'étude de la géométrie des indices morphologiques et sédimentaires témoigne du mode de genèse et de l'évolution de la grotte. Sur la base de la topographie et de la cartographie géomorphologique de la cavité, il est ainsi possible de disposer du phasage de l'histoire de sa formation.

Action 2-B : Les remplissages karstiques et leurs interprétations

Il existe un lien direct entre le fonctionnement de l'Arize, les variations de sa dynamique au cours du Quaternaire et le creusement ou le colmatage de la grotte. En effet, lors de périodes froides, l'Arize apporte une grande quantité de sédiments qui obstruent la grotte. Lorsque les conditions sont plus clémentes, elle évacue une partie du matériel qu'elle a auparavant déposé. Ainsi, la nature et la disposition des différents remplissages témoignent de l'évolution de la grotte en fonction des conditions paléoclimatiques à l'extérieur. Le relevé systématique des stratigraphies, leur analyse et leur interprétation constituent donc un élément majeur pour déterminer la chronologie des dépôts, mais aussi pour discuter de l'accessibilité de la grotte aux différents groupes humains pendant le Paléolithique.

Action 2-C : chronologie relative et datation des dépôts

Les relations géométriques entre les remplissages fournissent un premier canevas de l'histoire de la cavité. La réalisation de datations permet de caler chronologiquement cette évolution. Le piégeage des dépôts dans la grotte permet des datations précises par une combinaison de méthodes (radiocarbone, U/Th, radionucléides cosmogéniques et OS�). Une trentaine de datations est à ce jour réalisée, révélant des stratigraphies couvrant toute la dernière glaciation, mais aussi des événements antérieurs.

Action 2-D : mise en place de la cavité

Outre l'intérêt de cette approche pour l'histoire de la grotte, les dynamiques sédimentaires mais aussi les calages chronologiques peuvent être extrapolés à l'évolution géomorphologique de la vallée. Des corrélations géométriques peuvent être réalisées entre les remplissages de la grotte et les niveaux de terrasses alluviales par exemple. Par extension, les niveaux de terrasses ainsi datés peuvent, si les conditions de continuité morphologique s'y prêtent, être raccordés aux terrasses de tout le système garonnais.

Axe 3 – Archéologie

Cet axe s'organise en 6 thématiques autour de l'archéologie :

- A - des remplissages et des formations superficielles
- B - du Théâtre, de la Rotonde et de la Salle Stérile
- C - de la salle Piette et salles proches
- D - de la salle du Temple, galerie des Ours et de la salle Mandement
- E - de la Galerie Principale et de la Rive Gauche
- F et G - et du croisement avec la géoarchéologie

Action 3-A : caractérisation archéologique des remplissages et des formations superficielles

Selon les mêmes principes que la cartographie géomorphologique, l'ensemble des formations archéologiques est précisément cartographié, à l'intérieur comme à l'extérieur du massif et reporté sur la topographie de référence.

Action 3-B : évaluation complémentaire des niveaux archéologiques du secteur Théâtre/Rotonde/Stérile

Les niveaux archéologiques révélés lors des opérations d'archéologie préventive dans ces secteurs sont caractérisés, évalués spatialement et leurs processus de mise en place sont étudiés.

Action 3-C : évaluation complémentaire des niveaux archéologiques de la salle Piette et proches

Ici aussi, l'objectif est de caractériser et d'évaluer les niveaux archéologiques éventuellement présents dans ces secteurs.

Action 3-D : évaluation des niveaux de la salle du Temple /galerie des Ours/salle Mandement et proches

La réalisation d'un inventaire de la faune et la détermination des vestiges paléontologiques encore présents dans la grotte, notamment dans la galerie des Ours et la salle Mandement, accompagnée de tentatives de datations adaptées, donne des renseignements précieux sur la fréquentation de cette partie de la cavité, très abîmée, et dont les conditions de fréquentations durant la préhistoire sont encore peu connues.

Action 3-E : évaluation des niveaux archéologiques de la Galerie Principale / Rive Gauche de l'Arize

Après l'analyse des topographies existantes et la constitution de la topographie référence, notamment par l'utilisation de l'imagerie photogrammétrique obtenue par survol de drone, un travail d'état des lieux de la Rive Gauche de l'Arize est en cours de réalisation. Cet état des lieux, l'étude des coupes encore visibles et la comparaison avec les données archivistiques permettront d'évaluer le potentiel archéologique de cette partie très riche, essentielle à la compréhension de l'occupation de la grotte tout au long de la préhistoire.

Action 3-F : croisement des données avec les approches géoarchéologiques

Cette action, au terme du processus de l'opération archéologique, permet de proposer un premier canevas interprétatif sur la constitution de l'objet géologique et sur son occupation par les différents groupes humains au cours de la Préhistoire.

Action 3-G : croisement général des données

Cette dernière action au long court, est effective par l'organisation de rencontres régulières, puisque l'ensemble des données acquises sur le terrain a vocation à alimenter le programme général (et vice versa). Au terme des différents travaux, le croisement de l'ensemble des données permettra un réel renouvellement de la vision de cette grotte prestigieuse.

Axe complémentaire : programme de valorisation

Le PCR a pour objectif, au-delà du programme initié en prospection thématique, de valoriser l'ensemble des travaux. Nous sommes en capacité 1) de réaliser des actions de valorisation 2) d'envisager une programmation ou au moins une réflexion sur la valorisation. Nous livrons ci-après quelques pistes, non exhaustives, qui guideront notre démarche. À l'heure où nous écrivons ces lignes, des projets sont certains, d'autres sont encore à formaliser. Quoi qu'il en soit, trois volets sont envisagés :

- 1) les publications scientifiques ;
- 2) l'intégration informatique des données acquises ;
- 3) la médiation.

Pour le premier volet, au-delà des publications d'articles spécifiques et thématiques, la réalisation d'une monographie (ou de plusieurs volumes monographiques) est en cours de réflexion. Il est indéniable qu'un ouvrage sur l'historiographie sera très attendu et d'une grande richesse. De même, un support devra être trouvé pour les cartographies morphokarstiques. Une autre est à envisager sur la genèse, l'évolution de la grotte et ses occupations paléolithiques, sans doute sous la forme d'un Atlas commenté. Cette réflexion sur la publication monographique des résultats sera un des objectifs essentiels de la prochaine triennale du PCR 2021-2023

Le deuxième volet de ce programme est l'intégration de l'ensemble des données dans des systèmes numériques. Le PCR s'attachera à préparer les données pour leur intégration. Toutes les données géoréférencées ou géo-référencables, y compris archivistiques, devront pouvoir être compilées dans un SIG. À terme, nous souhaitons que le SIG soit en capacité de livrer en un seul outil l'intégralité des données spatiales et temporelles disponibles sur la grotte...

Enfin, le volet de la médiation est important pour toute l'équipe qui s'y est beaucoup investi depuis 2011, souvent en partenariat avec les acteurs locaux (cf. bilan entre les rapports : conférences, ateliers pour les écoles, journées « portes-ouvertes » ...

2.4. Rappel des épisodes précédents...

Par Marc Jarry, Céline Pallier, Laurent Bruxelles et François Bon

Comme chaque année, nous rassemblons ici les résumés des opérations des années précédentes, afin d'en « capitaliser » les acquis. Les lecteurs des rapports d'activités antérieurs, mais surtout ceux qui ne les auraient pas lus y trouveront une forme de « révision » permettant de contextualiser le présent compte-rendu.

Une série d'interventions d'archéologie préventive a eu lieu de novembre 2011 jusqu'à la veille de l'inauguration de la grotte le 24 mai 2013, motivée par le réaménagement complet du parcours de visite touristique du monument depuis le parking extérieur et par la construction d'un bâtiment d'accueil (centre d'interprétation), dans la grotte, dans le secteur "Théâtre" :

- tranche 1 (M. Jarry dir., Jarry *et al.* 2012) : suivi du percement d'une tranchée dans la route départementale en face du secteur Théâtre ;
- tranche 2.1 (M. Jarry dir., Jarry *et al.* 2013b) : diagnostic-évaluation de l'impact de la construction du bâtiment d'accueil sur le secteur Théâtre ;
- tranche 2.2 (M. Jarry dir., Jarry *et al.* 2017b) : diagnostic de l'impact du réaménagement complet du parcours de visite à l'intérieur de la grotte ;
- tranche 2.3 (C. Pallier dir., Pallier *et al.* 2017) : nettoyage de la paroi nord du parking après construction du bâtiment d'accueil et contrôle de l'impact des travaux ;

- tranche 3.1 (M. Jarry dir., Jarry *et al.* 2015b) : diagnostic archéologique de la tranchée d'évacuation des fluides depuis le porche jusqu'à la station de traitement des eaux usées ;
- tranche 3.2 (C. Pallier dir., Pallier *et al.* 2015) : diagnostic archéologique de la station d'épuration.

Nous ne reprendrons pas ici le résumé des apports de ces opérations d'archéologie préventive. Nous renvoyons pour cela au rapport d'activité de 2013 (Jarry *et al.* 2013a : 31). Nous avons vu que cela avait permis des découvertes, aussi bien sur le plan archéologique que géologique qui nous ont encouragé à poursuivre avec les opérations de prospection thématique programmée, puis le présent programme collectif de recherches.

Une nouvelle opération d'archéologie préventive a eu lieu en avril 2016 (L.-A. Lelouvier dir., Lelouvier *et al.* 2016). Cette opération, concernant la vire le long de la route entre l'entrée sud de la grotte et le centre d'interprétation, a été menée en collaboration avec l'équipe intervenant dans le présent programme collectif de recherches (avec notamment Céline Pallier comme géomorphologue). Elle a permis une évaluation fine et rapide du secteur concerné, en bénéficiant d'une vision globale de la géoarchéologie de la grotte. La complémentarité de la recherche préventive avec la recherche programmée est ici démontrée comme une évidence. Une première phase de fouille préventive a eu lieu en novembre 2017 sur ce secteur. La seconde partie a eu lieu en décembre 2018 et l'étude est encore en cours. Les principaux apports de cette opération sont synthétisés et intégrés dans le PCR.

L'année 2013, année de transition, a été une phase de mise en place du programme, de la plupart de ses axes de recherches et de ses ateliers. Ainsi, ceux concernant la cartographie de la cavité (axe 1), ont permis la mise en place des bases historiographiques et les premiers tests des méthodes cartographiques. Une première approche de l'ensemble des archives et de leurs localisations a été réalisée, notamment pour celles de l'abbé Pouech et d'Alteirac. Un premier bilan très prometteur a été livré sur les archives Pouech dont nous ne disposions que de copies partielles. Pour les fonds topographiques anciens, la vectorisation des cavités profondes de la rive droite a été réalisée et les premières inexactitudes corrigées. L'atelier de cartographie a débuté, concentré pour l'instant sur les secteurs Théâtre, Rotonde, Piette et galerie des Silex.

L'axe de recherche 2 (géomorphologie et géoarchéologie), a bénéficié de nombreuses prospections et observations générales. Il fallait en quelque sorte prendre la mesure du travail à réaliser et repérer les différents "objets" d'études, en complément de l'atelier de cartographie. Cette année-là, les relevés et études se sont centrés, pour commencer, sur les secteurs du Théâtre et de la Rotonde.

L'axe 3 (archéologie), a été bien engagé en 2013, lui aussi centré sur les secteurs Théâtre et Rotonde. Les sondages 1 et 2, d'emprises limitées, ont été ouverts dans le secteur aurignacien, dans la suite logique des opérations d'archéologie préventive. Ils ont permis de confirmer une stratigraphie bien en place sous les niveaux fluviatiles. Dans le secteur Rotonde, le sondage 3 a été commencé. Il a révélé des vestiges de niveaux magdaléniens. D'autres lambeaux de niveaux en place ont aussi été repérés dans ce secteur, notamment à la sortie sud de la galerie des Silex. En effet, dans un secteur réputé stérile, nous avons pu révéler une stratigraphie conséquente contenant plusieurs niveaux archéologiques, avec notamment à sa base, reposant sur les limons fluviatiles, un épais niveau magdalénien. En outre, des travaux cartographiques dans la salle Piette avaient permis de restituer l'entrée paléolithique de la Galerie Breuil (la datation d'une coulée stalagmitique en bouchant l'entrée confirmera ensuite cette hypothèse).

L'année 2014 a vu la poursuite, de front, des travaux des divers ateliers. Pour l'axe 1, cette année a permis la (re)découverte et l'étude de nombreux documents, notamment les archives de l'abbé Pouech au Petit séminaire de Pamiers. Elles nous ont permis de restituer quelque peu l'aspect de la grotte avant la construction de la route, mais aussi d'approcher la personnalité d'un savant abbé

en pleine tourmente intellectuelle du XIX^e siècle. L'acquisition numérique de la topographie, bien qu'encore partielle, a pu servir de base fiable à la cartographie morphokarstique détaillée. Cette dernière a été bien avancée en rive droite. Une session d'étude géophysique a en outre été réalisée.

Pour l'axe 2, un important travail descriptif des stratigraphies, a été commencé. Les relevés et études des remplissages karstiques se sont poursuivis sur le secteur du Théâtre et de la Rotonde, mais aussi dans la salle Mandement et l'entrée de la galerie des Ours. Concernant la chronologie et la datation des dépôts, l'enchaînement relatif semble désormais à peu près reconnu pour la rive droite de l'Arize. Aucune datation absolue n'est obtenue en 2014, les dosimètres pour les datations par la luminescence sont placés en divers points de la grotte dans les sédiments alluviaux. Quelques prélèvements supplémentaires sont réalisés pour des éventuelles datations par la méthode du radiocarbone.

L'axe 3, quant à lui, a bien progressé. Le secteur Théâtre/Rotonde a été privilégié. L'Aurignacien, notamment, a connu sa pleine phase d'évaluation avec l'extension du sondage 2 facilitant l'accès aux couches profondes. La principale information à retenir pour 2014 est la confirmation d'une stratigraphie bien en place sous les niveaux fluviaux. Plus haut, un nettoyage fastidieux a permis de retrouver, grâce aux archives, ce qui est probablement l'ancien sondage réalisé au XIX^e par l'abbé Pouech. Cela a été l'occasion de découvrir un lambeau de niveau d'occupation magdalénien en place. De la même façon, le nettoyage du pied d'une brèche magdalénienne au-dessus de l'ancienne billetterie a permis de remettre au jour de beaux lambeaux de sols magdaléniens moyens. Dans le secteur de la Rotonde, le sondage 3 a été achevé et d'autres coupes livrant des niveaux magdaléniens ont été relevées par orthophotographie. Le secteur de la salle Mandement, à l'occasion notamment de l'étude géophysique du sol, a été abordé et des informations capitales ont été relevées, par exemple à l'entrée est de la galerie des Ours de la salle Mandement, sur les modalités d'alternance des alimentations sédimentaires des parties hautes de la cavité.

L'année 2015 a été une année très active sur l'ensemble des actions. Mis à part les celles préparant les synthèses ou qui concernent la rive gauche (malheureusement encore inaccessible et de toute façon sans topographie), elles ont été bien engagées et les investigations sur la rive droite, notamment, ont été bien avancées.

Pour l'axe 1, c'est au tour de Félix Garrigou d'avoir fait l'objet d'une présentation à partir d'archives de diverses origines. Une présentation du potentiel des archives autour du personnage d'Édouard Piette ainsi qu'une esquisse de la chronologie des multiples interventions dans la grotte ont été livrées. L'acquisition numérique de la topographie de la grotte, complétée par plusieurs séries de mesures topographiques, sert maintenant de base à une cartographie géomorphologique détaillée. Cette cartographie morphokarstique a été très avancée pour la rive droite. Les données de topographie de la surface ont été en partie acquises.

Pour l'axe 2, le travail de description et relevés des stratigraphies a été poursuivi, notamment dans le secteur II (Théâtre-Rotonde). En particulier, la stratigraphie dans les limons a révélé, à ce stade de manière préliminaire, une surface d'érosion qui a fourni une date rapportable au Badegoulien (Cal BC 19900 to 19600 / Cal BP 21850 to 21550). Cette datation permet d'envisager un accès jusqu'à présent totalement inédit dans la cavité par les populations humaines après le dernier épisode d'aggradation fluviale et avant le Magdalénien. En outre, l'autorisation d'accéder aux galeries ornées du Mas d'Azil (Breuil, Masque, Renne et Petit Bison), a permis de compléter les observations morphosédimentaires et morphokarstiques. En parallèle, plusieurs échantillons ont été prélevés pour effectuer des datations OSL des différents sédiments. Des dosimètres ont été installés en plusieurs points de la grotte et sont actuellement toujours en place. D'ores et déjà, les premières mesures obtenues sur les sédiments anciens se sont révélées riches d'enseignements au point de vue méthodologique et ont fait l'objet de conférences internationales ainsi que d'un article publié par la revue *Radiation Measurements*. Pour les remplissages plus anciens, un

prélèvement a été réalisé dans la Salle du Temple, à mi-hauteur au sein de cette séquence par datation par la méthode des cosmonucléides. Enfin, deux carottes de calcite ont été prélevées dans la concrétion fermant l'accès magdalénien à la galerie Breuil. La première servira aux datations U/th et la seconde à des analyses paléomagnétiques et paléoenvironnementales.

L'axe 3 a largement progressé. L'évaluation du secteur aurignacien a été quasiment terminée. Les nettoyages ont été poursuivis dans le secteur de l'ancien sondage de l'abbé Pouech, entamé en 2014. Une large surface de l'ancien front de taille du « grand emprunt » a ainsi pu être remise au jour, livrant une stratigraphie plus complexe qu'il n'y paraissait, avec surtout un niveau de blocs, reposant en discordance sur les limons et sous les niveaux magdaléniens. Une datation sur un os découvert à la base de ce niveau et rapportable au Badegoulien, a ouvert des perspectives intéressantes. La datation d'une couche de la coupe de la salle Stérile au Néolithique ancien permet d'envisager de nouveaux champs de réflexions sur les modalités d'occupation de la grotte.

L'année 2016 a permis l'écriture d'une étape majeure de l'histoire de la grotte autour de la personnalité d'Édouard Piette. En effet, une importante documentation a été traitée, tant sur la rive droite que sur la rive gauche, permettant notamment de croiser par les échanges épistolaires d'autres grandes personnalités de la préhistoire. Les perspectives de recherches archivistiques de terrain sont importantes et devront être poursuivies. La perspective de la réalisation d'un chronogramme en collaboration avec le CNP devrait permettre de classer tout cela dans l'optique d'une publication générale de ces recherches historiographiques. L'acquisition numérique de la topographie de la grotte, commencée dès 2013 est maintenant terminée pour la rive droite. La cartographie morphokarstique est alors achevée pour la rive droite. La topographie de la surface est acquise et peut maintenant servir de base aux travaux de cartographie. La réflexion sur la mise en place d'un SIG est passée à la première étape de la réalisation des shapes généraux.

L'axe 2 a été marqué par un important travail dans la salle du Théâtre. Les divers nettoyages du front est du « grand emprunt » ont permis de relever, pour l'instant dans sa partie centrale, cette stratigraphie de référence. Un test de relevé sur orthophotographie basée sur des modèles issus de photogrammétrie a échoué. Dans la salle Stérile, au pied de la coupe en face de l'entrée sud de la galerie des silex, une intervention de nettoyage avec relevés a été réalisée, révélant une stratigraphie importante et qui mériterait maintenant d'être testée. Il en est de même pour la coupe du siphon de la galerie Breuil. Des observations, certes décevantes, ont été faites lors de l'ouverture de trois sondages dans la galerie Régnaud.

L'axe 3, a profité des nettoyages dans la salle du Théâtre. Ceux-ci, qui ont surtout vocation à dégager les coupes pour leur étude stratigraphique, ont permis de récolter du matériel qui, certes, n'a pas une origine bien claire, mais qu'il est quand même intéressant de regarder de près. L'évaluation du secteur aurignacien a été terminée (le sondage 2 a été rebouché). Le sondage 6, ouvert dans les niveaux clastiques ayant donné une date badegoulienne, a livré un peu de matériel. Une seconde date par la méthode du radiocarbone a été réalisée dans ce niveau. Elle est plus ancienne que la précédente (Cal BC 22470 to 22125, cal BP 24420 to 24075), confirmant la présence de niveaux archéologiques bien antérieurs au Magdalénien moyen. Dans la Rotonde, le sondage 3 a été rebouché et le sondage 8 a été ouvert à la base de la coupe de la salle Stérile qui se révèle très complexe et riche. La salle Piette a fait l'objet d'une première approche archéozoologique et taphonomique qui permet d'étayer, même si cela reste à confirmer, d'utilisation de cette salle comme dépotoir au magdalénien, avec sans doute une spécialisation des secteurs au-dessus, dans la Rotonde.

L'année 2017 a permis à l'axe 1, notamment, d'approfondir l'analyse des fonds du service des Monuments historiques et de la sous-direction de l'Archéologie, mais aussi des fonds et collections dispersés de l'abbé Henri Breuil. Ainsi, la cartographie des fonds d'archives a pu être consolidée pour les travaux antérieurs aux Péquart et à J. Mandement. La construction d'un chronogramme couvrant les interventions au Mas d'Azil « de Piette à Breuil » a permis de

reconstruire les informations pour une période comportant des *hiatus* documentaires importants. La topographie de la surface, acquise en 2016, a servi en 2017 de base aux premiers travaux de cartographie morphokarstique. Celle-ci recense les morphologies et formations sédimentaires conservées en surface sur une partie du massif du Plantaurel et de la vallée de l'Arize. Deux premières restitutions cartographiques ont été proposées, une à l'échelle du massif et l'autre plus détaillée au-dessus du réseau karstique. Une chronologie relative préliminaire de l'évolution du paysage a été proposée à partir de la géométrie de ces morphologies et de ces vestiges sédimentaires.

L'axe 2 a été marqué par la mise en perspective de relevés et descriptions sur différentes formations sédimentaires. Le secteur du Temple est maintenant assez bien illustré avec la stratigraphie sur plus de 17 mètres de puissance de dépôt fluviaux. Les résultats de la datation de cette formation par la méthode des cosmonucléides sont attendus afin de mieux caler la mise en place de ces dépôts très anciens. Par ailleurs, au débouché nord de la galerie des Silex, la datation par la méthode du radiocarbone de charbons prélevés à la base du pilier limoneux permettra de mieux cerner le dépôt de cette formation et, le cas échéant, de la corréler aux dépôts de même nature dans la salle du Théâtre. Dans le secteur Théâtre-Rotonde, la description des stratigraphies, notamment celle au débouché du conduit ouest vers la galerie des Silex, ainsi que la mise en relation des différents logs, notamment avec la salle Piette, permet maintenant d'approfondir la compréhension des dynamiques en jeu lors de la dernière période glaciaire. L'accessibilité de la grotte aux groupes humains est également mieux appréhendée, notamment dans le secteur de la galerie Breuil.

Pour l'axe 3, l'année 2017 a été limitée côté terrain. Il a été consacré à la publication d'un article monographique sur ces occupations du Paléolithique supérieur ancien dans la grotte. L'analyse préliminaire des restes de microvertébrés des niveaux aurignaciens laisse penser que l'étude complète permettra d'apporter des informations sur les conditions environnementales autour de la grotte à cette période. Deux premières synthèses par croisement des données pluridisciplinaires ont été proposées. La première concerne la corrélation qui peut être démontrée entre la répartition des œuvres pariétales dans la grotte et la répartition des états des parois. Le rôle de la bio-corrosion, notamment due à la présence des chauves-souris, souvent sous-estimée, doit être prise en compte maintenant que les formes enregistrées sur les parois sont mieux connues et décrites. La grotte du Mas d'Azil permet de proposer un modèle d'analyse. La deuxième synthèse propose de mettre en corrélation l'évolution karstique de la cavité et son accessibilité aux groupes humains. La recherche d'éléments de chronologie absolue doit encore être poursuivie dans ce sens.

L'année 2018 a été une année importante puisque c'était la première de la triennale du programme collectif de recherches. Pour l'axe 1, l'atelier archivistique s'est penché sur Édouard Piette et les fouilles de la Rive Gauche. Ont pu être exposés les échanges épistolaires que celui-ci a entretenus en 1888-1889 avec Maury, pâtissier au Mas d'Azil, qui réalise pour lui ces années-là les premiers sondages sur cette rive qu'il avait délaissé dans un premier temps. Les comptes-rendus détaillés et réguliers de Maury permettent de suivre de près les préoccupations de Piette alors que germe en lui l'idée même de l'Azilien. Pour les autres ateliers, nous pouvons considérer maintenant que la topographie de la rive droite est complète et bien calée. De nombreuses sections de galeries ont été réalisées. L'avancée majeure de 2018 est l'accès à la Rive Gauche. Nous avons pu y acquérir le premier modèle 3D permettant le calcul d'une projection orthophotographique, base d'une topographie utilisable pour la cartographie morphokarstologique. Celle-ci, en 2018, a été consacrée à la finalisation pour la surface. Les petites cavités présentes sur le plateau ont pu être explorées et cartographiées. De même, des propositions de relations entre la surface et le réseau karstique ont pu être avancées. Enfin, la cartographie détaillée de la paroi le long de la RD 119, réalisée dans le cadre d'une opération d'archéologie préventive, pourra être intégrée à la cartographie générale de la cavité en rive droite.

L'axe 2 a été marqué en 2018 par le relevé, le complètement de relevé et la description de nombreuses coupes en rive droite. L'étude des relations géométriques entre les différents corps sédimentaires identifiés dans chaque partie de la grotte autorise maintenant une bonne compréhension de la mise en place de ces dépôts et de leur chronologie relative à l'échelle de la cavité. En particulier, l'étude du pilier limoneux de la sortie nord de la galerie des Silex a permis de repérer deux niveaux archéologiques inédits, un à la base dont nous verrons la datation *infra*, et un tout au sommet, sans doute magdalénien. Grâce à ces informations importantes, il sera sans doute possible de faire une jonction (ou non) entre les dépôts sédimentaires du secteur du Temple et celui du Théâtre.

Ce sont aussi des niveaux magdaléniens qui ont été mis au jour le long de la paroi de la galerie-tunnel de l'Arize, au-dessus de la RD119, dans le cadre d'une opération d'archéologie préventive (L.-A. Lelouvier dir.). Les résultats seront intégrés à l'axe 3 du programme collectif de recherches. Dans le secteur théâtre, l'étude des niveaux aurignaciens (lesquels ont d'ores et déjà bénéficié d'une première publication) se poursuit avec l'étude des microvertébrés. En 2018, l'analyse préliminaire de l'US 5 indique un cortège caractéristique de transition climatique ou interstadiaire. Enfin, l'étude des évolutions de parois, notamment par les effets de la biocorrosion, a été poursuivie par la photogrammétrie 3D détaillées dans les salles des Conférences et Mandement/Dewoitine. Ces modèles et leur analyse, complétés par des études d'échanges thermodynamiques, devraient permettre de quantifier les surfaces concernées par ce phénomène ainsi que d'évaluer les épaisseurs de parois impactées.

L'année 2019 était la deuxième année de triennale du PCR. L'équipe a pu enfin aborder la Rive Gauche de la grotte, certes de manière limitée, mais c'est un point assez important pour le mettre au bilan de l'année. Pour la partie « archives » de l'axe 1, l'intervention en archéologie préventive, le long de la RD119, a été l'occasion de reprendre une introduction générale de l'histoire de la grotte, ainsi qu'une recherche sur les différents projets d'aménagement routier. La topographie de la grotte est encore en construction. Un deuxième survol drone en Rive Gauche et des séries de photographies ont été faites pour modélisation 3D par photogrammétrie de salles en rive droite. Un nouveau relevé 3D simplifié de toute la grotte a aussi été réalisé. La cartographie morphokarstique a été commencée en Rive Gauche.

L'axe 2 a vu le développement des prospections en amont et aval de la grotte. En amont, l'objectif principal était d'étudier le paléolac fossile. Cette problématique a été prolongée dans la grotte elle-même par l'échantillonnage et la mesure *in situ* de la spectrométrie de fluorescence des rayons X des sédiments déposés par décantation dans les coupes de la salle du Théâtre ou de la Rive Gauche. En aval, les prospections avaient pour mission d'étudier les terrasses alluviales jusqu'à la confluence avec Garonne. Une autre importante avancée en 2019 est la fin du relevé systématique des coupes de la rive droite. Côté datations, une par la méthode des cosmonucléides renvoie à 150 ka +/- 5 ka pour des remplissages fluviaux de la salle du Temple et quatre autres par la méthode du radiocarbone sont venues conforter celles déjà obtenues pour le Magdalénien moyen de la grotte. Enfin, une dernière, à la base du pilier de la salle du Temple, place celle-ci delà de la méthode, ce qui nécessitera confirmation.

L'axe 3 n'a pas eu de vraie activité sur le terrain en 2019. Par contre, l'étude des micromammifères des niveaux aurignaciens a pu être avancée et celle du mobilier osseux des séries magdaléniennes a été initiée. Enfin, cette année a vu l'intégration des résultats de la fouille réalisée en archéologie préventive le long de la RD119. Ces résultats sont majeurs, au-delà des mobiliers et des nouvelles datations récoltées, car ils permettent de replacer ce secteur largement détruit lors de la construction de la route dans la géométrie des occupations de la grotte par les préhistoriques, entre Rive Gauche et rive droite.

L'année 2020 a vu la fin de la première triennale de notre programme collectif de recherches. Année Covid-19, nous avons pu mettre à profit le premier confinement pour réaliser des

publications, mais nous avons pu aussi faire du terrain et notamment nous implanter enfin en Rive Gauche.

Dans le cadre de l'axe 1, la compilation des données concernant les fouilles anciennes réalisées en Rive Gauche a été amorcée, et a dévoilé une grande quantité de documents avec des hiatus et des lacunes. La première base topographie calée et exploitable de la Rive Gauche a été réalisée, en même temps qu'ont été poursuivis les relevés de la Galerie Principale. Cette base a permis de recevoir le fond cartographique morphokarstique qui a été traité et préparé pour être ensuite versé dans un SIG commun.

L'axe 2 a été marqué année par la livraison, du catalogue de l'ensemble des mises au net et descriptions stratigraphiques des coupes disponibles dans la grotte du Mas d'Azil. Mis à part quelques détails à revoir en Rive Gauche, cet atelier peut maintenant être considéré comme terminé. Côté Rive Gauche justement, un premier travail d'étude des dépôts sédimentaires a pu être synthétisé. Cette étude préliminaire propose notamment une étude critique (et historiographique) de l'imposante stratigraphie encore visible de la fouille Péquart. Divers prélèvements ont par ailleurs pu être réalisés pour des datations par les méthodes du radiocarbone, des cosmonucléides et U/Th. Six échantillons ont donné des résultats, surtout pour la stratigraphie de la Rive Gauche, mais aussi en rive droite pour l'Aurignacien de la salle du Théâtre et une date « Paléolithique moyen » pour la base du pilier limoneux de la salle du Temple. Enfin, les réflexions sur la mise en place de la cavité bénéficient maintenant d'une étude détaillée des terrasses et replats d'origines fluviales observables dans la vallée de l'Arize, en amont et en aval de la cavité. Ceux-ci, corrélés aux niveaux alluviaux déposés dans grotte, sont susceptibles de fournir des indications, malgré la difficulté de leur approche, sur les modes et périodes de mises en place des formations alluviales de la vallée.

Côté archéologie (axe 3), l'année a été marquée par la poursuite de l'étude des mobiliers récoltés en rive droite (microfaune, industries osseuses) et par une approche archéologique préliminaire de la Rive Gauche. Sur ce dernier point, nous avons pu, sur la base des informations issues des archives et sur une topographie maintenant bien établie, commencer le nettoyage d'une petite zone, que nous pressentions comme potentiellement porteuse d'informations sur les origines de l'archéologie dans ce secteur de la grotte. Nous avons pu, en effet, identifier des niveaux aziliens en place, que nous avons pu échantillonner pour datation et surtout identifier, ce qui n'était pas prévu, deux sondages anciens, peut être les premiers de ce secteur.

2.5. Autorisations de sondage et de prélèvements

Par Marc Jarry

Cette année, aucune autorisation de sondage ni de prélèvement n'a été demandée.

3. RESULTATS DE LA PREMIERE (9^{EME}) ANNEE

3.1. Journal de bord

Par Marc Jarry et Céline Pallier

En 2021, l'équipe a concentré ses efforts de terrain sur deux principales thématiques, tout en continuant bien sûr les recherches « courantes » du programme général du PCR « Archives d'une grotte ». La première a plutôt vu l'élargissement de l'acquisition des données environnementales et géomorphologiques en dehors de la grotte avec, notamment, les prospections des cavités sur le plateau et la mise en place de protocoles d'études futures de la plaine lacustre de Maury. La deuxième thématique a été l'investissement important sur la Rive Gauche (nettoyages, déblaiements, recherche des limites des fouilles anciennes...).

Notons ici que les approches et analyses initiées dans la grotte sur la thématique spécifique de l'impact de la présence des chiroptères seront maintenant réalisées dans le cadre du PCR « biocorrosion » porté par L. Bruxelles. Nous continuerons cependant d'inclure les données issues des mesures de températures et d'hygrométries dans le présent rapport car elles peuvent concerner les conditions d'occupation de la grotte par les groupes préhistoriques. Les données paléoenvironnementales (paléoclimatiques notamment) qui seront éventuellement acquises dans le cadre du programme « Biocorrosion » seront, dans un second temps, réintégrés dans nos analyses.



figure 8 : vue panoramique de l'amont de la grotte du Mas d'Azil depuis le col de Baudet. Le porche sud de la grotte est à gauche (cliché Marc Jarry / Inrap-Traces).

► 30 avril 2021 (participants : F. Bon, L. Bruxelles, T. Cuypers, M. Jarry, C. Pallier, visite de Y. Le Guillou/SRA et L. Poudré/PNR chargé de projet Natura 2000) : la matinée a été consacrée, sur le terrain, au calage et à la préparation des opérations par l'équipe de coordination du PCR. Il s'agissait de prévoir les actions à réaliser cette année et d'anticiper leur réalisation sur le terrain, notamment pour les interventions prévues en Rive Gauche. Il a été décidé de ne pas réaliser d'investigations sur des niveaux archéologiques en place (pas de prélèvements ni de sondages). L'après-midi, avec T. Cuypers et accompagné de Y. Le Guillou et de L. Poudré, l'équipe de coordination a pu faire le point en rive droite sur les actions à réaliser, mais aussi d'échanger sur la présence de chiroptères dans la grotte, sur leurs comportements, leur calendrier de présence dans les diverses salles et galeries et sur les conditions d'accès et attitudes à tenir lors des travaux réalisés par les membres de l'équipe de recherche du PCR. Cette visite a aussi été l'occasion de faire une présentation des problématiques de recherches et des prélèvements dans le cadre du nouveau PCR « biocorrosion » coordonné par L. Bruxelles, au sein duquel seront dorénavant versés les travaux réalisés sur ce sujet par l'équipe du PCR « Archives d'une grotte » (cf. figure 9).

figure 9 : prélèvement dans les niveaux de guanos anciens au fond de la galerie du Renne dans le cadre du PCR « Biocorrosion » (cliché © Céline Pallier / Inrap-Traces)



► 8 mai 2021 (participants : M. Jarry, P. Ramis, A. Hamard) : cette journée a été consacrée au dépôt de matériel en prévision de la session de juillet en Rive Gauche et à la rencontre de certains propriétaires des rives gauche et droite.

► Session du 3 au 10 juillet 2021 (participants : M. Jarry, C. Pallier, F. Bon, L. Bruxelles, V. Arrighi, J.-C. Astruc, M. Barbaza, L. Bassuet, J. Bayot, M. Beauvilliers, J.-Y. Bigot, D. Cailhol, H. Camus, L. Ceregatti, E. Chapron, P. Commenge, S. Costamagno, Z. Courtaban, L. Crozet, G. Dandurand, E. Dardenne, C. Di Lallo, G. Eychenne, E. Garcia-Tarac, A. Hamard, S. Hoelinger, R. Lebas, L.-A. Lelouvier, M. Olivo, J. Pasquio, M. Rabanit, N. Ravaïau, E. Thomas ; visiteurs : B. Lartiges (GET), Y. Le Guillou/SRA Occitanie, T. Otto (Ecolab), C. Salmon, G. Sanchez, N. Valdeyron/UMR Traces, M. Vesièr/Région Occitanie).

Notons qu'une après-midi a été consacrée à la présentation du site à l'ensemble des participants de la session, sur les deux rives. De même, une soirée a été dédiée à la visite du site et la présentation de nos derniers résultats aux guides/médiateurs du Sesta et à l'équipe de fouille du Portel (Becam dir.). Cette session a aussi été l'occasion de la réalisation de petits clips vidéo par par l'association Grottes&Archéologies dans le cadre du projet Arkéoflix (cf. *infra* partie 4).

Cette session de terrain a rassemblé, comme au moins une fois par an tout au long de ce programme, le plus possible d'intervenants afin de favoriser les discussions et les échanges. Cependant, et pour résumer car les passerelles étaient nombreuses (notamment entre les deux

rives de l'Arize), il y avait deux grands ateliers durant cette session. L'un était concentré sur la Rive Gauche, coordonné par F. Bon et M. Jarry et l'autre sur les approches géomorphologiques au sens large, amené par L. Bruxelles et C. Pallier.

Après un premier abord plutôt discret de la Rive Gauche en 2020, nous avons convenu de concentrer (enfin) notre attention, cette année et celles à venir, sur cette partie du porche sud de la grotte. Ainsi, de nombreux échanges ont pu avoir lieu sur site pendant cette session entre les divers spécialistes de l'équipe au sujet de cette rive. Notamment, nous avons pu retravailler sur les stratigraphies visibles (nettoyées cette année) et sur l'origine des formations limono-sableuses intercalées entre les niveaux archéologiques. Nous avons aussi mis à profit cette session pour continuer notre enquête historiographique sur site, avec la recherche notamment des limites des fouilles ancienne, celles d'Édouard. Piette en l'occurrence. Pourtant, ce qui a concentré notre énergie et celle d'une grosse partie de l'équipe, notamment les étudiants de master de l'université de Toulouse Jean-Jaurès, a été la poursuite du nettoyage du secteur Maury et démarrage du déblaiement du secteur Péquart (figure 10). En effet, de nombreux déblais sont venus encombrer les fouilles anciennes depuis plus d'un demi-siècle et doivent maintenant être gérés, ne serait-ce que pour avoir accès à certaines zones et base de coupes. Par exemple les nettoyages nous ont permis cette année de retrouver les bords des tranchées Piette de 1889 et 1890 (cf. *infra*). En outre, il convenait de sécuriser certains abords menaçants, notamment la présence de blocs proches des coupes ou des éboulis instables. Nous décrirons le détail des méthodes mises en œuvre, mais ce travail très pénible a mobilisé pendant toute la session environ une quinzaine de personnes (tri de déblais, tamisage, stockage, sécurisation, nettoyage, fracturation des gros blocs, évacuation des petits blocs...).

figure 10 : travaux de déblaiement, nettoyage et topographie par une partie de l'équipe dans le secteur Péquart de la Rive Gauche de la Grotte du Mas d'Azil. Ici le secteur est presque dégagé sur le palier supérieur où ne subsistent que quelques gros blocs. Le palier intermédiaire est en cours de traitement. En même temps les relevés topographiques se poursuivent sur la coupe est. Il est possible sur ce cliché de distinguer en haut à gauche l'autre partie de l'équipe, travaillant sur le secteur Maury (cliché © Michel Barbaza / Traces).



L'équipe « géomorphologie », quant à elle, a réalisé les travaux suivants, en dehors de ceux effectués en Rive Gauche :

- le 4 juillet a été consacré à l'harmonisation, sur site, des données acquises le long de la paroi RD119 dans le cadre de l'opération d'archéologie préventive (Pallier *in* **Lelouvier et al. 2019**) avec celles du relevé morphokarstique général réalisé dans le cadre du PCR « Archives d'une grotte » par Protée (M. R. et H.C.) ;
- le 5 juillet, plusieurs équipes ont travaillé sur des « ateliers » différents en rive droite. Les discussions sur l'harmonisation de la carte morphokarstique avec l'équipe Protée ont été poursuivies. Le relevé des équipements d'enregistrement (températures, hygrométrie) dans la zone nord a été effectué. Dans la salle des Chauves-souris (secteur XIII), la salle

Mandement (secteur XI.1) et la salle des Conférences (secteur IX.1), cette opération a été réalisée accompagnée par T. Cuypers (ANA) afin de vérifier que ce travail n'occasionnerait pas de gêne pour les populations de chiroptères. Les lieux à équiper de sondes à l'avenir, notamment sous le Pont-du-Diable (secteur VIII.2inf) où des nids ont été repérés, ont aussi été définis. En outre, le reste des sondes placées dans la grotte du Mas d'Azil a été relevé et de nouvelles sondes ont été placées dans le lit de l'Arize en amont et aval de la perte (D. C.). Enfin, l'après-midi a été consacrée pour une bonne part de l'équipe « géomorphologie » à la visite de la perte du Portel. Celle-ci avait comme objectifs 1) la comparaison de ce système hydrologique qui prend naissance et circule dans le massif du Plantaurel avec le massif du Mas d'Azil et 2) de repérer les accumulations de guano pour prélèvements dans le cadre du PCR « biocorrosion » ;

- la journée suivante, le 6 juillet, a été consacrée, accompagné par des membres du Comité Départemental de Spéléologie de l'Ariège, à la prospection et relevés des cavités présentes sur le plateau du Mas d'Azil, afin de mieux comprendre les diverses relations avec la grotte. Les grottes de Peyronnard, de la Fage – Mont Calbech ont été visitées le matin et le système des grottes de Maury l'après-midi (cf. *infra*) (figure 11). Dans la grotte du Mas d'Azil, les travaux de relevé pour la cartographie morphokarstique dans la galerie principale ont été poursuivis, notamment avec le relevé topographique de nouveaux calages (Protée, M.R. et H.C.) ;
- le 7 juillet, les prospections ont été poursuivies à la grotte Lucile puis l'équipe s'est rendu sur la fouille de la grotte du Portel dirigée par G. Becam afin de comparer les remplissages de ce réseau avec ceux de la grotte du Mas d'Azil. Une autre partie de l'équipe est restée en rive droite du Mas d'Azil afin de réaliser des clichés pour illustrer les exploitations de salpêtriers et de documenter les traces digitales dans l'argile dans le fond de la salle Mandement (secteur XI.3) (J.-Y. B. et M. B.) ;
- le 8 juillet n'a pas eu d'activité spécifique pour l'équipe « géomorphologie » et le 9 juillet a permis de visiter l'abri Baudet, d'observer sa morphologie et de vérifier l'état des stratigraphies.

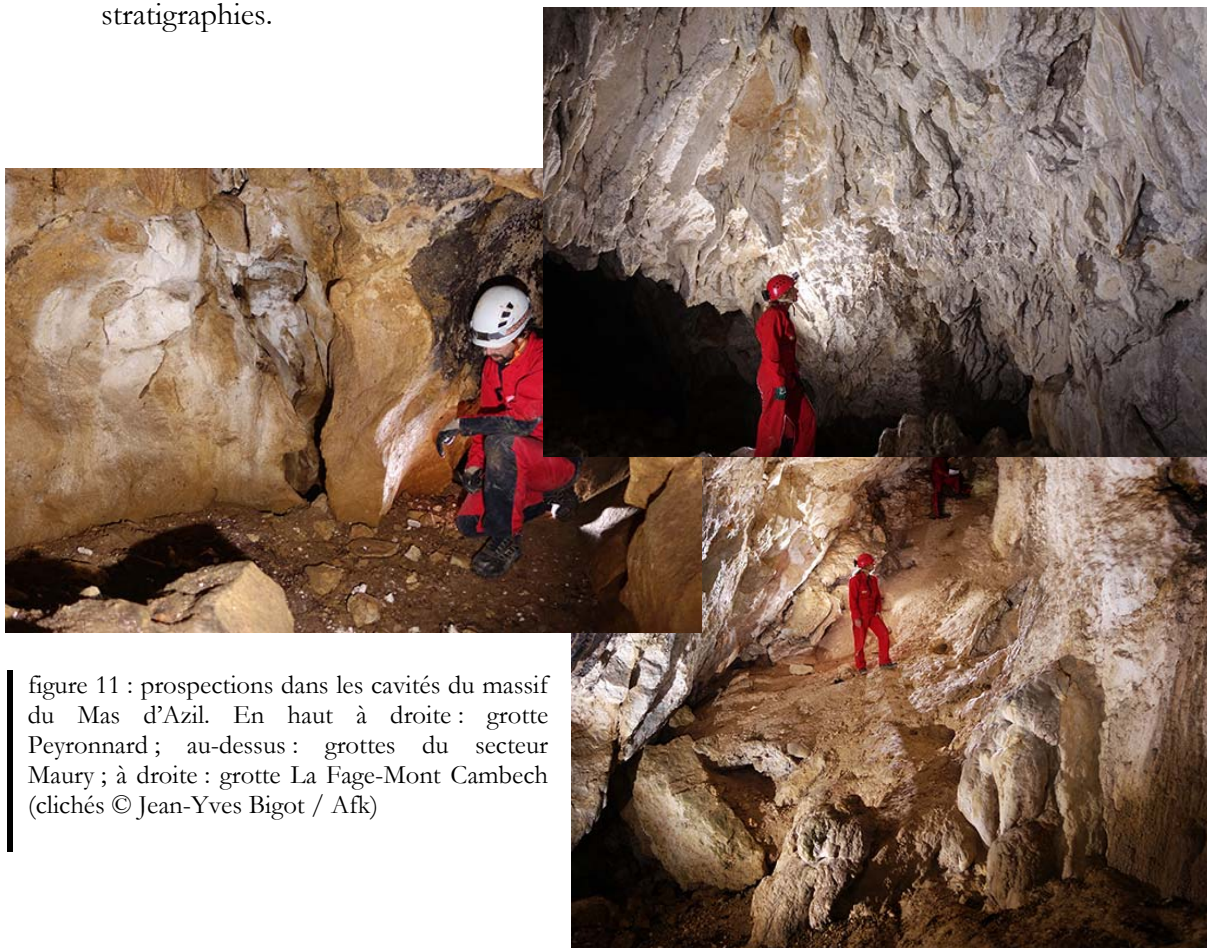


figure 11 : prospections dans les cavités du massif du Mas d'Azil. En haut à droite : grotte Peyronnard ; au-dessus : grottes du secteur Maury ; à droite : grotte La Fage-Mont Cambech (clichés © Jean-Yves Bigot / Afk)

► 5 août 2021 (participants : P. Commenge, A. Hamard, M. Jarry, S. Lacombe, P. Ramis, Z. Courtaban, visiteurs : K Sterling, A. Morel, Association « Propulseur Azilien ») : à l'occasion de cette petite session destinée au rangement, au rapatriement du matériel et de sédiments tamisés à trier, mais aussi à une session de travail avec S. Lacombe, nous avons réalisé une visite pour les membres de l'association « le Propulseur Azilien » (figure 12).

figure 12 : visite de la Rive Gauche avec l'association « Le Propulseur Azilien » (Cliché © Pauline Ramis / Grottes&Archéologies).



► Session du 30 septembre au 1^{er} octobre 2021 (participants : F. Bon, S. Costamagno, M. Jarry et les étudiants du master Arts et Cultures de la Préhistoire et de la Protohistoire de l'université de Toulouse Jean Jaurès) : comme l'année dernière, le tri des refus de tamis, le lavage et le conditionnement des vestiges issus de nos travaux en Rive Gauche ont été l'occasion de former les étudiants sur du matériel (archéozoologie, technologie lithique...)

3.2. Axe 1 - Cartographie générale de la cavité

Action 1-A : acquisition et contextualisation des données anciennes

Une source à exploiter : la correspondance passive de Louis Méroc

Par Marc Comelongue avec la collaboration de François Bon, Yann Potin et Marc Jarry

Louis Méroc, ancien directeur des Antiquités Préhistoriques décédé en 1970, a laissé des archives dont les héritiers ont déposé une partie substantielle au Service régional de l'archéologie à Toulouse. On y trouve ses carnets de terrain mais aussi, c'est moins connu, sa correspondance passive. Cette dernière est organisée en dossiers nominatifs contenant les lettres reçues, des éléments de réponse de Méroc sous forme de brouillons séparés ou d'annotations sur les courriers, des documents annexes concernant les affaires évoquées et enfin, en cas de décès de son interlocuteur, des articles nécrologiques et biographiques. En effet Louis Méroc, archéologue de terrain, était aussi historien de sa discipline comme l'illustrent les biographies des préhistoriens toulousains qu'il a publiées dans le catalogue de l'exposition *Cent ans de préhistoire toulousaine* en 1956 (Méroc 1956).

Parmi ces dossiers épistolaires, trois nous ont semblé particulièrement utiles à examiner pour essayer d'éclairer l'histoire des fouilles à la grotte du Mas-d'Azil : ceux de la famille Péquart, de Joseph Mandement et d'André Alteirac.

Faisons tout de suite un sort au dossier André Alteirac : il est indigent et ne contient que deux lettres. L'une, du 6 août 1962, a pour sujet essentiel la préparation d'une conférence qui sera donnée au Mas-d'Azil le 19 août et dans l'autre, du 9 août d'une année indéterminée, Alteirac évoque sa fouille d'une galerie de la grotte, probablement la galerie du crâne. Il manque

évidemment des courriers mais beaucoup de choses ont dû se dire par téléphone à cette époque et Méroc passait aussi régulièrement au Mas-d'Azil d'après ses carnets. Mais, au moins, avons-nous un exemple, reproduit figure 13, du papier en-tête utilisé par le syndicat d'initiative dans les années 1960...

figure 13 : modèle d'en-tête du syndicat d'initiative du Mas d'Azil, années 1960 (cliché © Marc Comelongue)



Le dossier Joseph Mandement est quant à lui pléthorique (73 lettres) mais plutôt que de l'exploiter maintenant pour lui seul, il apparaît judicieux de l'analyser en parallèle avec la littérature grise produite par Mandement, c'est-à-dire ses articles dans le *Bulletin trimestriel des amis du Mas-d'Azil*, revue on ne peut plus cryptique, et ses articles dans la *Dépêche du Midi*. Toute cette documentation est en cours de compilation en vue de son traitement.

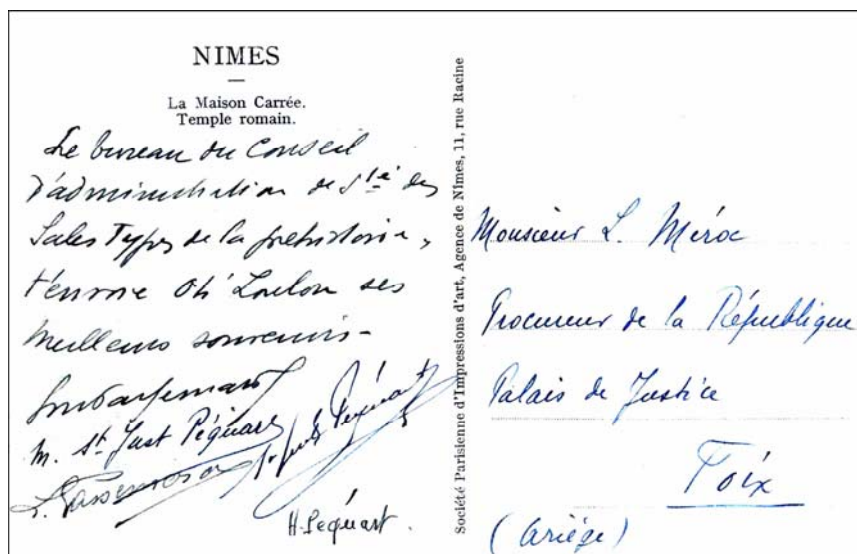
Il reste le dossier Péquart dont nous pouvons donner un aperçu dès maintenant.

Le dossier de correspondance Péquart

Il peut être divisé en trois lots distincts. Le premier concerne le moment de la rencontre en 1935. En effet, c'est durant l'été de cette année-là que Saint-Just Péquart, son épouse Marthe et leurs trois enfants ont fouillé pour la première fois au Mas-d'Azil. Louis Méroc a noté dans son carnet de terrain qu'il leur a rendu visite une dizaine de fois en juillet, août et septembre. Ils se voient une dernière fois le 20 septembre et les échanges écrits prennent alors le relais.

C'est d'abord ce qui semble être une banale carte postale avec un simple message de salutation, non datée mais écrite probablement fin septembre. Envoyée de Nîmes où les Péquart sont allés voir le couple de préhistoriens Passemard, elle porte les signatures de Saint-Just et Marthe Péquart, ainsi que de leur fille Hélène, et d'Emmanuel et Luce Passemard. Néanmoins la formulation est étonnante car, comme on le voit dans la reproduction figure 14, c'est le « Conseil d'administration de la Société des Sales Types de la Préhistoire » qui envoie ainsi son bonjour !

figure 14 : carte postale des Péquart et Passemard à Louis Méroc, septembre 1935 (cliché © Marc Comelongue)



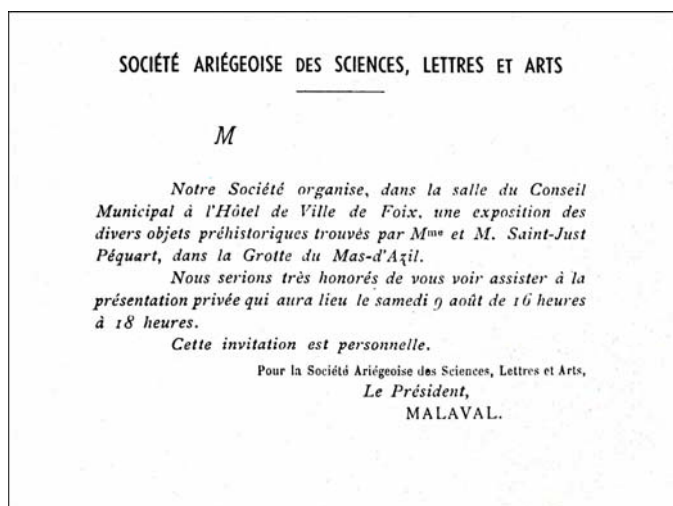
En se plaçant dans le contexte de l'époque, il faut comprendre qu'il s'agit juste d'une allusion aux polémiques qui agitaient le milieu des préhistoriens. Saint-Just était alors engagé dans des controverses et, de son côté, Passemard n'avait pas bonne réputation. Néanmoins, il est difficile de ne pas céder à l'anecdote quand on connaît le destin commun de ces deux familles quelques années plus tard, à la Libération : leur compromission dans la collaboration entraîna l'exécution d'Emmanuel Passemard et de Saint-Just Péquart, et l'incarcération de Marthe et Hélène. L'aspect prémonitoire de ce courrier est alors troublant.

Pour la suite, on trouve cinq lettres de Marthe Péquart envoyées de Laxou (54), résidence des Péquart, datées des 4, 9, 31 octobre, 9 novembre et 31 décembre 1935. Elles concernent, entre autres, des échanges d'articles et de brochures, une controverse de Saint-Just avec l'administration des Beaux-Arts ou des sujets de préhistoire (la Belgique, la grotte d'Aldène...). Mais les allusions au Mas-d'Azil sont peu nombreuses : à peine apprend-on que les résultats des premières fouilles de 1935 sur la rive gauche ont été faibles et que Marthe est en train d'étudier en détail les publications de Piette.

Et puis... un énorme hiatus ! Les contacts ont sûrement continué en 1936 et les années suivantes, mais la correspondance n'est pas conservée à cause d'un aléa inconnu. De plus, malheureusement, les carnets de terrain de Louis Méroc des années 1938-1940 et 1940-1942 sont absents des archives et ne peuvent suppléer à ce manque d'information. Précisons que les Péquart ont continué à fouiller au Mas-d'Azil, la rive gauche puis une galerie de la rive droite, jusqu'en 1944, d'abord en séjour d'été puis en résidence permanente à partir de 1940.

Un second lot de correspondance est disponible, cette fois-ci sous la plume exclusive de Saint-Just Péquart, entre le 12 mai 1941 et le 21 août 1943, comptabilisant 21 courriers. Le sujet le plus souvent abordé dans ceux-ci est la préparation et la mise en œuvre de la loi sur les fouilles archéologiques du 27 septembre 1941 et de celle du 21 janvier 1942 sur la coordination des recherches archéologiques. Péquart est très actif auprès des autorités et sollicite souvent l'homme de loi qu'est aussi Méroc. En 1941 sont évoquées les fouilles en cours de Méroc dans la grotte ariégeoise de Labouiche et une polémique avec l'abbé Durand qui croit avoir trouvé, *a priori* à tort, des galets gravés dans le gisement néolithique de la grotte de Las Morts près de Montségur (09). Mais il faut dire que cette dernière affaire avait été imprudemment lancée par l'abbé Breuil qui croyait avoir vu un dessin sur un galet. Concernant le Mas-d'Azil, Péquart dit, dans un courrier du 4 mars 1942, qu'il attend les beaux jours pour reprendre les fouilles en rive gauche et qu'il travaille sur la publication de la rive droite. La grotte n'est par ailleurs évoquée qu'à propos de la préparation d'une exposition du mobilier découvert par les Péquart au Mas-d'Azil, qui aura lieu à l'Hôtel de Ville de Foix en août 1941 sous les auspices de la Société ariégeoise des Sciences, Lettres et Arts. Le dossier contient d'ailleurs un carton d'invitation vierge pour l'inauguration du 9 août que nous reproduisons ici figure 15.

figure 15 : modèle de carton d'invitation à l'exposition d'août 1941 à Foix (cliché © Marc Comelongue).



Pour en finir avec ce deuxième lot, on peut évoquer le désir de Saint-Just Péquart, en 1943, de s'occuper des collections préhistoriques du musée de Foix qu'il estime être à l'abandon (un dossier conservé aux Archives départementales de l'Ariège sous la cote 194W62 parle aussi de ce sujet). Et enfin on pourra relever la mention, dans deux courriers datés de 1942, d'André Glory, « petit abbé prétentieux et arriviste », dont nous allons reparler.

Le troisième lot constituant ce dossier concerne le destin des papiers et des collections Péquart à la Libération, suite à l'exécution de Saint-Just le 11 septembre 1944 et l'incarcération de Marthe et d'Hélène. En fait, il ne s'agit presque pas d'un dossier de « correspondance Péquart » puisqu'on y trouve seulement deux courriers signés de Marc et Claude Péquart, les fils de Saint-Just et Marthe. Le reste est constitué de pièces annexes et de courriers échangés entre Méroc et d'autres acteurs de cette affaire.

Avant de les énumérer, il faut d'abord signaler une lettre conservée dans un autre dossier de correspondance, celui de Joseph Delteil. Il s'agit d'un courrier adressé par Delteil à Méroc le 22 septembre 1944 pour l'avertir que l'abbé Glory était venu à Foix la semaine précédente pour réquisitionner, soi-disant envoyé par les F. F. I. mais sans succès, la collection Péquart qui avait été déposée au Musée.

Ensuite, on trouve dans le dossier Péquart :

- une note du procureur de Foix datée du 13 octobre 1944 informant Méroc que des objets trouvés au Mas-d'Azil par les Péquart sont entreposés au musée de Foix (qui se trouvait à l'époque dans le bâtiment du Palais de Justice) et qu'il va prendre une ordonnance de séquestre. Il évoque, ainsi que Méroc dans une note marginale, une réclamation de la municipalité de Foix qui voudrait récupérer la collection pour l'exposer. Méroc mentionne aussi la tentative de réquisition de Glory et précise que le séquestre concernait aussi les biens des Péquart qui étaient restés au Mas-d'Azil ;

- une lettre datée du 20 décembre 1944 d'Armand Knoepfler, inspecteur des Domaines, invitant Méroc à venir faire l'inventaire de la collection Péquart déposée au musée de l'Ariège qui a été mise sous séquestre par ordonnance du tribunal civil de Foix du 18 octobre ;

- une lettre d'Armand Knoepfler à Méroc datée du 11 janvier 1945 accompagnant une copie de l'inventaire de la collection Péquart réalisé à Foix le 6 janvier au musée de l'Ariège. L'inventaire dactylographié est présent dans le dossier et nous en donnons une transcription ci-après en annexe au vu de l'intérêt qu'il présente pour la connaissance des recherches des Péquart, que ce soit au Mas-d'Azil ou sur les sites qu'ils avaient explorés auparavant en Bretagne ;

- une lettre du procureur de Foix à Méroc datée du 15 janvier 1945 accompagnée d'un courrier du comte Bégouën, en tant que directeur des Antiquités préhistoriques, au procureur daté du 5 janvier 1945 concernant les mesures à prendre pour assurer la conservation de la collection Péquart déposée à Foix ;

- un courrier daté du 9 février 1945 de Marc et Claude Péquart à Méroc lui demandant son aide pour obtenir une libération rapide de Marthe et Hélène Péquart condamnées le 1^{er} février à 5 ans de prison. Méroc répond à Claude Péquart le 18 février en lui indiquant que les biens des Péquart restés au Mas-d'Azil et au musée de Foix ont été mis sous séquestre et que les objets déposés à Foix ont été inventoriés. Il évoque aussi la tentative de spoliation de l'abbé Glory ;

- une lettre datée du 20 février 1945 de Malaval, conservateur du musée de l'Ariège, à Méroc indiquant qu'il a reçu un courrier de Marc Péquart désirant récupérer les caisses déposées au musée par sa mère. Malaval a pris l'avis de l'inspecteur de l'Enregistrement qui a conclu que ce dépôt devrait être remis aux héritiers Péquart car la condamnation de Saint-Just Péquart ne semble pas entraîner une confiscation de ses biens et que le séquestre semble caduc. Malaval demande néanmoins conseil et complément d'information. Méroc a annoté sur ce courrier sa réponse du 19 mars confirmant que les biens de Saint-Just ne sont pas confisqués mais qu'il faut vérifier s'il n'y a pas confiscation liée à la condamnation de Marthe et Hélène. Il faut donc attendre une autorisation formelle de l'Enregistrement avant de procéder à une restitution. Méroc parle aussi d'une revendication sur la collection par la municipalité du Mas-d'Azil relayée par Joseph Mandement qui s'occupait alors de l'exploitation de la grotte. Il note alors un renseignement très intéressant que nous reproduisons in-extenso : « En 1939 accord Breuil, Péquart, Lafitte (maire). Ce dernier autorise P. à fouiller galerie Mandement jusqu'à 1 petit mur bâti alors, avant le puisard, et abandonne propriété des objets au Musée Saint-Germain moyennant 10.000 ^f versés aussitôt par Breuil. Le Mas ne se réserve que les doubles et des moulages, donc rien de ce qui est déposé au musée. La C^{ne} est donc mal fondée à intervenir et ne le fera pas ». Ces dispositions semblent avoir été quelque peu oubliées quand, bien plus tard en 1965, la municipalité du Mas-d'Azil a acheté la collection aux héritiers Péquart ;

- une lettre datée du 25 février 1945 de Claude Péquart à Méroc le remerciant pour son aide, avec une réflexion sur Glory ;

- une lettre datée du 16 juillet 1946 de R. Perchet, directeur des Monuments Historiques, à Méroc lui demandant des nouvelles de la collection Péquart. Méroc répond le 17 juillet en indiquant que les objets déposés au musée de Foix s'y trouvent encore sous séquestre, et que les biens conservés au Mas-d'Azil ont aussi été mis sous séquestre mais qu'il ignore leur situation dont il faut s'enquérir auprès de l'administration des Domaines.

On sait par un dossier conservé aux Archives départementales de l'Ariège sous la cote 194W62, qui reste à analyser plus en détail, que la collection qui avait été déposée le 14 juin 1944 au musée de l'Ariège a finalement été retirée par l'un des fils Péquart le 8 septembre 1946.

Pour finir il reste à signaler que ce dossier de correspondance contient un extrait du journal *Le Monde* du 5 novembre 1963 annonçant le décès de Marthe Péquart le 29 octobre et ses obsèques à Saint-Brieuc le 31.

Inventaire de la collection Péquart déposée au musée de l'Ariège à Foix, réalisé le 6 janvier 1945 :

<u>INVENTAIRE</u> L'an mil neuf cent quarante cinq et le six Janvier Au musée de l'Ariège, à Foix. En présence de M. CAMBOU, Commissaire de Police à Foix désigné par l'ordonnance dont il sera question ci-après et de M. MEROC, Substitut de M. le Procureur Général près la Cour d'Appel de Toulouse, chargé de cours à la Faculté des Lettres de Toulouse. Il a été procédé par Nous KNOEPFLER Armand, Inspecteur de l'Enregistrement, des Domaines et du Timbre au département de l'Ariège, délégué par M. le Directeur Régional de l'Enregistrement, des Domaines et du Timbre à Toulouse, 1, Rue de l'Esquille.

A l'inventaire des objets ci-après décrits ayant appartenu à M. Saint-Just PEQUART et placés sous le séquestre de l'Administration des Domaines par ordonnance de M. le Président du Tribunal civil de Foix du dix huit Octobre 1944.

DESCRIPTION

M. MALAVAL, Conservateur du Musée de Foix, nous en ayant indiqué l'emplacement, nous nous sommes trouvés en présence d'une boîte en carton et de deux caisses parallélépipédiques en métal.

A) La boîte en carton porte en suscription "Bois de Cerf (outils) des sépultures d'Hoedic (Morbihan). Fouilles St-Just PEQUART" et contient cinq bois de cerf emballés dans de la paille de bois.

B) L'une des caisses métalliques contient :

1/ un manuscrit ainsi conçu

"Foix le 14 Juin 1944 - Confiés en dépôt au Musée de Foix, ces objets et manuscrits seront remis par ses soins en cas de mort de M. et Mme St-Just PEQUART et leurs enfants à l'institut de Paléontologie humaine 1 Rue René Panhard à Paris (V.). Monsieur VAUFRAY voudra bien se charger d'en parfaire l'étude et veiller à la publication des manuscrits.

2 caisses en métal.

Marthe St-Just PEQUART".

2/ Un rouleau de papier calque portant en suscription "Ile aux Moutons - Poteries".

3/ Une chemise contenant : 2 photographies de M. St-Just PEQUART - 34 dessins - deux exemplaires d'un manuscrit de roman "Le merveilleux voyage de Léo. L'enfant terrible". - Manuscrits d'œuvres diverses (poésie, prose) de Mme St-Just PEQUART.

4/ Manuscrit des fouilles dans la galerie Mandement du Mas-d'Azil.

5/ Une enveloppe contenant photos et dessins ayant servi à illustrer l'article sur le néolithique du Mas-d'Azil publié dans la Revue "Préhistoire".

6/ Une enveloppe contenant 23 photographies d'objets aziliens et néolithiques du Mas-d'Azil.

7/ Une enveloppe contenant un manuscrit "La décadence économique d'une île - Hoedic" et un manuscrit sur la préhistoire en général.

8/ Un manuscrit d'une conférence de Mme St-Just PEQUART sur ses travaux et ceux de son mari en Bretagne.

9/ Un carton renfermant 25 dessins de silex de l'Ile d'Hoedic.

10/ Une chemise couverture de cahier contenant des manuscrits relatifs à la fouille de la galerie Mandement au Mas-d'Azil.

11/ Un carton (calendrier des Postes) renfermant un cahier contenant des notes sur la galerie Mandement. Un autre cahier portant inventaire des objets découverts dans les fouilles - un manuscrit sur la "récente découverte de 2 œuvres d'art magdalénien du Mas-d'Azil".

12/ Un carton contenant 45 photographies d'objets magdaléniens.

13/ Un carnet de mots croisés.

14/ Manuscrit d'un livre de cuisine - copie d'un livre de pâtisserie.

15/ 6 documents relatifs à la documentation sur la grotte du Mas-d'Azil.

16/ Une enveloppe contenant 17 photos du "Propulseur" et du "Bâton de Commandement".

17/ Une enveloppe contenant 20 photos des mêmes objets.

18/ Une enveloppe contenant 22 photos des fouilles au Mas-d'Azil, rive droite et rive gauche.

19/ Une enveloppe contenant 5 photos d'instruments gravés.

20/ Une enveloppe contenant 13 photos des fouilles - 4 cartes postales du Mas-d'Azil - 1 photo de M. et Mme St-Just PEQUART - 4 photos d'objets - 2 cartes postales du Mas-d'Azil.

21/ Une enveloppe contenant 27 dessins de silex de Hoedic.

22/ Une enveloppe contenant 2 photos de Melle PEQUART - 2 photos de Mme PEQUART - 7 photos diverses sans intérêt.

23/ Une boîte portant mention "Galerie au Mas-d'Azil - Aurignacien" et contenant savoir :

couche inférieure : 2 pointes à base fendue - 8 lissoirs et fragments d'os -

couche moyenne : 15 lissoirs ou fragments - 3 sagaies - 1 poinçon -

couche supérieure : une lame de silex de 25 cm. environ - un fragment de bâton de commandement - 20 objets divers.

24/ Une boîte contenant 2 stylets de l'Ile d'Hoedic.

25/ 11 moulures en métal de gravures sur os.

26/ Grosse pointe à extrémité recourbée.

27/ Un objet en calcaire (outil indéterminé)

28/ Un bois de cervidé scié

29/ Une petite boîte avec mention : mobilier os - sépulture C.

30/ Une petite boîte avec mention : "Planche IV.D. "lames denticulées et à encoches" - lames et éclats retouchés - 26 silex - "25 moins le N 16 remplacé par 2 silex = 26". Remis à M. GRANDJEAN le 8 Août 1939".

31/ Un carton sur lequel sont fixés 12 silex "Dunes de Kerilhioc et 1 d'Etel"

32/ Une boîte contenant 43 silex ou fragments d'os de l'Ile aux Moutons.

33/ 1 boîte avec mention "Hoedic planche 6 - grattoirs - perçoirs (20 silex - 1 dossier)

34/ 1 boîte "Hoedic 1933" - à l'intérieur "Sépulture H - squelette 8 - 587 coquillages percés.

35/ 1 boîte "Ile aux Moutons" contenant 3 stylets ou alènes - 2 fusaïoles - 1 hachette en bronze - 14 hachettes en pierre ou fragments divers.

36/ 1 boîte "Hoedic - Sépulture K" - A l'intérieur N 9/K 572" (coquillages) et 2 pendeloques.

37/ 1 boîte renfermant 1 lot de photographies représentant un silex dans un os.

38/ 1 boîte "Hoedic - Lames funéraires" - lames de silex.

39/ 1 boîte "quelques pièces Hoedic" - Silex.

40/ 1 boîte "Hoedic - planche 1" (Silex et photos)
41/ 1 boîte "Hoedic - Triangles et trapèzes" (Silex)
42/ 1 boîte "Hoedic - Planche 3 - Lames à troncatures.
43/ 1 boîte "Hoedic - Planche 2 - microlithes".
44/ 1 boîte "Mas-d'Azil - Rive droite" Ossements divers travaillés.

C) Une caisse en métal contenant

1/ Le Propulseur" au faon (dans un coffret)
2/ Un bois de renne scié
3/ Bois de renne scié et gravé (3 fragments)
4/ Un coffret contenant "Le bâton de Commandement"
5/ Un dossier "Er Yoh - Poterie" (manuscrit et dessins)
6/ Un rouleau "Galerie D et coupe"
7/ Plusieurs photos "Bâton de commandement et Propulseur"
8/ Une boîte "Galerie Mas-d'Azil - Magdalénien"
9/ Une boîte "Agrandissements Tevies et Hoedic"
10/ Un dossier "Hoedic - manuscrit"
11/ 1 dossier "Ile aux Moutons - Vases - calques finis" - à l'intérieur un manuscrit sur l'île aux Moutons et photographies de poterie.
12/ Une boîte "Mas-d'Azil - Galerie Rive droite" objets divers en tubes et boîtes.
13/ Une autre boîte "Hoedic 1933 - Pendeloques - Mobilier complet squelette adulte avec enfant - sépulture 7
14/ une enveloppe avec pièces d'état civil et autres papiers
15/ Une enveloppe photos et lettres diverses.

N'ayant plus rien à décrire, nous avons clos le présent inventaire rédigé sur deux pages et demie.

Rature deux mots nuls approuvée [signature]

L'Inspecteur des Domaines [signature]

Le Commissaire de Police [signature]

Action 1-B : collecte de données topographiques complémentaires

Levés topographiques complémentaires

Par Marc Jarry, Didier Cailhol et Vincent Arrighi

En 2021, de nombreux points de calages ont été relevés, en rive droite ou en surface, mais c'est surtout en Rive Gauche et dans la galerie Principale, comme prévu, que nous avons concentré cette activité. En effet, nous avons prévu de compléter la topographie générale, en concertation avec l'équipe de cartographie morphokarstique, ce qui est maintenant fait, même si les résultats, de détails, ne sont pas visibles dans la topographie générale mise à jour présentée en figure 17 et figure 18. En 2022, le principal objectif sera, outre de cartographier précisément les cavités de surface, de réaliser dès le début d'année le calage définitif de la topographie de la grotte. En effet, en préalable du versement de la cartographie dans un SIG (les tests réalisés cette année sont probants) il faut impérativement vérifier l'ensemble des calages des contours topographiques. Il faudra aussi y inclure les profils côtés, dont certains de 2018 et 2019 sont à compléter, ainsi que de nombreux repères d'altitudes, permettant un meilleur repérage des éléments dans l'espace.

Campagne de photographies pour repérage des clichés anciens

Par Marc Jarry, François Bon, Bastien Chadelle

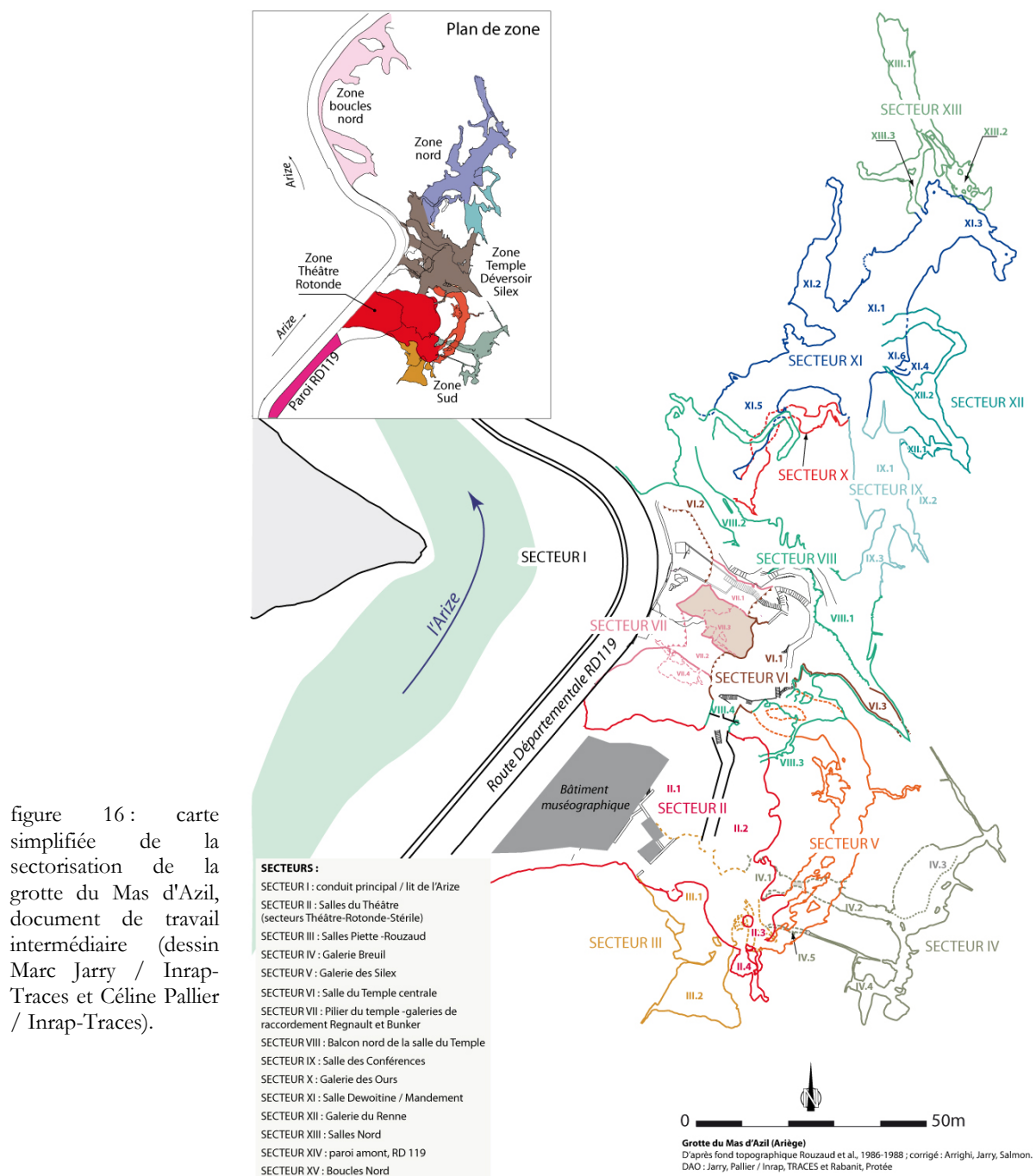
En 2020, nous avons commencé un travail de calage de l'ensemble des photographies anciennes dont nous disposons pour la Rive Gauche de la grotte, depuis les premiers clichés du 19^e siècle, jusqu'à ceux d'Après-Guerre. Nous devons le présenter dans le présent rapport. Il sera proposé au rapport d'activités 2022.

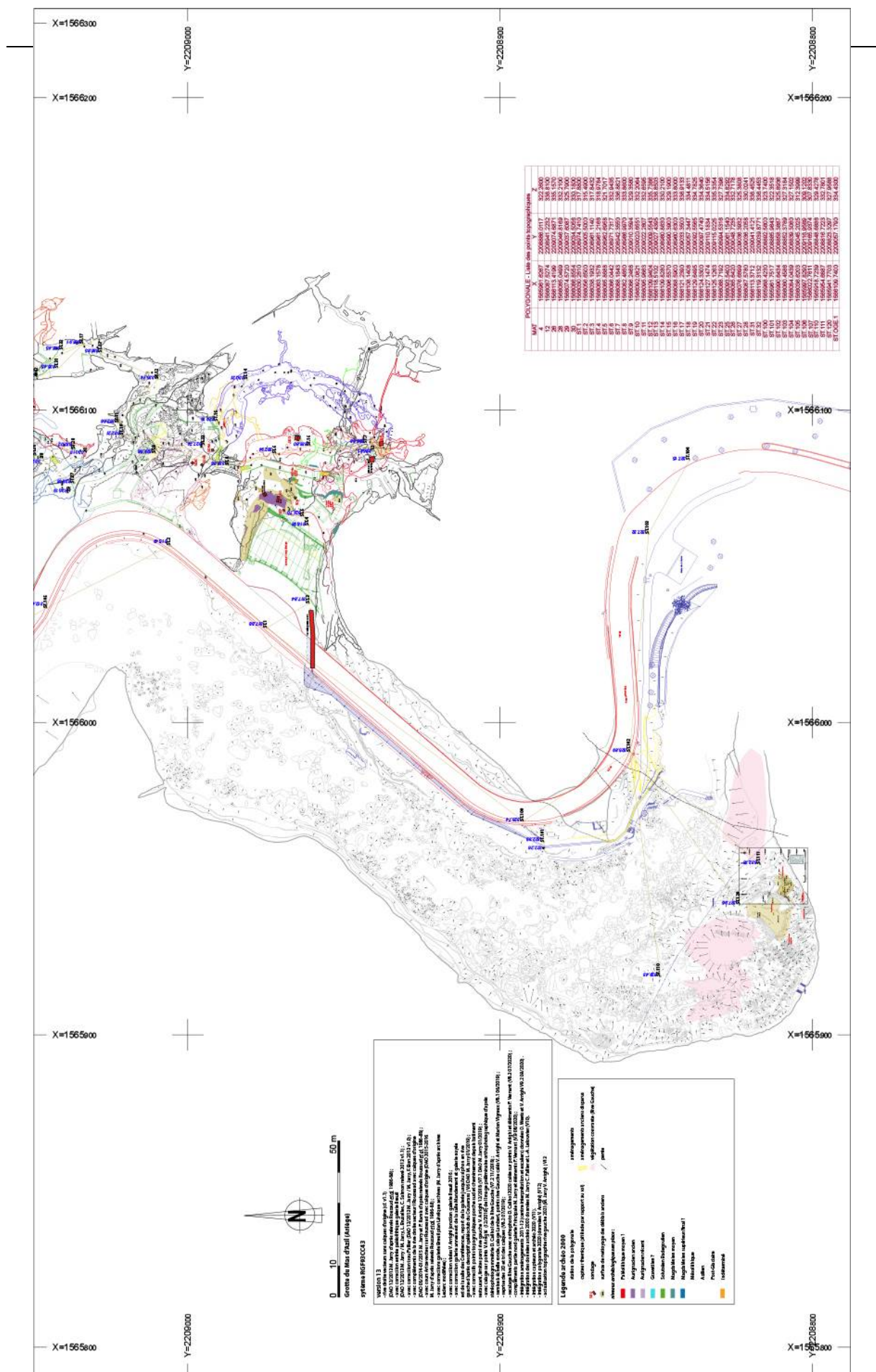
Action 1-C : constitution de la base topographique principale

Par Marc Jarry et Céline Pallier

La nouvelle version de la topographie générale (version 13 : figure 17 et détail figure 18), intègre plusieurs compléments, modifications et validations (cf. *supra*). Cette topographie est maintenant prête pour son intégration dans un système d'information géographique (fermeture des formes, préparation des couches et des labels).

En 2020, nous avons proposé une mise à jour de la nomenclature des salles et galeries des différents secteurs de la grotte. Nous renvoyons donc au rapport d'activité 2020 pour le détail des toponymes et nous reproduisons seulement, pour information, la carte générale des secteurs (figure 16).





Action 1-D : cartographie morphokarstique de la grotte

Par Manon Rabanit et Hubert Camus

Présentation du rapport

La grotte du Mas d'Azil fait actuellement l'objet de recherches archéologiques sous autorisation du Ministère de la Culture et de la Communication (MCC). Dans ce cadre PROTEE EXPERT a réalisé la cartographie morphokarstique de la cavité entre 2014 et 2021.

De 2013 à 2016 une carte morphokarstique a été réalisée dans le réseau en rive droite de la galerie de l'Arize souterraine (Jarry *et al.* 2013a, 2014, 2015a et 2016).

En 2017 et 2018 une cartographie du massif du Plantaurel a été réalisée afin d'établir le contexte morphokarstique de la cavité, cette cartographie a été complétée par des observations dans les grottes du massif (Jarry *et al.* 2017a et 2018).

En 2019, les travaux se sont concentrés sur les relevés cartographiques en Rive Gauche.

En 2020, un travail de préparation du fond topographique pour la rive gauche a été réalisé en vue de son harmonisation avec la topographie de la rive droite.

En 2021, la mission a eu pour objet de réaliser une mise au point avec l'équipe du PCR d'un protocole pour le calage topographique prérequis à l'harmonisation cartographique.

La campagne de terrain visait également à entamer l'intégration des résultats stratigraphiques et archéologiques obtenus dans le cadre du programme de recherche depuis 2013 avec pour cette année quatre objectifs :

- vérifier et harmoniser avec l'équipe de recherche, la stratigraphie des coupes à l'affleurement et en sondages de la Rive Gauche et intégrer ces informations à la carte morphokarstique ;
- vérifier, de la même manière, la stratigraphie des coupes à l'affleurement et en sondages de la rive droite, le long du déblai routier entre le tunnel et la salle du Théâtre, et intégrer ces informations à la carte morphokarstique ;
- intégrer les informations issues de la monographie avec notamment le repérage des sondages anciens en rive droite et en rive gauche et reporter ces informations à la carte morphokarstique ;
- enfin, réaliser un complément de cartographie des plafonds en vue de l'habillage des profils topographiques en long et en travers.

Rappelons que, dans le cadre du programme de recherche triennal 2021-2023, l'objectif principal reste l'harmonisation de la cartographie à l'échelle de l'ensemble de la cavité.

Cette harmonisation cartographique requière au préalable :

- un fond topographique harmonisé et géoréférencé qui n'as pas pu être mis à disposition en 2021 et pour lequel une campagne de relevés topographiques complémentaires est prévue en 2022 pour effectuer des calages des fonds de cartes topographiques ;
- une analyse géométrique du réseau sur la base de cette synthèse topographique, s'appuyant notamment sur des profils en long et en travers ;
- l'intégration de l'ensemble des résultats stratigraphiques et archéologiques (attributions, spatialisation, datation) obtenus dans le cadre du programme de recherche depuis 2013 ;
- l'identification et le calage de la chronologie relative des différentes phases de spéléogenèse.

En se basant sur ces résultats, une harmonisation générale de la carte de la grotte rive droite et gauche pourra enfin être envisagée.

Compte rendu circonstancié de la campagne 2021

Rappel méthodologique : topographie et cartographie morphokarstique

La cartographie morphokarstique préliminaire consiste à représenter en plan les éléments de grotte en vue de fournir un document de travail pour l'étude sédimentologique et géoarchéologique du réseau et le positionnement géographique et stratigraphique des vestiges archéologiques particulièrement importants.

À l'échelle du réseau, le relevé cartographique des éléments de la grotte a été réalisé et restitué sous forme d'une carte à l'échelle 1/200^{ème},

Le plan topographique levé et dessiné par F. Rouzaud et collaborateurs entre 1986 et 1988, partiellement complété et vectorisé par M. Jarry (Inrap-Traces) et Pauline Ramis (Grottes & Archéologies) en 2019 a servi de fond à ce relevé cartographique.

En complément à ce fond topographique, un fond orthophotographique (D. Cailhol / Inrap-Traces) a été fourni pour le secteur de la fouille de la Rive Gauche.

Par ailleurs, des relevés topographiques ont été réalisés à la station totale par Vincent Arrighi (Inrap-Traces) afin d'effectuer des recalages. Ces levés ont pu être pris en compte en 2020, ce qui a donné lieu à un repositionnement et à la déformation des minutes de terrain de la carte morphokarstique de la Rive Gauche pour s'adapter à ces calages.

La synthèse cartographique de l'ensemble du réseau repose donc une harmonisation des levés topographiques acquis et restitués par différentes méthodes de levés et ce de façon partielle dans des secteurs différents et à des époques différentes.

Dans ce cadre, la réalisation de la cartographie morphokarstique, le fond topographique mis à disposition par l'équipe du PCR a dû être modifié ou complété. Ces modifications visent à réaliser la mise en conformité avec le fond topographique entre les différents secteurs, principalement entre la rive gauche et la rive droite.

En rive gauche, ces modifications ont porté sur plusieurs aspects :

- le calage avec les relevés topographiques de terrain effectués lors de l'intervention en 2019 en rive gauche, à l'aide d'un lasermètre de précision modifié pour la mesure d'angle et de pente (modèle Leica Disto X) ;
- la remise des documents topographiques et photogrammétriques à l'échelle 1/200, échelle adoptée sur l'ensemble du réseau ;
- le recalage des minutes de la carte morphokarstique sur le fond topographique fourni (calages effectués par B. Chadelle) ;
- la réorganisation du fichier numérique pour mise en conformité avec la nomenclature des calques et des couches adoptés pour la topographie du reste du réseau ;
- la réorganisation et la typologie des objets selon leurs attributions morphokarstiques (blocs, détails intérieur blocs, contours de grotte, lignes de pente et de rupture de pente...) ;
- le nettoyage et l'optimisation infographique des polygones, des lignes et des points, avec la fermeture des polygones des formations à l'affleurement (fermetures des contours de blocs, formations de versant ...) en vue du transfert à terme vers un SIG ;
- l'harmonisation infographique et la modification des aspects des objets pour mise en conformité avec le style adopté pour le reste de la cavité (teinte, épaisseur de traits, pointillés, symboles ...) ;
- la correction et l'ajout d'informations complémentaires. Le secteur grillagé est perturbé par des remblais des fouilles historiques et masqués par la végétation (principalement du lierres) qui poussent dans ce secteur de l'entrée sud où la lumière naturelle entre

largement. Dans ce secteur, les compléments topographiques ont été très importants, notamment dans le chaos de blocs décamétriques enfouis situés plus dans la moitié nord du site d'étude. De la même façon, la position de blocs, la détermination des arrêtes et des escarpements ont nécessité de nombreuses retouches, comme la correction de l'ensemble de flèches de pentes.

Toutes ces modifications ont été effectuées par analyse des documents disponibles, par confirmations ou infirmations basées sur les observations de terrain.

La finalisation du report cartographique numérique harmonisé, initialement prévu en 2020 et 2021, a été décalée en 2022 afin d'être effectuée directement sur le fond de topographie définitif, recalé et géoréférencé, intégrant rive gauche et droite ; ce fond en plan doit être accompagné de profils en long et en travers.

Résultats de la campagne 2021

Les résultats de la campagne de 2021 sont présentés ici sous la forme de minutes de terrain et de compléments cartographiques à mettre au propre, dans l'attente des fonds topographiques définitifs. Ils sont acquis en concertation avec l'équipe de recherche géoarchéologique et archéologique (C. Pallier, L. Bruxelles, F. Bon, M. Jarry). Ils reposent aussi sur une collaboration technique majeure avec V. Arrighi, ainsi que D. Cailhol et B. Chadelle.

Liste des documents 2021

Annexe 1 et Annexe 2 :

PRO_R_2021_102_Annexe1_Carte Pallier_2018_2019_corrélation thèse1.pdf

PRO_R_2021_102_Annexe2_Carte Pallier_2018_2019_corrélation thèse2.pdf

Ces documents correspondent aux plans relevés lors de campagne de fouille préventives INRAP de 2018 et 2019 (Lelouvier *et al.* 2019), avec les annotations de correspondance stratigraphiques reportées d'après les données de la thèse de C. Pallier (2021).

Annexe 3 :

PRO_R_2021_102_Annexe3_Minute 2021_Entrée RiveDroite et RiveGauche.pdf

Ce document comporte une légende de synthèse, le plan de localisation des planches, plus 5 planches cartographiques de la zone d'entrée de la rive droite et de la rive gauche numérotées Planches PL3, PL4, PL6, PL7, PL8.

Annexe 4 :

PRO_2021_102_Annexe4_Minutes 2021_RiveDroite-Plafond et sondages.pdf

Ce document comporte le plan de localisation des planches, plus 11 planches cartographiques de la rive droite numérotées Planche PL1 à PL11.

Intégrations cartographiques des données stratigraphiques et archéologiques

Entre le porche d'entrée et la salle du Théâtre, l'équipe a procédé à une vérification de terrain des données géoarchéologiques (Annexes 1 et 2) par rapport à la carte morphokarstique (Annexe 3).

En rive gauche, les affleurements et les coupes stratigraphiques ont livré des vestiges du Magdalénien, de l'Azilien et du Néolithique. Les coupes d'occupation du Magdalénien sont intercalées ou en relation spatiale proche avec des séquences d'inondation fluvio-lacustres qui s'inscrivent dans un vaste secteur d'effondrement qui a généré un chaos d'énormes blocs. Les séquences fluviokarstiques scellent ces méga-blocs, mais il semble que vers le nord, certains d'entre eux reposent sur les dépôts fluvio-lacustres. L'Azilien et le Néolithique est conservé au-dessus de ces séquences fluvio-lacustre et sont essentiellement associés à des dépôts gravitaires et

des accumulations anthropisées, ainsi que par des amas de concrétions travertineuses. L'ensemble est très fortement perturbé par les fouilles archéologiques anciennes.

En rive droite, les affleurements sont fortement discontinus (annexe 1). On repère facilement les séquences strictement fluviales, les séquences lacustres et les séquences d'inondation fluvio-lacustres. L'essentiel des couches d'occupation correspondent au Magdalénien et sont caractérisés par des foyers et des zones de rubéfaction. Ces couches sont conservées au-dessus des séquences lacustres qui reposent elles-mêmes sur une séquence fluviale. Une seule coupe montre des dépôts recouverts par des lamines lacustres. Sont facies diffère des couches d'occupation, notamment par la présence d'escargots, mais son statut archéologique reste à établir. On note que plusieurs de ces séquences sédimentaires, dont des couches d'occupation archéologique, sont conservées sous des blocs basculés ou glissés.

La détermination de ces séquences sédimentaires est en grande partie calée en fonction des couches d'occupation archéologiques et des dates obtenues (Thèse C. Pallier, 2021). Il reste à confirmer les corrélations stratigraphiques et la géométrie des séquences reconnues entre le secteur de l'entrée en rive gauche, le long du déblai routier et le secteur du Théâtre.

L'ensemble de ces informations doit être intégrées à des profils afin d'aboutir à un modèle chronostratigraphique.

Compléments cartographiques des plafonds

Dans l'optique de la réalisation des profils en long des informations concernant les parois et les voûtes ont été reportés sur les plans disponibles (Annexe 4). L'objectif consiste à caractériser l'état des parois et des plafonds en termes de morphologie d'effondrement, d'arrachement, de creusement par l'eau (encoches de rivière) ou d'expansion par biocorrosion (coupoles, cheminées).

En effet, il convient d'identifier :

- les secteurs du réseau dont les voûtes correspondent au creusement par l'eau lié à la mise en charge du réseau (formes épinoyée, boucles etc...), puis au passage de la rivière (encoches de rivière, top des dépôts alluviaux torrentiel ;
- les secteurs d'effondrement et les fontis qui peuvent donner des volumes importants et dont les blocs reposent en partie sous la séquence lacustre et au-dessus ;
- les secteurs d'expansion des volumes par biocorrosion en voûte et paroi.

En termes de reconstitution spéléogénique cela revient à distinguer les parties qui ont conservé la configuration de creusement du réseau, notamment les hauteurs de voûtes permettant le transit sédimentaire des alluvions de l'Arize, et les parties effondrées ou de volume d'expansion où cette information initiale a disparue. Dans ces deux derniers cas, il s'agit :

- d'analyser les phases d'effondrement pendant ou entre les périodes d'occupation de l'Aurignacien au Magdalénien et peut-être jusqu'à la Protohistoire dans les parties hautes de la salle du Théâtre ;
- de vérifier l'impact de la biocorrosion sur le recul des parois, permettant de reconstituer les zones protégées ou non par les remplissages de la grotte ou encore les zones de disparition éventuelle de paroi ornées.

Reports cartographiques des zones de fouilles anciennes

Des compléments cartographiques ont été réalisés notamment en rive gauche dans les secteurs décapés en 2020. Des observations stratigraphiques complémentaires ont été réalisés sur les coupes du sondage Piette 1890 et sondage Péquart (Annexe 3 et 4).

À cette occasion, une revue générale du réseau a été entamée avec F. Bon pour repositionner l'ensemble des zones de fouilles anciennes (connues par l'analyse historiographique) sur la carte morphokarstique.

Préconisations techniques et perspectives de recherche

Topographie et numérisation de la carte morphokarstique de la Rive Gauche

En 2022, des jours de travail sont programmés pour réaliser une mission de terrain conjointe avec le topographe du PCR afin de procéder au calage de la topographie et des éléments remarquables de la grotte et des infrastructures d'aménagement, ainsi que qu'à la réalisation de profils en long et en travers spécifiques.

Les reports numériques de la cartographie morphokarstique à l'échelle 1/200 pourront alors être effectués, en utilisant le fond topographique harmonisé et recalé définitif.

Une fois ces calages effectués, l'harmonisation des fonds topographiques et la mise en conformité des fichiers numériques en finalisant la nomenclature des couches d'informations pour permettre leur transfert à terme vers un SIG, pourra être réalisé.

Par ailleurs, afin d'aller plus loin dans la compréhension de l'histoire du réseau, une phase d'analyse des géométries est nécessaire. Celle-ci reposent en grande partie sur les acquisitions topographiques complémentaires, notamment des profils transversaux et en long, afin de caler l'altitudes de différents objets : seuils, cheminées, voûtes, placages, toits des formations fluvio-lacustres, surfaces de discordance ...

Réalisation de profils à l'échelle du réseau

L'analyse de la géométrie et de la structuration du réseau nécessite la réalisation de profils analytiques et interprétatifs en long ou en travers afin d'intégrer les points clefs mis en évidence au sol et en plafond par la cartographie morphokarstique dans la grotte et potentiellement à l'extérieur. Cette analyse géométrique a pour but de reconstituer les géométries à l'échelle de la cavité, raccorder entre elles des formes et des formations correspondant à des dynamiques de fonctionnement synchrones, identifier les amonts et les aval hydrauliques des chemins de drainage et des séquences sédimentaires associées, ou encore permettre de caler la chronologie relative des différentes étapes de structuration du réseau.

Cette étape doit fournir des réponses pour valider ou invalider certains *scenarii* de structuration du réseau.

Ces profils doivent également intégrer, à terme, les informations acquises en surface comme la position des terrasses alluviales de l'Arize en amont et en aval de la percée du Mas d'Azil ou la position de paléo-perce sur le plateau.

Une série de profils a été choisie pour effectuer ce travail et présentée dans le rapport de campagne 2019. La réalisation de ces levés nécessite un support topographique adapté, les cotes altimétriques doivent être fournies en NGF afin de permettre des corrélations avec les informations de surfaces. La mission conjointe prévue avec V. Arrighi aura également pour objectif de produire ces profils.

Le scan 3D de la cavité peut permettre de réaliser l'extraction des profils (sol et plafond), dans ce cas, un certain nombre de points repères doivent être calés d'un point de vue altimétrique.

Harmonisation de la carte morphokarstique de la grotte du Mas d'Azil

À l'issue des programmes de prospection thématique menés à la grotte du Mas d'Azil et sur le massif du Plantaurel, il est prévu de réaliser un atlas cartographique complet à l'échelle du réseau présentant une carte morphokarstique harmonisée.

Cela requière :

- le report et la numérisation de tous les relevés morphokarstiques sur un fond topographique calé sur un même référentiel de coordonnées ;

- l'intégration des données complémentaires, notamment les données archéologiques acquises durant le programme de recherche et les fouilles en cours ;
- l'intégration des résultats de l'analyse géométrique du réseau, notamment en termes de calage chronostratigraphiques des différentes phases spéléogénétiques à l'échelle du réseau ;
- l'intégration des données morphologiques et sédimentologiques de surface ;
- l'harmonisation cartographique de synthèse par vérification sur le terrain et éventuelles acquisitions complémentaires notamment dans les secteurs de jonction entre différentes cartes.

Outre la synthèse morphokarstique du réseau du Mas d'Azil en elle-même qui constitue un intérêt majeur en soi comme le montrent les exemples d'autres sites comme la grotte Chauvet, la grotte de Cussac, la grotte de Bruniquel ou le réseau d'Isturitz-Oxocelhaya, cette démarche permet de réaliser des reconstitutions morphodynamiques à différents stades de son évolution géomorphologique, mais aussi, est de nature à fournir des indications sur la configuration des paysages souterrains et de surface lors de différentes phases d'occupation.

Cartographie de surface

La cartographie de surface permet de caractériser les indices karstiques et morpho-sédimentaires à l'extérieur : vallée, plateau, système fluvial, évolution des versants, état de surface et couvertures superficielles. Cette cartographie a été réalisée lors des campagnes précédentes mais son intégration dans le SIG doit être réalisée en étroite coordination avec l'équipe du PCR.

Lors de la campagne 2020, l'équipe a réalisé une mission complémentaire de prospection sur le massif, les données nouvelles seront à intégrer à la carte de synthèse.

D'un point de vue technique, ce volet d'activité est un complément à l'harmonisation de la carte morphokarstique souterraine. Il s'agit :

- de reprendre tous les tracés de polygones, de lignes et de points et de les géoréférencer ;
- de replacer les éléments de la carte dans les calques du SIG géré par l'équipe du PCR ;
- de participer dans ce cadre à l'harmonisation et à la définition des tables d'attribution du SIG sous forme de réunions de travail avec l'équipe du PCR.

Action 1-E – topographie de la surface

Par Marc Jarry, Laurent Bruxelles, Céline Pallier et François Bon

Action terminée en 2016, seuls des compléments ponctuels seront désormais apportés (cf. Lans in Jarry *et al.* 2016).

En 2021, des compléments de calcul de d'importation de données pour le MNT ont été réalisés en amont et en aval, notamment sur la plaine de Maury où des investigations géophysiques sont prévues en 2022.

Action 1F – Cartographie morphokarstique extérieure

Par Marc Jarry, Laurent Bruxelles, Céline Pallier et François Bon

Atelier terminé en 2018 (cf. Camus et Rabanit in Jarry *et al.* 2018).

3.3. Axe 2 - Géomorphologie et géoarchéologie

Action 2-A : description morphokarstique de la grotte

Par Marc Jarry, Laurent Bruxelles, Céline Pallier et François Bon

Action terminée, cf. rapport de prospection 2016 (cf. Jarry *et al.* 2016).

Action 2-B : Les remplissages karstiques et leurs interprétations

Les stratigraphies

Par Marc Jarry

La thèse de doctorat soutenue début 2021 par Céline Pallier (Pallier 2021), résumée dans le rapport d'activité 2020 (Pallier *in* Jarry *et al.* 2020), est une importante contribution à la connaissance des remplissages karstiques et contribue largement à leurs interprétations. Mis à part des interventions ponctuelles ou complémentaires qui continueront à alimenter le rapport comme la contribution de Sixtine Hoellinger *infra*, nous pouvons considérer que cette action est terminée.

Les séquences sédimentaires du sondage Péquart et leur dynamique sédimentaire.

Par Sixtine Hoellinger

Introduction

Le sondage des époux Marthe et Saint Just Péquart est encore visible aujourd'hui, mais est demeuré encombré par des blocs de pierres et des éléments issus du délitement des coupes. Le nettoyage du sondage lors de la campagne de terrain en 2021 a permis de découvrir des éléments disparus que l'on peut observer sur les photos des archives et qui document les fouilles des époux Péquart. Ce sondage de 60 m² contient plusieurs bermes dont les trois principales subsistent. Des éléments ont disparu aujourd'hui, notamment une berme orientée nord sud qui enregistrait à cet endroit-là du sondage, les derniers dépôts de limons avant la troncature holocène. Un autre élément, disparu aujourd'hui, « l'îlot des Péquart » devait faire partie de la berme ouest. Le récolement des archives est une première étape afin d'appréhender sur le terrain le sondage, témoin de leur fouille, et de réactualiser les données anciennes grâce aux méthodes actuelles.

Méthode

La recherche historiographique permet de compléter les éléments actuellement disparus du terrain. Peu d'archives documentent les fouilles Péquart, mais des fonds constitués de photographies sont des indices éloquentes quant à la reconstitution de leurs travaux en Rive Gauche.

La litho stratigraphie permet d'acquérir par l'observation minutieuse des coupes encore visibles des données sur les couches stratigraphiques et d'actualiser les données anciennes. Elle permet ainsi de se rendre compte de l'enregistrement différentiel des niveaux anthropisés dans les différentes coupes du sondage Péquart.

L'analyse sédimentologique et des analyses géochimiques par X-RF (cf. *infra*) permet de compléter et de préciser l'interprétation des dépôts sédimentaires en Rive gauche et de caractériser leur dynamique.

Résultats

« L'îlot » des Péquart

Ces clichés (figure 19 ; figure 20) illustrent l'îlot, encore présent à l'époque des fouilles des époux Marthe et Saint-Just Péquart. La mention « A », « B » et « AZ » font référence à leur nomenclature (figure 20) à ce moment-là. Elle changera pour être définitive dans deux dernières publications avant l'arrêt de leur travaux « Le Mas-d'Azil : Aperçu sur son histoire et la Préhistoire de sa grotte, 1937 » et « Nouvelles fouilles au Mas d'Azil, 1941. » (figure 21). Sur le premier cliché (figure 19), ils viennent de découvrir le niveau A du magdalénien et n'ont pas encore découvert le niveau B. Sur le deuxième cliché, le niveau B est mis à jour, et on voit apparaître l'escalier mis en place dans la berme, là où la coupe est tronquée par les fouilles anciennes (figure 21).

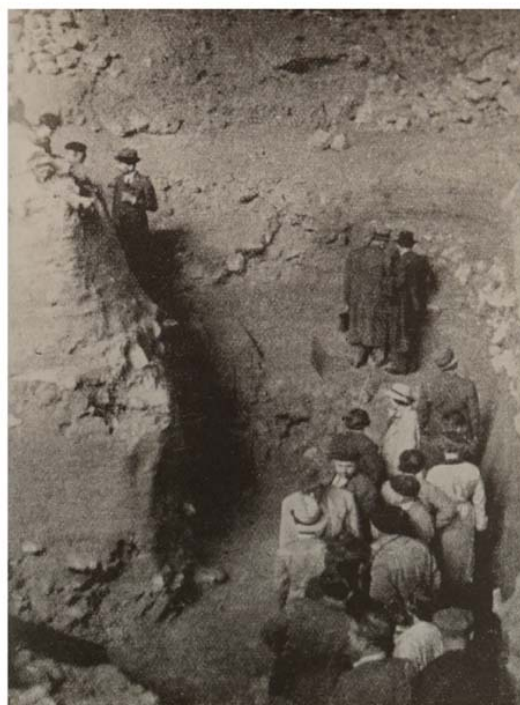


figure 19 : en haut : clichés montrant « l'îlot des Pécart » avec Marthe Pécart en premier plan. En bas : extrémité ouest de « l'îlot » avec l'escalier derrière, découvert en 2021 lors de la campagne de déblaiement.

On voit au premier plan du cliché (figure 20), la berme G-B (figure 21) aujourd'hui disparue, orientée nord-sud. Les niveaux magdaléniens A et B ont été identifiés sur la photo intercalés entre les limons lités. À ce moment-là, la séquence principale (figure 21) n'a pas complètement été mise à jour, et la nomenclature n'est pas définitive. Le niveau noté B du magdalénien, deviendra finalement le niveau noté C (figure 21) (Pécart 1941b).

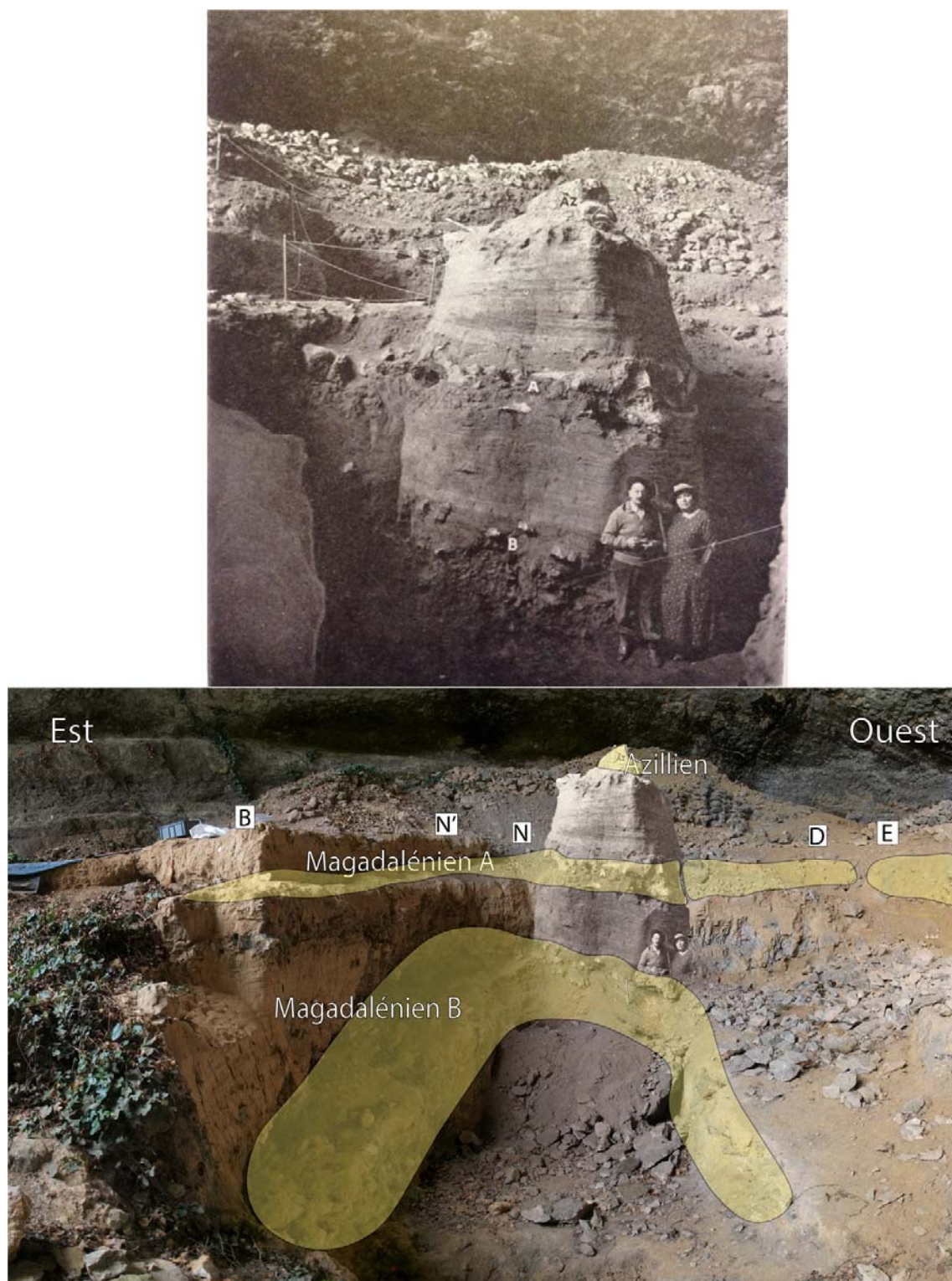


figure 20 : en haut : cliché montrant les époux Saint-Just et Marthe Péquart devant l'ilot avec la nomenclature des niveaux archéologiques (archives annales de Paléontologie, 1960). Restitution de l'ilot dans le sondage actuel (clichés, panorama et montage Bastien Chadelle/Univ. Toulouse Jean Jaurès-Traces).

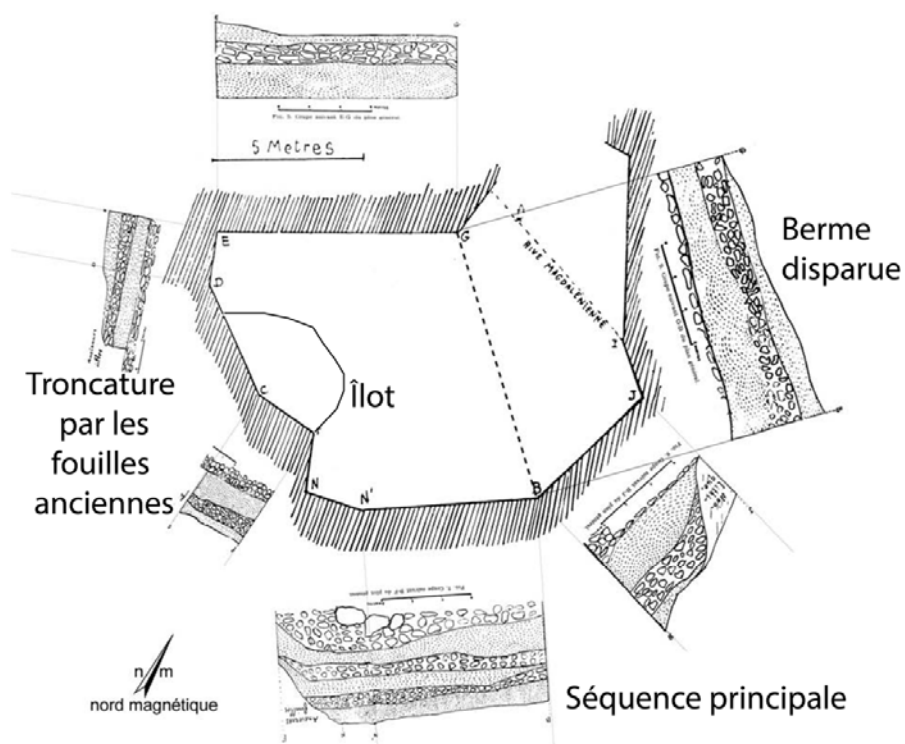


figure 21 : plan du sondage Péquart ; Schéma de synthèse de leur relevé stratigraphique (Péquart, 1941b).

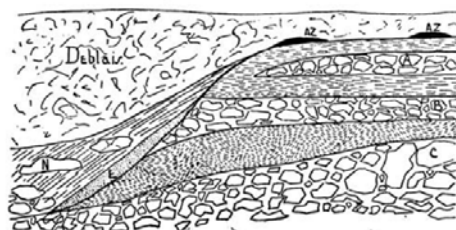


Schéma synthétique de la stratigraphie de la Rive Gauche



figure 22 : Rive Gauche, vues du secteur des fouilles Péquart après le déblaiement de juillet 2021 faisant apparaître l'escalier dans les limons. A = vue semi-zénithale depuis le sommet de la berme sud-ouest, B = vue générale du secteur depuis le nord-est (clichés © Marc Jarry / Inrap-Traces).

Relevé stratigraphique.

Ce relevé (figure 23) est le relevé stratigraphique de la séquence principale du sondage Péquart (notée B-N-N' dans la nomenclature des Péquart), faisant face au Nord-Ouest. Cette coupe de 7 mètres de puissance dont la base n'atteint pas le substrat et un niveau archéologique à la base de la berme, ne figure pas ici. Ce niveau constitué de micro brèches rubéfiées, de cailloutis jaunâtres et de charbons enregistre la plus ancienne occupation humaine de cette séquence, contemporaine du début du Magdalénien moyen récent (Beta-564379, date #36 : 18158 - 17815 cal BP IntCal2020) (Jarry *et al.* 2020). La partie à l'est de la séquence a été tronquée par des éboulis holocènes. Les occupations humaines ultimes du Pléistocène à la transition Pléistocène-Holocène, éponymes de la grotte du Mas d'Azil, ne subsistent plus dans cette séquence. Les Péquart n'en ont trouvé, au commencement de leur travaux, que des lambeaux. Ce n'est qu'en 2020, lors d'une campagne de terrain, que des artefacts attribués à l'Azilien ont été découverts dans les remblais d'anciens sondages vers la paroi. Cette coupe de référence constitue alors la trame des occupations archéologiques la plus complète de la Rive Gauche, du Paléolithique moyen récent au Paléolithique supérieur. Les niveaux d'occupation étant substitués, dans la continuité stratigraphique, par des niveaux de blocs dans les autres coupes du sondage (figure 20). Des phénomènes d'érosion, fluviale notamment, ont pu contribuer à la conservation différentielle des occupations humaines. L'absence de niveaux archéologiques dans les autres coupes du sondage ne relève pas forcément du choix d'occuper ou non un endroit mais questionne aussi sur les rôles des différents processus sédimentaires qui, au cours du temps, ont pu affecter la conservation de ces niveaux.

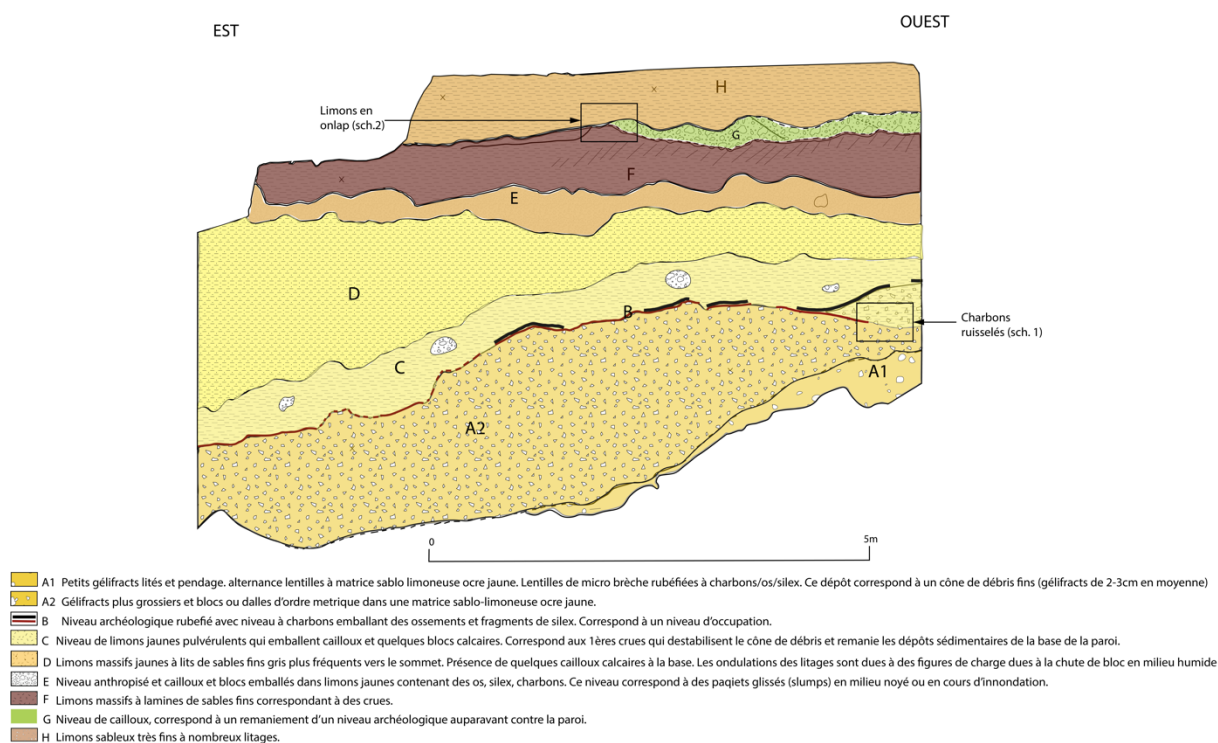


figure 23 : relevé stratigraphique de la séquence principale (coupe de la berme face au nord-ouest) (dessin Sixtine Hoellinger / Univ. Toulouse Jean Jaurès).

figure 24 : schéma (2) interprétatif des charbons ruisselés au sommet de la couche C (dessin Sixtine Hoellinger / Univ. Toulouse Jean Jaurès).

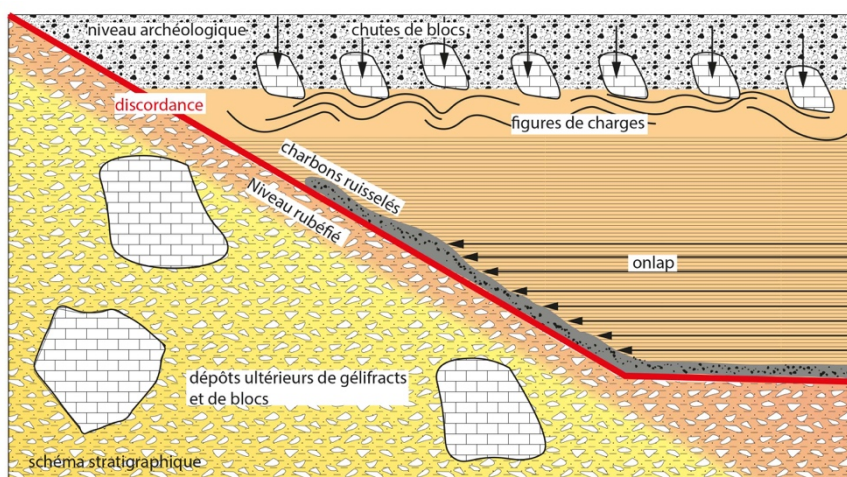
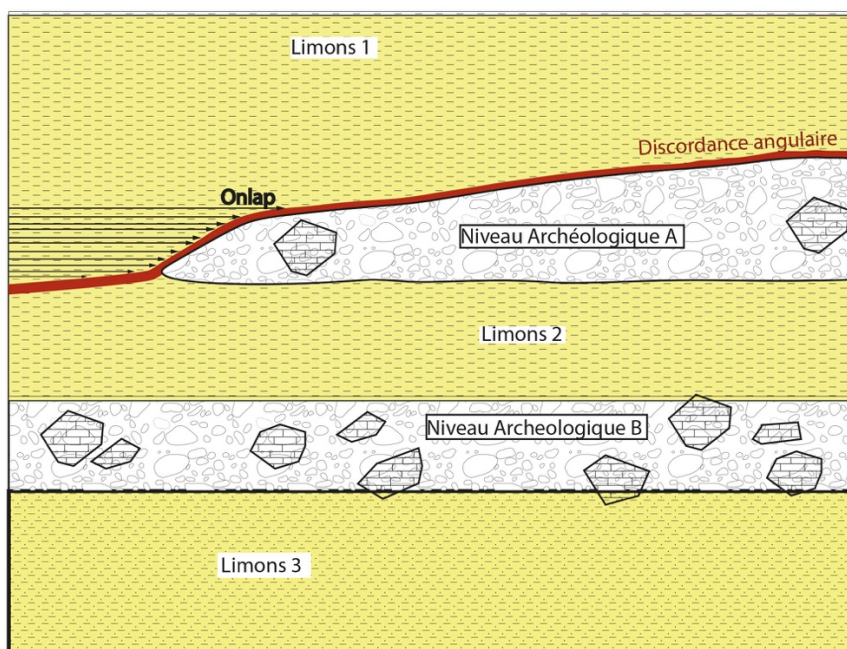


figure 25 : schéma (2) interprétatif des limons en onlap de la couche E (dessin Sixtine Hoellinger / Univ. Toulouse Jean Jaurès).



Taphonomie des niveaux archéologiques

Une discordance angulaire (trait rouge figure 24) visible sur le schéma stratigraphique des époux Péquart ainsi que sur le relevé de coupe visible aujourd'hui vient tronquer le niveau G (figure 23) correspondant au niveau magdalénien A des Péquart. Le temps a cessé de s'enregistrer de sorte que les limons sous-jacents (limons 2 (figure 21) et couche F (figure 23 ; figure 25)) sont en contacts directs avec les limons de l'horizon supérieur (limons 3 et couche H) tronquant le niveau G (A des Péquart) dans la partie est du sondage. De sorte que les limons à cet endroit-là semblent avoir le même âge. Cette discordance angulaire est provoquée par le dépôt des limons en *on lap*. Cette discordance angulaire visible dans le schéma synthétique des Péquart n'apparaît pas sur leur relevé de la coupe B-N-N'-F. Ce segment montre que c'est l'horizon limoneux qui est tronqué par le niveau archéologique sus-jacent. Les dépôts de sédiment, d'origine fluviale notamment, correspondant aux crues successives de l'Arize, qui scandent cette séquence. Ils sont autant de phénomènes sédimentaires qui conditionnent la conservation des niveaux d'occupations.

Conclusion

Le sondage des époux Péquart permet de lire à la fois, la stratigraphie des dépôts sédimentaires qui constituent la terrasse supérieure et celle de la terrasse inférieure, où les niveaux d'occupations ne subsistent plus. « L'îlot » des Péquart enregistrait à cet endroit-là, la discontinuité

stratigraphique c'est-à-dire, la base du talus et le passage de la terrasse supérieure à la terrasse inférieure. La berme au sud-est, est la séquence principale du sondage, caractérisée par la trame la plus complète des occupations humaines du paléolithique moyen au paléolithique supérieur en Rive Gauche dont la chronologie est rythmée par les crues de l'Arize. Seules les occupations ultimes du Pléistocène, éponymes de la grotte, ne se retrouvent plus dans la coupe. Les crues successives de l'Arize illustrée par les dépôts limoneux font parties des phénomènes sédimentaire ayant altéré la conservation des niveaux archéologiques en les érodant, ou les remaniant. Le relevé stratigraphique et l'analyse de ces limons ne peut permettre de déterminer avec certitude une dynamique commune à ces dépôts, que des analyses géochimiques (cf. *infra*) pourront préciser.

Action 2-C : chronologie relative et datations des dépôts

Par Marc Jarry, Céline Pallier, François Bon, Laurent Bruxelles et Laure-Amélie Lelouvier

Nous renvoyons à l'annexe 5B pour le tableau récapitulatif compilant l'ensemble des résultats obtenus dans la grotte du mas d'Azil.

Nous avons cette année calibré toutes des datations obtenues par la méthode du radiocarbone, y compris les datations anciennes, avec la nouvelle courbe de calibration IntCal20 (OxCal 4.4 2021 © Bronk Ramsey 2021, donnée atmosphériques Reimer *et al.* 2020) (cf. figure 28 et annexe 5C)

Ref Labo	Référence d'échantillon	Service	Prétraitement	Âge Mesuré	13C/12C	Âge Conventionnel	INTCAL2020 (95,4%) BP	Ref MAS
Poz-0	MZL18B8nUS3N160a_1	AMS Standard	Os	/	0,2‰N 2,1‰C not suitable	/	/	
Pos-0	MZL18B8nUS3N161	AMS Standard	Os					
Poz-138810	MZL18B8nUS3N161_2	AMS Standard	Os	/	0,9‰N 4,8‰C 1,6‰ coll	13200 +/-70 BP	14121 to 13681	38
LSCE	MAS2020UTH-01	UTH	Plancher stalagmitique	/	/	/	/	

tableau 1 : résultats des datations 2021.

Prélèvements 2021

Aucun prélèvement n'a été réalisé en 2021. Une réflexion a cependant été menée cette année pour cibler les prélèvements à réaliser en 2022.

Résultats des datations réalisées en 2021

En 2021, l'échantillon *MAS2020UTH-01*, prélevé en 2020, a été envoyé à Edwige Pons du LSCE à Saclay pour datation par la méthode des équilibres U/Th.

Il était composé de deux petits blocs qui ont été carottés tous les deux. Cependant, les carottes se sont révélées très sales et friables, sans doute altérées. La plus saine a été sélectionnée mais restait très argileuse. Une tentative de nettoyage aux ultrasons a été tentée, sans succès. L'analyse a dû être abandonnée à ce stade.

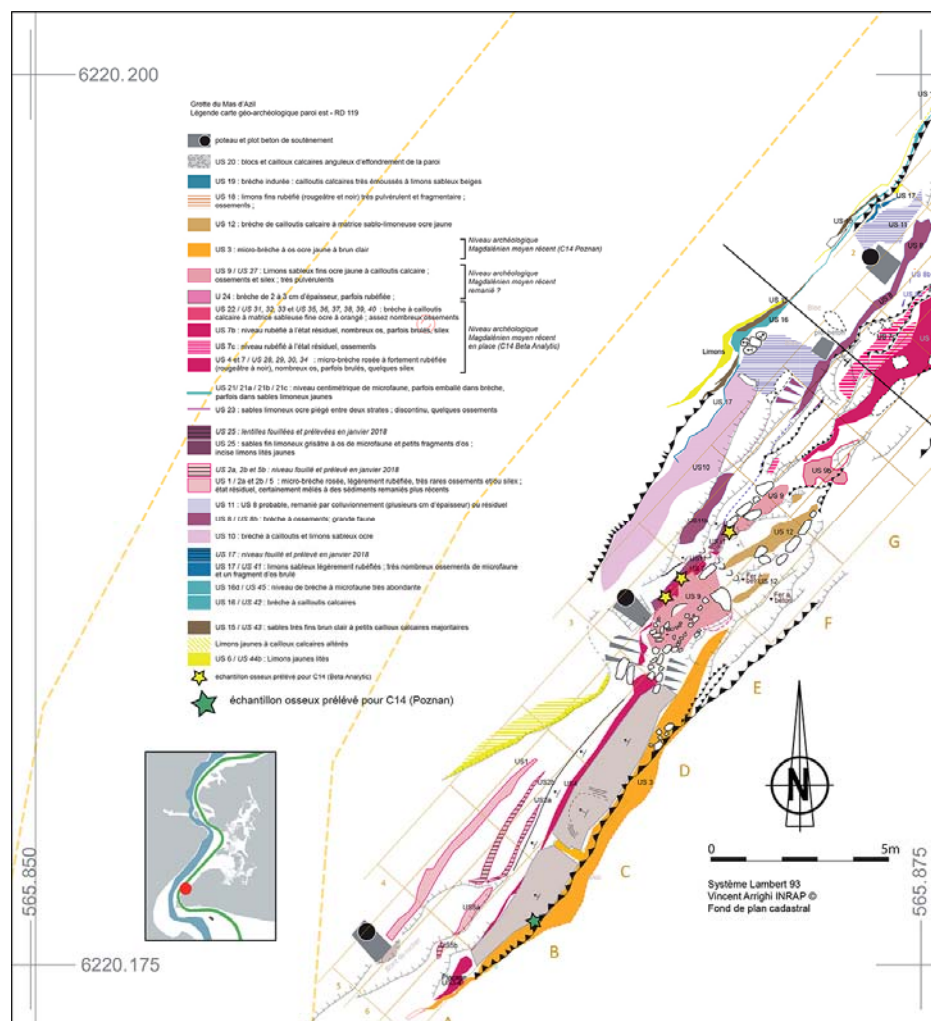
figure 26 : échantillon MAS2020UTH-01 en cours d'analyse (cliché Edwige Pons / LSCE).



Concernant les prélèvements réalisés en 2020 pour des datations par la méthode des cosmonucléides (*MAS2020COSMO-01 à 03*, cf. Jarry *et al.* 2020), nous sommes encore à la recherche d'un laboratoire partenaire, ce type de datations ne pouvant être encore réalisé en routine, il n'existe pas de laboratoire en prestation.

Pour les datations par la méthode du radiocarbone, 3 échantillons ont été envoyés au Poznan Radiocarbon Laboratory dans le cadre d'un financement par le laboratoire Traces sur des échantillons issus des travaux d'archéologie préventive le long de la RD 119 (Lelouvier *et al.* 2019). Ils provenaient tous de l'US 3, niveau supérieur de la stratigraphie de ce secteur de la grotte qui n'avaient pas peut-être datés (figure 27). Cette unité stratigraphique est une micro-brèche à os, ocre jaune à brun clair. Les dates attendues étaient plutôt récentes, Magdalénien supérieur ou même de l'Holocène. Seul un échantillon a pu être mesuré car suffisamment riche en collagène et a donné un résultat mesuré de 12300 ± 70 BP, soit en calibré 14121 à 13681 BP (IntCal20 à 94,4%), ce qui correspondrait au Magdalénien moyen récent (cf. résultat annexe 5A, et tableau 1).

figure 27 : localisation (étoile verte) des échantillons envoyés pour datation par la méthode du radiocarbone en 2021 (dessin Vincent Arrighi / Inrap).



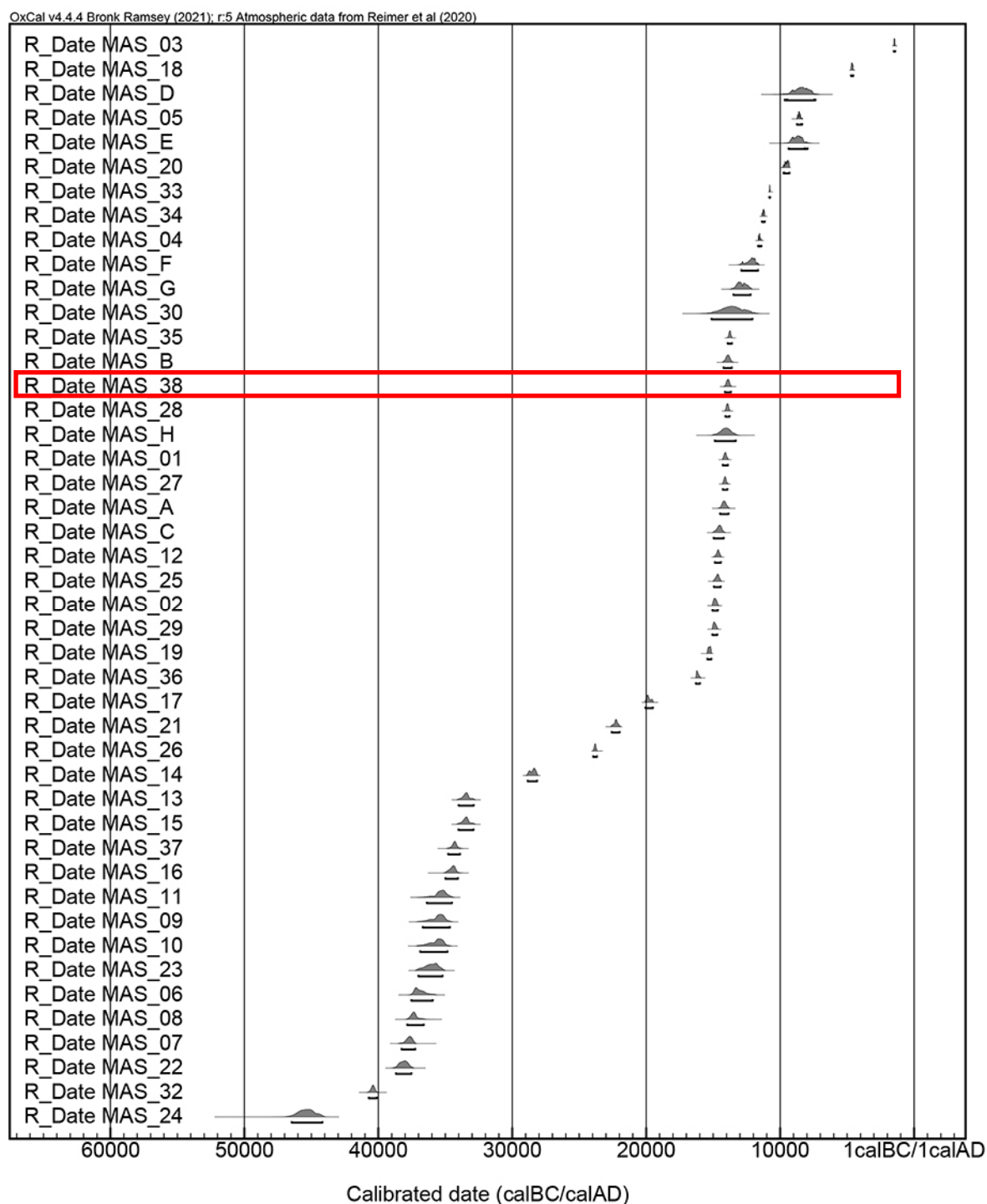


figure 28 : compilation de toutes les datations par la méthode du radiocarbone (calibrées IntCal20) obtenues dans la grotte du Mas d'Azil. La date entourée en rouge est celle obtenue cette année (crédit dans la figure).

Action 2-D : Mise en place de la cavité

Premières analyses géochimiques des limons fluviatiles et fluviaux-lacustres de la Rive Gauche.

Par Sixtine Hoellinger avec la collaboration de Magali Philippe, Emmanuel Chapron et Vincent Arrighi

Problématique

Il existe un lien direct entre le fonctionnement de l'Arize, les variations de sa dynamique au cours du Pléistocène et les dépôts de limons en Rive Gauche. En effet, lors de périodes froides, l'Arize se charge en alluvions et apporte une grande quantité de sédiments que l'on peut observer en Rive Gauche. Lorsque les conditions sont plus favorables, elle remobilise une partie du matériel qu'elle a auparavant déposé. Ainsi, la nature et la disposition des différents limons témoignent de l'évolution des dépôts sédimentaires et plus généralement, de la grotte en fonction des conditions paléoclimatiques régionales. Le relevé stratigraphique, l'analyse des dépôts, mais aussi de leur nature, de leur texture et de leur couleur ainsi que et leur interprétation constituent donc un élément majeur pour déterminer leur chronologie et leur dynamique. En 2019, des prospections menées à l'extérieur de la grotte, aussi bien en amont qu'en aval, on permit d'étudier le paléolac présent au moins durant le Dernier Maximum Glaciaire, dont la surface constitue actuellement la plaine de Maury. Il s'agit de comprendre le fonctionnement du paléolac en lien avec le système karstique de la grotte et le fonctionnement hydrologique de l'Arize. Des échantillonnages ont été effectués dans la salle du Théâtre en 2019, pour réaliser la mesure in situ de la spectrométrie de fluorescence des rayons X des sédiments déposés par décantation dans les coupes de la salle du Théâtre. Il s'agit d'opérer les mêmes mesures en Rive Gauche dans les séquences limoneuses des deux coupes principales du sondage Péquart.

Localisation et méthode

Caractériser les séquences limoneuses de la Rive Gauche

Lors de la campagne 2021, des prélèvements pour mesure au pistolet X-RF ont été réalisés dans les séquences stratigraphiques de deux des bermes du sondage Péquart. Cette méthode peut permettre de caractériser la nature des sédiments. En effet, des fortes teneurs en éléments majeurs (Ti, K et Ca) associées à de fortes valeurs peuvent permettre d'attester d'une contribution détritique importante dans le sédiment. (Ces éléments peuvent également identifier de potentielles sources de sédiments détritiques (Ca-> roches plutôt carbonatées, K -> roches plutôt granitiques). Cette méthode d'analyse par la fluorescence X permet une caractérisation qualitative élémentaire non destructive et à bas coût.

Les premières mesures de la composition géochimique de la séquence sédimentaire ont été effectuées au laboratoire Géode avec Magali Philippe (Assistant Ingénieur CNRS) et à l'aide du pistolet X-RF Thermo Fisher Niton XL-3t selon 2 modes d'acquisition. Le mode sol et le mode minerais. 3 minutes d'acquisition ont été consacrées à chaque échantillon afin d'optimiser le temps de mesure tout en gardant une bonne précision.

Des données X-RF avaient également été acquises lors d'une campagne en 2019 à l'aide pistolet XRF Minolta portable (modèle XRF portable Niton XL3t GOLDD+). Dans l'idéal, il s'agit de reprendre les mesures des mêmes éléments chimiques et, si l'altitude des prélèvements le permet, de pouvoir corrélérer ces données et ainsi avoir une vision globale de la composition géochimique des séquences en Rive Droite et en Rive Gauche.

Localisation

Ainsi en 2021, 17 échantillons ont été prélevés dans les séquences limoneuses, 9 dans la coupe faisant face au nord-ouest (figure 29), et 8 dans la coupe faisant face au sud-est (figure 30).

figure 29 : points topographiques des prélèvements des échantillons pour analyse XRF dans la coupe face au nord-ouest (dessin Sixtine Hoellinger / Univ. Toulouse Jean Jaurès).

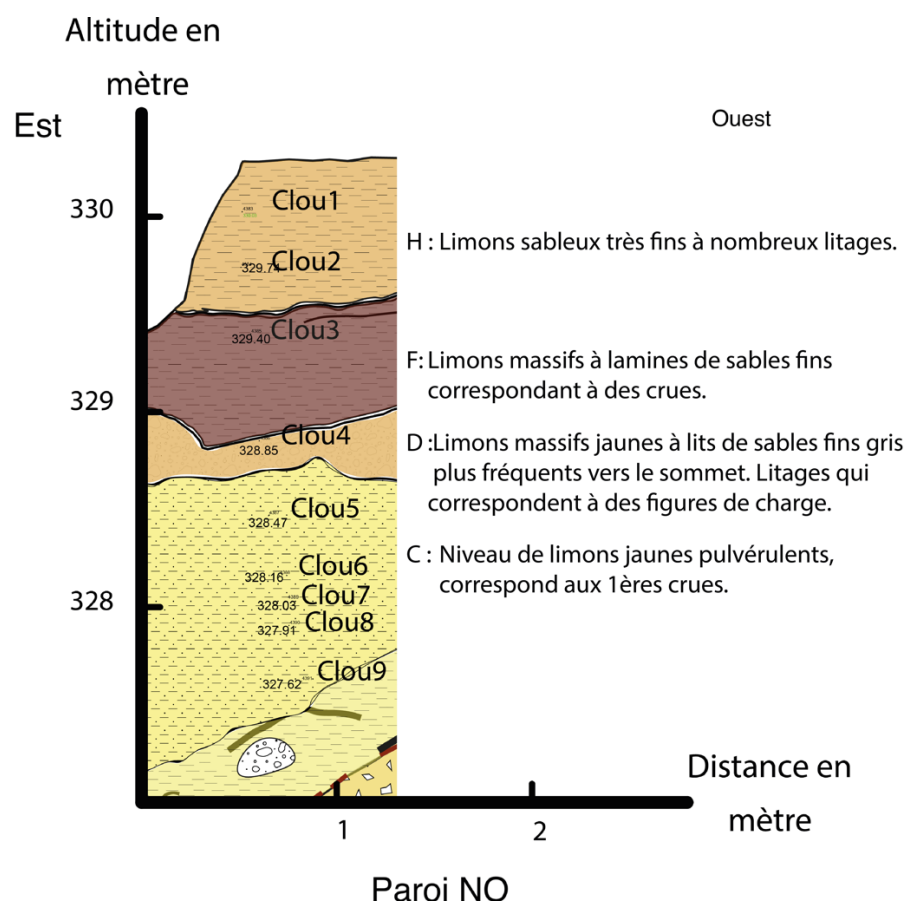
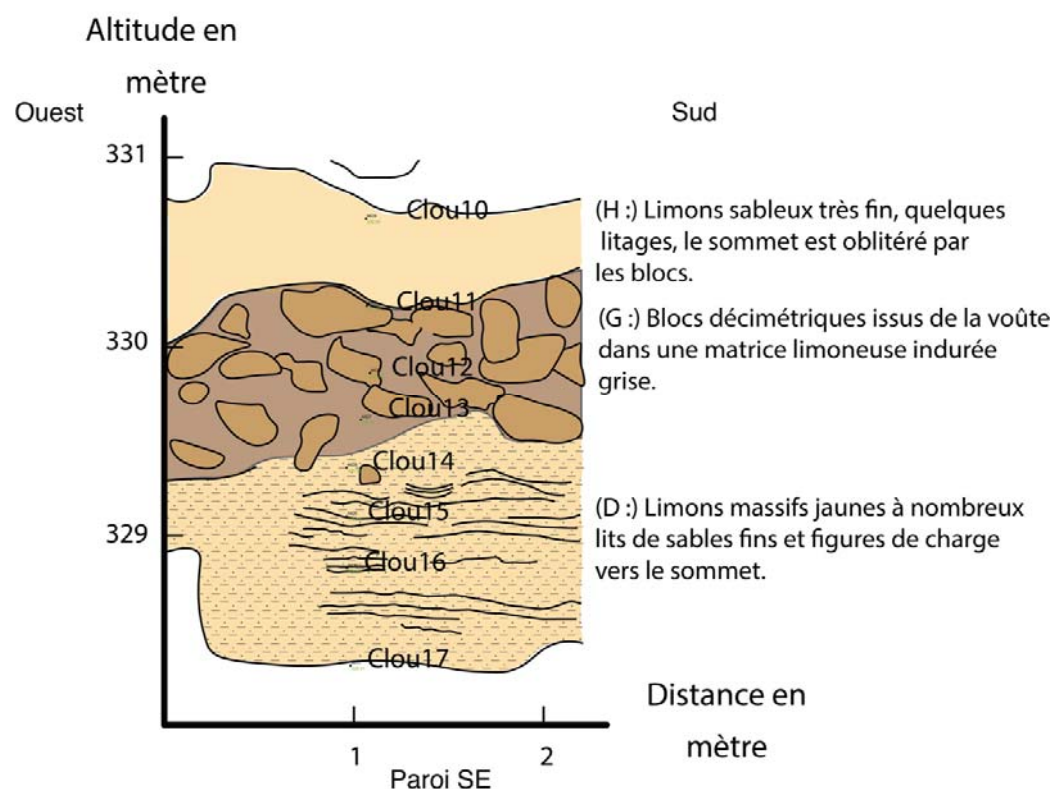


figure 30 : points topographiques des prélèvements des échantillons pour analyse XRF dans la coupe face au sud-est (dessin Sixtine Hoellinger / Univ. Toulouse Jean Jaurès).



La séquence principale du sondage Péquart, est la paroi faisant face au nord-ouest (figure 29) d'une puissance de 5 mètres. Les niveaux archéologiques sont scandés par des niveaux de limons. La paroi face au sud-est (figure 30) est d'une puissance de 3,30 m dont le sommet limoneux est tronqué par les remblais des fouilles anciennes. Un niveau de blocs dans une matrice limoneuse indurée, issus de l'effondrement de la voûte s'intercale entre les deux niveaux de limons. Ces limons massifs se caractérisent par une texture sableuse, compacte, et litée. À la base de la séquence, les litages sont particulièrement bien figurés et des figures de charges témoignent de chutes de blocs en milieux noyés. Les 7 échantillons ont été prélevés dans toute la séquence.

Résultats préliminaires

Afin d'interpréter ces résultats, trois variables (tableau 2) ont été retenues parmi tous les résultats (annexe 8) dont les valeurs sont les plus significatives : le fer (Fe), le calcium (Ca), et le potassium (K).

Type	Duration	Units	SAMPLE	LOCATION	Fe	Ti	Ca	K
Soil	180	ppm	1 N-O	330.03	46104,78	5372,11	18729,94	29423,97
Soil	180	ppm	2 N-O	329.74	48175,43	5509,27	20560,66	33534,7
Soil	180	ppm	3 N-O	329.40	47594,69	5157,87	29584,52	32371,56
Soil	180	ppm	4 N-O	328.85	44847,13	5262,87	13551,39	40116,43
Soil	180	ppm	5 N-O	328.47	45304,73	5113,91	9454,31	39057,11
Soil	180	ppm	6 N-O	328.16	48949,6	5222,85	15716,05	36146,93
Soil	180	ppm	7 N-O	328.03	48751,92	5678,12	10835,67	36084,26
Soil	180	ppm	8 N-O	327.91	43456,39	4494,01	9010,78	26825,63
Soil	180	ppm	9 N-O	327.62	51178,23	5144,7	6895,26	29407,73
Soil	180	ppm	10 S-E	330.68	46542,69	5304,03	26906,98	28771,49
Soil	180	ppm	11 S-E	330.22	47507,14	5513,73	19162,54	29148,26
Soil	180	ppm	12 S-E	329.86	59724,38	6467,62	6330,97	35366,9
Soil	180	ppm	13 S-E	329.61	46665,27	5584,59	13122,41	27977,46
Soil	180	ppm	14 S-E	329.36	45358,23	5540,68	16292,23	28175,21
Soil	180	ppm	15 S-E	329.10	47380,41	5816,07	14602,44	28236,54
Soil	180	ppm	16 S-E	328.83	48411,66	5668,9	11933,59	28998,13
Soil	180	ppm	17 S-E	328.31	53166,02	5546,84	16518,33	30310,75

tableau 2 : données XRF analyseur Niton.

Les premiers résultats des mesures X-RF des deux séquences limoneuses de la Rive Gauche, suggèrent que la composition des dépôts présente une homogénéité globale et une relative stabilité. Un pic de calcium est noté, au point de prélèvement N°3 dans le niveau (F) dans la coupe face au nord-ouest alors que les autres variables restent stables. Par ailleurs, la coupe faisant face au sud-est, enregistre au point N° 12, presque à la base de la berme, une baisse significative du calcium, alors que la courbe du Fe et le K montre à l'inverse un pic de concentration. Le Ti, présente une valeur faible constante et peu significative.

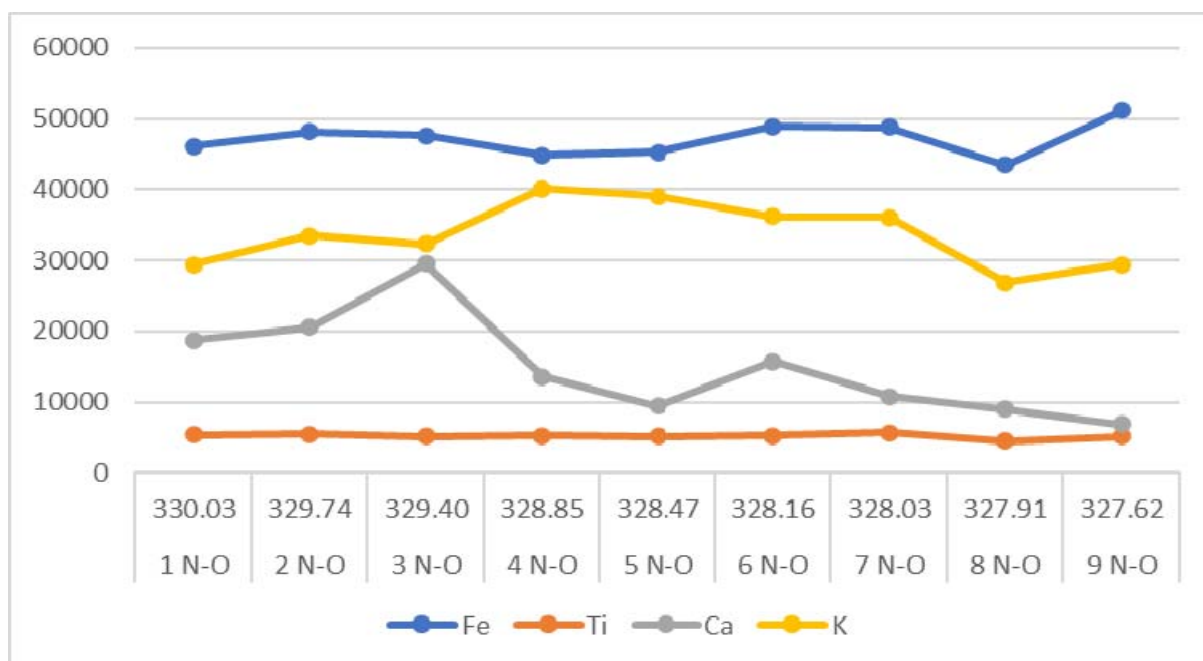


figure 31 : illustration de la variabilité de la composition géochimique des principaux éléments composant la séquence nord-ouest de la Rive Gauche.

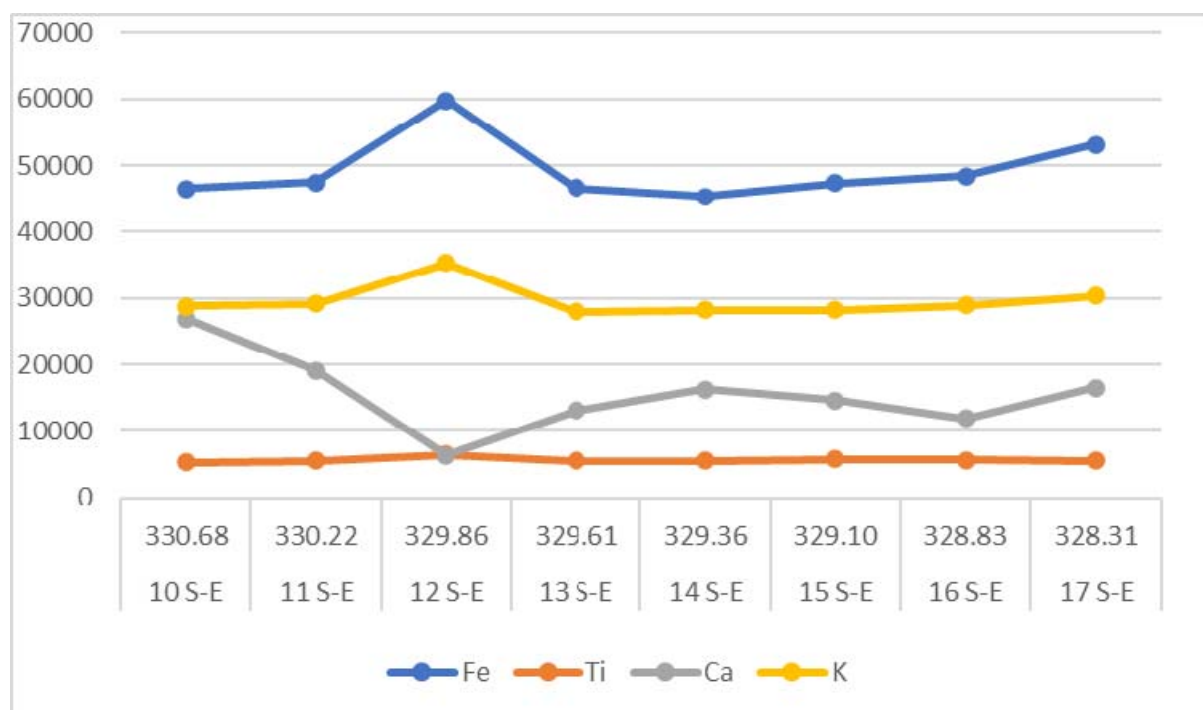


figure 32 : illustration de la variabilité de la composition géochimique des principaux éléments composant la séquence sud-est.

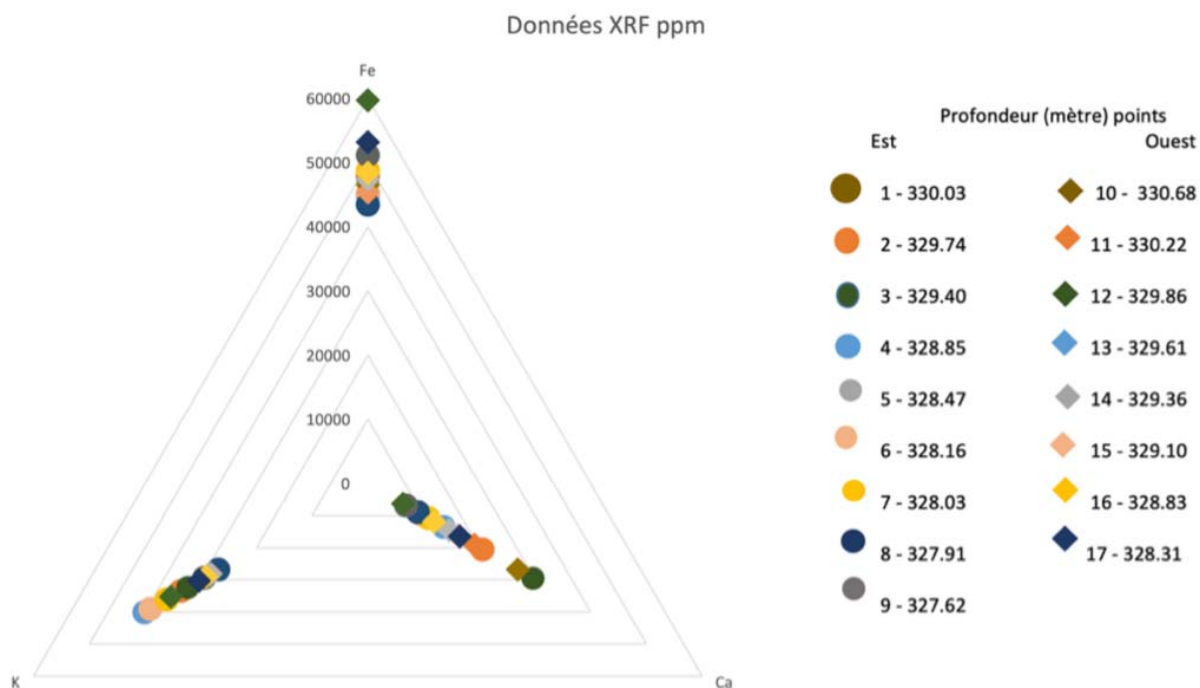


figure 33 : diagramme ternaire montrant la composition géochimique des limons selon trois variables : le Fe, K et Ca.

Ce diagramme montre la répartition des différents éléments des séquences limoneuses assez homogène et cohérente.

Conclusion

Les résultats du titane (Ti), dont la valeur est trop faible, sont écartés pour garder un ensemble de résultats cohérents. En effet le titane avait été mesuré dans la salle du Théâtre en 2019 (Jarry *et al.* 2019) et il aurait été intéressant de comparer les mesures acquises aujourd'hui avec les résultats obtenus quelques années plus tôt.

Les résultats obtenus montrent une signature chimique homogène. Les résultats des analyses géochimiques prélevés en Rive Droite en 2019, broyés et mesurés au laboratoire, ont montré que les sédiments lacustres sont notamment riches en Rb, Ti et K, alors que les sédiments actuels de l'Arize sont enrichis en Ca. Les résultats des analyses X-RF de la Rive Gauche montrent une valeur significative en Ca, K, et surtout en Fe. Pour déterminer si la signature est lacustre ou palustre, il faudrait la confronter à la signature géochimique du paléolac. Des prélèvements en amont de la grotte, à l'emplacement du paléolac, permettront d'acquérir la signature lacustre mais aussi d'identifier la transition palustre/fluviale.

Observations géomorphologiques et karstiques d'ici et d'ailleurs

par C. Pallier et G. Dandurand

Cette année, afin de compléter et de comparer les résultats géomorphologiques obtenus sur la grotte du Mas d'Azil, la recherche a été élargie : au karst du massif du synclinal d'une part et aux vallées voisines (système du Portel-Baulou, tributaire de l'Ariège), afin de repérer d'éventuels liens ou points de comparaisons avec le remplissage ou l'histoire de la grotte du Mas d'Azil.

L'objectif n'étant pas de faire une étude détaillée de ces cavités, les observations et points de réflexions sont reportés sur les topographies des clubs spéléo, lorsqu'elles existent¹.

1- Les cavités du synclinal de Lézères-Pradals :

Des observations au sein de cavités connues sur le massif (synclinal) traversé par la grotte du Mas d'Azil, avaient pour objectif de vérifier si elles contiennent des informations complémentaires en termes :

- d'évolution géomorphologique du massif ;
- d'enregistrement des variations de dynamiques hydrosédimentaires de l'Arize ;
- de potentiel de conservation ou d'accessibilité archéologique.

Plusieurs cavités ont été choisies en fonction de leur localisation, afin d'avoir un aperçu global du karst sur le massif synclinal.

L'abri Baudet

L'abri Baudet est proche de l'aplomb du porche sud de la grotte et le domine d'une vingtaine de mètres environ et a été décrit lors de la prospection de 2002 (Le Guillou *et al.* 2002). Il correspond à un replat abrité dans une baume, à peu près à la même altitude que le col du Baudet. Le recul de la paroi à l'aplomb est notamment attesté par la présence de blocs d'effondrement en bordure de ce replat. Deux anciens sondages d'une soixantaine de centimètres de profondeur et partiellement protégés par des tôles, sont creusés sur ce replat (figure 34).

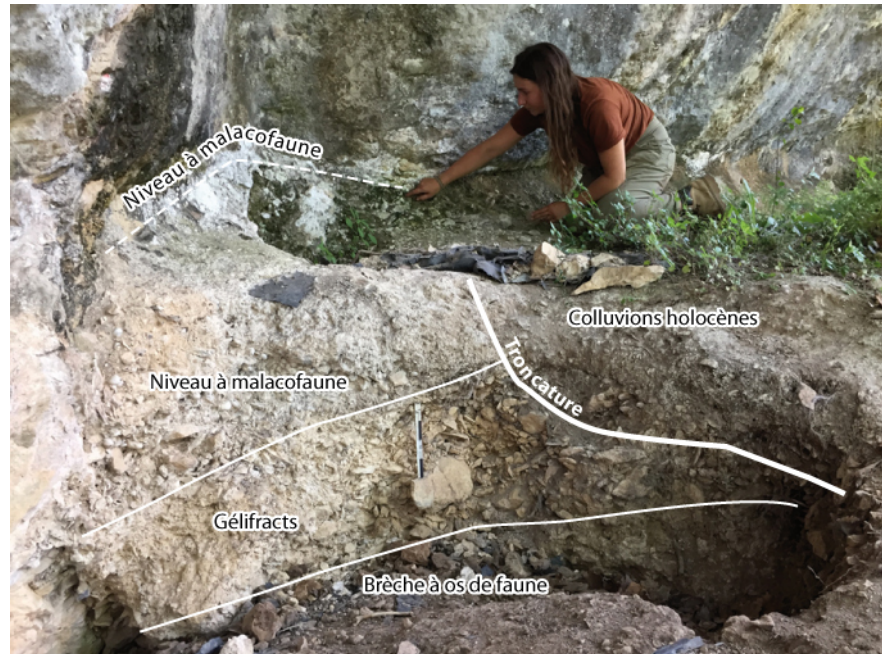


figure 34 : l'abri du Baudet vue vers l'est. Les sondages sont creusés sur le replat qui s'étend sur quelques dizaines de m² sous l'avancée de paroi et limitée par le versant et les blocs d'effondrement de recul de paroi. (cliché © Céline Pallier / Inrap-Traces).

¹ Participants : Jean-Yves Bigot, Laurent Bruxelles, Didier Cailhol, Hubert Camus, Grégory Dandurand, Elodie Dardenne, Céline Pallier, Manon Rabanit avec la collaboration de Jean-Christophe Astruc (Club des Rinofles), Jean Bayot (SCAr), Thomas Cuypers (ANA), Richard Lebas (SCAr), Nicole Ravaïau (SCAr), Jérôme Pasquio (Club des Rinofles). Etudiantes : Manon Beauvilliers, Sixtine Höllinger.

Dans le sondage contre paroi, la base est constituée d'une brèche de calcaires pulvérulents emballés dans une matrice de limons ocre jaune et de fragments d'os de faune. Elle est couverte par un niveau de plaquettes de gélifracts (2 à 8 cm d grand axe) lui-même scellé par la formation à malacofaune (Mésolithique ?). L'ensemble est tronqué côté versant (mais encore dans la zone d'abri) par des colluvions à cailloux calcaires et matrice terreuse brune d'âge holocène (figure 35).

figure 35 : stratigraphie dans le sondage contre paroi de l'abri Baudet (cliché © Céline Pallier / Inrap-Traces).



La partie sud-ouest présente une petite stratigraphie alternant niveaux limoneux bruns et niveaux de cailloux calcaires, qui semblent disposés contre un amas de gélifracts indurés (figure 36). Contre la paroi, on peut suivre une brèche à coquilles de malacofaune et cailloux calcaires cimentés sur environ 8 mètres, avec un pendage global vers le sud-ouest.

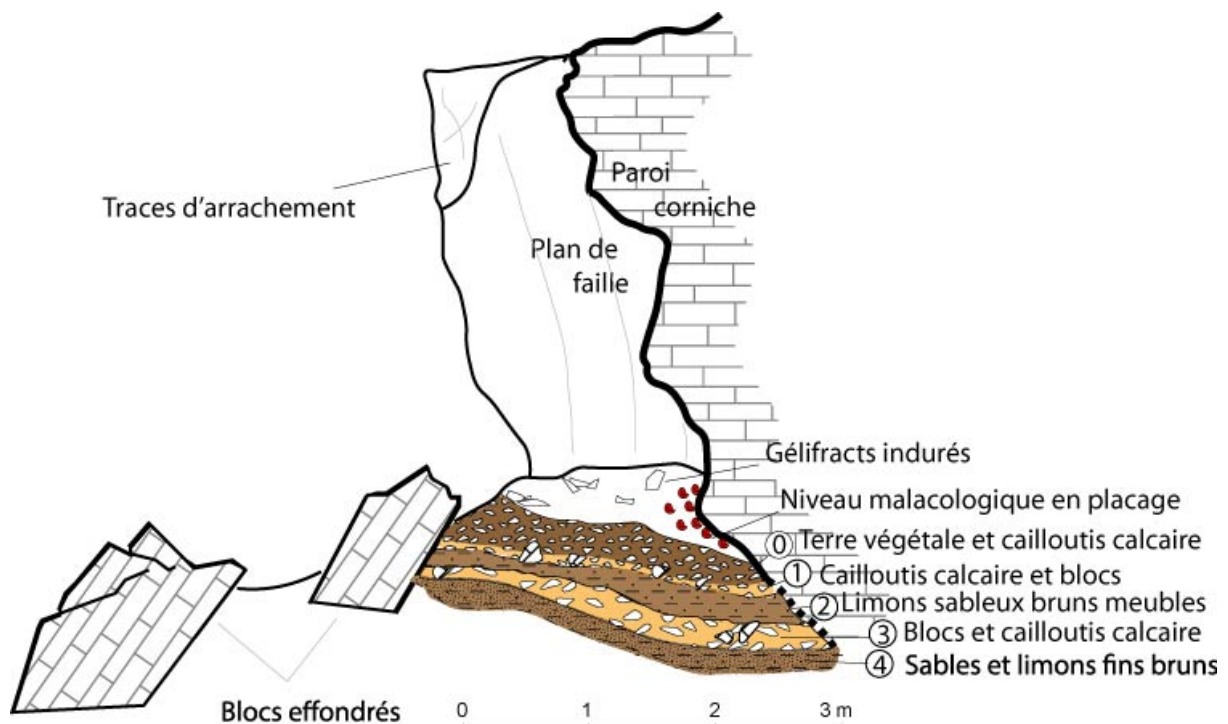


figure 36 : schéma de la stratigraphie d'après le sondage côté versant, vue vers l'ouest. © S. Hoellinger ; G. Dandurand / Inrap-Traces).

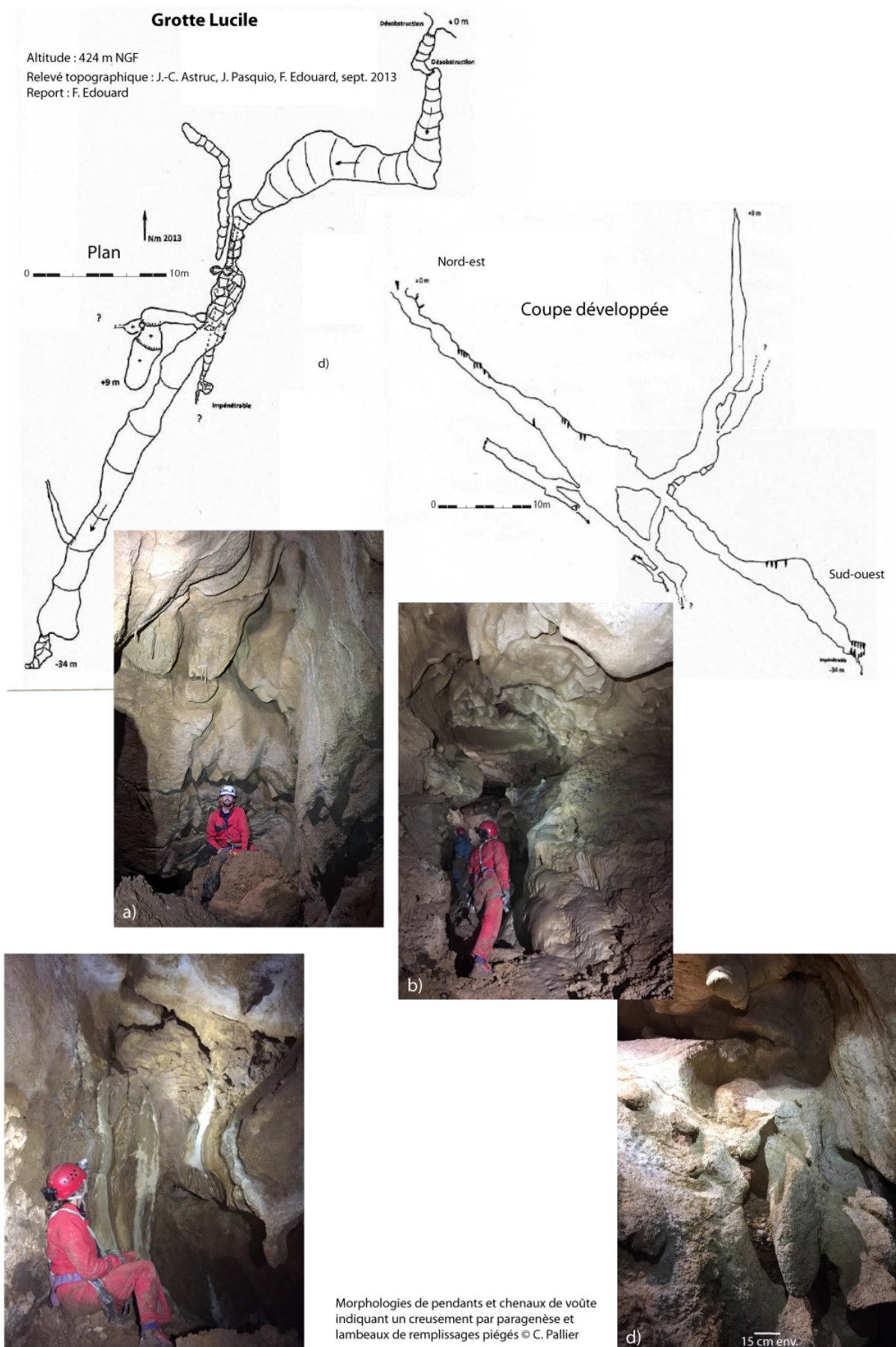


figure 37 : grotte Lucile (dessin et clichés : Céline Pallier / Inrap-Traces, d'après relevés topographiques : J.-C. Astruc, J. Pasquio, F. Edouard, report : F. Edouard, clichés © Jean-Yves Bigot / . AFK)

Cet abri, qui a fait l'objet de sondages mais qui souffre d'une absence de rapport, n'apporte pas vraiment d'éléments géomorphologiques donnant des informations complémentaires sur l'évolution karstique et géomorphologique du plateau. On note seulement qu'au cours de la marche d'approche, nous avons observé des entrées de conduits de même type que ceux du secteur Maury (cf. *infra*). En revanche, d'un point de vue archéologique, l'étude des niveaux sédimentaires de cet abri apporterait des éléments essentiels à la compréhension de la répartition de l'occupation, tant au Paléolithique supérieur (Magdalénien probable) qu'à l'Epipaléolithique et au Mésolithique. La conservation des niveaux semble bonne mais ces derniers ont désormais une extension limitée, du fait du recul du versant.

La grotte Lucile

La grotte Lucile correspond à une grotte fossile perchée à 424 m d'altitude (d'après le relevé topographique de 2013), soit une centaine de mètres environ au-dessus de l'exutoire de la grotte du Mas d'Azil et une quarantaine de mètres au-dessus du col du Baudet. Elle présente une série de petits puits étroits sur fractures (figure 37). Ses parois sont sculptées par des formes phréatiques et épiphréatiques (chenaux et lapiaz de voûte, encoches et banquettes) associées à des remplissages résiduels de petits galets piégés dans les encoches et les cannelures de dissolution, ainsi que des pendants de voûte (figure 37). Ces morphologies indiquent une spéléogenèse de type paragénétique développée au-dessus de remplissages. Son évolution semble bien plus ancienne que celle de la grotte du Mas d'Azil, et correspondrait à l'une des premières étapes de l'incision de la vallée de l'Arize, en lien avec l'abaissement de son niveau de base.

La grotte de Peyronnard,

Cette cavité, déjà évoquée par ailleurs (Le Guillou 2002, Camus et Rabanit *in* Jarry 2017a), s'ouvre à près d'1 km à vol d'oiseau de la grotte du Mas d'Azil et est localisée au sein du synclinal, dans le niveau de calcaire du Thanetien inférieur (e2a2), à l'instar de la grotte du Mas d'Azil.

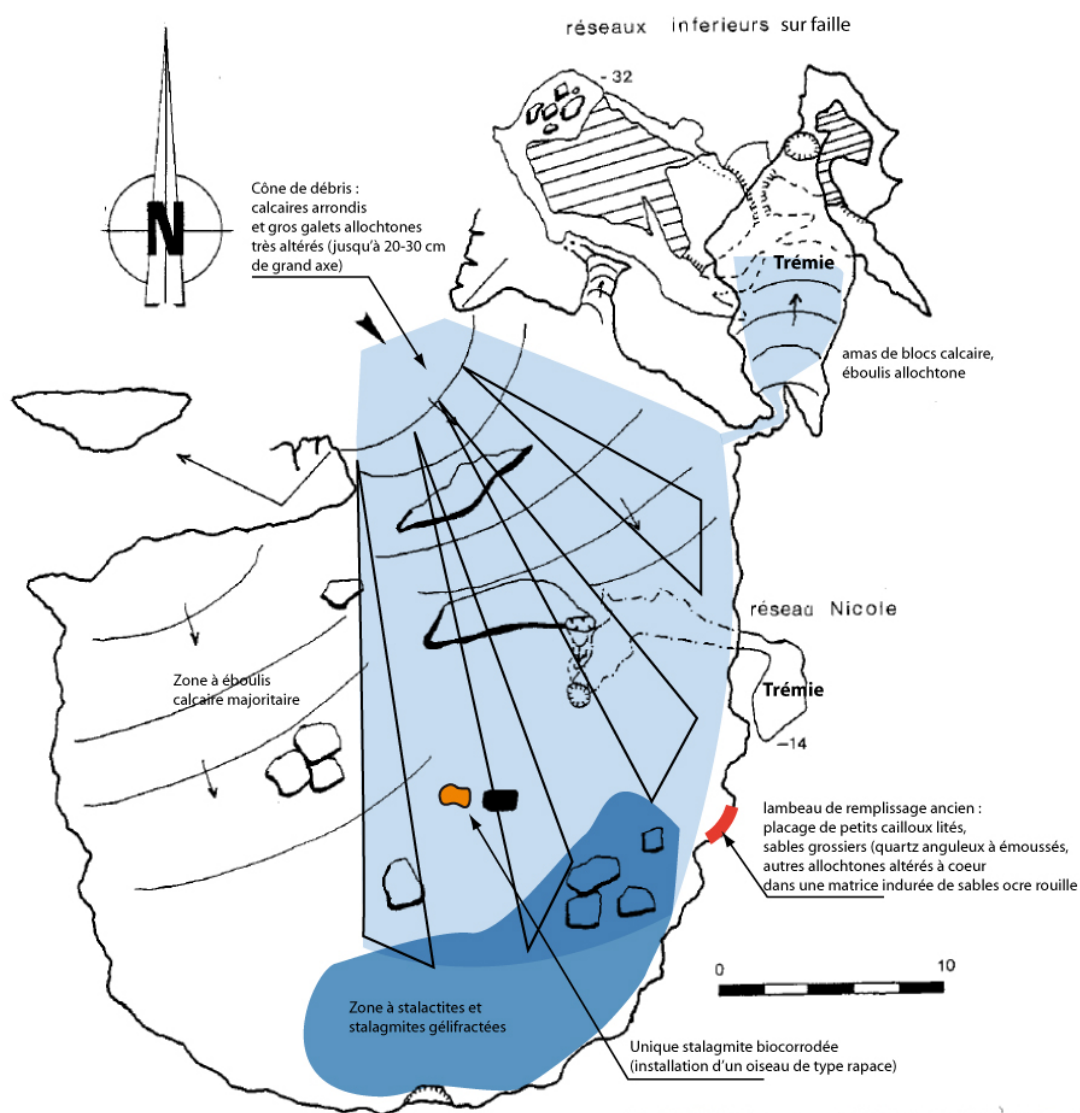
Ce plateau correspond à une surface à buttes dégradée à 470 m NGF anciennement attribuée à un paléo-relief appalachien dégradé du Villafranchien (Pliocène final – Pléistocène initial). (Carcenac-Suffert et *al.* 1969, Camus et Rabanit *in* Jarry et *al.* 2017a). Des vallons secs, des dolines et des grottes sont emboîtés dans cette surface. L'ensemble de vallons secs et dolines de Millorat et Peyronnard sont situés autour de 450/460 m NGF et sont mis en relation avec des transits sédimentaires d'alluvions moins altérées que celles qui jalonnent la surface à gouttières à 470 m, signant une phase d'évolution fluviokarstique. La grotte de Peyronnard se situe à proximité du contact calcaires/marnes (Camus et Rabanit *in* Jarry 2017a).

Elle correspond à une grande salle ouverte par effondrement d'une partie de la voûte qui est venu crever la surface topographique, d'environ 30x25 mètres et de 3 à 4 m de hauteur sous plafond au fond de la salle. Le sol est constitué par un chaos de blocs plurimétriques formant un long talus en pente forte. Une partie de la topographie correspond à un parcours entre les blocs de ce chaos contre la paroi d'origine de la cavité, sur plus d'une dizaine de mètres de profondeur (réseaux Nicole et réseaux inférieurs, figure 38). Dans la partie haute de la cavité, la voûte est constituée par l'encaissant calcaire et la zone d'arrachement des blocs.

Compte tenu de sa topographie en pente, la grotte agit comme un piège à froid dans sa partie basse. Ainsi, dans cet endroit, la voûte est couverte par des massifs de stalactites de condensation, fréquentes dans les zones d'entrée de grotte. Ailleurs, ces massifs se sont principalement développés sur fractures (figure 39, photo b).

Le sol, quant à lui, est en grande partie couvert d'un grand cône de débris issus de la surface composé de cailloux et blocs calcaires, plus arrondis à la base du cône, et de quelques gros galets allochtones très altérés (quartzites à cortex). Ce cône couvre et ennoie la base des massifs stalagmitiques (figure 39, photo d). Toutefois, dans la partie ouest de la grotte, le sol est couvert de limons sableux ocre jaune sur un éboulis composé uniquement de blocs calcaires, qui n'est donc pas issu de l'extérieur.

Grotte de Peyronnard



Fond topographique : C. Dardenne et O. Roulet, S.C. Arize 1981.



Placage de petits galets allochtones altérés et sables lités. © C. Pallier.

figure 38 : grotte de Peyronnard (dessin et cliché Céline Pallier / Inrap-Traces sur fond topographique d'après C. Dardenne et O. Roulet / S.C.Arize).

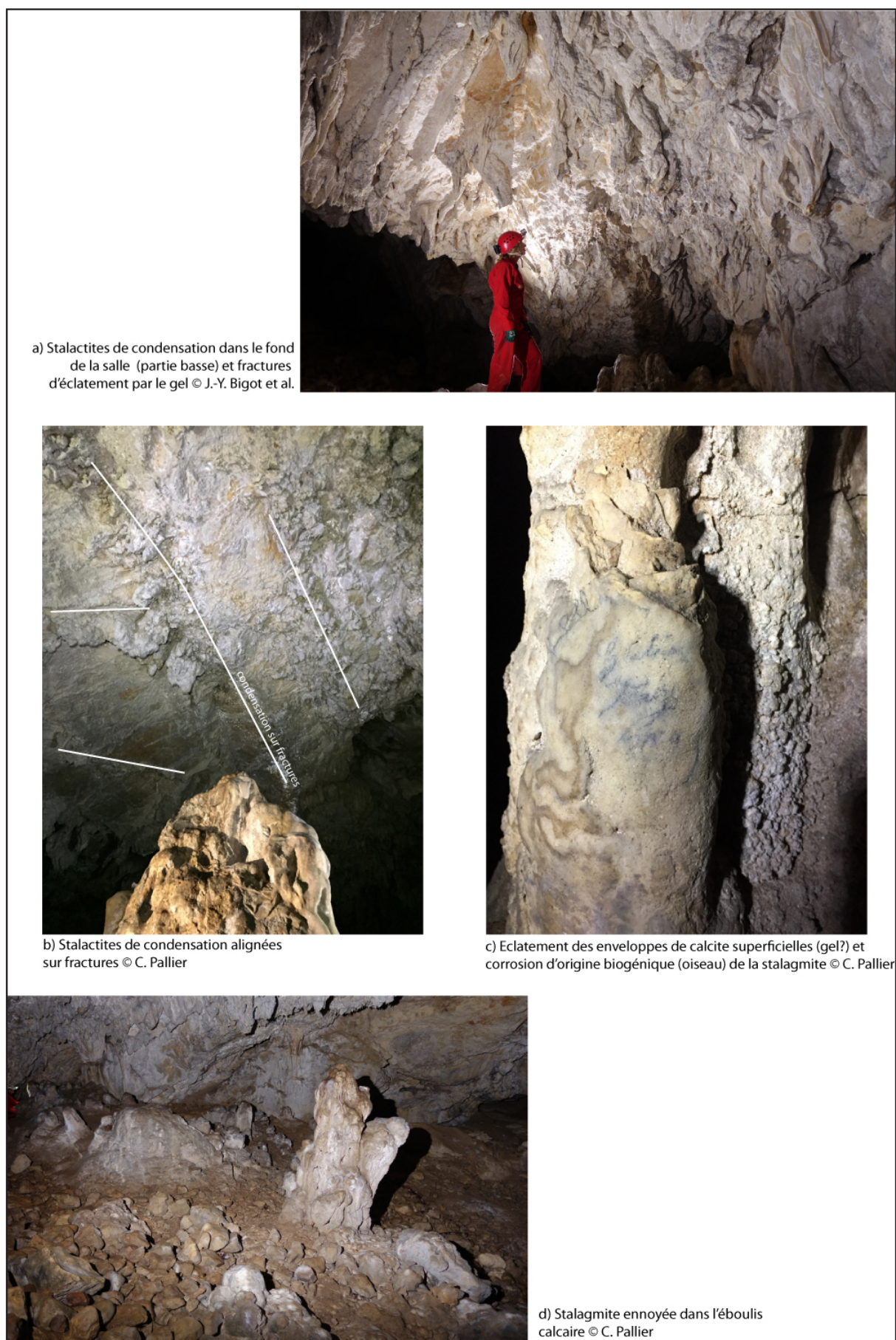


figure 39 : grotte Peyronnard, détails (clichés © Jean-Yves Bigot / AFK *et al.* et © Céline Pallier / Inrap-Traces).

Le seul vestige de remplissage correspondant à une dynamique de circulation hydraulique dans la cavité correspond à un placage de petits cailloux (quartz anguleux à émoussés, autres allochtones altérés à cœur) et sables grossiers lités, dans une matrice indurée de sables fins ocre rouille (figure 39). Il n'est pas possible, pour l'heure, de déterminer si cet épisode d'écoulement a été synchrone ou postérieur au creusement de la cavité.

L'altération des parois est importante mais elle semble principalement due à la gélifraction. En effet, les massifs de concrétions sont fissurés par le gel au fond de la cavité, où il fait le plus froid (figure 39, photos a et c).

Ces observations sur la morphologie de la grotte et les rares témoins de remplissages anciens ne permettent pas de raccorder cette cavité à un type de fonctionnement, certainement très ancien et en relation avec l'évolution du karst bien avant l'autocapture de l'Arize.

Grottes de Maury

En bordure sud du synclinal la couche de calcaire thanétien inférieur (e2a2) accuse un fort pendage vers le nord. Elle forme plusieurs étages de corniches, de moins de 10 mètres de hauteur, qui dominent l'Arize à l'entrée de la cluse. Une série de cavités étroites (à très étroites) et de faible développement s'ouvrent dans ce niveau calcaire, le plus souvent à la base des corniches, entre une altitude de 390 et 405 m NGF (d'après les coordonnées des topographes spéléo, années 1980). Seuls le porche Maury est indiqué à 350 m NGF et la grotte Marguerite (M11) à 415 m NGF. Elles ont été topographiées et inventoriées par le Club Spéléo de l'Arize dans les années 1980 (Bull. SCA n°6) et partiellement par le SRA en 2002 (Le Guillou *et al.* 2002) et sont nommées M1 à Mn. Les noms de ces cavités, notés à leur entrée, sont souvent devenus illisibles.

Ces grottes sont labyrinthiques lorsqu'elles présentent plusieurs conduits. La morphologie des parois, avec la présence de banquettes superposées, évoque une formation par paragenétisme (banquettes-limites).

L'entrée de ces cavités est fréquemment obstruée, soit par des colluvions de versant soit par des blocs calcaires (figure 40) qui semblent avoir été disposés là intentionnellement.



figure 40 : entrées de cavités en pied de corniche, obstruées par des amas de blocs (clichés © J.-Y. Bigot / AFK et C. Pallier / Inrap-Traces).

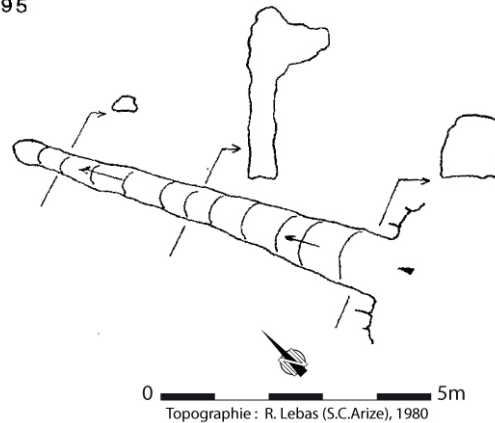
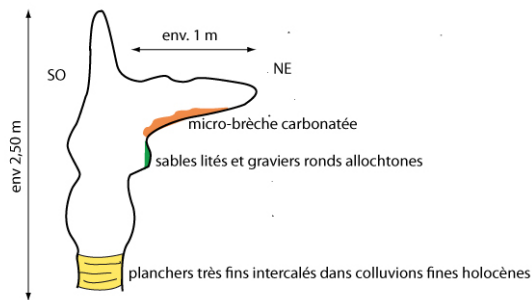
Les galeries sont en grande partie colmatées et nous n'avons qu'un aperçu très réduit des creusements. Les remplissages sédimentaires anciens ne subsistent que sous forme de lambeaux. Les concrétionnements correspondent le plus souvent à des planchers stalagmitiques. Les parois des cavités visitées sont en général peu altérées, sans doute en partie du fait de leur obstruction

relative, excepté dans la grotte Marguerite ou M11, dont la taille de l'entrée, plus vaste que les autres et sa position n'ont pas permis sa fermeture.

D'un point de vue archéologique, aucun élément probant n'a été observé. Toutefois, des aménagements de chronologie inconnue sont très fréquents (amas de blocs, murets à l'entrée). Il est aussi possible qu'un cheminement le long de la corniche ait été aménagé pour accéder à ces cavités (présence possible de murets de soutènement et d'encoches creusées dans la paroi). Ce fait sera à vérifier et à cartographier.

TROU M4

519,40 – 85,36 – 395



Lambeau de remplissage de sables lités et graviers ronds allochtones



Banquettes d'aggradation



Entrée de la cavité et banquettes inclinées

figure 41 : Maury, trou M4 (dessin Céline Pallier / Inrap-Traces, topographie d'après R. Lebas / S.C. Arize, clichés © Jean-Yves Bigot / AFK).

M4

Cette petite cavité dont le nom est effacé à l'entrée, est attribuée d'après sa topographie à M4 (figure 41). Elle mesure environ 6 mètres de long et 2,50 m de haut sur moins d'un mètre de large. Elle présente des banquettes de remplissage et comprend trois types de dépôts sédimentaires asynchrones dont les témoins sont à l'état de lambeaux. Le premier correspond à de petits placages de sables lités ocre jaune à petits galets allochtones (dont des quartz) qui témoignent ici d'un écoulement, sans doute de l'Arize et sans doute de l'ancien niveau de base de la rivière.

Le second correspond à une micro-brèche carbonatée cimentée de couleur ocre jaune, sans structure, qui témoigne du remaniement des remplissages. Le troisième, à la base de la galerie, est une alternance de petits planchers de 2 à 3 cm d'épaisseur, intercalés au sein de limons sableux

ocre jaune à malacofaune entière et qui a pu se mettre en place au cours de l'Holocène par ruissellements.

La paroi est peu altérée mais est piquetée par des processus de condensation-corrosion.

Grotte de Maury ou M2-M3

La grotte de Maury, inventoriée sous l'appellation M2-M3 s'ouvre quelques mètres en contrebas de M4. Cette cavité labyrinthique comprend deux entrées (entrée basse : M2 ; entrée haute : M3) et correspond à la cavité qui présente le plus grand développement dans ce secteur (55 mètres, bull. SCA n°6, pp. 34-35, 1991, figure 42). L'entrée haute donne sur une galerie étroite alignée sur une fracture. Cette galerie débouche sur une haute diaclase (figure 42, E) (hauteur >10 m), d'environ 6 à 10 m de long et d'orientation non mesurée (donc approximative sur la topographie). Elle est reliée au niveau inférieur (M2). Un lapiaz de voûte (A) dans le conduit supérieur (M3) témoigne d'une phase de paragenétisme. On note également la présence de banquettes (de remplissage ?) dans M2 (F).

*Remplissages : dans M3, dans le boyau inférieur D, le sol est constitué de terre brune et de cailloux. Le plafond est formé par un plancher stalagmitique suspendu qui a cimenté une brèche ocre jaune avec des morceaux de plancher remanié et au fond, des petits galets de quartz allochtones et des graviers roulés.

Dans le boyau supérieur, sur le plancher, le remplissage au sol est constitué de cailloux calcaires. Un sondage clandestin a été creusé dans la terre brune à cailloux calcaire sur plus de 0,70 m d'épaisseur, puis partiellement rebouché par des cailloux. Le fond de la galerie est obstrué par une coulée stalagmitique.

Dans la haute diaclase, par laquelle on accède par un tout petit trou en hauteur dans la paroi, un micro-sondage clandestin a lui aussi été creusé dans la terre brune.

Dans le « réseau » inférieur M2, un placage de galets allochtones dont des quartz, de 3 à 5 cm de grand axe, émoussés et des gros « galets » de sables lités indurés d'environ 20 cm de grand axe sont observés, témoignant d'un remaniement ancien de ces dépôts fluviaux encore plus anciens.

*Archéologie : L'entrée de M2 est aménagée et partiellement obstruée par un amas de blocs calcaires formant un muret (figure 42, H). Quelques mètres plus loin, dans le diverticule ouest, un amas de blocs d'environ 30 cm de grand axe est entreposé (F). Ces blocs n'ont pu se mettre en place naturellement : il n'y a aucune trace d'effondrement de la voûte, qui présente encore des morphologies d'origine phréatique et aucune pente ne permet l'arrivée d'un éboulement extérieur jusqu'ici. Ces blocs ont donc été entreposés volontairement. Il est possible qu'ils soient issus de la paroi en avant-plan sur la photo qui a pu être cassée et rabotée.

D'autres blocs sont présents, coincés dans le puits (non exploré car trop étroit et pas d'équipement), dont l'origine pose également question.

La fonction de ces « aménagements » n'est pas connue. L'hypothèse de sépultures a été avancée. Toutefois, aucun ossement ni mobilier céramique, pourtant fréquemment présents dans ce type de contexte ne vient pour l'instant conforter cette hypothèse.

Grotte Marguerite ou M11

La grotte Marguerite ou M11 est située une dizaine de mètres au-dessus du niveau des autres grottes. Son entrée est plus vaste (on peut s'y tenir debout) (figure 43). Elle se développe sur une vingtaine de mètres par un conduit méandrique et présente un chenal de voûte. Au bout de 10 mètres, la galerie prend une direction perpendiculaire et se rétrécit considérablement. Dans une niche latérale, la paroi présente une croûte noirâtre devenant rougeâtre par endroits et qui correspond certainement à l'altération à l'interface avec un dépôt de limons sableux jaunes (figure 43).

A la croisée des deux conduits, sur un pan de paroi, des tracés digitaux avaient été signalés (Le Guillou *et al.* 2002). Ces derniers ne sont plus visibles et la paroi en question est partiellement couverte d'un réseau de petites racines et soumise à une forte altération (figure 43).

Les « grottes de Maury » forment donc un niveau karstique cohérent. Elles sont plus hautes que le replat d'origine fluviale de Rieubach et que le col du Baudet de 20 à 30 mètres environ. Elles ne semblent donc pas se raccorder à un niveau fluvial connu, ne formant pas de pente cohérente notamment avec le col du Baudet (figure 44).

GROTTE DE MAURY

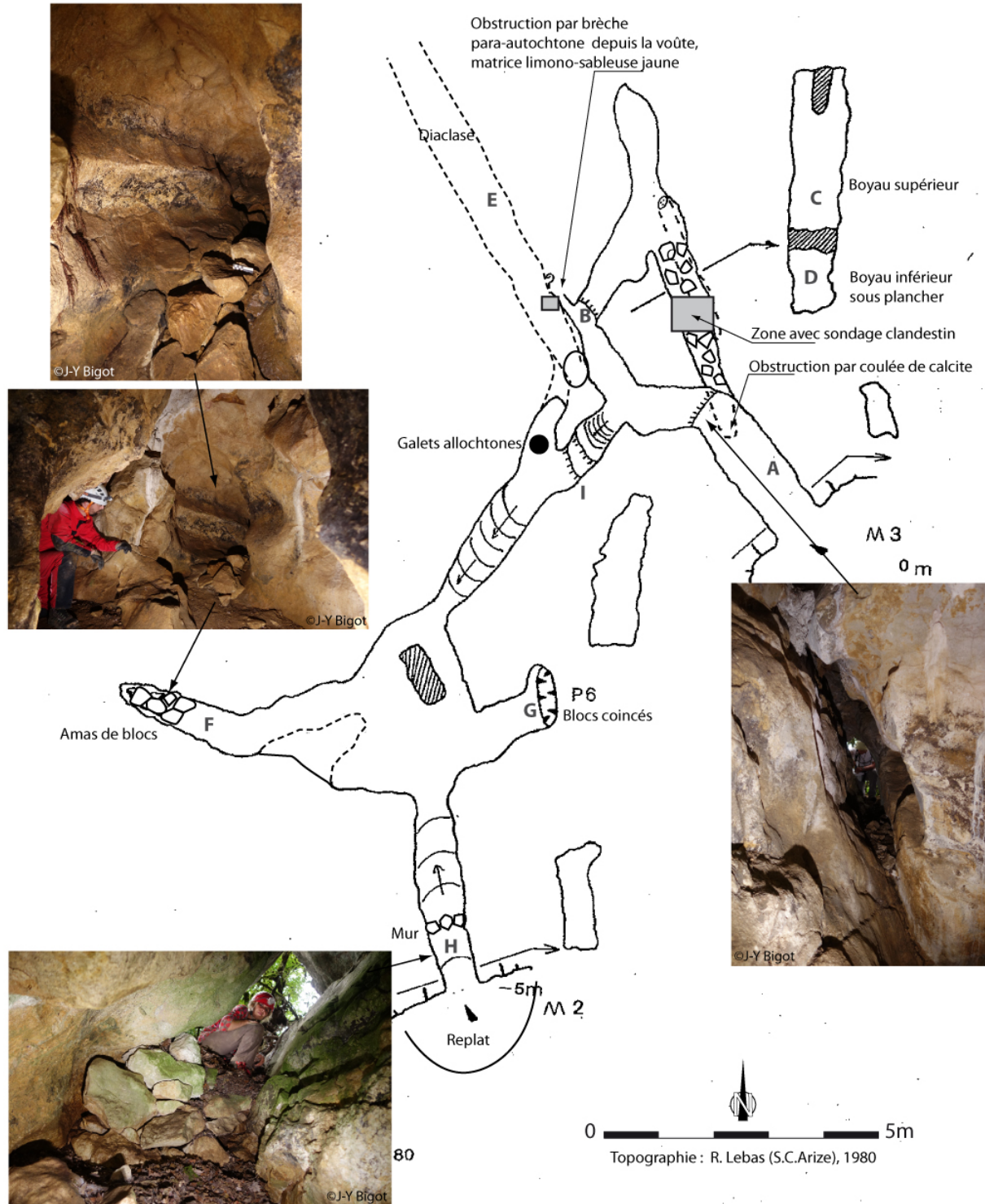


figure 42 : grotte Maury (dessin Céline Pallier / Inrap-Traces d'après topographie R. Lebas /S.C. Arize, clichés © Jean-Yves Bigot / AFK).

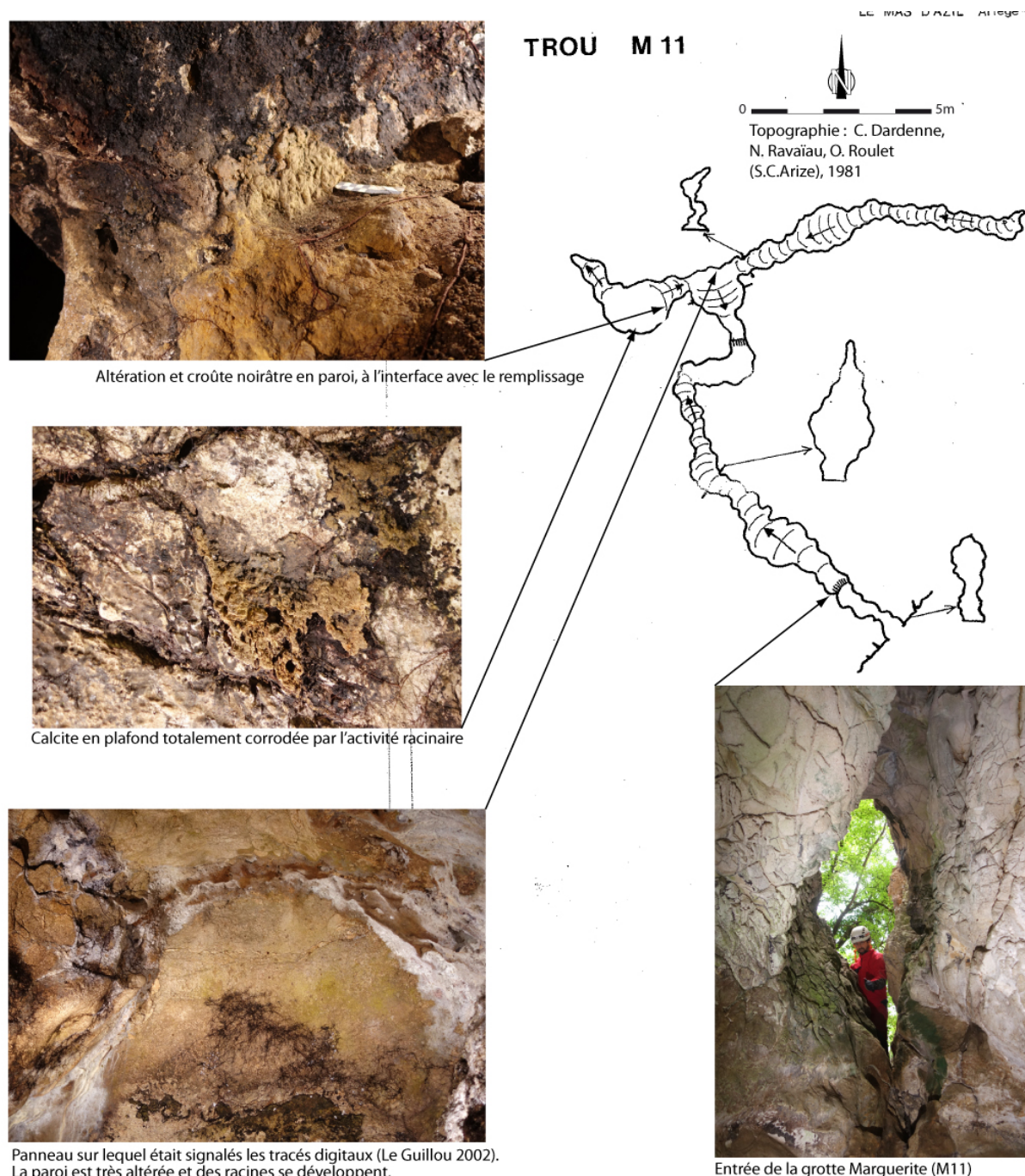


figure 43 : grottes de Maury, trou M11 (dessin Céline Pallier / Inrap-Traces d'après topographie C. Dardenne, N. Ravaïau, O. Roulet / S.C. Arize, Clichés © Céline Pallier / Inrap-Traces).

Ces cavités peuvent donc marquer une stabilisation du niveau de base lors de l'incision de l'Arize. Les petites dimensions des cavités et leur forme labyrinthique indiqueraient alors une phase de stabilité d'assez courte durée, qui n'a pas permis la mise en place d'une organisation du drainage. Elles pourraient éventuellement se raccorder à la même phase de fonctionnement que la grotte Lucile, qui s'ouvre à 424 m mais dont le fond se situe à 390 m (d'après les altitudes fournies par les spéléologues).

Une seconde hypothèse serait qu'elles constituent un système de pertes ou de soutirages (ponor) d'un ancien poljé ou d'une vallée fluvio-karstique, actuellement totalement défoncé. La vallée de l'Arize, qui se rétrécit nettement dans ce secteur, présente un profil dissymétrique. D'un côté, le toit des calcaires s'abaisse progressivement en direction de l'axe du synclinal. Il forme une paroi à

pente modérée, qui correspond à la bordure de corrosion, scandée par de légers replats. De l'autre, les formations éocènes forment une paroi quasi verticale le long de laquelle sont positionnées les entrées échelonnées de grottes (M1 à n) qui correspondraient à autant de points d'absorption étagés. Ces derniers permettent de connecter les écoulements vers l'axe du synclinal, dont le niveau de la nappe devait commander les circulations et l'organisation des réseaux à l'échelle locale. Dès lors que l'Arize est venue inciser et défoncer ce paléo-poljé, l'abaissement brutal du niveau de la nappe a relayé au second plan le rôle hydrogéologique du synclinal. Tous les points d'absorption ont donc été rapidement déconnectés. Pour valider cette seconde hypothèse il est nécessaire de vérifier l'existence de bordures de corrosion sur le versant opposé aux grottes (versant dit de « la Planque » sur la carte IGN), en lien avec des niveaux d'aplanissements karstiques. Les bordures de corrosion forment des replats matérialisant les phases successives d'abaissement du niveau de base sur lequel se calent ces aplanissements.

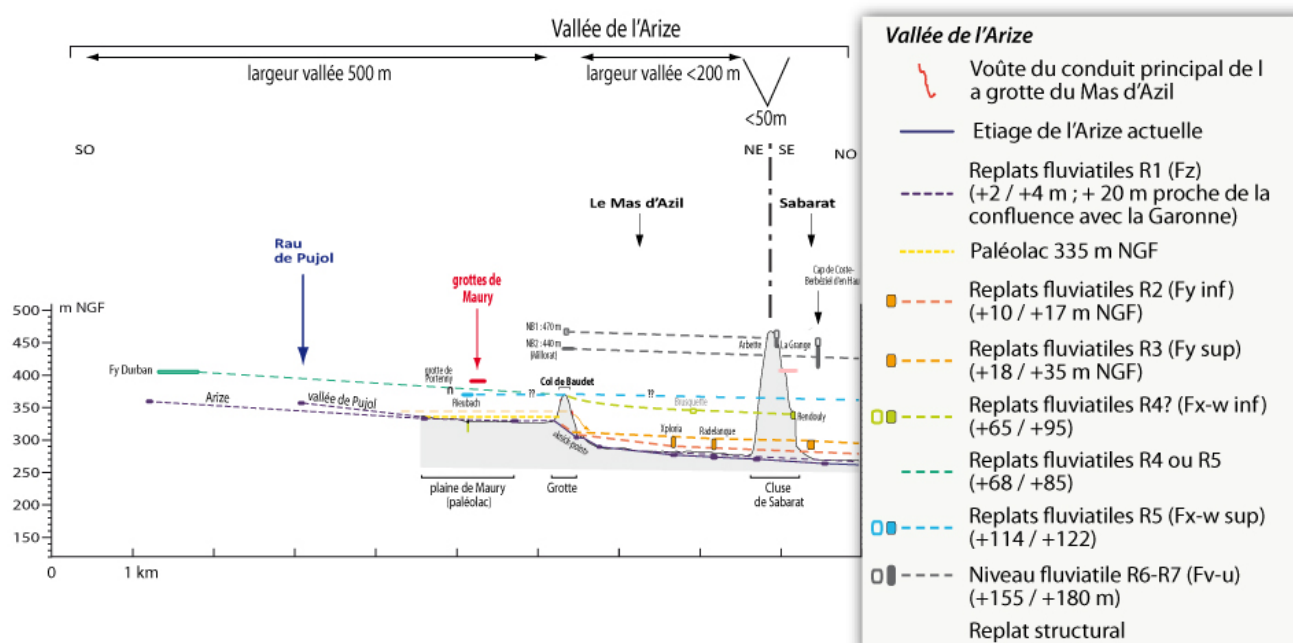


figure 44 : profil en long de la vallée de l'Arize avec report des grottes de Maury (dessin Céline Pallier / Inrap-Traces).

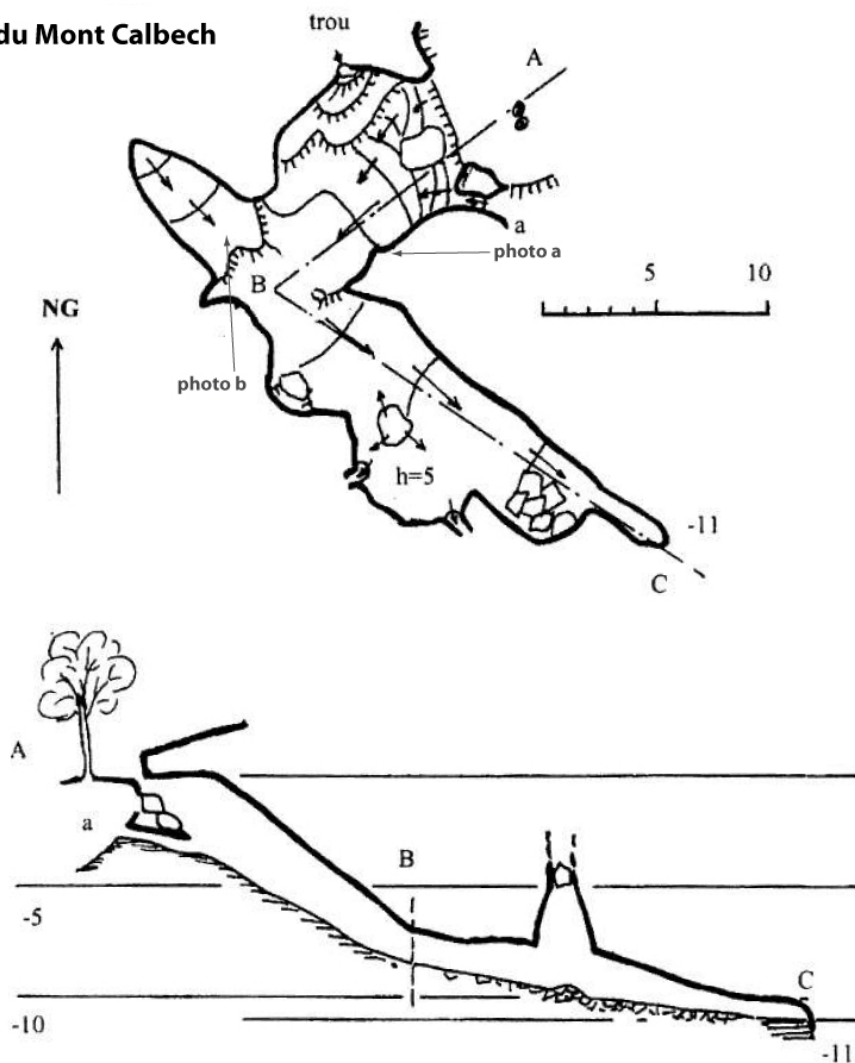
Grotte de la Fage

La grotte de la Fage-Mont Calbech est située au nord, en bordure du synclinal, dans la bande de calcaire e1C, au contact avec les marnes c7bM.

Dans cette grotte, d'importants volumes de fantômes de roche sont reconnaissables, encore en place, en continuité stratigraphique avec la roche saine. Très poreuse et fragile, cette altérite blanchâtre est aujourd'hui encore en cours de vidange (figure 45). Le fond de la salle est partiellement colmaté par un talus d'altérites remaniées. Il apparaît donc que l'essentiel du volume de cette cavité était initialement constitué de roche fantômisée et qu'une grande partie des vides initiaux a été formée par le tassement et/ou l'évacuation de l'altérite.

C'est un indice intéressant de spéléogénèse pour ce secteur. En effet, cette altérite atteste d'une spéléogénèse ancienne par fantômisation. Si cette origine avait déjà été évoquée, notamment dans le cas de la grotte du Mas d'Azil, il s'agit ici du plus bel exemple de fantômes de roche encore en place pour ce secteur des Pyrénées.

Grotte de la Fage ou du Mont Calbech



SMSP - GJ - 25.8.1973



Au-dessus : a) roche fantômisée (altération *in situ*) en place
A droite : b) fond de la galerie en cours de vidange,
partiellement comblée par l'altérite remaniée



figure 45 : grotte de la Fage (dessin Céline Pallier / Inrap-Traces, topographie d'après documents SMSP, clichés © Jean-Yves Bigot / AFK).

À la différence du Mas d'Azil et d'autres grottes sur le plateau, on ne relève ici aucune trace d'écoulement. Ainsi l'essentiel du vide karstique a été acquis au cours du tassement et du soutirage de l'altérite. D'ailleurs, on peut imaginer que la mise en charge de cette cavité aurait inéluctablement érodé et emporté les résidus de cette altérite. Dès lors, le décolmatage de l'altérite ne résulte pas d'une mise en charge des conduits mais plutôt de son tassement / soutirage en lien avec un niveau inférieur inaccessible. Cette vidange s'est réalisée au fur et à mesure de l'encaissement des vallées. Puis, le recul des versants et l'abaissement de la surface karstique ont recoupé successivement ces vides permettant alors l'accumulation de colluvions dans les parties en connexion directe avec la surface.

Conclusion et perspectives

La prospection des cavités sur le plateau n'a pas montré de lien direct avec le système karstique actuel. Elle apporte des informations intéressantes et complémentaires sur des phases plus anciennes de karstogénèse et les modalités d'évolution du paysage.

D'autres cavités ont été visitées cette année, qui pouvaient potentiellement offrir des contextes similaires de pertes-résurgences traversant des calcaires du massif du Plantaurel.

Les grottes du Portel et du Pas du Portel, par exemple, sont aussi creusées dans les calcaires thanétiens de la chaîne de la Caire. Ceux-ci présentent dans cette partie un très fort pendage vers le nord. Les cavités sont situées à deux niveaux altitudinaux distincts. La plus basse correspond à un réseau actif dans lequel se perd le ruisseau de Carol qui réurge quelques centaines de mètres plus loin, alimentant le ruisseau du Baulou, tributaire du ruisseau de Loubens puis se raccordant à l'Ariège. Son bassin d'alimentation d'environ 7 km², est très réduit et n'a jamais comporté, à la différence de la grotte du Mas d'Azil, d'amont glaciaire. Dans la grotte, si les vestiges du fonctionnement de la cavité sont rares des lambeaux de dépôts de galets cimentés par un épais plancher stalagmitique ont cependant été reconnus, témoignant de circulations anciennes. La datation du plancher stalagmitique permettrait de caler chronologiquement le fonctionnement de ce système perte-réurgence encore actif.

La grotte archéologique du Portel-est, quant à elle, domine cette perte d'une trentaine de mètres environ. Cette cavité fossile, presque entièrement colmatée, a permis un enregistrement sédimentaire de l'occupation de ce secteur depuis le Paléolithique moyen. Elle semble avoir été bouchée par l'effondrement d'un énorme bloc depuis la voûte. La galerie principale se développe, à l'instar du Portel-ouest, selon une direction ENE-OSO, là aussi guidée par l'orientation des strates calcaires. L'origine de cette cavité n'est pas connue. Une hypothèse pourrait être un creusement corrélatif de l'enfoncement d'un cours d'eau dans les marnes crétacées, mais pas nécessairement celui du Carol. Cette hypothèse serait à vérifier par une étude morphokarstique et morphosédimentaire de la cavité et de cette partie du massif.

Le second réseau visité, les grottes d'Enlène et des 3 Frères, se développent dans une zone extrêmement faillée, sur le chevauchement frontal nord-pyrénéen. Là aussi, le Volp se perd pour résurger 875 m plus loin (Bégouën *et al.* 2019). En amont de cette perte, le bassin d'alimentation est restreint, d'environ 10 km², et se développe uniquement dans des brèches et des calcaires, là encore sans amont glaciaire. Au-dessus du réseau actif, plusieurs galeries se développent, partiellement guidées par la fracturation. Des morphologies paragenétiques ont aussi été reconnues. Le souci de préservation des cavités n'a permis la réalisation que de quelques petits sondages. La connaissance des dépôts sédimentaires est donc limitée et il est difficile de les extrapoler à l'échelle du réseau. Signalons juste, dans la zone d'entrée de la grotte d'Enlène (diverticule gauche), la présence de niveaux gravettiens en place, reposant sur des niveaux de colluvions dans lesquels des objets attribués au Paléolithique moyen sont évoqués (Bégouën *et al.* 2019). La présence de cette chronologie, absente au Mas d'Azil du fait de son histoire paléo-hydrologique, montre d'ores et déjà une évolution morphosédimentaire très différente. Un peu

plus loin dans la cavité, dans le sondage « près du Volp », un dépôt fluviatile est présent mais très réduit (10 cm d'épaisseur) et repose directement sur l'encaissant calcaire. L'âge de sa mise en place n'est pas connu. Il est couvert par 70 cm d'argiles jaunes à gros blocs calcaires, qui sert de support à l'installation préhistorique (Bégouën *et al.* 2019).

Ces deux exemples, situés dans le massif du Plantaurel avec le passage d'un cours d'eau qui les traverse, comme la grotte du Mas d'Azil, n'ont pourtant pas connu la même évolution au cours de la période glaciaire et ne présentent pas d'enregistrements sédimentaires imbriquant à la fois des informations paléo-hydrologiques en lien avec les variations paléoclimatiques et des occupations tout au long du Paléolithique supérieur. Cet effet de site s'explique aisément par un bassin d'alimentation pour la grotte du Mas d'Azil beaucoup plus grand (de l'ordre de 200 km²), avec des petits cirques glaciaires en amont, qui ont permis un enregistrement unique extrapolable à l'échelle des vallées. Toutefois, les informations recelées dans ces cavités sont très complémentaires, notamment par la préservation de vestiges de périodes disparues dans la grotte du Mas d'Azil.

3.4. Axe 3 - Archéologie

Action 3-A : caractérisation archéologique des remplissages et des formations superficielles

Par Marc Jarry

Comme nous l'avons précisé dans le rapport d'activité précédent, cette action ne sera livrable qu'en fin de programme, avec le SIG qui comportera des couches spécifiques permettant le géoréférencement des niveaux archéologiques encore présents dans le site.

Action 3-B : évaluation complémentaire des niveaux archéologiques du secteur II (Théâtre/Ronde/Stérile)

Secteur II.1 (Théâtre)

Poursuite de l'étude de l'industrie osseuse du Mas d'Azil, fouilles 2011-2019

Par Jean-Marc Pétillon

Dans la suite du travail entamé l'année dernière (Pétillon et Thomas 2020), plusieurs compléments ont été apportés en 2021 à l'étude de l'industrie osseuse issue des fouilles 2011-2019 au Mas d'Azil :

1. Les 12 pièces d'industrie osseuse du « SD4 Pouech », partiellement figurées dans le rapport 2016 (p. 172-174) mais qui n'avaient pas été prises en compte en 2020, ont été localisées et ajoutées à l'inventaire.
2. La documentation sur les pièces a été étoffée : chaque objet a été observé, mesuré et déterminé sur les plans technologique et typologique ; ces informations, accompagnées d'indications taphonomiques (état de conservation, etc.), ont été consignées dans un fichier MS Excel ; et 27 pièces, soit 31 % de la série, ont été photographiées.
3. Un fragment appointé dont l'aspect suggérait une attribution possible à de l'os de grand cétacé a été échantillonné et analysé dans le cadre du projet ANR PaleoCet (voir ci-dessous).

Une observation plus approfondie de l'ensemble des pièces a permis d'écarter de l'industrie osseuse plusieurs objets qui avaient été classés l'année dernière parmi les éléments non façonnés « présentant des traces de raclage et d'incision qui n'ont pas pu être rapportées à un schéma opératoire déterminé » : ces traces ont été considérées comme compatibles avec des activités de boucherie, voire dans quelques cas identifiés comme non anthropiques. Quelques autres pièces

ont également vu leur classification technotypologique modifiée. Ces ajustements, et l'ajout des pièces du « SD4 Pouech », permettent de présenter un tableau d'effectifs actualisé (tableau 3).

Les observations faites cette année ne modifient cependant pas substantiellement les constats présentés dans le rapport 2020 concernant l'état de la série, sa composition et son attribution chronoculturelle. Une étude technotypologique plus détaillée n'a pas paru pertinente pour ces pièces découvertes en contexte de déblai. Nous reproduisons donc ci-dessous une partie du texte du rapport 2020, que nous complétons par des développements sur quelques points, des remarques plus précises sur certaines pièces, le rapport d'analyse de la pièce possiblement en os de cétacé, et une série d'illustrations.

		Piette	Rotonde	Billetterie	Théâtre	Pouech	autres	total
os	déchets double rainurage		1	1				2
	supports baguettes	1						1
	supports sur hémi-côte				1			1
	aiguilles à chas	1			4	2	1	8
	lissoirs	2						2
	pointes		1					1
	éléments de parure					1		1
	retouchoirs	1		1	1			3
	os gravés	1	1	1	6	4		13
	os travaillés					1	2	3
bois de cervidé	déchets double rainurage	2	1		1			4
	déchets d'élagage	1						1
	supports baguettes		3		1			4
	objets sur baguette indéterminés	2			2		1	5
	pointes	1	1		4	2	1	9
	baguettes demi-rondes	3	2	1	1		1	8
	bois travaillé					1		1
	éclat				1			1
dent	percées				1			1
	sciées		5	1	9			15
indét.	perle				1			1
	objets sur baguette indéterminés				1			1
	pointes				1			1
total		15	15	5	35	11	6	87

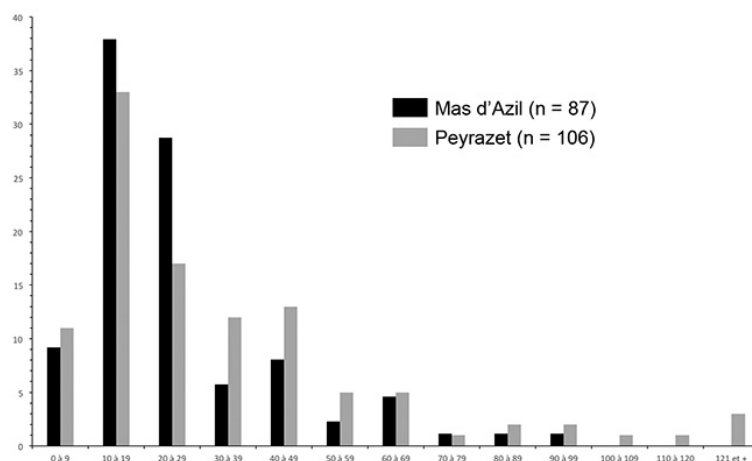
tableau 3 : Composition de l'industrie osseuse des fouilles 2011-2019 au Mas d'Azil, hors niveaux aurignaciens et secteur RD119. Signification des secteurs :

- Piette : bac A, Mas d'Azil 2012 Piette 2.2, secteurs 1, 2 et 3 ;
- Rotonde : bac 3, Mas d'Azil 2014, SD3 Rotonde, US 0 remblai ;
- Billetterie : bac 3, Mas d'Azil 2014, SD5 billetterie, remblais ;
- Théâtre : bac 6, Mas d'Azil 2016, Théâtre, remblai ;
- Pouech : bac 1, Mas d'Azil 2016, Théâtre, SD4 Pouech, remblai homogène ;
- autres : bac « à traiter » ; indications « 2016 SII-1 », « 2011 phase 2.1 au-dessus de la billetterie », « 2014 au-dessus de la billetterie », « Rotonde cheminement ».

Inventaire et état de conservation

Avec 87 pièces (tableau 3), le matériel est abondant et témoigne à nouveau, si besoin était, du fort potentiel des ensembles magdaléniens du Mas d'Azil dans ce domaine. En revanche, la série présente aussi des caractères qui reflètent son contexte de découverte dans des déblais de fouilles anciennes. Ainsi, elle est entièrement composée de pièces de petites dimensions : si on compare la distribution des longueurs des pièces avec celle de la série de Peyrazet – choisie comme exemple de série d'industrie osseuse magdalénienne fouillée avec des méthodes modernes dans des couches en place – le déficit de la série du Mas d'Azil en objets de plus de 30 mm est bien visible (figure 46 : ce déficit existe pour toutes les classes de longueur en-dehors de la tranche 70-79 mm). La rupture est si nette qu'on pourrait presque proposer ce seuil de 30 mm comme la « limite de détection » en-deçà de laquelle les pièces d'industrie osseuse avaient peu de chances d'être identifiées ou ramassées par les fouilleurs anciens. À l'inverse, et à la différence de la série de Peyrazet, la série du Mas d'Azil ne comporte aucun élément de plus de 100 mm de long, ces « grandes » pièces d'industrie osseuse ayant probablement été repérées lors des fouilles anciennes. La série retrouvée dans les années 2010 dans les déblais du Mas d'Azil se présente ainsi comme le complément des collections anciennes conservées dans les musées – celles-ci étant, à l'inverse, biaisées en faveur des éléments de grandes dimensions.

figure 46 : Comparaison de la distribution des longueurs des pièces d'industrie osseuse entre le Mas d'Azil, fouilles 2011-2019 dans les déblais, et Peyrazet, fouilles 2008-2015 dans l'ensemble attribué au Magdalénien supérieur (dessin Jean-Marc Pétillon / Cnrs-Traces).



La série est également marquée par une extrême fragmentation : à l'exception des dents travaillées, toutes entières (voir ci-dessous), 92 % des pièces sont fragmentaires (65/71) et les fractures post-dépositionnelles, parfois récentes, sont très fréquentes (58/71 soit 82 %). Les raccords entre fragments ont été systématiquement recherchés mais peu ont pu être effectués. Les patines sont assez variables, témoignage de la diversité des contextes d'enfouissement, et l'état de conservation des surfaces est globalement bon ou correct même si une partie du matériel a été altérée par la circulation de l'eau (concrétionnement, cupules et/ou desquamation, observés sur 41 % des pièces mais avec une étendue souvent limitée). Huit pièces présentent des traces de combustion.

Composition technotypologique

Le matériel est considéré ici dans sa globalité, tous secteurs et sondages confondus.

L'industrie en os est la plus représentée, avec 35 pièces dont 8 aiguilles à chas (figure 47, n° 7) et 3 éléments qui se rapportent vraisemblablement à la fabrication de ce type d'outil (un support baguette, et 2 déchets d'extraction de baguettes par double rainurage longitudinal). Outre 2 fragments de lissoir (figure 47, n° 5-6) et 1 fragment de support de lissoir sur hémicôte, le reste de l'industrie en os est composé d'éléments non façonnés : il s'agit d'éclats d'os qui présentent, soit des traces d'utilisation comme outil (3 retouchoirs), soit des traces de raclage qui n'ont pas pu être rapportées à un schéma opératoire déterminé (3 pièces), soit des tracés relevant



figure 47 : industrie en os. 1-2 : os gravés. 3 : perle (matière osseuse indéterminée : os ou bois de cervidé). 4 : fragment de pendeloque. 5-6 : fragments de lissoirs. 7 : fragment mésio-proximal d'aiguille à chas. 8 : fragment appointé en os de renne, avant et après prélèvement pour analyse ZooMS et datation ^{14}C (dessin Jean-Marc Pétillon / Cnrs-Traces).

– probablement ou avec certitude – de l'art mobilier (13 pièces : figure 47, n^{os} 1-2). Signalons enfin un fragment d'élément de parure en os, présentant encore un vestige de perforation (figure 47, n^o 4), et le fragment d'objet appointé qui a fait l'objet d'une analyse ZooMS (voir ci-dessous). Deuxième ensemble le plus abondant avec 33 pièces, l'industrie en bois de cervidé comprend quelques déchets (4 déchets d'extraction de baguette par double rainurage longitudinal, 1 déchet d'élagage par double rainurage opposé, 1 éclat), 4 fragments de baguettes extraites par double rainurage (figure 48, n^o 9) et 5 fragments d'objets sur baguette indéterminés, parfois décorés (figure 48, n^{os} 10-11). Les objets finis typologiquement déterminés se rapportent tous à la sphère de l'armement : 8 pointes (dont plusieurs fragments présentant des rainures longitudinales – figure 48, n^{os} 5-6 – ainsi qu'une possible pointe à base pleine et une possible pointe à biseau double : figure 48, n^{os} 7-8) et 8 baguettes demi-rondes, éléments d'armatures composites (figure 48, n^{os} 1-4). Une de ces dernières, ainsi qu'un fragment d'objet indéterminé, portent un décor de « trèfles » connu dans les ensembles du Magdalénien moyen récent des Pyrénées (*e.g.*, Lucas 2013).

L'industrie en bois de cervidé comprend également un petit fragment constitué d'une portion de fût sur le bord duquel a été aménagé une « ailette » montrant, sur des deux faces, une série d'incisions transversales (figure 48, n^o 12). Très rare, ce type d'aménagement évoque de près une pièce provenant du Magdalénien supérieur de Fontalès (figure 48, n^o 12 ; les dimensions des deux objets sont par ailleurs tout à fait compatibles). La pièce de Fontalès a été décrite comme « un fragment de harpon à ailettes et à double rang de barbelures, dont quelques-unes seules subsistent sur l'un des côtés de l'objet. Les deux ailettes ornées, l'une sur une face, l'autre sur les deux, de lignes obliques et parallèles, évoquent l'empennage d'une flèche » (Darasse et Guffroy 1960, p. 22-23) ; ou encore comme « un fragment de "harpon" qui porte une série d'encoches latérales et, vers sa partie proximale, deux ailettes gravées de lignes obliques parallèles (...). La pièce est malheureusement trop fragmentée pour que l'on puisse deviner s'il s'agissait réellement de la représentation de l'empennage d'un harpon, mais il faut reconnaître que la comparaison s'impose d'emblée » (Julien 1982, p. 139 ; voir également Welté 2000, p. 398). Sans épiloguer sur l'interprétation de cet objet unique et fragmentaire, soulignons que le fragment découvert au Mas d'Azil est la première occurrence de ce type de pièce en-dehors de Fontalès, même si un rapprochement avait également pu être suggéré avec un objet magdalénien d'Isturitz (Pétillon 2006, p. 216).

Les dents modifiées sont au nombre de 16. À l'exception d'une dent dont la racine est en cours de percement (figure 49, n^o 1), il s'agit toujours d'incisives présentant des traces de sciage transversal sur la face vestibulaire de la racine. Le mode d'obtention de ce type d'objet et l'opération technique dans laquelle il s'insère ont été décrits dans une publication restée célèbre (Poplin 1983a) : ces pièces témoignent de l'extraction simultanée d'une rangée complète d'incisives, maintenues solidaires par le tissu gingival qui les entoure. La série comprend 10 couronnes (figure 49, n^{os} 4-5), 2 racines (figure 49, n^{os} 2-3) et 3 dents complètes sur lesquelles le sciage n'est que partiel (figure 49, n^{os} 6-7) ; elle témoigne ainsi de toutes les étapes de la production de ce type d'objet.

La série est complétée par une perle sphérique (figure 47, n^o 3) et deux fragments d'objets finis sur baguette – dont un fragment de pointe – façonnés dans une matière osseuse indéterminée (os ou bois de cervidé ?).



figure 48 : industrie en bois de cervidé. 1-4 : baguettes demi-rondes (1, en bois de cerf ; 2, avec rainure longitudinale ; 3, avec décor de « trèfles » ; 4, probable fragment proximal à biseau bilatéral). 5-8 : pointes (5-6 : fragments mésiaux avec rainures longitudinales ; 7 : fragment proximal de pointe à base pleine ; 8 : fragment proximal de pointe à biseau double). 9 : baguette extraite par double rainurage longitudinal. 10-11 : fragments d'objets indéterminés décorés. 12 : fragment d'objet « à ailettes » et dessin de la pièce similaire provenant de Fontalès (d'après Darasse et Guffroy, 1960, dessin P. Laurent) (dessin Jean-Marc Pétilion / Cnrs-Traces).

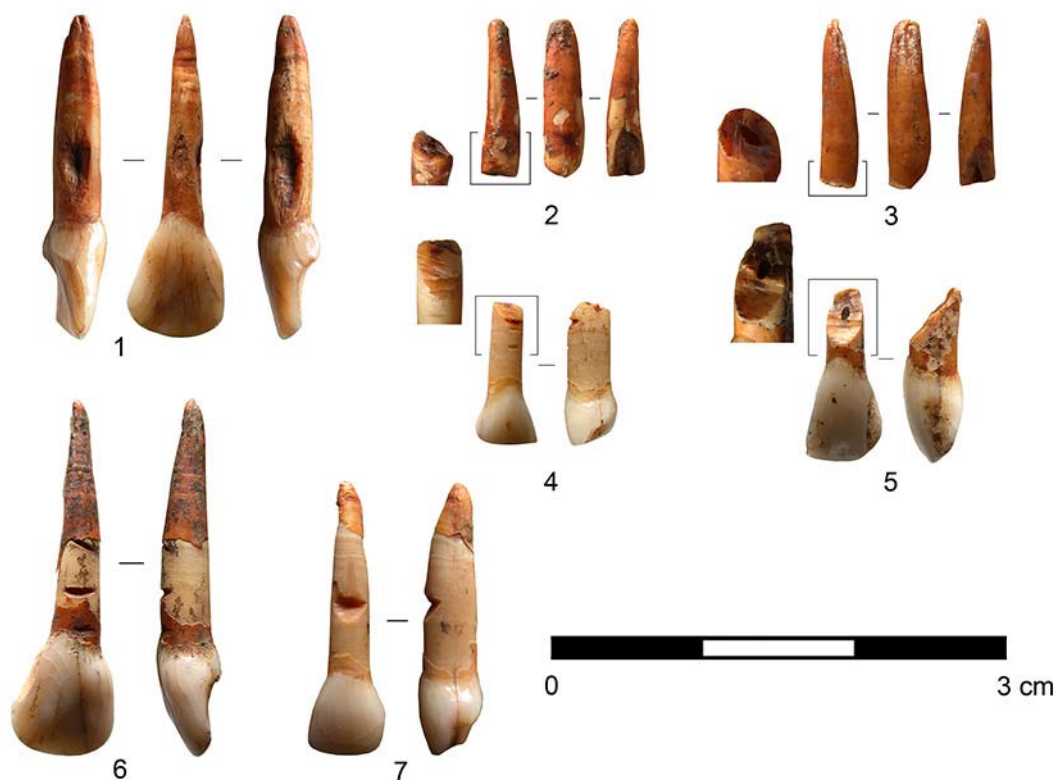


figure 49 : incisives aménagées. 1 : dent complète avec racine en cours de percement par raclage bifacial ; 2-7 : éléments avec traces de sectionnement par sciage transversal sur la face vestibulaire et flexion (2-3, racines ; 4-5, couronnes ; 6-7, dents complètes avec racine en cours de sciage) (dessin J.-M. Pétillon / Cnrs-Traces).

Échantillonnage et analyse d'une pièce potentiellement en os de cétacé

Une des pièces du SD3 « Rotonde » (fouille 2014) présentait une porosité particulière qui pouvait suggérer une attribution à de l'os de grand cétacé, ce qui n'aurait pas été aberrant puisque l'industrie osseuse du Mas d'Azil a déjà livré un certain nombre d'objets de ce type (Pétillon 2013), sans oublier la célèbre dent de cachalot sculptée (Poplin 1983b). Dans le cadre du projet ANR PaleoCet, consacré à l'exploitation des grands cétacés dans le Paléolithique de l'Europe atlantique, la pièce a donc fait l'objet d'un prélèvement pour identification taxinomique (analyse ZooMS) et datation ^{14}C par AMS.

Cet objet est un fragment osseux appointé, long de 26 mm pour une section ovale de 8×7 mm, façonné par raclage, portant quatre courtes incisions transversales sur la face supérieure et les bords (figure 47, n° 8). Il pesait à l'origine 730 mg ; 100 mg (soit 14 % de sa masse) ont été prélevés sous forme d'un forage avec une perceuse de poche dans l'épaisseur de la pièce (échantillon sous forme de poudre pour analyse ZooMS, 40 mg), accompagné d'un sectionnement de l'extrémité de la languette de la fracture proximale avec une scie de modélisme (échantillon solide pour datation ^{14}C , 60 mg).

L'échantillon de poudre a été utilisé par Krista McGrath, de l'université autonome de Barcelone, pour une analyse d'empreinte peptidique de masse du collagène (également connue sous l'acronyme ZooMS, *zooarchaeology by mass spectrometry* : e.g., Welker *et al.* 2015). L'échantillon a livré un spectre caractéristique du **renne**, invalidant ainsi l'hypothèse initiale d'attribution. Cette dernière était manifestement due à une convergence de caractères entre certaines parties du squelette de renne et la structure poreuse habituellement observée sur les os des grands cétacés,

l'identification pouvant être trompeuse sur des fragments de dimensions aussi réduites. Le second échantillon reste disponible mais sa datation n'a pas été jugée prioritaire dans le cadre du projet PaleoCet.

Discussion

Sur le plan chronoculturel, l'ensemble du matériel est compatible avec une attribution au Magdalénien moyen ou supérieur, au sens large. La fréquence des baguettes demi-rondes, la présence d'un fragment de pointe à base pleine, certains décors spécifiques (« trèfles ») suggèrent plus précisément une attribution au Magdalénien moyen récent, en accord avec les autres études et analyses réalisées. Deux pièces évoquent toutefois le Magdalénien supérieur : un possible fragment de pointe à biseau double provenant des remblais du Théâtre, et le fragment de pièce « à ailettes » issu du SD4 Pouech.

Cet inventaire met également en relief deux particularités de la série. Il s'agit d'une part de la fréquence de l'art mobilier – qu'il s'agisse des décors sur les objets utilitaires, ou des éclats d'os n'ayant d'autre rôle que celui de support de gravure. Ces derniers, dont la lecture devra bien sûr être confirmée et affinée, apparaissent relativement nombreux, *a fortiori* compte tenu du fait que leur détection n'était pas facilitée par l'état de lavage d'une partie du matériel osseux.

D'autre part, la fréquence des incisives sciées est également frappante. Ajoutées aux quatre identifiées lors des fouilles le long de la RD119 (Pétillon et Costamagno 2019), à l'individu supplémentaire découvert en contexte aurignacien (Pétillon 2016a) et aux 12 pièces trouvées par F. Poplin dans la faune des fouilles Péquart (Poplin 1983a, p. 60), les 15 pièces mentionnées ici portent à plus de trente le nombre d'objets de ce type provenant du Mas d'Azil, et comprennent des éléments renvoyant à toutes les étapes de la chaîne opératoire (ébauches – les dents en cours de sciage –, déchets – les racines – et objets finis – les couronnes). Les incisives sciées sont attestées tout au long du Magdalénien, et l'effectif de la série du Mas d'Azil reste modeste au regard de ceux d'autres sites, en particulier du Magdalénien supérieur (une quarantaine à Peyrazet, 83 à Santa Catalina, plus de 100 à Gönnersdorf et plus de 200 au Petersfels : Poplin 1983a p. 60-61 ; Berganza et Arribas 2010 ; Rigaud *et al.* 2019). Il donne cependant une idée du nombre de pièces de ce type qui ont dû passer inaperçues lors des fouilles anciennes et qui parsèment aujourd'hui les déblais à l'intérieur de la cavité.

Étude typo-technologique de l'industrie osseuse de la grotte du Mas d'Azil : la collection dite de Félix Régnauld

Par Eugénie Thomas

Introduction

Notre étude se fonde sur un corpus de 183 pièces d'industrie en bois de cervidé, attribuées au Magdalénien de manière large, issues de la collection dite de Félix Régnauld de la grotte du Mas d'Azil. Cette collection est conservée au Muséum d'histoire naturelle de Toulouse depuis 1909, un an après la mort de Félix Régnauld, et se compose de pièces lithiques et osseuses et d'ossements. Le corpus de notre étude s'est porté uniquement sur les pièces en bois de cervidé du Magdalénien, car la quantité globale de l'industrie osseuse de la collection, comportant du Magdalénien et de l'Azilien était trop importante.

Félix Régnauld est un passionné de Préhistoire, qui est venu en 1876 au Mas d'Azil. Il n'a laissé qu'un seul article sur ses travaux (Régnauld 1876). Il décrit ses travaux avec l'ouverture d'une nouvelle coupe dans ce qu'il appelle le « couloir F », qu'on ne situe toujours pas précisément aujourd'hui. Il y signale une abondance d'ossements d'animaux mais précise tout de même que « les silex sont très rares [...], les instruments et objets divers en os travaillé encore plus ». Il fait

aussi part de sa découverte inédite de foyers avec du silex et des ossements cassés sur la rive gauche de la grotte.

Il n'existe quasiment pas de données sur la collection dite Félix Régnault dans les archives, en dehors de l'article de 1876. Il y a d'ailleurs une information dans celui-ci qui semble peu cohérente lorsqu'on la compare avec la collection. En effet, il indique un nombre réduit de pièces d'industrie osseuse retrouvées. Pourtant, la collection conservée au Muséum est de 183 pièces, uniquement pour l'industrie en bois de cervidé attribuée du Magdalénien. Il est clair qu'il existe une discordance entre les écrits de Félix Régnault et ce qu'il y a dans les réserves. D'autres lacunes existent pour ce corpus, notamment par le fait même qu'il est issu de fouilles anciennes, amoindissant la part des vestiges prélevés et enregistrés par rapport à une fouille actuelle. Il n'existait pas, dans les années 1870 de fouille fine, ni de tamisage. Il manque donc un certain nombre de pièces par exemple les plus petites, pour lesquelles il est difficile de connaître la part manquante. Une réflexion autour de l'origine des pièces doit être effectuée pour essayer de remettre la collection dans un contexte plus précis de découverte dans la grotte.

Méthode

Concernant la collection, trois pistes d'études ont été abordées. Il faut d'abord 1) comprendre et reconstituer la chaîne opératoire de l'exploitation des matières osseuses, pour 2) pouvoir la remettre en perspective dans le contexte plus global de l'industrie osseuse du Magdalénien de la grotte du Mas d'Azil et des Pyrénées, et enfin 3) ces résultats pourront alors nous permettre d'affiner les attributions chronoculturelles.

À ce sujet, aucune donnée n'a pu indiquer des informations sur l'origine des pièces de la collection à l'exception d'une pièce avec une étiquette "Don E. Filhol" qui ne renseigne pas davantage sur une localisation d'un secteur de découverte, ni sur la personne à l'origine de la découverte de la pièce.

Pour étudier ce corpus, nous nous sommes fondée sur la méthodologie des études typotechnologiques. Elle permet une reconstitution technique et économique de la production et de l'utilisation des équipements osseux. L'objectif est de les étudier comme un ensemble, pour orienter les analyses vers une compréhension des matières premières, des gestes et outils utilisés et du savoir-faire de l'artisan. Pour voir plus précisément les données utilisées pour l'étude, une méthodologie plus complète a été établie dans notre mémoire (Thomas 2021).

Résultats

- Matières premières

Afin de déterminer de quelles espèces de cervidés provenaient les bois du corpus d'étude, deux critères ont été retenus. D'abord nous avons observé l'aspect de la surface externe des bois : la partie compacte dont la texture est différente entre le renne et le cerf. Pour le premier, la surface du bois est très lisse alors que pour le second, celle-ci est parsemée de perlures. Ensuite nous avons observé la partie spongieuse des bois, donc la partie interne, qui se différencie aussi entre le renne, qui a une densité de trame très forte, et le cerf où la densité est plus faible. Ce premier diagnostic a montré une très forte majorité de pièces en bois de renne, avec seulement cinq pièces en bois de cerf sur 183.

Sur les 17 parties basilaires, nous avons constaté que neuf pièces présentent encore le pédicule. Il s'agit donc de neuf bois issus de la chasse, ce qui est plutôt rare dans ce que nous connaissons du Magdalénien des Pyrénées. Ces neuf pièces renvoient à des modules de bois variés, puisque nous y retrouvons à la fois les plus petites circonférences et la plus grande, ainsi que des circonférences intermédiaires.

TECHNOLOGIE	EFFECTIF	TYPES	EFFECTIF
Objet fini	91	Baguette demi-ronde	8
		Bâton percé	3
		Pointe de projectile	23
		Indéterminé	57
Support	15	Pièce sur hémi-tronçon	4
		Support en baguette	5
		Support indéterminé	6
Déchet	17	Ø	Ø
Indéterminé	60	Ø	Ø

tableau 4 : effectifs technologique et typologique des pièces d'industrie osseuse de la collection Régnauld conservée au Muséum de Toulouse.

Grâce au relevé de la circonférence des parties basilaires pour lesquelles nous avons encore les parties basilaires, nous avons pu faire une répartition entre l'âge et le sexe des individus. En analysant les 17 parties basilaires du corpus, la majorité des pièces présentent une circonférence intermédiaire entre 100 et 200 mm, pour laquelle il est difficile d'attribuer une catégorie d'âge et de sexe (pour les rennes seulement). Seules deux parties basilaires ont une petite circonférence de moins de 100 mm et correspondent à des individus renne jeunes ou femelles. Enfin une seule partie basilaire est de gros module avec une circonférence de plus de 200 mm et correspond à un individu renne mâle adulte.

- L'état des pièces

Deux aspects ont été observés : la fragmentation et la conservation (tableau 5 et tableau 6).

Le corpus est composé presque entièrement de fragments, puisque seules cinq pièces sont considérées comme entières (soit 3% du corpus). Les fragments sont constitués pour 28% de fragments distaux, 50% de fragments mésiaux et 20% de fragments proximaux, toutes catégories technologiques confondues. La petite quantité de ces-derniers rend l'analyse des pièces plus difficile car pour les attribuer à une classe typologique des objets finis car c'est souvent cette partie qui est la plus parlante, notamment pour les pointes de projectile.

Concernant l'état de conservation, le corpus se compose majoritairement de pièces en bon (41%) et moyen (51%) états de conservation. Seules 16 pièces sont en mauvais état de conservation (9%). Ces états de conservation globalement satisfaisants permettent la lecture des stigmates techniques.

tableau 5 : état de complétude fragmentation des pièces d'industrie osseuse de la collection Régnauld conservée au Muséum de Toulouse.

	Effectif	Pourcentage
Fragment distal	51	27,9%
Fragment mésial	91	49,7%
Fragment proximal	36	19,7%
Pièce entière	5	2,7%
Total	183	

tableau 6 : état de conservation des pièces d'industrie osseuse de la collection Régnauld conservée au Muséum de Toulouse.

	Effectif	Pourcentage
Bon état	75	41,0%
Moyen état	92	50,3%
Mauvais état	16	8,7%
Total	183	

Description morphologique des pièces

- Les objets finis

Les objets finis représentent 51% du total des pièces du corpus (tableau 4). Il s'agit donc de la catégorie technologique la plus représentée avec huit baguettes demi-rondes, trois bâtons percés, 23 pointes de projectile et 57 objets indéterminés (cf. figure 50 à figure 54).

Les baguettes demi-rondes présentent toutes un fût à bords parallèles et de section plano-convexe. Seule une des baguettes est entière, les autres pièces correspondent à deux fragments distaux, quatre fragments mésiaux et un fragment proximal. Sur ces baguettes, plusieurs types de décors peuvent être identifiés :

- des incisions parallèles obliques organisées ou non, uni- ou bifaciales ou bilatérales ;
- des incisions longitudinales unifaciales ou latérales ;
- des rainures longitudinales unifaciales.



figure 50 : bâton percé, collection Régnauld MHNT (cliché Eugénie Thomas / Univ. Toulouse Jean Jaurès).

Les baguettes demi-rondes sont des éléments d'armatures généralement associées par deux pour former des pointes bivalves (Barge-Mahieu *et al.* (dir.) 1992, Pétillon 2016a).

Les bâtons percés se caractérisent par un fût de section subcirculaire, aux bords parallèles, et par une perforation sur la partie distale. Sur les trois bâtons percés, deux sont des fragments mésiaux (la perforation reste visible) et un seul est un fragment distal. Un des bâtons semble correspondre au type de bâton percé à branches courtes ou sans branche, les deux autres semblent correspondre au type de bâton percés à une ou deux branches obliques (Barge-Mahieu *et al.* (dir.) 1992).

Les pointes de projectiles présentent une extrémité distale appointée, un fût aux bords parallèles et une extrémité proximale aménagée pour un emmanchement. C'est cette dernière partie qui nous intéresse pour pouvoir attribuer des types de pointes et pour laquelle nous avons neuf pièces identifiables : deux pointes à base fourchue, cinq pointes à biseau simple et deux pointes à biseau double. Le reste des quatorze autres pointes ne peut être déterminé précisément, du fait de l'absence de la partie proximale. Plusieurs décors sont présents sur cinq pointes :

- des incisions obliques croisées bilatérales ;
- des incisions obliques parallèles unifaciales et / ou bilatérales ;
- des incisions transversales et longitudinales parallèles unifaciales.

Concernant les dimensions de largeur et d'épaisseur, nous pouvons voir que les pointes mesurent en moyenne entre 6 et 12 mm de largeur et entre 6 et 8 mm d'épaisseur, exception faite pour cinq pièces qui sont plus petites ou plus grandes. Le fait que le rapport entre la largeur et l'épaisseur soit relativement constant pourrait montrer une certaine uniformisation de la production des pointes de projectile.

Le reste des objets finis reste indéterminé, ce qui représente 57 pièces. Cette catégorie technologique a quand même pu leur être attribuée, notamment grâce à l'aspect et au traitement de surface de la matière. En effet, ces pièces présentent des stigmates de raclage périphérique ou de rainure et d'incision pour des décors.

- Les supports

Les supports correspondent à presque 9% de la collection, avec quatre pièces sur héli-tronçon, cinq supports en baguette et six supports indéterminés.

figure 51 : pointe à base fourchue, collection Régault MHNT (cliché Eugénie Thomas / Univ. Toulouse Jean Jaurès).



figure 52 : pointe à biseau double, collection Régnauld MHNT (cliché Eugénie Thomas / Univ. Toulouse Jean Jaurès).

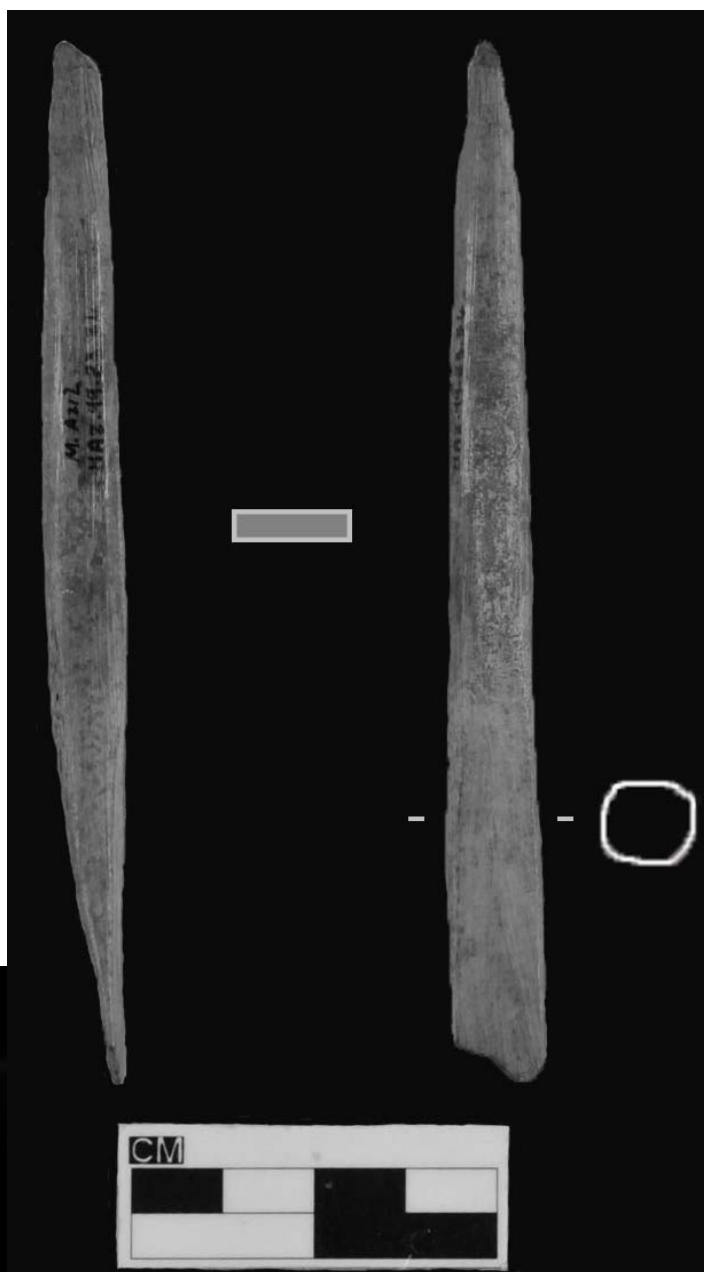


figure 53 : pointe à biseau simple, collection Régnauld MHNT (cliché Eugénie Thomas / Univ. Toulouse Jean Jaurès).



figure 54 : support baguette, collection Régnauld MHNT (cliché Eugénie Thomas / Univ. Toulouse Jean Jaurès).

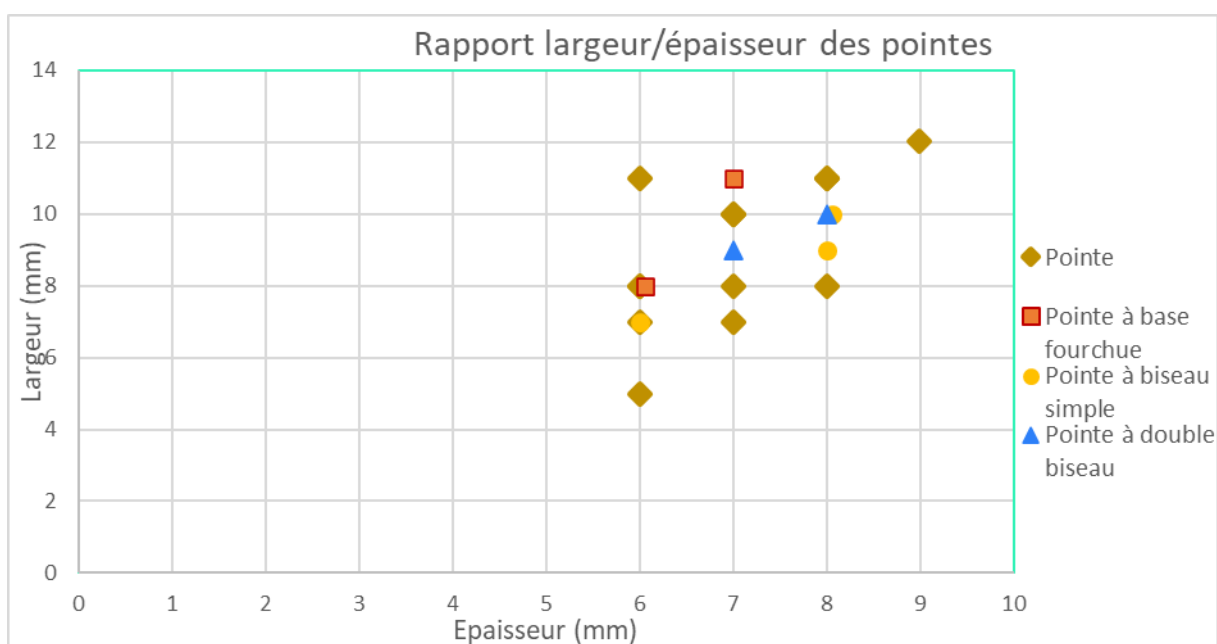


figure 55 : étude de standardisation des pointes de projectile de la collection Régnauld MHNT, avec le rapport entre la largeur et l'épaisseur (dessin Eugénie Thomas / Univ. Toulouse Jean Jaurès).

Les supports présentent tous des bords parallèles, sans réel aménagement de surface puisqu'il s'agit de l'étape complémentaire avec le déchet, et antérieure à l'objet fini ou l'ébauche. À l'exception de deux pièces, il s'agit presque exclusivement de fragments mésiaux.

L'ensemble des supports présente des stigmates de débitage longitudinal par rainurage bilatéral. Parmi les deux types de supports identifiés, il y a les pièces sur hémi-tronçon et les supports en baguette. Les premiers sont des supports intermédiaires à fût parallèle et de section plano-convexe en bois de renne, les second correspondent au type de support le plus courant au Magdalénien, avec des bords parallèles et une section rectangulaire. Pour les supports malgré la présence d'un débitage similaire, l'absence de morphologie particulière ne permet pas de les attribuer à un type en particulier.

- Les déchets

Les déchets correspondent aussi à 10% de la collection, avec dix déchets de débitage longitudinal sur perche et sept déchets de débitage longitudinal sur embranchement entre perche et andouillers.

Ces déchets présentent des traces de débitage par rainurages multiples selon les pièces, pour une obtention de supports intermédiaires ou en baguette. Selon le nombre de rainurage présents, le nombre de supports par bloc peut varier d'un à plusieurs.

- Les indéterminés

Il reste ici 30% des pièces pour lesquelles une catégorie technologique n'a pu être attribuée. Cela est dû au mauvais ou moyen état de conservation, mais aussi à un degré de fragmentation trop important.

Discussion

Après l'étude du corpus, nous pouvons donc proposer une attribution chronoculturelle au sein de la période du Magdalénien des Pyrénées. Cette proposition est limitée par l'absence de données stratigraphiques de notre corpus et par l'absence de datations. Il semble donc que la collection correspond dans l'ensemble au Magdalénien moyen et inclut la transition vers le Magdalénien supérieur ancien. En effet, la présence de différentes pointes déterminées avec des formes d'emmanchement différentes (biseau simple, biseau double, base fourchue, etc.) permet d'établir une attribution chronologique, notamment avec la pointe à biseau simple que l'on retrouve sur l'ensemble du Magdalénien moyen (ancien et récent). Quant aux pointes à base fourchue et à biseau double, il s'agit de types de pointes que l'on retrouve principalement durant le Magdalénien supérieur ancien et récent. Mais la pointe à base fourchue peut aussi se retrouver à la fin du Magdalénien moyen récent, ce qui montre bien la transition entre le Magdalénien moyen et supérieur (Delporte *et al.* 1988, Pétilion 2006, 2007, Langlais *et al.* 2014, Pétilion 2016b).

Cette attribution de transition entre le Magdalénien moyen et le Magdalénien supérieur se confirme avec les méthodes de production des pièces, et avec la présence de nombreux décors. Ces-derniers se retrouvent majoritairement au Magdalénien moyen et ont tendance à disparaître avec le Magdalénien supérieur. Il s'agit donc de la même dynamique que l'on retrouve avec les pointes à biseau simple, qui est contrebalancée par la présence des pointes à biseau double, à base fourchue et à barbelures (Pétilion 2016b).

La grotte du Mas d'Azil a fourni une grande quantité d'industrie osseuse et les pièces de notre corpus correspondent majoritairement à ce qui a pu être trouvé par d'autres préhistoriens, à l'exception de la rareté de pièces d'art mobilier (Piette 1891c, Péquart et Péquart 1941c, Buisson *et al.* 1996). Nous retrouvons également une forte présence des pièces en bois de renne, bien plus représentées que les pièces en bois de cerf. La majorité des types de pièces de notre corpus se retrouvent dans d'autres sites du Magdalénien des Pyrénées, que ce soit les armatures ou les supports, etc. mais c'est aussi le cas avec les méthodes de production ou les décors présents sur

les pièces (Averbouh *et al.* 1999, Pétillon 2006a, Langlais *et al.* 2014, Pétillon 2016b, Pétillon *et al.* 2017, Langlais et Pétillon 2019).

Cette représentation fidèle de ce que nous connaissons pour cette période doit néanmoins être nuancée par l'absence de pièces qui ne sont pas présentes dans la collection à cause de l'ancienneté de celle-ci. La dernière nuance doit être apportée concernant la part de bois de chute et de bois de massacre. En effet, le corpus comporte autant de bois dans les deux catégories et cela est assez surprenant. Au Magdalénien, la part de bois de massacre est généralement très minoritaire, les populations utilisant principalement des bois de mue. Il s'agit donc d'une originalité de cette série provenant la grotte au Mas d'Azil.

Conclusion

L'étude du corpus a permis de répondre aux questions posées en introduction, notamment sur la typo-technologie des pièces de cette collection jusqu'à présent inédite. Grâce à cette approche, nous avons pu proposer une attribution chronoculturelle de transition entre le Magdalénien moyen et le Magdalénien récent.

Cette étude permet de faire avancer les recherches sur les travaux de Félix Régnauld au sein de la grotte du Mas d'Azil, en permettant peut-être à terme de localiser les locus de fouilles de celui-ci. Ces recherches pourraient néanmoins être approfondies en complétant avec le reste de la collection avec les pièces en os et en dentine, et les pièces issues de l'Azilien qui n'avaient pas pu être inclus dans le corpus, et qui permettraient d'avoir une vision plus complète de ce qu'est la collection dite de Félix Régnauld.

Sondages 2, niveaux aurignaciens : assemblages microfauniques des niveaux aurignaciens

Par Emmanuelle Stœtzl et Loïc Lebreton

L'étude, presque achevée puisqu'il ne reste plus que quelques analyses taphonomiques à réaliser, fera l'objet d'une publication exhaustive en 2022.

Action 3-C : évaluations complémentaires des niveaux archéologiques de la salle Piette et proche (secteurs III, IV et VI)

Par Marc Jarry

Cette année, nous n'avons pas mené d'action archéologique spécifique dans ce secteur. Même s'il serait-toujours possible d'aller plus loin, nous considérons maintenant que cette action est terminée.

Il est à noter que la publication est sortie en 2021 dans le *Journal of Archaeological Science : reports* (Jarry *et al.* 2021, cf. Annexe 6) concerne ce secteur. En outre, nous travaillons actuellement sur une publication générale sur nos travaux réalisés dans la salle Piette (topographie, organisation des espaces, industries lithiques, datations et archéozoologie).

Action 3-D : évaluation des niveaux de la salle du Temple / galerie des Ours / salle Mandement et proches (secteurs V, VI, IX, X, XI, XII et XIII)

Par Marc Jarry

Aucune investigation de nature archéologique n'a été menée cette année dans ces secteurs. L'évaluation du niveau rubéfié présent à la base du pilier du Temple et l'études des niveaux à ours de la galerie des Ours sont les principaux travaux à réaliser d'ici la fin du PCR. En outre, dans ces secteurs, la présence d'accumulation de rejets d'exploitation de salpêtre, notamment dans le parcours supérieur de la salle du Temple et dans la salle Dewoitine, nécessitera aussi des investigations complémentaires dans le cadre d'une étude générale de ces vestiges présents dans la grotte.

Action 3-E : évaluation des niveaux archéologiques de la galerie Principale / Rive Gauche de l'Arize (secteur I)

Opérations de nettoyage des secteurs Maury et Péquart

Par Marc Jarry et François Bon

Problématique

Les archives et publications concernant la Rive Gauche, nombreuses, nous ont permis de reconstituer la chronologie de la plupart des opérations archéologiques réalisées depuis le XIX^e siècle dans cette partie de la grotte (cf. rapports d'activité 2020 Jarry *et al.* 2020). Il restera bien sûr à évaluer, pour comprendre réellement l'état actuel du site, la part due aux salpêtriers (cf. *infra*) et celle éventuellement due aux fouilles clandestines, par nature difficiles à cerner et à quantifier. Concernant ces interventions illégales, au-delà de la sape qui a amputé le niveau magdalénien principal, visible dans la coupe est du secteur Péquart, elles ne semblent pourtant pas avoir eu une emprise très importante. En effet, et heureusement, il apparaît que les travaux archéologiques sur cette rive de l'Arize aient suscité très tôt assez d'intérêt pour que, les uns surveillant les autres, et sachant qu'il y eut longtemps un gardien de la grotte habitant la maison située à proximité du porche sud, les affouillements clandestins soient restés assez ponctuels de la part des préhistoriens du dimanche.

Cependant, entre les archives qui nous racontent l'histoire des interventions et le site lui-même, il est parfois difficile de retrouver la matérialisation des fouilles anciennes. En effet, la Rive Gauche nous est apparue, lors de son premier abord en 2019, comme un « champ de mines », par endroits assez végétalisés, où nous n'arrivions à identifier de prime abord que deux secteurs évidents, celui des fouilles Péquart (les dernières fouilles en somme), et celui des fouilles Maury (bien qu'elles constituent les premières interventions archéologiques) (figure 56, figure 57 et figure 58).



figure 56 : Rive Gauche. Vue des différents secteurs depuis l'ouest au mois d'avril 2021. Au premier plan à gauche : le secteur du Cantonnement Maury. Sous les pieds des personnes (MJ et LB) apparaissent les limons nettoyés en 2020. Derrière eux, les bâches protègent les vestiges et sondages anciens mis au jour lors de notre première opération dans ce secteur. En bas à droite : le secteur de la fouille des époux Péquart. On distingue bien ici le cône de blocs et déblais qui encombrant l'angle sud-ouest de la fouille et l'énorme tas de remblais qui comble au milieu le secteur où devrait se trouver les fouilles réalisées par Piette (cliché © Céline Pallier / Inrap-Traces).

figure 57 : Rive Gauche. Vue depuis le nord du front sud-est de la fouille Péquart en avril 2021. On distingue bien ici encore l'important tas de déblais qui encombre l'angle sud-est de la fouille et qui masque une grande partie des coupes. Au-dessus, les remblais masquant les fouilles Piette nécessitent d'être stabilisées. On voit aussi à droite la quantité de blocs recouvrant le fond de la fouille Péquart et qui nécessitent d'être dégagés. Certains étaient très conséquents. (cliché © Céline Pallier / Inrap-Traces).



figure 58 : Rive Gauche. Vue depuis le sud (sur les remblais du secteur Piette), vers le nord, du trou de la fouille des époux Péquart tel qu'il apparaissait en avril 2021. On distingue bien ici encore l'encombrement du fond de la fouille et la quantité de blocs à dégager au pied de la coupe ouest (cliché © Céline Pallier).



Nous avons donc entrepris en 2020 une première approche par un nettoyage limité du secteur Maury, afin de partir sur d'éléments identifiés et d'en comprendre l'articulation par rapport aux données disponibles concernant les fouilles suivantes, notamment celles d'Édouard Piette et de ses ouvriers (Jarry *et al.* 2020 : 157-181). Nous renvoyons au rapport d'activité 2020 pour les résultats obtenus, lesquels s'avéraient très intéressants du fait notamment de l'identification de deux sondages anciens, probablement les plus anciens recensés, même si à ce moment les dimensions reconnues du sondage ancien n°1 ne correspondaient pas avec les données issues des archives, qui indiquaient un approfondissement dans les limons de tranchée la tranchée 2 de Maury sur une surface de l'ordre de 4,5 m par 0,6 m, alors que nous n'avions pu le reconnaître en surface que sur 2,2 m par 1 m. Le mobilier recueilli dans les déblais comblant ces excavations, notamment le sondage ancien n°1, permettait cependant de nous orienter vers les origines de l'archéologie sur cette rive, grâce à la présence de plusieurs galets peints aziliens dont on peut penser qu'ils n'étaient pas encore reconnus – ce qui nous place face à des interventions très primitives, ces objets ayant été ensuite avidement recherchés, à commencer par Piette. En outre, le nettoyage du périmètre avait permis de repérer des éléments en place, certes en faible quantité

mais précieux car concernant l'Azilien, et de découvrir aussi au fond du sondage ancien n° 2 un niveau magdalénien sans doute supérieur voire final, avec notamment un foyer laissé sans doute en place par Piette (cf. Jarry *et al.* 2020), témoignaient du potentiel archéologique conservé dans cette zone. Les déblais avaient été tamisés et triés et aucun vestige en place n'avait été prélevés, en dehors, comme prévu, de charbons pour les datations.

Nous avons décidé, pour la campagne 2021, de continuer le nettoyage délicat du secteur Maury, en se concentrant sur les environs des sondages anciens et en se déplaçant vers l'ouest, vers la zone présumée des secteurs des ouvriers de Piette. Cette opération s'intégrait aussi au nettoyage de la partie haute de la coupe est de la fouille Péquart afin de sécuriser celle-ci pour les éventuelles interventions en contrebas.

En effet, si nous sommes bien intervenus sur le secteur Maury où nous avons par ailleurs continué à traiter les déblais stockés en 2020, c'est bien sur le secteur Péquart que nous avons concentré nos efforts. En effet, il était impératif de nettoyer le fond de cette fouille et de ces abords. Les objectifs étaient 1) de sécuriser la zone, notamment en nettoyant ou confortant les hauts des coupes et en évitant les objets au sol pouvant provoquer des chutes ; 2) de rendre au site son statut de site archéologique majeur en le nettoyant et en l'entretenant et 3) d'y voir enfin plus clair car le fond de la fouille et les pieds des coupes étaient invisibles (avec par endroits plus de 1,5 m de remblais et d'importants blocs de calcaires dévalés depuis le haut des coupes). Vers le sud, vers les fouilles Piette, le nettoyage devaient aussi permettre de repérer les éventuelles limites des fouilles anciennes (cf. discussions sur ce sujet dans le rapport 2020) et ensuite d'assurer une stabilisation du secteur pour éviter les chutes de pierres vers le secteur Péquart en contrebas (cf. figure 57).

Travaux réalisés

Après avoir dégagé des débris végétaux recouvrant partiellement les secteurs Péquart et Maury, ainsi que l'accès vers la porte dans le grillage, nous avons procédé de manière systématique au déblaiement des sédiments remaniés et à la mise en sécurité des zones correspondant aux secteurs Maury et Péquart).

Pour le secteur Péquart, les blocs et blocailles calcaires ont été évacués. Afin de pouvoir être transportés, les plus gros ont été préalablement fracturés sur place à la masse. Quelques-uns, que nous n'avons pu réduire, ont été mis en attente au milieu du secteur Péquart, et constituent pour l'instant une barrière de protection au-dessus de la coupe entre le palier moyen et le palier supérieur (cf. figure 61). Les blocs de tailles petites à moyennes, après contrôle, ont été transportés, avec des seaux ou à la main, jusqu'à une goulotte permettant de les évacuer, en les canalisant, et en évitant le bruit et la poussière, jusqu'au contrebas du talus de la rive gauche (figure 60). Ils sont ainsi stockés et seront utilisés pour mieux aménager le sentier d'accès de la rivière, pour l'instant très accidenté. Les blocs de tailles plus importantes ont été transportés vers l'entrée où nous avons choisi une zone de stockage temporaire. En dehors du fait qu'ils sont pour l'instant dans un secteur où ils ne sont pas gênants, nous envisageons de les utiliser eux aussi pour l'aménagement de l'accès le long de l'Arize. Le reste des sédiments a été mis en sacs à gravats (environ 10 kg par sac) en veillant préalablement à récupérer les éléments archéologiques (présentés *infra*).

Ces sacs (environ 450 pendant cette seule session), au-delà de permettre un stockage et un déplacement plus facile, ont été utilisés pour la sécurisation des abords, notamment, après nettoyage des sommets des coupes, pour la stabilisation du tas de remblais qui comblent le secteur Piette (figure 61). Cette méthode a aussi été utilisée pour conforter la partie nord de la coupe ouest. En effet, les niveaux néolithiques présents à cet endroit sont assez instables.

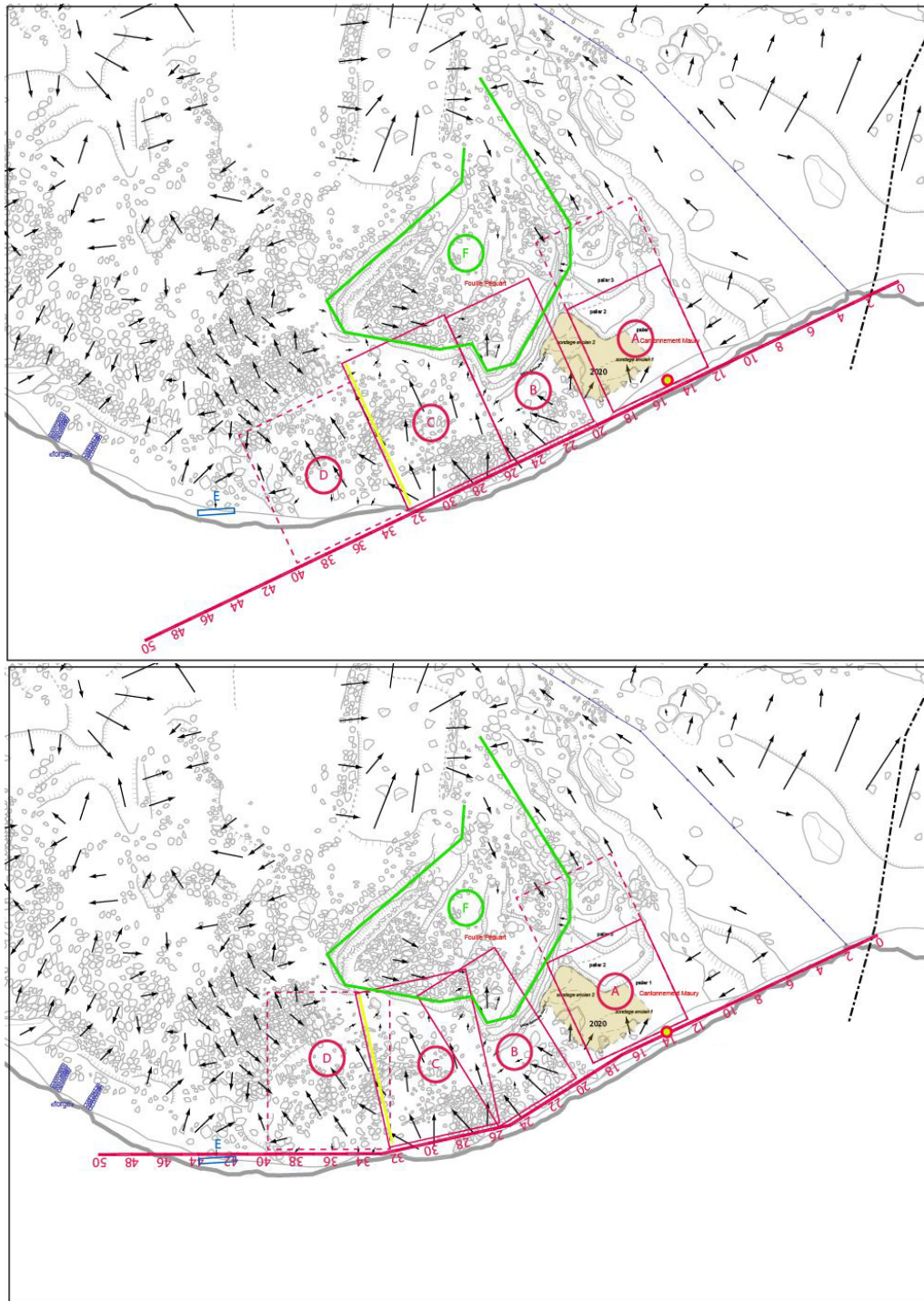


figure 59 : Rive Gauche. Pour rappel, proposition de positionnement des différentes interventions dans le secteur de l'entrée d'après les données archivistiques et bibliographiques (Jarry *et al.* 2020 : 42). En haut : proposition ne tenant pas compte de la courbure de la paroi, en bas : avec prise en compte de la courbure. Notons que les archives Piette ne définissent pas à quelle hauteur de la paroi sont prises les mesures. De même, le point de repère situé à l'entrée n'est proposé qu'avec des réserves car il n'existe pas ici de point remarquable. A) Cantonnement Maury ; B) fouilles du 17 octobre 1888 (fouilles Piette exécutées par Bladier), ce secteur sera poursuivi en 1889, notamment lors de la venue de Boule, et présenté cette même année au Congrès intern. d'anthrop. de Paris ; C) tranchée de septembre 1890 (fouilles Piette exécutées par Bladier), cette tranchée correspond à celle dont une coupe (en jaune) est alors photographiée par Cartailhac et sera décrite dans « Hiatus et lacune » (Piette 1895) ; D) secteur des « nouvelles fouilles » Piette débutées par Bladier et achevées par Maury en 1891 ; Zone approximative le long de la paroi du départ de la grande tranchée perpendiculaire effectuée en 1891 par Maury pour le compte de Piette ; F) secteur principal des fouilles Péquart (dessin François Bon / Univ Toulouse-Traces et Marc Jarry / Inrap-Traces sur fond PCR M. Jarry, D. Cailhol, V. Arrighi v.10).

Dans le secteur Péquart, au terme de cette session, la banquette supérieure du palier supérieur est maintenant propre et les coupes néolithiques stabilisées. Le palier supérieur est débarrassé des déblais. Le fond n'a pas été cependant totalement nettoyé tant que le reste ne sera pas propre, particulièrement les coupes et sommets des coupes ouest. Le palier moyen a été débarrassé d'une bonne partie des déblais qui l'occultaient, notamment un grand nombre de blocs. Il reste cependant encore des sédiments à traiter à l'angle sud-est de la fouille et, nous l'avons déjà dit, les gros blocs qui n'ont pu être fracturés ont été stockés temporairement sur place. Enfin, le palier inférieur a été nettoyé des blocs présents, mais il reste encore à évacuer les sédiments accumulés dans cette partie de la fouille Péquart. Même s'il reste du travail à faire dans le périmètre de la fouille Péquart, le bilan est assez positif. Une très grande quantité de sédiments et blocs ont été traités et la fouille est maintenant plus accessible, notamment les pieds de coupes. En outre, ce nettoyage a permis de révéler enfin les bases des coupes, notamment au sud, où apparaît maintenant bien l'escalier creusé dans les limons par les Péquart pour accéder aux secteurs des fouilles Piette et les limites des fouilles dirigées par ce dernier (cf. *infra*).

Pour le secteur Maury (« Cantonnement Maury »), les interventions ont été plus limitées cette année que pour le secteur Péquart. Nous nous sommes contentés de commencer à évacuer certains blocs, d'étendre un peu le nettoyage, au sud et à l'est du sondage ancien n°1, de nettoyer le sommet de la coupe est de la fouille Péquart et de traiter par tamisage les sédiments du sondage ancien n°2 et ceux issus des déblais récupérés à proximité des niveaux archéologiques encore en place (cf. *infra*).

Notons enfin que pendant environ 6 heures par jour, nous avons placé une caméra à l'entrée du site, vers la fouille Péquart, enregistrant une image toutes les 30 secondes (time laps). Cet enregistrement a été fait avec une vocation historiographique (cf. annexe 9).



figure 60 : vue de la Rive Gauche depuis l'autre rive de l'Arize, la goulotte d'évacuation en tissu (pour éviter le bruit et les poussières) et visible au centre (cliché © Céline Pallier / Inrap-Traces).



figure 61 : Rive Gauche. Vue générale des secteurs traités cette année la veille de la fin de nos travaux dans le secteur Péquart et le cantonnement Maury (cliché © Marc Jarry / Inrap-Traces).

Résultats

Secteur Maury

Nous avons déjà précisé dans les précédents rapports les informations dont nous disposons sur cette zone, grâce notamment aux informations fournies par Maury à Piette dans une série de courriers rédigés durant l'hiver 1888-1889. Voici le résumé des observations consignées par Maury dans ses correspondances adressées à Piette et ses propres archives :

Maury relate dans sa lettre du 23-24 décembre 1888 à Piette ses recherches de la façon suivante :

Son observation se fonde sur sa première tranchée ouverte à 8 m de la paroi, faisant 4,50 m de long (selon l'axe de la paroi) et 3m de large (sans doute vers la paroi).

- 1) 1.40 de déblais de blocailles.
- 2) Absence totale de la couche de cendres blanches et de celle à escargots, qui auraient été bouleversés par les salpêtriers.
- 3) 0.35 de cendres noires
- 4) 0.04 de petite blocaille
- 5) 1m de dépôt de vase, contenant fgts d'os de gros animaux, dents, fgts de mâchoires de cerf.

Il évoque ensuite une deuxième tranchée, de même dimension que la précédente et qui s'achève à 2 m de la paroi :

- 1) 0.90 de déblais
- 2) 0,04 Traces de cendres blanches avec escargots isolés. Tessons.
- 3) 0.70 de déblais de blocailles.
- 4) 0.15-0.30 couche de cendres noires. Tessons, galets peints.
- 5) 0.03-0.04 petits débris de roche
- 6) Dépôt de vase

Il précise que la couche de cendre noire va en s'épaississant vers l'ouest et le chantier de Piette.

Il déclare attendre pour fouiller le reste, selon le souhait de Piette, qui se ravise dans sa réponse du 11

janvier, en lui recommandant simplement de laisser des témoins. Une discussion s'enchaîne entre eux sur la présence ou non de tessons dans les deux couches de cendres, que soutient Maury tandis que Bladier n'en aurait trouvé selon Piette que dans la supérieure.

Dans un courrier ultérieur du 23 janvier 1889, il précise avoir repris les travaux dans sa seconde tranchée en s'intéressant à présent à la couche de vase qui mesure 1.34m d'épaisseur, et dans laquelle il a découvert 4 foyers superposés.

Il précise que ces observations se fondent sur l'exploration d'une bande de 4.50 m le long x 0.60 m de large.

- 1) 0.19 de vase
- 2) 0.06 foyer
- 3) 0.06 vase
- 4) 0.03 foyer
- 5) 0.18,5 vase
- 6) 0.07 foyer
- 7) 0.03,5 vase
- 8) 0.02,5 foyer
- 9) 0.69 vase
- 10) Sol pierreux et roche

Il apporte aussi une précision à ces précédents courriers : « Le foyer de cendres noires est recouvert sur un point d'une certaine étendue par une croute de roche considérable détachée de la paroi. Sur ce bloc se trouve la couche de cendres blanches recouvertes elles-mêmes d'un second bloc à peu près aussi important que le premier et enfin sur ce dernier bloc a été déposé de la terre qui a été utilisée pour la fabri[cation] du salpêtre. De ce fait ne peut-on pas en conclure que le sol n'a pas été remanié sur ce point et que la partie de foyer ainsi recouvert est vierge ? Que par conséquent si on trouve là des fragments de poterie ou autres objets, ils ne peuvent y avoir été amenés par un remaniement quelconque du sol. Il me paraîtrait bon de réserver cette partie telle qu'elle se trouve pour la fouille en présence des personnes que vous désirez emmener ici ».

Enfin, dans sa lettre du 07 février 1889, il déclare attaquer sa troisième tranchée, contre la paroi, dont il décrit la stratigraphie dans une lettre du 04 mars.

- 1) 0.95 Terrain bouleversé
- 2) 0.20 Cendres blanches
- 3) 0.50 Déblai
- 4) 0.15 Cendre noire
- 5) 0.15 Débris de roche
- 6) Dépôt vaseux

L'examen des limons semble avoir été réservé pour la venue de Piette.

Les informations qui nous intéressent concernent tout d'abord la deuxième tranchée Maury. De sa description, nous pouvons retenir que celle-ci, ayant une surface de 4,50 mètres de long (selon l'axe de la paroi) sur 3 mètres de large, a été débutée à 2 mètres de la paroi. Elle s'étend donc en largeur entre 2 et 5 mètres en partant de cette dernière. Dans un premier temps (lettre du 23-24 décembre 1888), Maury s'est contenté de fouiller les niveaux supérieurs sur cette surface de l'ordre de 13,5 m², dans une opération conduite donc sur environ 2 mètres d'épaisseur, pour s'arrêter sur le sommet des limons. Ce n'est qu'un peu plus tard, d'après sa lettre du 23 janvier 1889, qu'il déclare s'être attaqué à l'exploration des limons. Mais il précise ne l'avoir que sur une partie de la surface de sa tranchée, en l'occurrence sur une bande de 4,5 m de long sur 0,60 de large. A cet endroit, les limons semblent reposer sur le bedrock. Ils possèdent 1,34 mètre d'épaisseur et contiennent 4 foyers superposés. Quant à la tranchée 3 implantée entre la tranchée

2 et la paroi, soit sur une largeur de l'ordre de 2 mètres, elle paraît n'avoir été creusée que sur une épaisseur de 1,95 mètres jusqu'au sommet des limons, s'arrêtant à leur surface.

La reconnaissance selon laquelle le sondage ancien 1 identifié dans ce secteur possède en définitive des dimensions de l'ordre de 3,9 x 0,70 à 1 mètres (cf. figure 62 et plan figure 64), permet de proposer qu'il s'agisse de l'approfondissement pratiqué par Maury dans les limons à l'intérieur de sa tranchée 2, en dépit de légères différences dans les dimensions mais qui demeurent faciles à expliquer. Pour s'en assurer complètement, il resterait à en poursuivre la fouille par l'enlèvement des déblais sur toute leur épaisseur – nous ne l'avons fait en 2020, et seulement à son extrémité ouest, que sur une épaisseur de 0,7 mètre –, afin de vérifier comme on peut s'y attendre que celle-ci n'excède pas 1,34 mètres.

Par ailleurs cette opération a permis la reconnaissance, en bordure de l'extrémité Est de ce sondage ancien 1, d'un fond de foyer en place (noté F7, cf. figure 64), qui vient s'ajouter aux nombreuses traces similaires observées à la surface des limons en 2020 (F1 à F4).



figure 62 : Rive Gauche, secteur Maury. Sondage anciens n° 1 (cliché © Marc Jarry / Inrap-Traces)



figure 63 : Rive Gauche, entre le secteur Maury et le secteur Piette. F8 (cliché © Marc Jarry / Inrap-Traces).

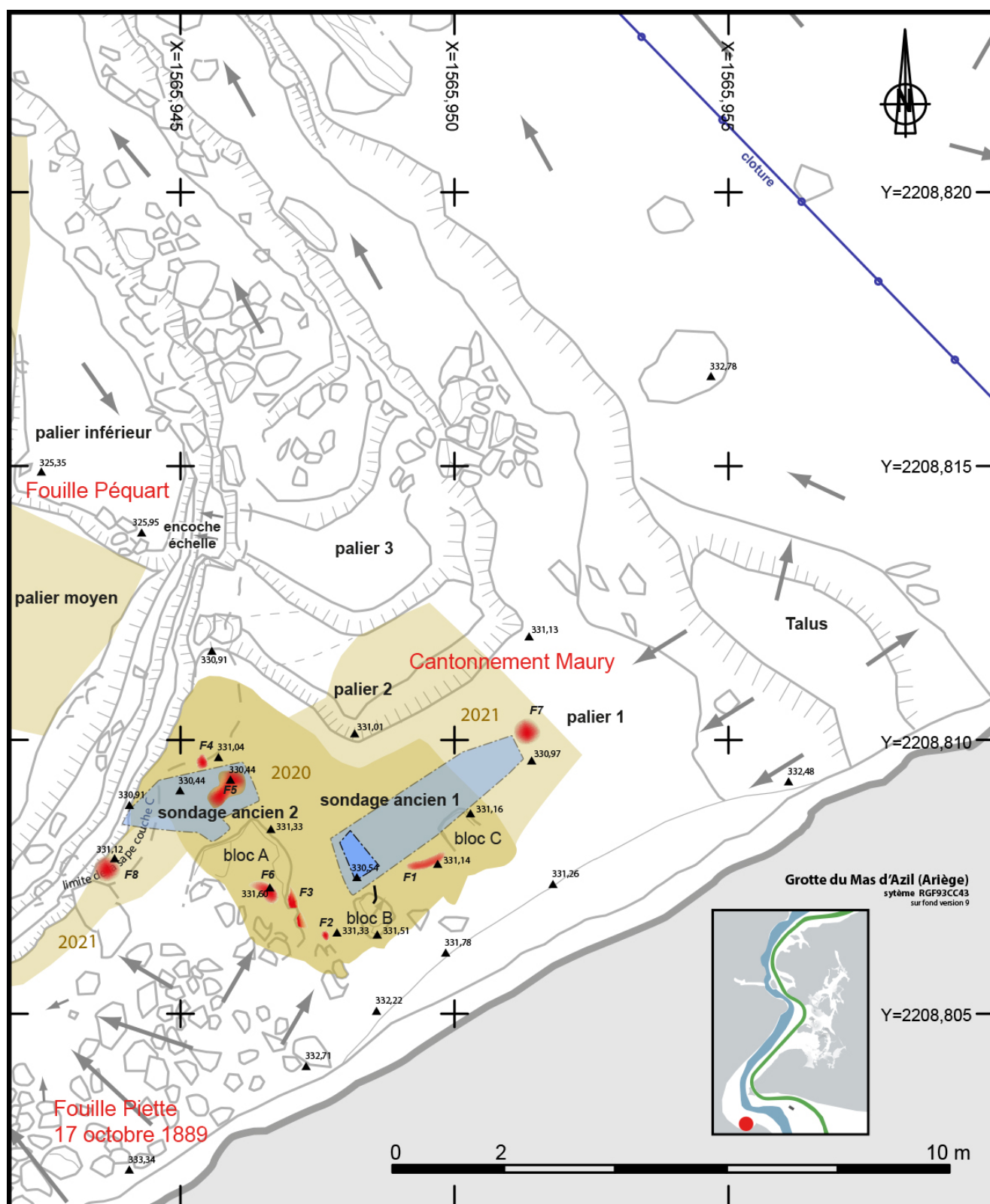


figure 64 : Rive Gauche, Cantonnement Maury, état 2021 et localisation des principaux éléments identifiés lors du nettoyage du secteur. En rouge : les structures/vestiges de couches identifiées ; en bleu : les sondages anciens identifiés ; en beige : les secteurs nettoyés en 2020 et 2021 (dessin Marc Jarry / Inrap-Traces, Vincent Arrighi / Inrap et François Bon / univ. Toulouse-Traces, fond topo v.13 : Marc Jarry /Inrap-Traces, Didier Cailhol / Inrap, Vincent Arrighi / Inrap et Bastien Chadelle / Univ. Toulouse-Traces)

La dernière opération conduite dans ce secteur a consisté, afin de stabiliser la partie haute de la coupe Péquart, à nettoyer le pied du talus de déblais coiffant la banquette située à l'ouest du secteur Maury, afin d'y placer des sacs. Cette opération a permis là encore de reconnaître, à la surface des limons, les lambeaux d'un niveau semble-t-il en place associés à des traces de combustion notées F8 (cf. figure 63 et plan figure 64). Il s'agit plus précisément d'une accumulation de cendres grises vraisemblablement in situ, pouvant appartenir au niveau azilien. Cette même opération a également permis de repréciser les contours du sondage ancien 2 (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Enquête sur les fouilles Maury/Piette : révision de la topographie

Le déblaiement partiel du pied du talus de déblais recouvrant le secteur des fouilles Piette compris entre l'emprise de la fouille Péquart et la paroi, a été réalisé afin de sécuriser – en y plaçant des sacs – cette zone instable. Cette opération a également été l'occasion de repérer l'emplacement de plusieurs excavations anciennes attribuables sans nul doute aux fouilles Piette, prolongeant ainsi des observations conduites par les époux Péquart qui en avaient rencontré certaines portions en limites de leurs propres fouilles. En l'occurrence, ainsi que le restitue la figure 65, nous avons pu identifier l'emplacement de 3 secteurs :

- celui des fouilles du 17 octobre 1888 (fouilles Piette exécutées par Bladier), lequel sera poursuivi en 1889, notamment lors de la venue de Boule, et présenté cette même année au Congrès intern. d'anthropo. de Paris (cf. B figure 65) ;
- celui de la tranchée de septembre 1890 (fouilles Piette exécutées par Bladier), laquelle correspond à celle dont la coupe Ouest a été photographiée par Cartailhac et décrite dans « Hiatus et lacune » (Piette 1895) (cf. C figure 65) ;
- celui dit des « nouvelles fouilles » Piette débutées par Bladier et achevées par Maury en 1891 (cf. D figure 65).

L'une des observations historiographiquement les plus intéressantes, est d'avoir pu remarquer que Piette, sans doute dans un souci de conservation de l'information stratigraphique, et aussi parce que ces différentes tranchées furent rebouchées tour à tour et qu'il fallait donc éviter qu'elles se déversent les uns dans les autres, a fait en sorte de maintenir des bermes entre elles. Il va de soi que si nous pouvions purger ces tranchées des monceaux de blocs qui les comblent afin de retrouver ces coupes sur des portions significatives, nous disposerions là de documents remarquables. Mais il s'agit là d'un travail colossal qu'il est impossible d'entreprendre avec les moyens actuels. Nous nous contenterons de signaler que cette information existe potentiellement.

En tout état de cause, ces observations démontrent la bonne concordance entre la projection élaborée à partir du traitement des archives Piette (cf. rapport 2020) et les enregistrements menés en 2021. Plus précisément, la concordance s'opère en tenant compte du contour de la paroi (selon le modèle proposé figure 59 bas), tout en révélant que les tranchées Piette adoptent des formes davantage trapézoïdales que rectangulaires dans l'axe perpendiculaire à celle-ci (cf. figure 66). Dans le même ordre d'idées, un secteur semble un peu plus étroit que cela n'était traduit par les notes de Piette, c'est celui de la tranchée du 17 octobre 1888 (poursuivie au cours de l'été 1889), porté sous la lettre B dans les figure 59, figure 65 et figure 66. Notons au passage que cette tranchée a été largement tronquée par l'emprise des fouilles Péquart, ainsi que le démontre la restitution de leurs coupes (cf. Péquart et Péquart 1941b, figure 7, page 20). Les deux autres tranchées Piette mentionnées ici ont également été atteinte par les fouilles Péquart, celle de septembre 1890 (notée C) ainsi que la « nouvelle fouille » (notée D), comme l'attestent également les recherches du couple nancéiens (cf. Péquart et Péquart, 1941b, figure 6 page 20), et ainsi que nous avons pu nous-mêmes le constater ; ce fut notamment le cas lors de l'aménagement pratiqué par eux d'un escalier menant de leurs fouilles au sommet de la terrasse, taillé dans les limons au bord de ces deux tranchées.

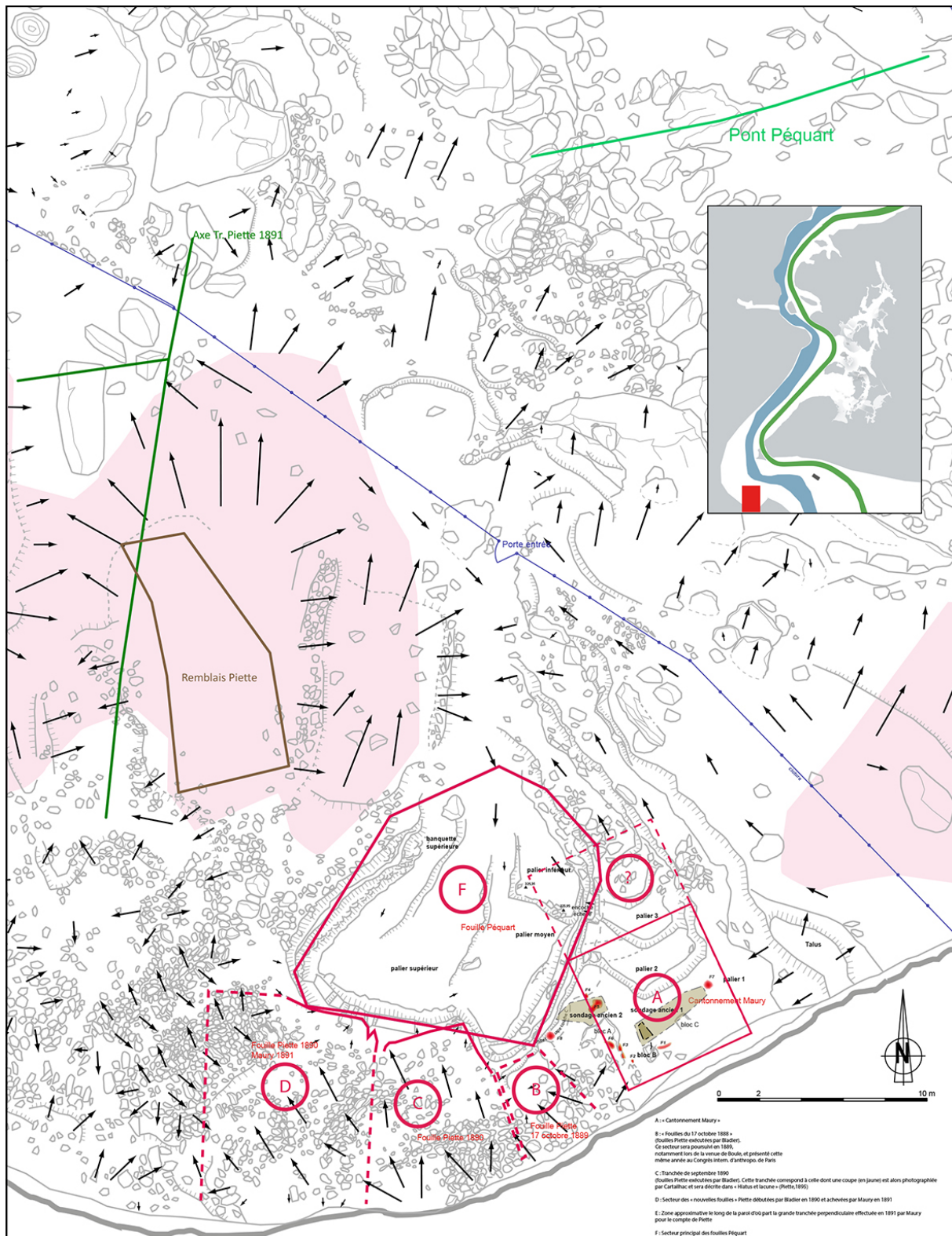


figure 65 : Rive Gauche. Plan de synthèse 2021 des observations sur les limites de fouilles anciennes. A) Cartonnement Maury ; B) fouilles du 17 octobre 1888 (fouilles Piette exécutées par Bladier), ce secteur sera poursuivi en 1889, notamment lors de la venue de Boule, et présenté cette même année au Congrès intern. d'anthrop. de Paris ; C) tranchée de septembre 1890 (fouilles Piette exécutées par Bladier), cette tranchée correspond à celle dont la coupe Ouest est photographiée par Cartailhac et décrite dans « Hiatus et lacune » (Piette 1895) ; D) secteur des « nouvelles fouilles » Piette débutées par Bladier et achevées par Maury en 1891 ; F) secteur principal des fouilles Péguart (dessin Marc Jarry / Inrap-Traces, fond topo Marc Jarry / Inrap-Traces, Didier Cailhol / Inrap, Vincent Arrighi / Inrap).

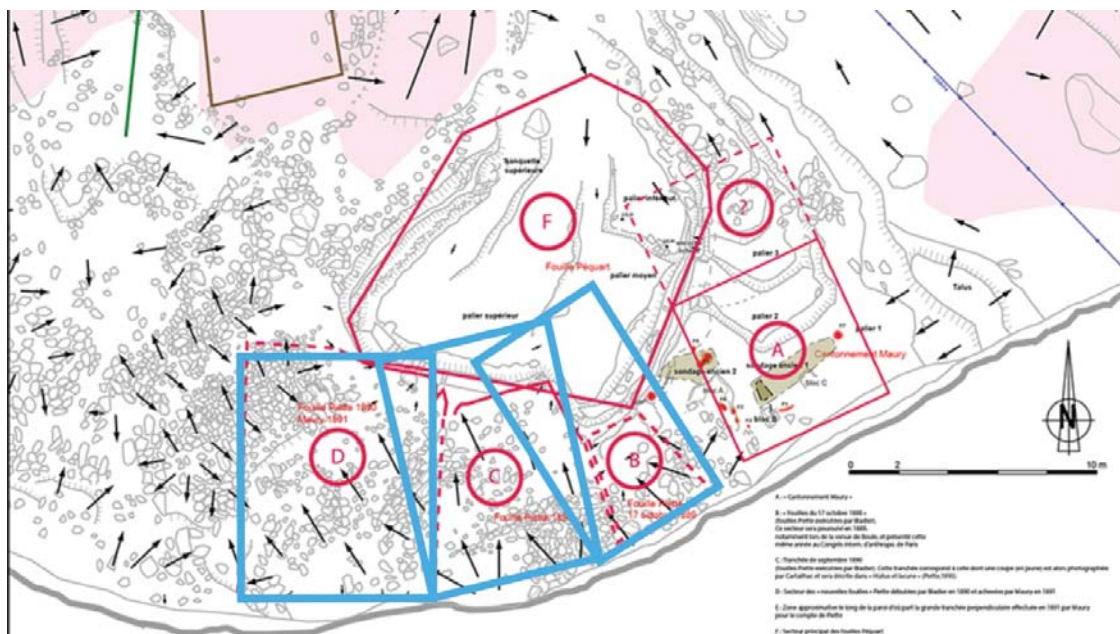


figure 66 : Rive Gauche. Superposition des observations de terrain conduite en 2021 (cf. figure 50, portée ici en rouge) avec restitution élaborée à partir des archives de fouilles (cf. figure 44 bas, portée ici en bleu). (dessin François Bon / Univ Toulouse-Traces et Marc Jarry / Inrap-Traces sur fond PCR M. Jarry, D. Caillhol, V. Arrighi v.10).

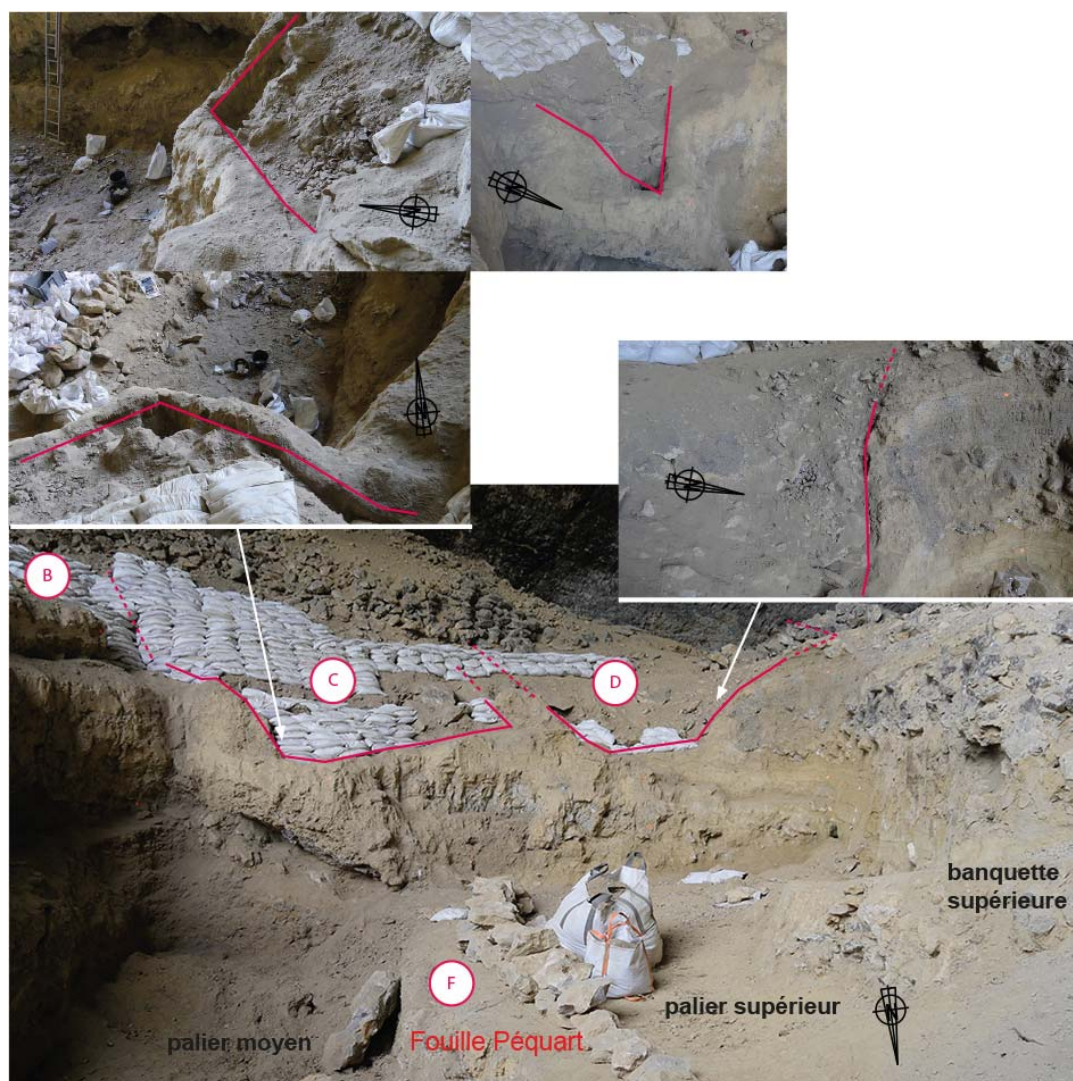


figure 67 : Rive Gauche, secteur Péquart, vue vers le sud avec indications et photographies de détails des limites de fouilles des secteurs Piette repérés en 2021 (clichés et dessin Marc Jarry / Inrap-Traces).

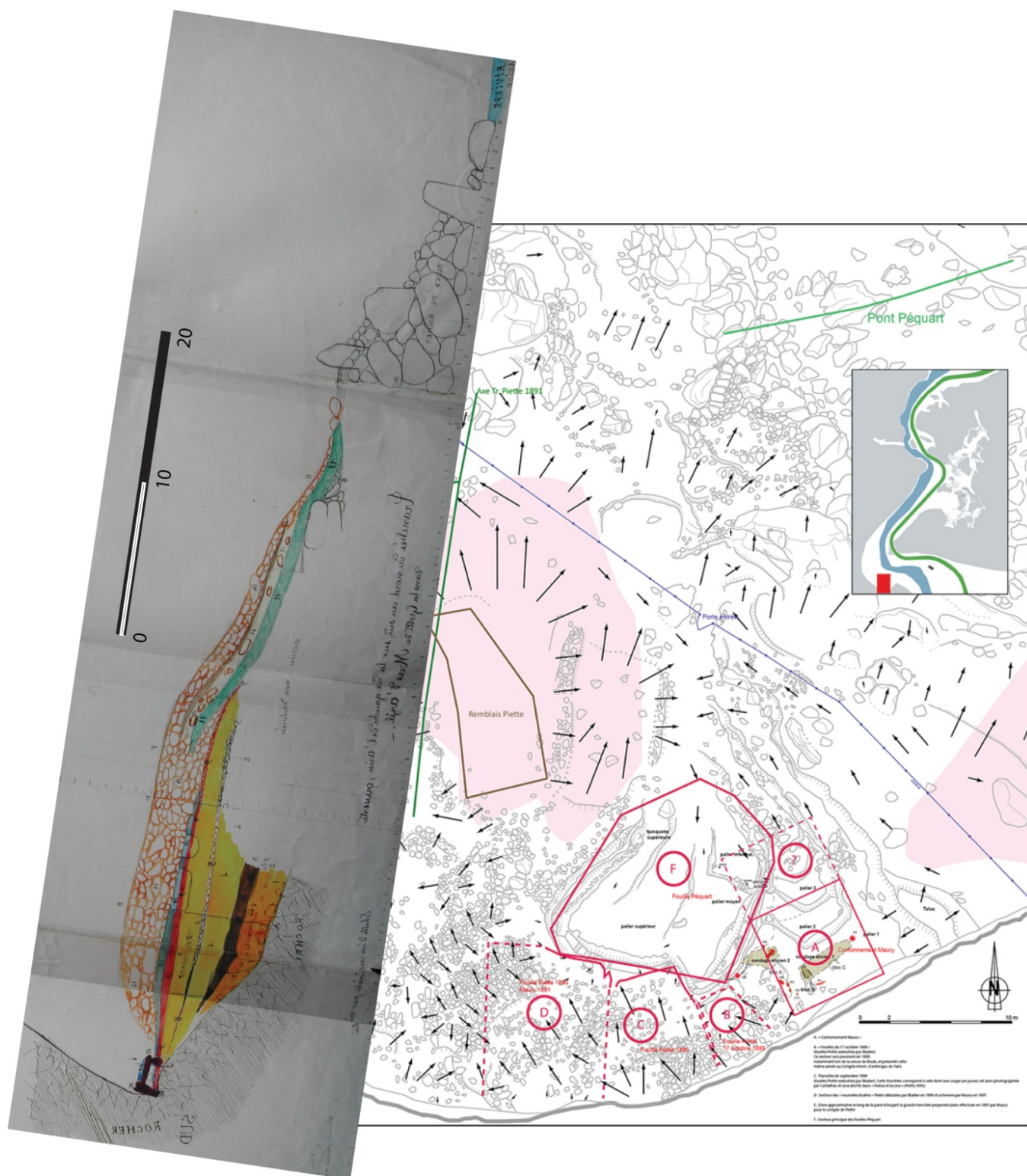


figure 68 : Rive Gauche. Proposition de restitution de l'implantation de la grande tranchée de 1891, selon l'axe tracé en vert. La restitution stratigraphique projetée à gauche selon cet axe, qui montre une parfaite concordance dans les distances entre la paroi et le sommet du talus encombré de blocs calcaire, soit une distance de 49 mètres, est issu des archives Piette conservées à la Bibliothèque centrale du MNHN (dessin François Bon / Univ Toulouse-Traces et Marc Jarry / Inrap-Traces sur fond PCR M. Jarry, D. Cailhol, V. Arrighi v.10).

La dernière opération conduite afin de poursuivre le recalage topographique des travaux de Piette a porté sur la grande tranchée de 1891. L'hypothèse qu'une longue dépression au sein de la terrasse puisse correspondre à l'emplacement de cette tranchée (observation de terrain notée en vert sur la figure 65) est corroborée par les données archivistiques dont nous disposons (cf. figure 66). En l'occurrence, cette observation de terrain permet de construire un axe qui, lorsque l'on projette le relevé stratigraphique de cette tranchée conservée dans les archives Piette, montre une parfaite concordance dans les distances entre la paroi et le sommet du talus encombré de blocs calcaire, soit une distance de 49 mètres ; l'axe cardinal, dont Piette précise qu'il est de N8°Est (« nord vrai ») et N-NE (nord magnétique) concorde également. Le recalage de cette tranchée est d'autant plus important que les observations stratigraphiques que Piette y a menées demeurent le seul enregistrement à travers toute la terrasse. Cette projection confirme également, comme nous le pensions, que le profil du talus rocheux porté sur cette coupe de Piette est en revanche moins précis à l'égard de la topographie réelle des lieux, et sans doute désaxé (en l'occurrence vers l'Est) vis-à-vis de la portion de coupe relevé sur la terrasse elle-même.

Observation historiographique sur le secteur des fouilles Péquart

Dans le secteur des fouilles Péquart, l'enlèvement du lit de blocs, dont certains très volumineux, a permis de recueillir un certain nombre de vestiges récents (fragments de journaux, clous, fragments de verre, etc.), dont l'étude est fournie plus loin. Ces vestiges ont manifestement été déposés là intentionnellement, afin de marquer la limite entre ce remblaiement de blocs et les couches en place conservées au fond de la fouille Péquart. Ainsi par exemple, un paquet de clous semblait marquer l'emplacement sur le palier supérieur d'une concentration de dalles en schiste calcinées ou simplement chauffées, pouvant correspondre aux reliques d'un foyer en place.

Ces interventions, comme plus largement le dépôt de blocs visant à protéger les couches en place, sont manifestement le fait d'André Alteirac, sans doute en plusieurs temps d'après la datation des objets qu'il a introduit sur le site avant le dépôt des blocs : une première fois à la fin des années 1960, où nous savons qu'il effectue en effet un nettoyage de la fouille Péquart ; une seconde fois dans les années 1980.

Le mobilier issu du Cantonnement Maury

Par Marc Jarry, François Bon, Sandrine Costamagno avec la collaboration de Jean-Luc Boudartchouk, et Philippe Marsac

Nous avons isolé le mobilier archéologique de ce secteur en 4 ensembles afin de pouvoir éventuellement distinguer des particularités en fonction de leur provenance. Ainsi, nous avons à chaque type de mobilier :

- les restes provenant du sondage ancien n°2 que nous n'avions pas traité en 2020 et que nous avons stockés à part ;
- les déblais récoltés juste au contact du foyer F7, avec du mélange probable mais limité avec les déblais du sondage ancien n°2 proche ;
- les déblais au contact du foyer F1 (que de la faune) ;
- les déblais divers du secteur.

Les restes fauniques²

Les vestiges récoltés issus des fouilles Maury ont été examinés lors d'une séance de TP avec des étudiants de Master 1 de l'université Toulouse Jean Jaurès. Ce matériel osseux ainsi que celui issu des fouilles Péquart avait été initialement trié et décompté par lot par Marc Jarry selon différentes

² Cette année, nous n'avons pas eu le temps de confier la faune à Jean-Marc Pétillon pour la recherche d'industrie osseuse. Cela est prévu pour 2022 (M.J.).

catégories : extrémités articulaires, esquilles pièces avec stries de boucherie, dents, fragments de diaphyse, os brûlés, bois, os plats. Pour les vestiges des fouilles Maury, nous avons modifié les décomptes dans la base de données en corrigeant certaines attributions. Pour les fouilles Péquart, nous avons renseigné rapidement les taxons, les éléments squelettiques et la patine des vestiges rapidement sans procéder aux corrections dans la base et sans enregistrement exhaustif non plus. Dans le secteur Maury, près de 2000 pièces osseuses ont été récoltées dont 241 restes osseux brûlés.

Sondage ancien 2

Les restes osseux et dentaires sont au nombre de 772 dont 157 restes osseux brûlés. La patine des ossements est relativement homogène, la plupart étant de couleur brun-orangé.

Le cerf est l'espèce qui fournit le plus grand nombre de restes (tableau 7). Le sanglier et le chevreuil confirment la présence d'ensembles osseux caractéristiques d'un environnement tempéré et plutôt boisé qui pourrait provenir potentiellement d'un ensemble azilien. Trois restes de bovinés sont aussi à signaler ainsi que 3 restes de bouquetin. Une canine de renard et une vertèbre de poisson de grande taille complète le spectre faunique.

Taxon	Nombre de restes
Boviné	3
Bouquetin	3
Cerf	15
Chevreuil ?	1
Sanglier	2
Renard	1
Ongulé	9
Mammifère	1
Poisson	1
Total	36

tableau 7 : listes des restes déterminés taxinomiquement ou anatomiquement récoltés dans les déblais du sondage 2 ancien.

Tous les éléments squelettiques sont représentés notamment les éléments du squelette axial qui sont relativement nombreux (vertèbres, côtes, fragments crâniens). Quelques ossements présentent des traces de boucherie en particulier des stries et un fragment spongieux est digéré.

Déblais au-dessus de F7

Les restes osseux et dentaires sont au nombre de 735 dont 84 restes osseux brûlés. La patine des ossements est relativement homogène, la plupart étant de couleur brun-orangé.

Taxon	Nombre de restes
Capriné	3
Cerf	21
Taille cerf	7
Chevreuil	2
Ongulé	43
Oiseau	3
Poisson	1
Total	80

tableau 8 : listes des restes déterminés taxinomiquement ou anatomiquement récoltés dans les déblais du sondage 2 ancien.

Le spectre faunique est comparable à celui du secteur précédent avec une ambiance environnementale tempérée (tableau 8). Le squelette axial et en particulier les côtes est relativement bien représenté.

Contact F1 et déblais recouvrant

Seuls cinq restes ont été retrouvés. Ce sont uniquement des restes de cerf qui présentent une patine plutôt jaune avec des plages de dépôts de manganèse.

La céramique (com. orale P. M. et J-L. B.)

Sondage ancien n° 2

12 fragments de céramique ont été récoltés dans les déblais de ce sondage (lot #338). Ce sont tous des fragments de céramique modelée noire (une rouge) plus ou moins grossière. Parmi ces petits fragments, indéterminables, ont pu être reconnus un bord droit à lèvre arrondie et un bord droit à lèvre amincie. Il n'est pas possible en l'état de déterminer plus précisément l'attribution de ce petit lot autrement qu'au Néolithique ou à la Protohistoire au sens large.

Déblais au-dessus de F7

2 fragments de céramique modelée noire ont été récoltés (lot #322). Un est un petit fragment à surface polie, l'autre est tesson indéterminable. Attribution large au Néolithique ou à la Protohistoire. Le petit fragment à surface polie serait plutôt à rattacher à la Protohistoire.

Déblais divers

- Lot #365 : 7 tessons indéterminés de céramique modelée noire (Néolithique Protohistoire *sensu lato*)

Lot #370 : 9 tessons de céramique tournée assez variée, dont de portent des coulures de vernis et/ou d'engobe, peuvent être rattachés à la période Moderne, XVI^e XVII^e siècle.

Le mobilier lithique

Les divers tamisages réalisés au sein du secteur du cantonnement Maury ont permis de récolter 475 pièces lithiques :

- sondage ancien n°2 : 283 pièces
- déblais au-dessus de F7 : 136 pièces
- déblais divers : 56 pièces

Sondage ancien n°2

283 pièces lithiques ont pu être récoltées par le tamisage des déblais, permettant un premier diagnostic du contenu du remblaiement ancien de ce sondage ancien (tableau 9).

Les matières premières, que nous ne détaillerons pas ici étant donnée l'origine de l'échantillon, semble presque exclusivement locale et proche (galets de quartzite, quartz, schiste, silex du Jurassique ou du Danien des Petites-Pyrénées).

Désignation	nombre
Casson, débris (roches diverses)	63
Petit éclat, esquille (« chips »)	123
Éclat	62
Lame, lamelle, entières ou fragmentées	17
Nucléus	7
Outil	6
Armature	3
Galets percutés	2
Total	282

tableau 9 : Rive Gauche, sondage ancien n°2. Décompte général les objets lithiques.

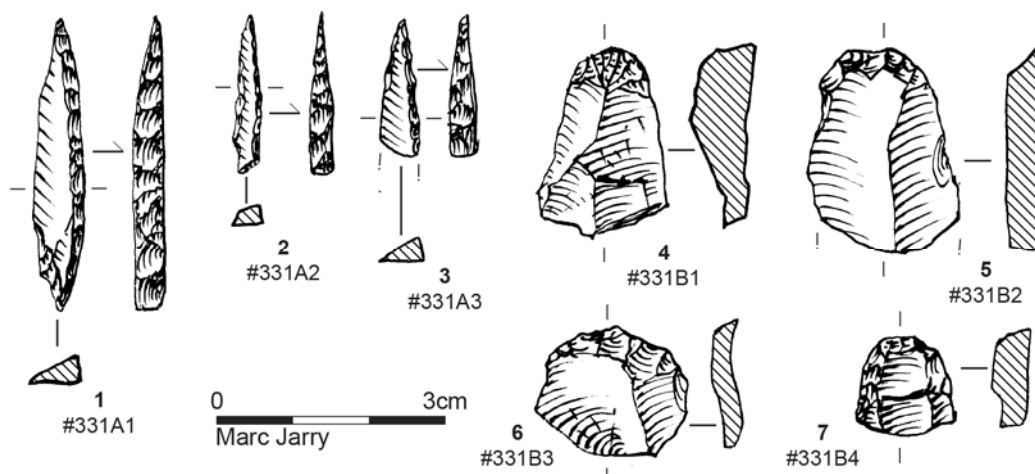


figure 69 : Rive Gauche, sondage ancien 2, armatures et grattoirs (dessin Marc Jarry/Inrap-Traces).

- cassons-débris (n=63) :

Ce sont généralement des fragments de galets chauffés, des blocs exposés.

- petits éclats (« chips ») (n=123).
- lame, lamelle (17) :

Nous n'avons retrouvé que très peu de ces produits, dont seulement une seule lame ou 3 fragments de lame et aucune lamelle entière. Les fragments de lamelles ne sont par ailleurs pas très typiques.

- éclats (n=62) :

Ils sont globalement de petites tailles. Les talons sont presque toujours lisses et il n'y a généralement pas ou très peu de résidu cortical. 7 éclats portent les stigmates d'une chauffe intense (cupules, rubéfaction).

- nucléus (n=6) :

#331C-1 – nucléus très informe dans un silex très diaclasé, quasiment impropre à la taille. De multiples tentatives de débitage, visiblement toutes avortées, et n'ayant produit que des petits fragments d'éclats, est sans doute la cause de l'abandon de la pièce. (55x40x34 mm).

#331C-2 – petit nucléus pyramidal, sans doute semi tournant à l'origine, en silex pyrénéen de bonne qualité, ici en phase d'exhaustion (32x28x24 mm).

#331C-3 – très petit nucléus pyramidal à micro-lamelles (15x14x14 mm).

#331C-4 – nucléus indéterminé (enlèvements non organisés (32x26x12 mm).

#331C-5 – nucléus à éclats à la limite de la pièce esquillée (30x24x12 mm).

#331C-6 – petit nucléus à lamelles (16x14x13 mm).

- armatures (n=3) :

La figure 69 illustre la totalité des armatures retrouvées dans la partie tamisée et triée du sondage ancien 1.

On notera particulièrement la pièce #331-A1 qui est une très belle pointe azilienne très effilée et qui d'intégrerait dans un Azilien plutôt ancien.

- outils (n=6) :

Les déblais du sondage ancien n°2 traités en 2021 ont permis de retrouver 2 pièces esquillées et 4 grattoirs (figure 69). On notera parmi ces derniers la présence de 2 pièces onguiformes.

Déblais au-dessus de F7

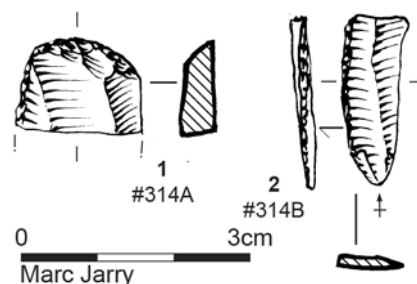
136 pièces lithiques ont été isolées lors du nettoyage des déblais au-dessus du foyer F7. Ce petit ensemble est composé de 106 petits éclats (chips), 25 éclats divers, rarement corticaux, 1 lamelle, 1 fragment mésial de lame (ce qui fait très peu), un grattoir plutôt onguiforme sur fragment de

lame (figure 72, #314A), une lamelle à dos (figure 72, #314B) et un fragment de lamelle à dos. Malgré la proximité de ces déblais avec le foyer azilien F7, nous n'avons pas remarqué d'élément significatif qui différencierait des autres déblais du secteur Maury. La lamelle à dos serait plutôt magdalénienne et le grattoir, plutôt ubiquiste.

tableau 10 : Rive Gauche, sondage ancien n°2. Décompte général les objets lithiques.

Désignation	nombre
Petit éclat, esquille (« chips »)	106
Éclat	25
Lame, lamelle, entières ou fragmentées	2
Outil	1
Armature	2
Total	136

figure 70 : Rive Gauche, déblais au-dessus de F7, grattoir et lamelle à dos (dessin Marc Jarry/Inrap-Traces).



Déblais divers

56 pièces ont été récoltées grâce au tamisage des déblais qui occupent actuellement le replat du secteur Maury.

- cassons, débris (n=12) ;
- éclats (n=20) ;
- produits lamino/lamellaires (n=10) :

Peu nombreux encore une fois, ils ne sont que très rarement entiers. Seule 3 lamelles et fragments de lamelles sont décomptées. Notons la présence d'une partie proximale d'une belle lame qui devait être d'un bon gabarit.

- petits éclats (chips) (N=6) ?
- nucléus (n=3) :

#324 – nucléus pyramidal

#325 – nucléus à éclats. Quelques enlèvements sans vraiment d'organisation sur un silex de mauvaise qualité.

#326 – nucléus de type Discoïde sur silex local d'Allières (figure 71, #326)

- outils (n=4) :

La petite série est composée d'un grattoir sur éclats, d'un grattoir sur lame (figure 71, #336), d'une pièce esquillée et d'un grattoir onguiforme (figure 71, #374).

- Armature (n=1).

Une lamelle à dos (figure 71, #373).

tableau 11 : Rive Gauche, sondage ancien n°2. Décompte général les objets lithiques.

Désignation	nombre
Cassons, débris	12
Éclat	20
Lame, lamelle, entières ou fragmentées	10
Petits éclats (chips)	6
Nucléus	3
Outils	4
Armature	1
Total	56

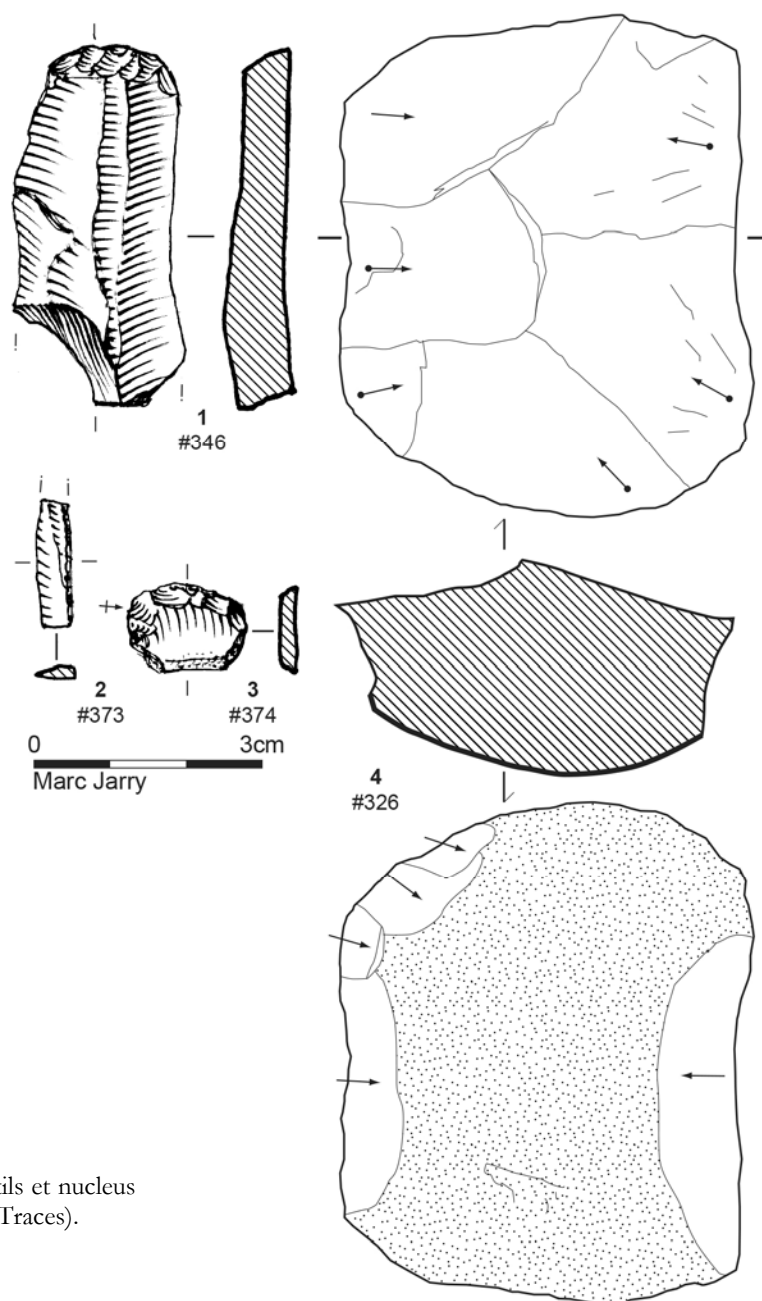


figure 71 : Rive Gauche, déblais divers, outils et nucleus de type Discoïde (dessin Marc Jarry/Inrap-Traces).

La microfaune

Sondage ancien n°2

Le tamisage à maille fine d'une première partie des remblais issus de ce sondage ancien, mis de côté en 2020, a permis de récolter 13 restes de microfaune.

Déblais au-dessus de F7

53 restes de microfaune, dont 6 restes d'ichtyofaune, ont été récupérés au tamisage dans ces petits remblais issus du contact avec le foyer azilien F7.

La malacofaune

Sondage ancien n°2

25 g de fragment de coquilles d'escargots ont pu être récoltés. Aucune n'était entière. Rappelons (cf. rapport d'activité 2020, p. 169), que ces coquilles peuvent être associées au Mésolithique (Arisien de Piette 1896a et 1896b).

En outre, nous avons pu récolter un fragment de coquille de mollusque bivalve marin à surface extérieure cannelée (type coque/pétoncle #350) et un fragment d'un autre coquillage qui pourrait être une moule (#342).



figure 72 : Rive Gauche, secteur Maury, déblais Sondage Ancien n°2. Malacofaune #350 (cliché © Marc Jarry / Inrap-Traces).

déblais au-dessus de F7

23 g de fragments de coquilles d'escargots.

Déblais divers

1 coquille entière d'escargot et quelques fragments.

Autres mobiliers

Matériaux divers

- sondage ancien n°2 :
 - 1 fragment (3 cm max) de minerai de cuivre à vérifier ;
 - 7 fragments de lignite. Il est important de noter ici la présence de ce matériau, que nous avons déjà rencontré dans la grotte dans les niveaux magdaléniens, notamment sous la forme de perles en panier (cf. salle du Théâtre sondage n°5 « Pouech », travaux le long de la RD 119 par exemple).

Charbons de bois

Des charbons de bois ont été récoltés aux tamisages :

- sondage ancien 2 : 10 g ;
- déblais au-dessus de F7 : 17 g ;

Métal

- sondage ancien n°2 : un clou forgé 4 pans de 60 mm de long ;

Restes carpologiques

- sondage ancien n°2 : 23 restes ont été récoltés, dont 2 fragments de noix et un noyau de cerise ;
- déblais au-dessus de F7 : 45 restes, tous brûlés ;
- déblais divers : 4 restes (amande, noisette et cerise).

Le mobilier issu du secteur Péquart

Par Marc Jarry, François Bon, Michel Barbaza, Sandrine Costamagno, avec la collaboration de Jean-Luc Boudartchouk, Hélène Martin et Philippe Marsac

Nous rappelons que le mobilier que nous présentons pour ce secteur n'est issu que d'un ramassage non systématique réalisé au cours du traitement des déblais du fond de la fouille des Péquart. Ces remblais proviennent des tas de remblais présents tout autour, notamment ceux, au sud, comblant le secteur Piette. Une petite proportion doit aussi prévenir des coupes sud et est du secteur Péquart, délitées, grattées, vandalisées. Ainsi, la présentation du mobilier *infra* restera très succincte, l'idée étant juste, lors du ramassage, de ne pas passer à côté de quelque chose d'important qui aurait été « oublié » par les précédents fouilleurs. Notons à ce sujet d'ailleurs qu'ils ne nous ont pas laissé grand-chose...

Les restes fauniques (S. C.)

Les restes osseux et dentaires sont au nombre de 1472 dont 56 restes osseux brûlés. Les ossements présentent des patines très diversifiées : blanc, orangé, blanc décalcifié avec des dépôts de manganèse, jaune, jaune avec des dépôts de manganèse, jaune grisâtre, marron, témoignant de l'origine variée des vestiges ce que confirme le spectre faunique où taxons sauvages et domestiques se côtoient et taxons tempérés et taxons glaciaires (tableau 12).

tableau 12 : liste des taxons identifiés dans les déblais des fouilles Péquart.

Taxons	Nombre de restes
Avifaune	3
Boviné	13
Bouquetin	1
Isard	1
Ovivapriné	2
Capriné	12
Cerf	66
Renne	14
Cervidé	2
Suidé	16
Cheval	1
Canidé	2
Renard	1
Castor	1
Humain	4
Total	139

La patine des ossements varie en fonction des taxons (tableau 13). Les pièces « blanches » présentant un aspect très frais correspondent principalement à des espèces domestiques (ovicapriné, suidé). La patine de ces ossements fait penser à des vestiges subactuels. Les restes « jaune » ou « jaune gris » se composent également de restes de suidés, d'un reste de boviné (bœuf ?) et des quelques restes humains, pouvant potentiellement provenir des sépultures de l'Âge du Bronze. Quelques restes de cerf présentent aussi ce type de patine mais cette espèce a surtout livré des vestiges de couleur orangé qui rappellent les pièces récoltées dans les déblais des fouilles Maury, potentiellement magdaléniens. Les autres taxons présentant ce type de patine sont les bovinés, l'isard et le castor. Enfin des ossements décalcifiés présentations des traces de manganèse renvoient à un spectre faunique plutôt glaciaire et steppique avec la présence du renne, des bovinés et du cheval. Un reste de bouquetin et quatre restes de cerf présentent cette même patine. Ces vestiges pourraient être issus des niveaux magdaléniens.

Taxons	Blanc	Jaune	Jaune gris	Orangé	Jaune blanc avec dépôts de Mn	Marron	Blanc décalcifié avec traces de Mn	Traces de manganèse
Suidé	1	1	2					
Ovicapriné	2							
Canidé		2						
Avifaune	3							
Humain		4						
Boviné		1		5	3			2
Capriné				1				
Isard				1				
Cerf	2	3		31			4	
Castor				1				
Cervidé	1			1				
Cheval								1
Bouquetin							1	
Renard						1		
Renne							7	

tableau 13 : patines des ossements selon les taxons.

L'industrie lithique

240 pièces lithiques (hors plaquettes de grès, galets maculés, minéral, éléments en lignite...) ont pu être récoltées des déblais du fond de la fouille Péquart (tableau 14). 235 sont en silex et 5 en matériaux autres que nous décrirons plus bas. Nous ne détaillerons pas ici les origines des silex, qui apparaissent très variées.

Silex

Cf. inventaire tableau 14 des objets en silex. Les 17 nucléus sont tous des nucléus à petite lames ou à lamelles, voir à micro-lamelles (grattoirs épais typologiques). Leurs dimensions sont en général assez réduites, marquant un état d'abandon souvent proche de l'état d'épuisement du bloc. Cependant, nous noterons la présence d'un nucléus à lames aux dimensions importantes (102x64x62 mm), mais réalisé dans un très mauvais silex, proche du calcaire, pour lequel il est difficile de penser, malgré sa configuration, que des lames aient pu en être tirées.

Nous n'irons pas plus loin dans le descriptif des nucléus, mais il sera intéressant, au terme du nettoyage des remblais de la Rive Gauche, de la reprise des collections anciennes et de l'acquisition de nouvelles séries à l'origine et à l'exhaustivité garantie, de les revoir afin d'en tirer quelques informations de provenance et de technologie générale.

8 outils retouchés ont été retrouvés :

- #267 : un débris portant une retouche très partielle ;
- #261 : grattoir sur lame retouchée (figure 73, n°1) ;
- #265 : grattoir sur éclat (figure 73, n°2) ;
- #257 : grattoir sur éclat (figure 73, n°3) ;
- #253 : grattoir onguiforme (brûlé) (figure 73, n°4) ;
- #276 : grattoir sur fragment de lame (figure 73, n°5) ;
- #255 : petit grattoir atypique ;
- #268 : pièces esquillée ;

Les armatures :

- #264 : fragment de lamelle à dos ;
- #256 : pointe azilienne atypique (figure 73, n°6) ;
- #262 : pointe (figure 73, n°7) ;
- #263 : fragment d'armature à définir (figure 73, n°8).

tableau 14 : Rive Gauche, secteur Péquart, déblais fond de fouille, Décompte général les objets lithiques en silex.

Désignation	nombre
Casson, débris (roches diverses)	80
Éclat	100
Lame, lamelle, entières ou fragmentées	26
Nucléus	17
Outil	8
Armature	4
Total	235

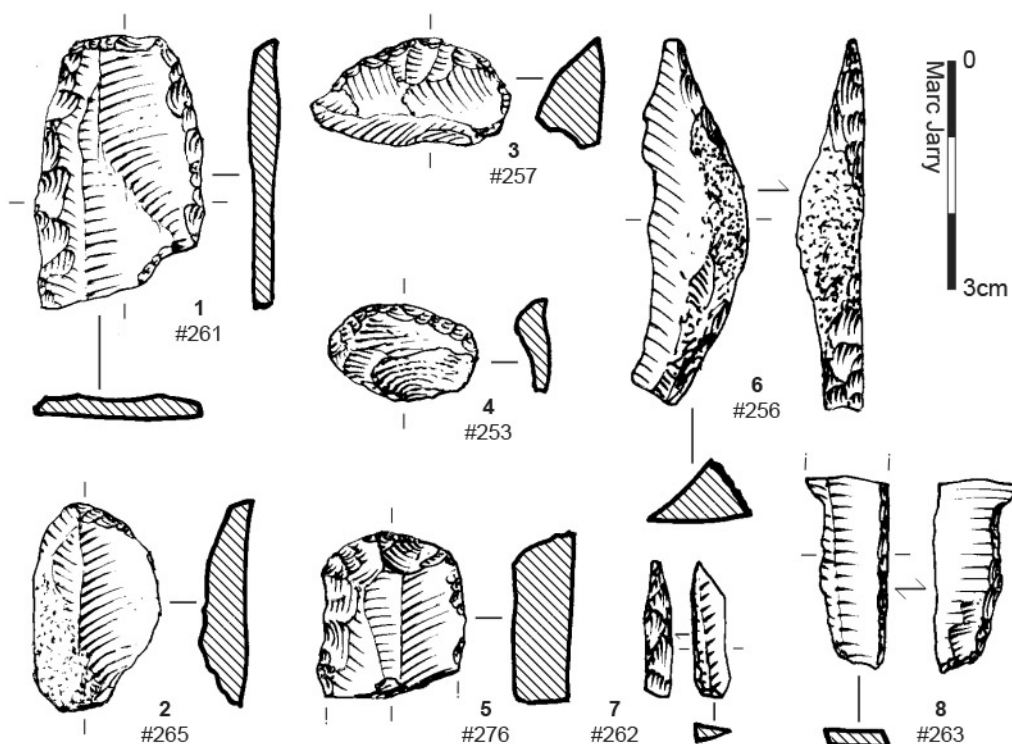


figure 73 : Rive Gauche, secteur Péquart, déblais fond de fouille, silex, outils et armatures (dessin Marc Jarry / Inrap-Traces).

Autres matières premières

- #234 : schiste, hache polie fracturée et reprise en façonnage et polissage partiel (figure 74, n°1). ;
- #328 : quartzite, macro-outillage sur galet. Il porte sur un bord et sur chaque face des marques de percussions (figure 74, n°2) ;
- #235 : 2 éclats (quartzite et schiste) et un fragment d'éclat (schiste).

Cet ensemble d'objets peut être attribué au Néolithique au sens large.

Les galets maculés (M. B.)

Parmi le petit lot de galets remarquables dans les déblais de la fouille Péquart, deux d'entre eux dont un fragmentaire, se distinguent des autres par des traces de coloration rougeâtre. Le contexte imposait de leur accorder une certaine attention. Le traitement infographique palliant pour partie l'absence de lavage, a fait ressortir ces nappes colorées affectant leur surface. Sur le premier, la coloration est visible sur une plage allongée d'extension limitée (figure 75, n° 1, #371). Le second paraissait plus prometteur au premier abord (figure 75, n° 2, #375). Son examen approfondi par traitement infographique a néanmoins infirmé l'espoir de reconnaître un galet peint azilien. Les plages colorées le plus souvent non ordonnées et diffuses ne s'organisent pas en effet selon un schéma traduisant, même sous forme dégradée, un véritable « décor ».

Il s'agit plus vraisemblablement, dans les deux cas, de galets maculés par l'usage comme mollette. L'analyse des pigments sur l'ensemble des galets colorés, galets peints aziliens compris, permettra peut-être d'établir un jour une distinction entre les diverses catégories constituant ce groupe de vestiges.

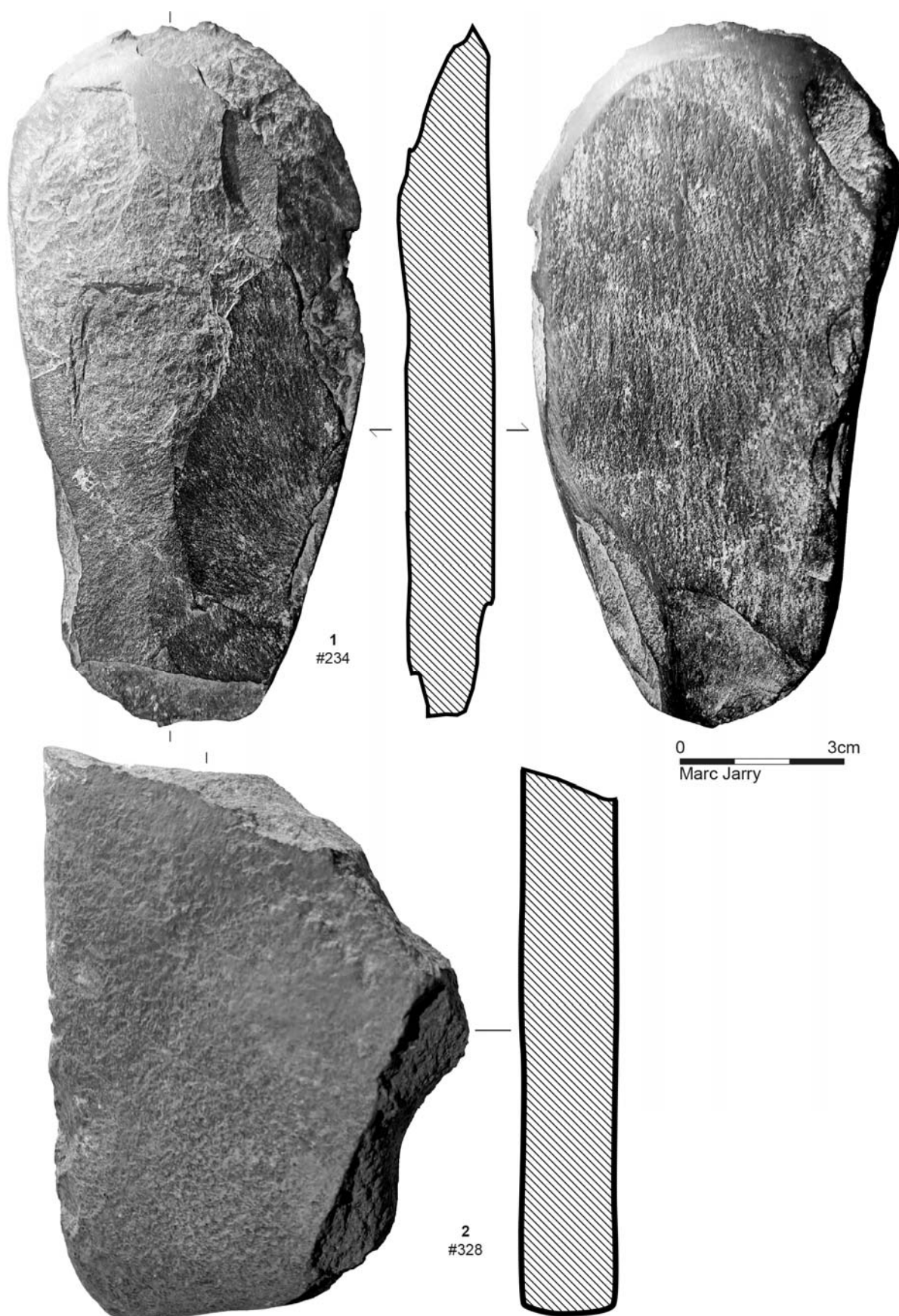


figure 74 : Rive Gauche, secteur Péquart, déblais fond de fouille, outillage autres matériaux (dessin Marc Jarry / Inrap-Traces).

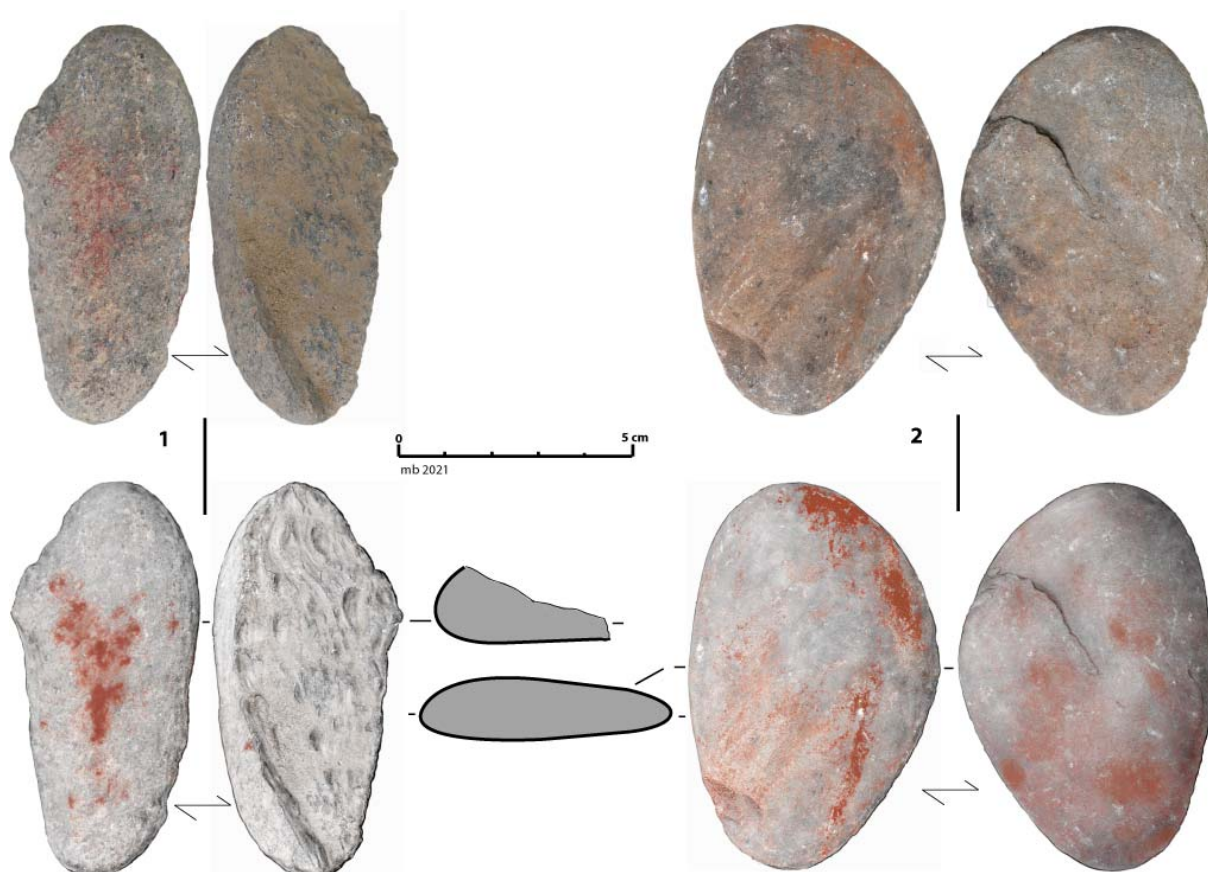


figure 75 . Le Mas d'Azil. Déblais de la fouille Péquart. Galets ocrés récoltés lors de la campagne de juillet 2021 (clichés et dessins Michel Barbaza / Univ. Toulouse-Traces).

La céramique (com. orale P. M. et J-L. B.)

- Lot #359 : 6 fragments de panses de céramique plus ou moins grossière modelée, attribuables au Néolithique ou à la Protohistoire *sensu lato* ;
- Lot #283 : 4 fragments de panse de céramique non tournée noire et un bord à lèvre renforcée aplatie avec perforations verticales. L'attribution, malgré la forme particulière du bord, reste large : Néolithique ou Protohistoire (figure 76) ;
- Lot #231 : 3 tessons de céramique modelée rouge et noire, comprenant un bord droit à lèvre amincie et une rupture de pente recuit. L'attribution reste large : Néolithique Protohistoire ;
- Lot #291 : 5 fragments de panses de céramique tournée, noire et rouge, attribuables au XII^e / XIII^e siècle ;
- Lot #348 : 12 fragments de panses de céramique tournée, attribuable au Moyen Age *sensu lato* ;
- Lot #233 : un bord de céramique tournée à lèvre renforcée à pâte rouge. L'attribution reste large : période historique ;
- Lot #354 : 4 fragments de céramique tournée, dont un porte des traces de vernissage et un autre est une portion d'anse. Attribution : période Moderne XVI^e siècle.

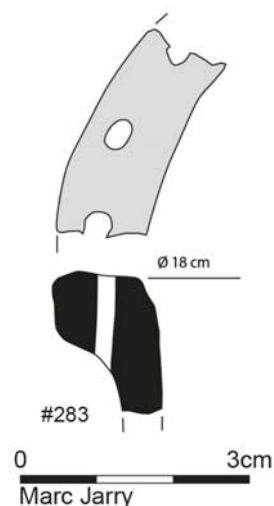


figure 76 : Rive Gauche, secteur Péquart, déblais de fond de fouille, céramique #283 (dessin Marc Jarry / Inrap-Traces).

Les autres mobiliers

La microfaune

Dans les opérations de déblaiement, un petit lot de 6 restes de microfaune a pu être récolté. Il est évident que la quantité de vestiges de ce type doit être bien supérieure, mais nous n'avons pas opéré de tamisage avant le stockage dans les sacs.

La malacofaune

6 escargots entiers et quelques fragments de coquilles ont été récupérés.

En outre, et cela apparaît intéressant, un fragment proximal de coquille de dentale a été retrouvée (#229, figure 77).

figure 77 : Rive Gauche, secteur Péquart, remblais divers fouille Péquart, dentale #229 (cliché Marc Jarry / Inrap – Traces).



Charbon de bois

15 g de charbon de bois ont pu être récoltés lors des opérations de nettoyage du secteur de la fouille Péquart.

Bloc de limon induré

Nous avons conservé, « pour l'histoire », un bloc de limons induré issu des fouilles Péquart. Il illustre la méthode d'extraction de ces limons entre deux couches archéologiques.

Les plaquettes de grès

16 plaquettes de grès, de tailles diverses, ont été récoltées lors du nettoyage du secteur de la fouille Péquart.

TCA

Une brique, difficilement datable si ce n'est par la qualification d'historique, a été retrouvée dans les remblais divers au fond de la fouille Péquart. Si l'attribution est très large, il n'est pas exclu que cette brique soit antique. En outre, elle n'a pas un aspect très récent comme on pourrait en retrouver au XIX^e ou XX^e s.

Le mobilier XX^e siècle

Nous avons, dans un souci historiographique, conservé des objets qui pourraient être significatifs d'un point de vue historiographique. Ainsi, nous présentons ici des vestiges qui se trouvaient sous les blocs et déblais présents sur la partie ouest de la fouille Péquart, notamment contre la coupe, au pied de l'escalier dans les limons :

- #230 : divers fragments de journaux provenant à l'origine de 3 ou 4 pages différentes. Parmi les informations lisibles (figure 78) :
 - o un fragment avec un fait divers en recto dont on peut déduire que le journal date d'après un 3 août. En verso, on peut lire ce qui semble être des brèves sportives. Il est question à gauche, aux USA, d'un 400 m. haies et de « Taylor ». Morgan Taylor est un champion Olympique en 1924, 1928 et 1932 La référence ici ne nous aide guère. La brève suivante n'est pas interprétable. À droite, la première brève parle de « L'équipe de France (...) qui disputera les championnats d'Europe (4-7 septembre...) » avec en « skiff : Renée Camus, double deuil ; Chaleux-Grin (...) Quatre de couple : Kuste (...) ». Renée Camus est championne du monde en skiff en 1974 et sera médaillée de nombreuses fois aux championnats d'Europe

jusqu'au début des années 80. La brève suivante, en cyclisme, parle de « Pierre T(...)N champion olympique... », de « Daniel Morelon » et de « Quyntrin ». Il s'agit de Pierre Trentin qui aura une longue carrière, puis sera entraîneur dans les années 80. Enfin, la dernière brève parle de rugby avec, pour résumer, le décès à l'âge de 53 ans de Alb(...) Moga, ancien international et frère du vice-président de la FFR. Le rugbyman Alban Moga est décédé le 5 avril 1983.

- un autre grand fragment porte en recto à gauche des résultats d'une loterie ou de paris (on lit « ...IONALE », sans doute pour Loterie Nationale ». À droite, séparé par une double ligne verticale, on peut lire le début gauche d'un bloc de texte où il est question d'un « gardien Formici. Le Red... » et de « Laudu ». Christian Laudu était gardien de but en football au Red Star FC de 1968 à 1976, célèbre pour être un buteur de pénalty lors de la saison 1972-1974. Guy Formici est un gardien de but de la même génération, au sommet de sa carrière en 1970-1978 au Troyes FC. On peut lire sur le même fragment « Lass...tte ». Il ne peut s'agir que de Guy Lassalette, footballeur attaquant de la même génération que les deux précédents, professionnel de 1964 à 1974 au FC Sochaux, Metz et AS Angoulême, décédé en 1981. Sur l'autre face du fragment de papier, il est question en haut de problèmes d'hôtellerie, notamment avec la venue de congressistes. Le nom de Guy de Rothschild est cité comme étant venu lui aussi visiblement en pleine saison. En bas, il est question de manifestations liées à la suppression de la ligne de train Laon-Liart prévue pour un 29 septembre. Nous avons pu retrouver que cette ligne a été fermée au service des voyageurs le 28 septembre 1969 ;
- sur un petit fragment, on peut lire, à gauche d'une photographie non interprétable les débuts de lignes d'un bloc. On peut lire ainsi, notamment : « gaulli... » « commu... », « M. Pompid... ». L'autre face n'apporte aucune information. Nous pouvons considérer, qu'il s'agit de Georges Pompidou étant donné le contexte des autres fragments. Il est président de la République du 20 juin 1969 jusqu'à sa mort le 2 avril 1974. Il est Premier ministre de 1962 au 10 juillet 1968. Le fait qu'il soit indiqué M. Pompidou (et non M. le Président P.) pourrait indiquer qu'il n'est pas encore président... Donc avant le 20 juin 1969.

Nous aurions donc ici des fragments de journaux de 1969, de l'été 1969 et d'un ou deux jours après le 6 avril 1983. En 1968-1969, Alteirac intervient en Rive Gauche, notamment pour nettoyer le secteur Péquart, ce qui semble être effectif puisque les vestiges retrouvés reposent sur les limons. Par contre, qui a pu laisser le journal de 1983 ? Pour que nous l'ayons retrouvé à hauteur des limons, il faut que des blocs soient bien tombés postérieurement aux années 80, ce qui est bien sûr envisageable....

- #222 : lots de 41 tessons d'une même bouteille en verre de couleur vert foncé. La collerette en étain est conservée. Un fragment d'étiquette permet encore de lire : « BORDE... Saint-Em... » ;
- 221 : lots de 12 fragments d'une même bouteille en verre blanc. Une partie de la collerette en étain est conservée. Le verre porte un décor encore visible sur un fragment du goulot. Il rappelle certaines bouteilles de vins sucrés du Languedoc (type Muscat de Frontignan) ;
- #223 : un bouchon de liège ;
- #226 : lot de 30 clous de 20 cm, de fabrication industrielle (non forgés). Ils ont été retrouvés en fagot, sous les déblais ;
- #225 : deux fragments d'un pot à anse, glaçuré marron tacheté, brut en partie inférieure. Ces éléments rappellent les pots-à-eaux milieu XX^e siècle (type Casanis) ;
- #224 : six fragments d'une même assiette en faïence de type des manufactures du nord de la France (type Faïence de Pexonne) au décor de fleurs rouges typiquement milieu XX^e siècle.

figure 78 : Rive Gauche, Secteur Péquart, sous les déblais de fond de fouille (cliché Marc Jarry / Inrap-Traces).



Action 3-F : croisement des données avec les approches géoarchéologiques

Étude aérologique et suivi des températures pour la compréhension des mécanismes en jeu dans les phénomènes de la biocorrosion dans la grotte du Mas d'Azil

Par Didier Cailhol, François Bon, Jean-Yves Bigot, Laurent Bruxelles, Grégory Dandurand, Marc Jarry, Céline Pallier et Nathalie Vanara

Introduction

L'importance des phénomènes de corrosion liés à la condensation dans les évolutions des morphologies des galeries des grottes fait l'objet d'une prise en compte de plus en plus importante dans les études de cavité et plus particulièrement dans les contextes archéologiques que cela soit pour des questions d'art pariétal ou de conservation des contextes paléo environnementaux que la grotte a enregistrés. Ces aspects se trouvent amplifiés avec les fréquentations actuelles ou passées de colonies de chiroptères qui vont augmenter, parfois, de manière exponentielle les effets de la corrosion de condensation sur les morphologies de la grotte que cela soit par la production de CO₂ et les variations de la température du fait de leur présence en nombre dans certaines zones de la cavité, que par les productions des lixivias, d'aérosols acides et de développements bactériens issues du guano et de sa décomposition (Audra *et al.* 2016, 2017, 2019 ; Bruxelles *et al.* 2016 ; Bruxelles 2019 ; Cailhol 2016, 2019 ; Cailhol et Vanara 2018 ; Gely *et al.* 2016 ; Pfendler *et al.* 2017).

À la grotte du Mas-d'Azil, la présence actuelle relativement importante de colonies de chiroptères interroge sur les évolutions des morphologies advenues dans ces parties de la grotte et les présences/absences d'art pariétal dans certaines parties de la cavité (Bruxelles *et al.* 2016). Un inventaire des morphologies pariétales est réalisé dans le cadre des études archéologiques (Pallier *et al.* 2016), il se poursuit avec la documentation à haute définition des points remarquables. En parallèle, le suivi des flux aérologiques est entrepris pour améliorer la compréhension de la

climatologie des différentes parois de la grotte. Pour cela, la mesure en continu des températures apporte des observations détaillées des phénomènes en jeu et permet un travail d'analyse et de modélisation des flux afin d'établir des profils thermodynamiques des parties de la grotte étudiées (Gabrovšek *et al.* 2010, Berthomé *et al.* 2020). Il a donc été installé 6 stations de mesure et d'enregistrement de la température dans la grotte afin de permettre une approche par la thermodynamique, à partir du suivi de la climatologie, l'hydrologie, la biologie et la microbiologie pour identifier et quantifier les processus en jeu, et comprendre la manière plus ou moins importante dont ont évolué les morphologies de galeries et l'incidence sur les paysages du milieu souterrain.

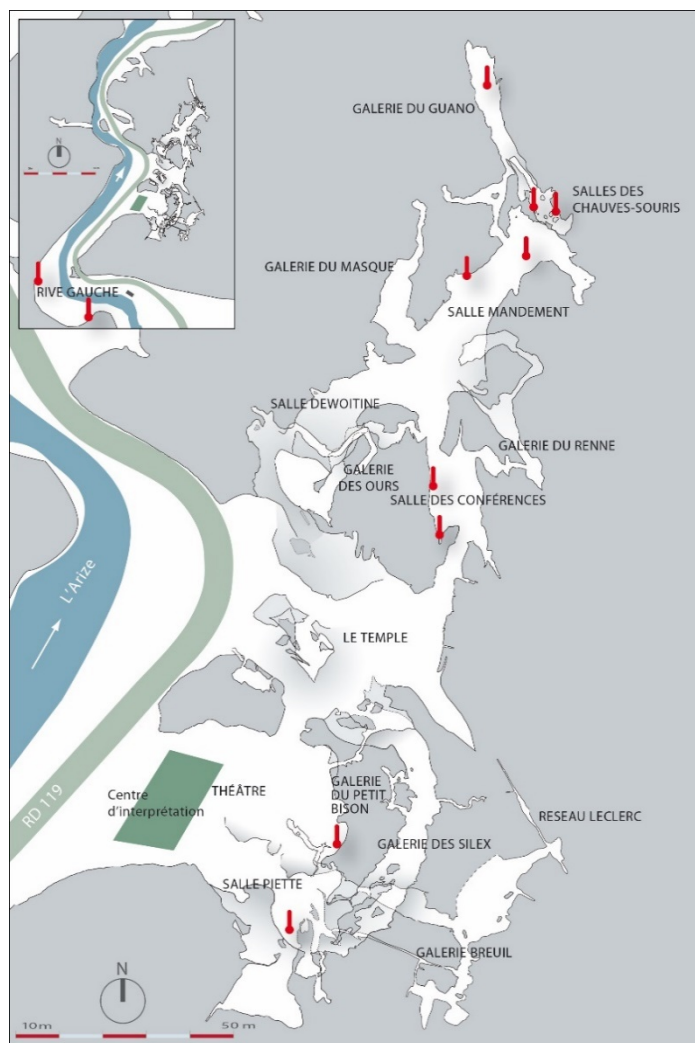
La compréhension des phénomènes aérologiques

Les différentes phases d'occupation et d'usage de la grotte révélées par l'archéologie permettent de jalonner l'histoire de son évolution. Cependant, les travaux d'excavation pour la route et les fouilles archéologiques du début du XX^{ème} siècle ont introduit des changements importants dans les morphologies de galerie et dans la dynamique écologique de la cavité. Les influences de l'aérologie sur les morphologies de paroi sont importantes dans ce type de cavité. Cela induit des processus de corrosion de condensation en fonction de la température de l'air qui circule dans le réseau de conduits et localement à la formation de concrétions de condensation (Cailhol *et al.* 2020). La présence de colonies de chiroptères dans différentes parties du réseau spéléologique vient renforcer ces phénomènes avec de la corrosion issue du CO² et de la chaleur que dégagent les chauves-souris en respirant et en se regroupant en essaims plus ou moins importants, lors de leurs cycles de vie. Par ailleurs, le guano et les urines qu'elles produisent contribuent à des développements bactériens, des acides carboniques, sulfuriques, nitrique et phosphoriques lors des phases de décomposition. Ils agissent directement sur les sols et le substratum calcaire par corrosion et dissolution dans les écoulements d'eau qui se forment depuis les parois et les voûtes et par des aérosols dispersés par les dynamiques aérologiques en jeu dans le réseau de conduits (Audra *et al.* 2016, Barriquant *et al.* 2021, Bruxelles *et al.* 2016, Cailhol *et al.* 2021). Au regard du contexte archéologique, des impératifs de conservation des paysages de la grotte et de l'art pariétal, la compréhension de l'influence de ces phénomènes et la nécessité de les situer dans les étapes de l'évolution de la grotte ont amené à l'installation d'un réseau de mesures climatologiques pour documenter en continu les variations de température de l'air dans des galeries de secteurs clés de la cavité. Localement, un suivi de l'hygrométrie est également réalisé. L'analyse de ces mesures, croisées avec des observations morphologiques des galeries et des parois viennent compléter ce protocole afin de décrire et quantifier les phénomènes en jeu.

Le réseau de mesures

À partir des observations géomorphologiques des galeries de la grotte, 5 stations de mesures ont été implantées en rive droite, dans des salles ou des portions de galeries avec des indices forts d'évolution sous les effets de la bio corrosion ou avec une présence marquée de chauve-souris. Pour chaque station, en fonction de la configuration, il est installé deux ou trois sondes de mesure et d'enregistrement de la température. Une à proximité du sol, la seconde à mi-hauteur de la galerie et la dernière à proximité de la voûte. Dans la Galerie du Guano, la salle Mandement, l'instrumentation a été faite avec des sondes TinyTag TGP 4017 pour la température et le modèle TGP 4500 qui mesure également l'hygrométrie. La Salle des Chauves-souris a été équipée d'une sonde TinyTag TGP 4017 en partie haute et d'une sonde de température Niphargus pour la partie basse. Dans la salle des Conférences une sonde TinyTag TGP 4500 enregistre la température et l'hygrométrie dans la partie haute en complément d'une sonde de température Niphargus pour la partie basse.

figure 79 : Localisation des points de suivi de la température dans le réseau de la grotte du Mas-d'Azil (dessin Marc Jarry / Inrap-Traces et Didier Cailhol / Inrap-Traces sur fond PCR cf. réf. in partie 3.2).



Les stations dans les parties hautes du Théâtre, en bas de la salle Piette et les parties nord et sud de la rive gauche la salle Piette ont été instrumentés avec des sondes de température Niphargus. Toutes les sondes ont une précision de 0,05°C, leur temps de réponse est de 25 mn. Chacune d'entre-elle possède un certificat d'étalonnage. Le pas de temps de mesures est de 30 minutes (figure 79).

Les mesures climatologiques

L'installation du réseau de mesures a commencé en 2018 avec des tests à différentes stations. En 2019, un réseau plus dense a été construit de manière à décrire avec précision des phénomènes partiellement observés au cours de l'année précédente. Il sera présenté ici les résultats de la campagne de mesures de juillet 2020 à juillet 2021.

Au cours de cette période, 17 568 mesures ont été enregistrées à chaque station. La chronique des températures aux différents points suivis met en évidence des températures moyennes évoluant entre 9,75°C pour la partie nord de la rive gauche et 13,23°C pour la partie supérieure de la Salle des Conférence qui constitue une zone relativement confinée par rapport aux influences extérieures.

Les variations de températures présentent une grande disparité entre les différents secteurs du réseau spéléologique (figure 80). Entre les porches amont et aval où la rivière coule, sur la rive gauche dans le secteur archéologique, l'écart interquartile est de 6,1°C pour la partie nord de la rive gauche et de 5,5°C pour la partie sud. Les variations de température sont très fréquentes comme le montre les valeurs d'écart type élevées avec une valeur de 4,2 pour la partie nord et de

3,9 pour la partie sud. Le nombre élevé de l'écart type montre l'influence directe des conditions météorologiques extérieures, compte tenu de la taille de la galerie où coule la rivière et l'effet venturi qui s'installe entre les porches amont et aval, du fait de la dénivellation et du changement de taille du conduit.

En rive droite, les mesures dans la partie supérieure de la salle du Théâtre et dans le recoin de la salle Piette, à proximité de l'accès à la galerie Breuil, montrent des valeurs un peu plus élevées, les moyennes s'établissent entre 11,5 et 12, 7°C. Au niveau de la partie supérieure de la salle du Théâtre les variations de température sont un peu plus élevées avec un écart interquartile de 2,7°C contre 1°C pour la zone suivie dans la salle Piette. Les échanges avec le milieu extérieur sont bien atténués, les écarts-types sont de 1,9 pour la partie supérieure de la salle du Théâtre et 0,9 pour la salle Piette.

La salle du Guano, la galerie des Chauves-souris, celle des Conférences, constituent une zone confinée de faibles échanges avec le milieu extérieur. Les moyennes de température sont situées entre 11,9 et 13,2°C. L'amplitude des variations de températures sont très faibles, les écarts interquartiles sont compris entre 0,18 et 0,06 °C. Les variations sont peu nombreuses comme en attestent les très faibles valeurs d'écart-type calculées. Elles sont comprises entre 0,016 et 0,4.

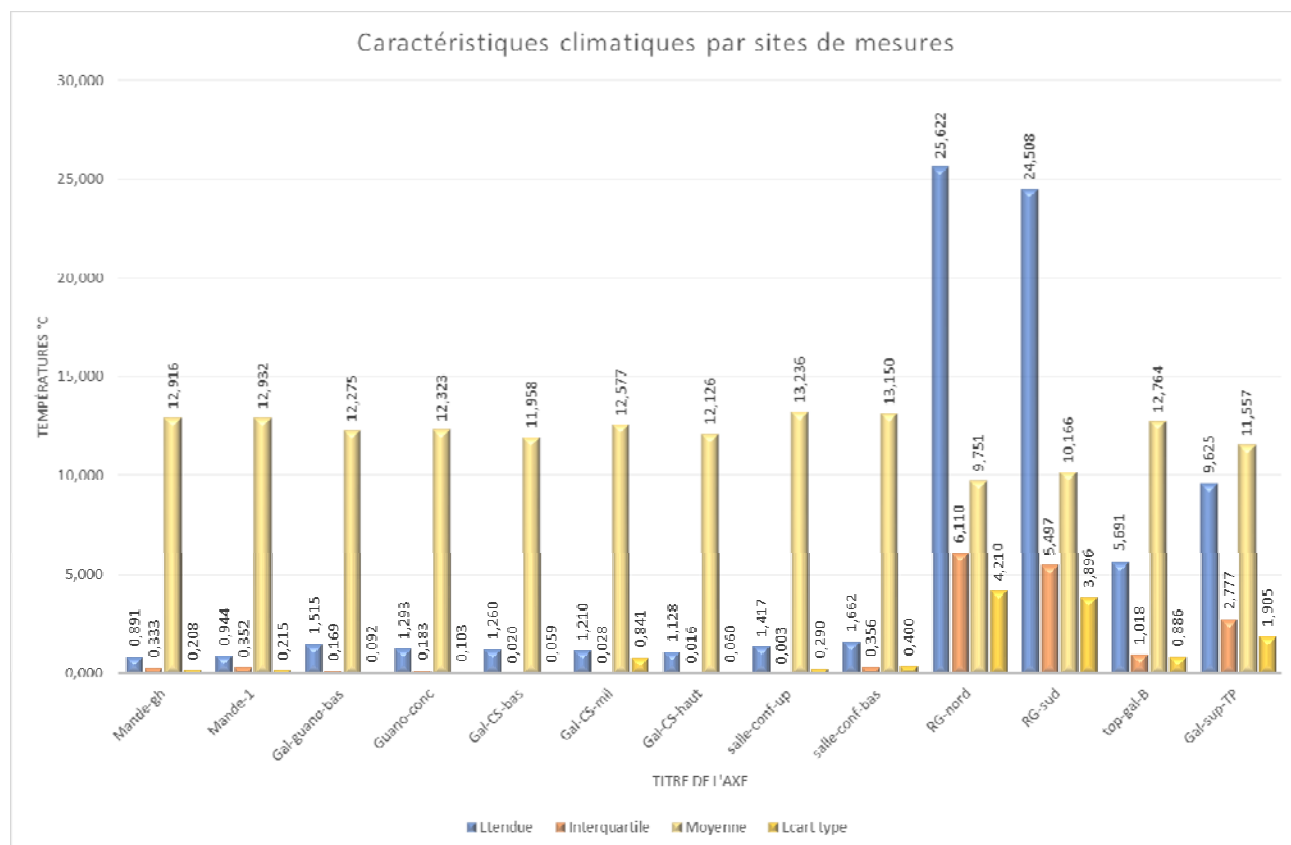


figure 80 : diagramme en barres des variations de température aux différents points de suivi (Didier Cailhol / Inrap-Traces).

La synthèse de ces mesures met en évidence pour l'ensemble des sites, de très faibles variations de température sur un cycle annuel à l'exception de de ceux de la rive gauche, directement influencés par les conditions climatiques extérieures.

La comparaison des dates et des valeurs de minima et de maxima des températures à chaque point de mesures apporte également des éléments d'appréciation des systèmes aérologiques présents dans le réseau spéléologique et de leur degré de relation avec les conditions climatiques extérieures.

Les valeurs minimales

Les valeurs minimales présentées sont les valeurs basses enregistrées au moins une fois aux différents points suivis (figure 81). Il s'agit le plus souvent d'un évènement unique de valeur de température minimale, mesurée de manière plus ou moins décalée avec la saisonnalité du milieu de surface.

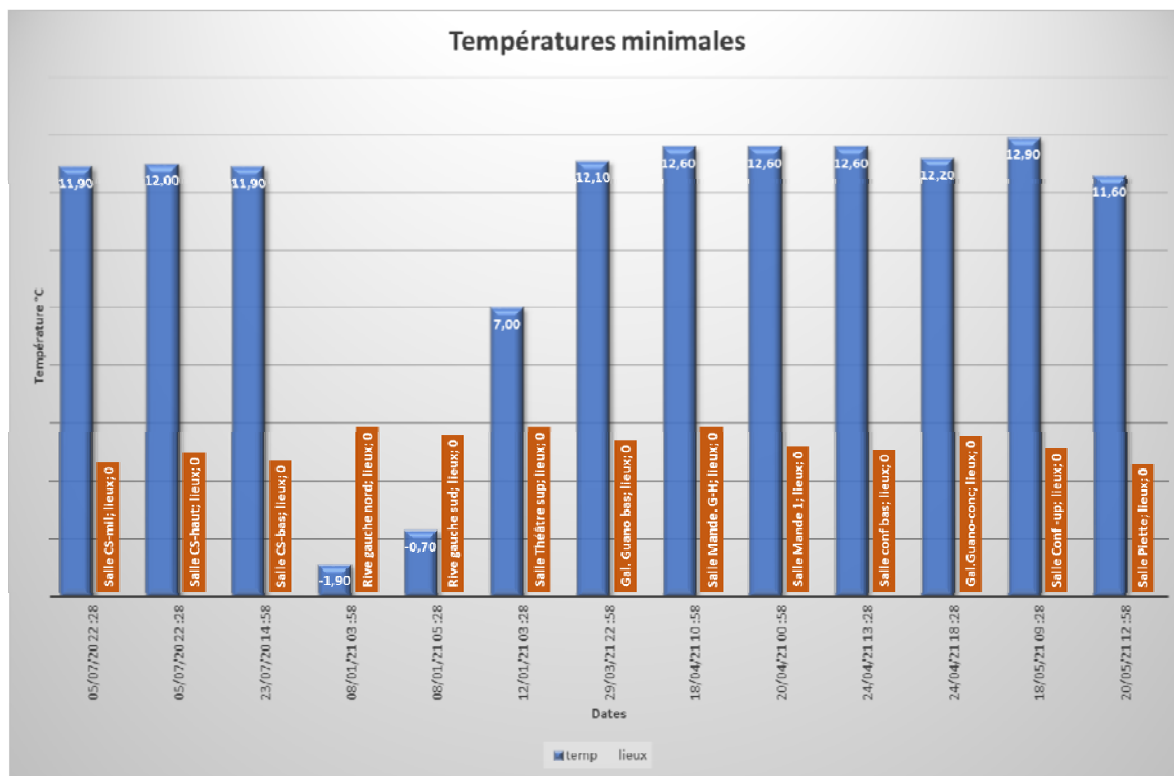


figure 81 : diagramme en barres des températures les plus basses enregistrées aux points de mesures (Didier Caillhol / Inrap-Traces).

Dans la salle des Chauve-souris, les minima de température sont enregistrés au mois de juillet, tandis que dans la galerie du Guano, la Salle Mandement et celle des Conférences, ils sont mesurés à la fin du mois de mars et en avril. La partie haute de la Salle des Conférences et la zone de la salle Piette connaissent le minima au mois de mai.

Les secteurs de la rive gauche, du haut de la salle du Théâtre qui présentent des relations plus marquées avec les conditions météorologiques du milieu extérieur ont les minima de température au début du mois de janvier. À Saint-Girons, la température la plus basse du mois de janvier 2021 était enregistrée le 12 à 03h 47. Le 08 janvier, elle était de -7,6°C à 06h 06 (source : infoclimat).

Les valeurs maximales

Comme pour les valeurs minimales, les valeurs maximales correspondent à des événements enregistrés au moins une fois au cours de la période de suivi. Ils correspondent là aussi, le plus souvent à un enregistrement unique (figure 82).

Les points de mesure de la rive gauche ont enregistré les valeurs de température les plus élevées en juin 2021. L'influence directe du soleil et le courant d'air entre l'amont et l'aval de la rivière souterraine dans un conduit de grosse section permet de transporter le flux de chaleur journalier dans cette branche du système spéléologique.

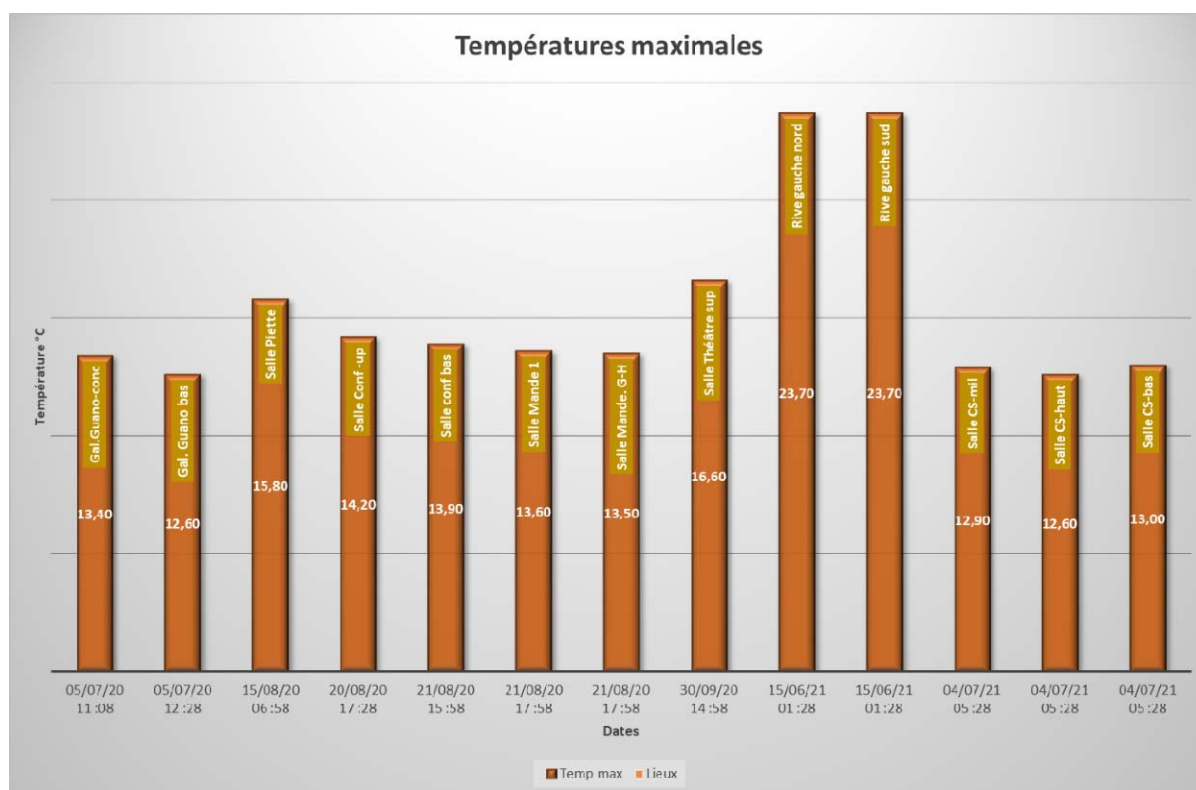


figure 82 : diagramme en barres des températures les plus hautes enregistrées aux points de mesures (Didier Cailhol / Inrap-Traces).

La salle du Guano et la galerie des Chauve-souris connaissent la température la plus élevée en début juillet. 2020 pour la première et 2021 pour la seconde. Les autres points de suivi ont leur maximum en août et septembre.

Au cours de l'année 2020, à Saint-Girons, les moments les plus chauds ont été le 30 juillet avec 37°C et le 7 août avec 38,3°C. Au cours du premier semestre 2021, le 13 juin la température fut de 31,7°C. à partir du 8 juin, la température maximale journalière a été au-dessus de 25°C. Cette tendance a duré jusqu'au 16 juin. Hormis le 11 juin, l'ensoleillement journalier était de plus de 10 heures. Un vent léger soufflait avec des rafales entre 20 et 30 km/h.

Les mesures dans les galeries de la partie nord-est du réseau spéléologique

La partie nord-est du réseau fait l'objet de plusieurs études pour comprendre les effets de la biocorrosion sur les évolutions des morphologies des galeries, et plus particulièrement au niveau des parois et des voûtes (Bruxelles et *al.*, 2016). Dans ce cadre, un réseau dense de mesure et d'enregistrement de la température a été mis en place dans ce secteur. La présence actuelle de plusieurs colonies de chauve-souris installe des conditions favorables pour l'action de ces processus, malgré le fait qu'ils soient actuellement d'une importance moindre qu'à d'autres périodes (Bruxelles et *al.*, 2016 ; Pallier et *al.*, 2016 ; Cailhol et *al.* 2019).

Cette partie de la grotte est partiellement concernée par les visites touristiques. La salle des Conférences et la salle Mandement constituent deux stations importantes du circuit de visite de la cavité. À des fins de conservation, des systèmes de portes ont installées dans les galeries donnant accès à la partie centrale du réseau appelée « Le Temple » afin de limiter les échanges aérologiques avec la zone de la rivière et tenter d'approcher les conditions qui prévalaient avant les grandes excavations du XIX^{ème} et du XX^{ème} siècle tant pour la route que pour l'archéologie.

Les colonies de chauves-souris fréquentent la salle Mandement au printemps et à l'automne, et de manière plus continue du printemps à l'automne, la salle du Guano, la galerie des chauves-souris.

Les données issues du suivi des températures mettent en évidence 4 dynamiques dans ces parties de la grotte. La salle des conférences connaît des variations saisonnières plus importantes que les autres. Les niveaux de températures sont également plus élevés. Les évolutions de température dans la salle Mandement montre une tendance similaire à celle de la salle des Conférences mais avec des valeurs moins élevées. Il y a également un décalage de plusieurs jours dans les maxima et les minima à ces différents points (figure 83).

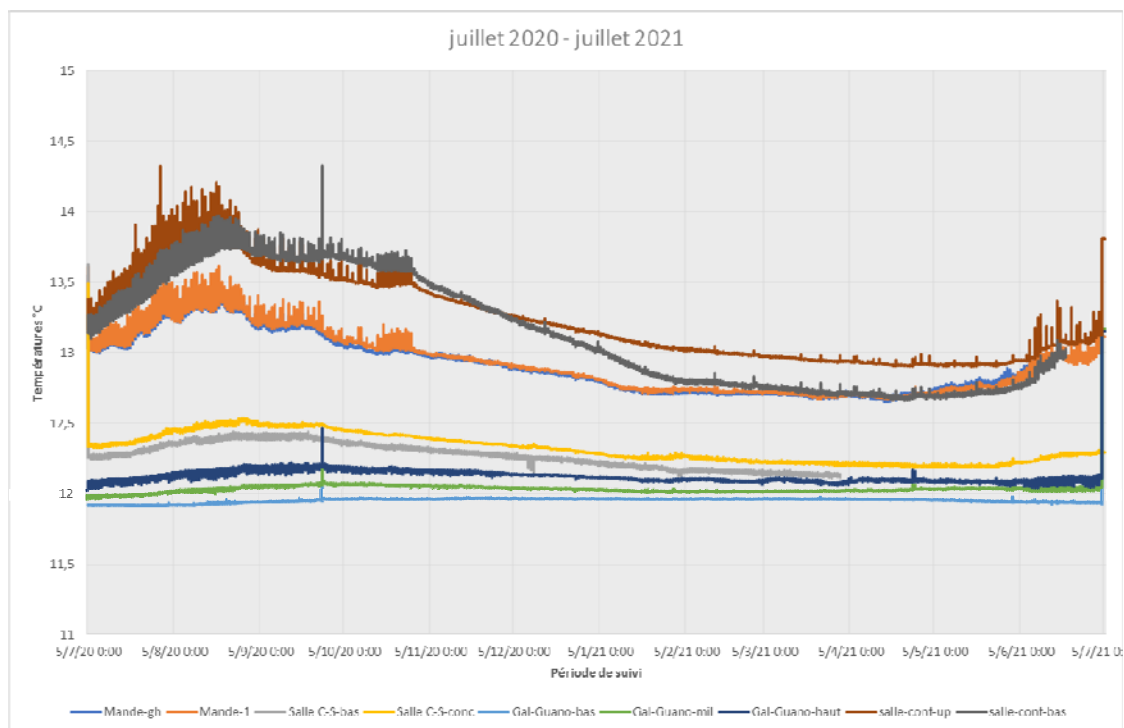


figure 83 : évolutions des températures aux points de suivi dans la salle des Conférences, Mandement, des Chauves-souris et dans la galerie du Guano (Didier Cailhol / Inrap-Traces).

La caractéristique principale de ces sites de mesure est la très faible amplitude des variations de température avec localement une très grande stabilité thermique. Ces phénomènes sont bien mis en évidence avec les très faibles valeurs des écarts interquartiles qui rendent compte des évolutions des températures pour 75% des mesures enregistrées. Dans les plafonds de la salle des Conférences, cet écart est de 0,03°C, pour ceux de la galerie du Guano, ils sont de 0,016°C. Dans la salle des Chauves-Souris, ils sont un peu plus importants avec des variations de 0,18°C. Au niveau de la Salle Mandement, cela varie de 0,2 à 0,3°C. Les pics de température observables sur les courbes des salles des Conférences et Mandement correspondent principalement aux visites touristiques. Elles ne sont pas réellement significatives sur les évolutions de la climatologie de ces salles, comme le montre les valeurs d'interquartiles et les écarts-types sur les séries de mesures à ces points. Toutefois, leur moyenne annuelle se situe 0,3°C plus élevée que les deux autres galeries suivies dans ce secteur de la grotte.

Dans cette partie du réseau, des colonies de chauves-souris sont régulièrement présentes comme en atteste les observations directes et le suivi. Cela se remarque également avec la présence des tas de guano, plus particulièrement dans la salle Mandement et la galerie des Chauves-souris.

Observations pour le premier semestre 2020.

Le suivi des températures était également en cours lors du premier semestre de l'année 2020, mais avec un dispositif de mesure moins important que pour le cycle de mesures 2020 – 2021. Néanmoins, cela apporte des informations intéressantes sur le fonctionnement aérologique du système spéléologique. Cette période a été, en effet, marquée par l'arrêt de l'exploitation touristique de la grotte du fait du confinement. Le fonctionnement climatique naturel de la grotte

a pu être ainsi mesuré sans les interférences des visites des groupes et les ouvertures et fermetures des portes qui en découlent.

Les gammes des médianes des températures se situent entre 12,1 et 12,6 °C

Les températures sont relativement stables. Aux différents points de mesure, les variations ont été inférieures à 0,1°C comme le montre les écarts interquartiles très resserrés. Les zones de la grotte autour de la salle des Conférences, la salle Mandement et les galeries des Chauves-souris et du Guano sont relativement confinées du fait systèmes de portes installées dans le cadre des mesures de conservation du site (figure 80).

Ces mesures montrent toutefois des variations saisonnières et des échanges entre les zones hautes et basses des galeries.

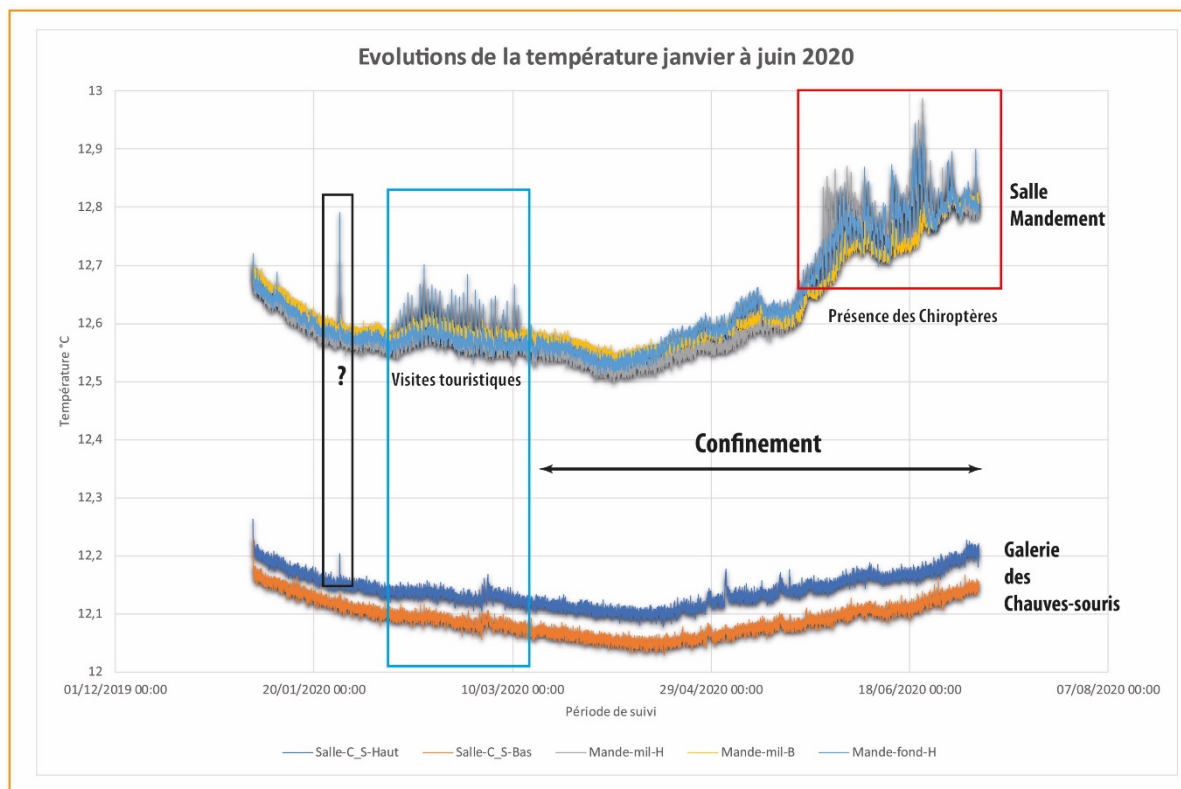


figure 84 : variations des températures dans la salle Mandement et la salle des Chauves-souris (Didier Cailhol / Inrap-Traces).

L'analyse des variations de températures sur la période dans la salle Mandement met en évidence, l'influence des visites touristiques durant les vacances d'hiver au mois de février, avant la période de confinement du printemps (figure 84). Les apports thermiques des groupes lors des visites sont nettement visibles avec des variations de températures de l'ordre du dixième de degré, à l'origine des petites oscillations de la température durant cette période de fin février et de début mars. Cela se remarque d'autant plus que la tendance générale est une baisse des températures dans ce secteur qui arrivent à leur minima au milieu du mois d'avril. Ce cycle apparaît de manière similaire dans la galerie des Chauves-souris que cela soit aux points de mesure haut ou bas. Les variations sont là aussi de l'ordre du dixième de degré.

À partir de la fin du mois d'avril, les températures commencent à remonter de manière progressive et régulière dans la salle et les deux galeries adjacentes du fait des changements aérologiques dans le réseau de la grotte en lien avec le réchauffement printanier et l'augmentation de l'insolation qui en découle. La dynamique de réchauffement est de faible importance (+0,1°C) mais suffisante pour témoigner des échanges existants et de leur continuité, indépendamment des cycles nyctéméraux.

À la date du 20 mai, l'augmentation de la température dans la salle Mandement s'accélère et présente des oscillations durant tout le mois de juin. Des pics journaliers sont nettement visibles et se callent sur les horaires de 22 heures et 6 heures, créneau horaire de sortie des chauves-souris. Les oscillations de la température correspondent également à des variations d'effectifs au sein de la colonie. Si les écarts de température sont faibles, la quantité de chaleur produite est à prendre en considération à l'échelle de la salle. En effet, la sonde référencée Mandement milieu bas est située à plus de 7 m de distance et 4 m plus bas que les cloches occupées dans le plafond par les colonies. Elle enregistre de manière synchrone les oscillations de température des deux autres placées à proximité de la voûte. Ces évolutions de températures sont uniquement dues aux chauves-souris. Le reprise des activités touristiques dans la grotte ne s'est faite qu'à partir du mois de juillet.

La comparaison avec la galerie des Chauves-souris qu'elles n'ont pas fréquentée à cette période, comme en atteste l'absence de guano frais, montre que l'accroissement saisonnier de la température s'est fait de manière régulière avec une augmentation très légère de moins de 0,1°C, durant ce laps de temps.

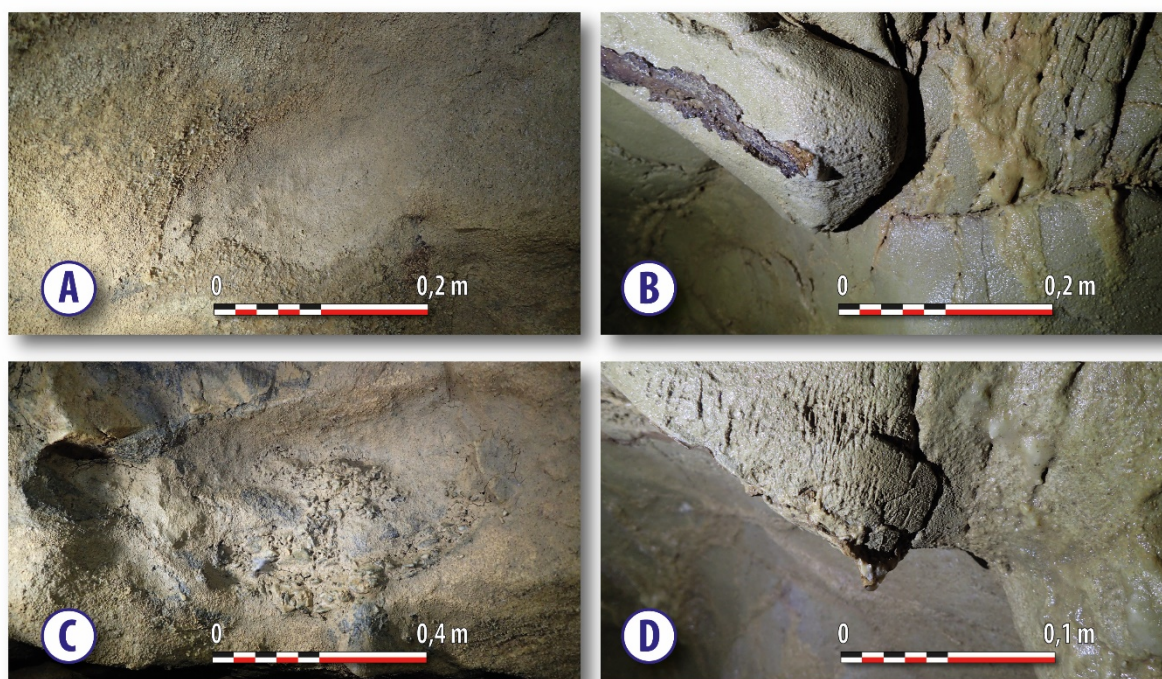


figure 85 : vues des différents faciès de corrosion liés à la condensation en lien avec la présence des chauves-souris (clichés © Didier Cailhol / Inrap-Traces).

L'hygrométrie et les phases de condensation

Dans la salle Mandement et la voûte de la galerie des Chauves-souris, deux capteurs ont enregistré l'hygrométrie relative. Comme c'est le cas pour ce type de mesure dans le milieu souterrain, la valeur s'est très rapidement saturée à 100% et n'a pas varié du fait de la technologie du capteur. Cela permet néanmoins de calculer des valeurs de point de rosée et de déterminer les fréquences de moments de condensation sur les parois et leur corrosion par ces eaux de condensation qui se charge alors en CO₂ pour former l'acide carbonique qui participe à la mise en solution des carbonates lors du ruissellement qui s'installe le long de la paroi. Lorsque l'écart diminue entre la température et la valeur de point de rosée, la condensation augmente et permet l'installation d'un film d'eau à Ph neutre, avec une forte capacité de corrosion en dissolvant le CO₂ présent dans l'atmosphère de la galerie. Lorsque l'écart augmente, le film d'eau formé sur les parois va pouvoir précipiter les carbonates acquis sous forme de calcite issue de la condensation.

Les effets de ces phénomènes marquent fortement les paysages de la galerie des Chauves-souris (figure 85 A, B, C et D)

Les effets de site

La galerie des Chauves-souris présente un conduit rectiligne de dimensions régulières qui constitue une entité climatologique spécifique. Les variations de température sont très faibles et déconnectées des saisonnalités du milieu de surface. Cette galerie constitue un système quasi fermé qui fonctionne partiellement à partir de dynamiques liées aux présences/absences des chiroptères. Celles-ci ne sont pas présentes de manière continue dans la galerie lors de leurs périodes de fréquentation de la grotte. Néanmoins, la présence de plusieurs dizaines d'individus durant une période donnée, suffit à influencer la dynamique thermique de la galerie, notamment au niveau de la voûte où elles se tiennent de manière préférentielle. Un tel épisode s'est produit du 26 au 29 août 2019. La température à la voûte a augmenté de $0,6^{\circ}$ avec la présence d'un petit groupe de chauve-souris. Du 26 au 27, elles ont ponctuellement quitté la galerie, puis du 28 au 29, elles sont restées de manière continue. Leur départ, le 29 entraîne une baisse nette de la température de $0,8^{\circ}\text{C}$ avec des valeurs inférieures à celles du point de mesure à 3 m du sol. Durant ces épisodes, la température mesurée à 0,4 m du sol est restée stable à $11,9^{\circ}\text{C}$. Les jours suivants des mouvements de convection vont affecter les évolutions de la température entre les points de mesure à la voûte et celui à 3 m du sol. À partir du 3 septembre, avec l'absence des chauves-souris, elles vont évoluer de manière similaire avec un écart de l'ordre de $0,1^{\circ}\text{C}$.

Discussion

L'analyse des données met en avant une grande disparité climatique entre les différents secteurs suivis (figure 86). Le gros conduit entre les porches amont et aval, avec la circulation de la rivière va permettre des échanges importants entre le système climatique de la grotte et l'extérieur. Cela va influencer de manière relativement importante les parties hautes de la Salle du Théâtre. Les variations de température sont fréquentes et d'une amplitude marquée que ne peut pas tamponner la thermorégulation du système karstique.

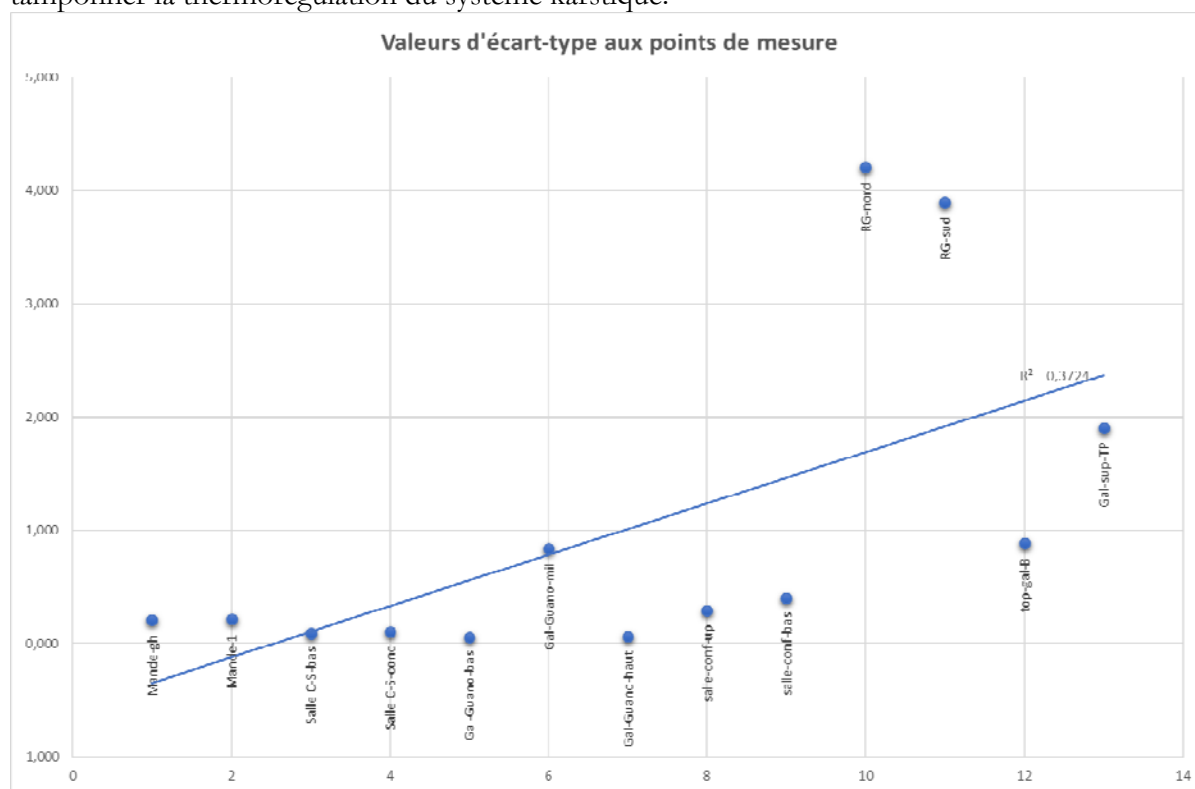


figure 86 : distribution des valeurs d'écart-type aux différents points de mesure (Didier Cailhol / Inrap-Traces).

Les autres points suivis sont plus fortement influencés de l'homéothermie karstique qui installe une dynamique climatique d'une très grande stabilité avec des très faibles variations de température et une déconnexion de la saisonnalité du milieu extérieur. Cela engendre des décalages parfois importants, des valeurs de minimum et de maximum des températures dans ces parties de la grotte avec la surface et les zones à fortes amplitudes. Ainsi, dans la partie basse de la galerie du Guano, une périodicité de basse fréquence centrée autour d'une tendance centrale stationnaire est nettement visible.

La relation de Choppy permet d'établir une relation entre température, altitude de l'entrée d'une grotte et latitude ou région considérée.

$$T(^{\circ}\text{C}) = 54,3 - 0,9 L - 0,006 h$$

Dans cette relation L est la latitude du lieu exprimée en degrés et h est l'altitude exprimée en mètres.

Latitude : 43° et altitude : 320 m NGF

Avec ces paramètres, la valeur calculée pour le Mas d'Azil est de **13,6 °C**

La grande galerie avec la rivière fonctionne comme un tube à vent soumis aux influences de l'eau et de l'air froid des périodes hivernales et printanières qui pénètrent dans la totalité de la galerie et contribuent ainsi aux fortes variations de température. Du fait de sa taille et de son profil descendant avec une forme de venturi, les flux d'eau et d'air qui circulent sont importants et constituent des dynamiques de transfert de froid dans le système spéléologique. C'est donc un système aérologique puissant qui fonctionne ici par advection pour influencer, en le refroidissant, l'ensemble du système karstique. Les galeries confinées sont en effet plus froides de l'ordre de 1,5°C que la température théorique du karst calculée d'après la relation de Choppy (figure 86).

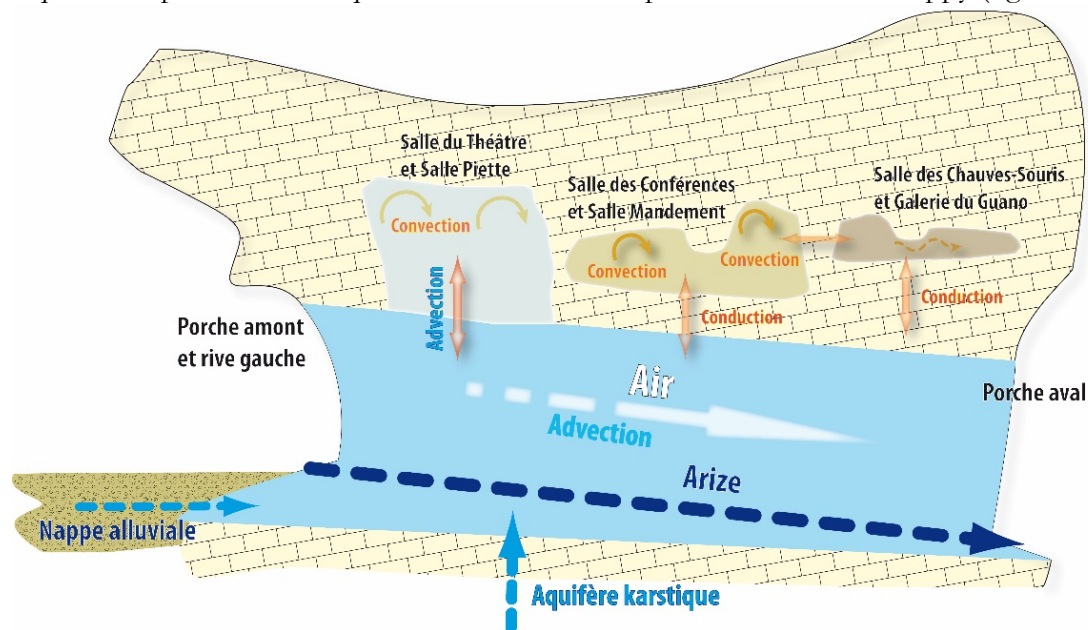


figure 87 : schéma des relations aérologiques au sein du système spéléologique de la grotte du Mas-d'Azil (infographie : Didier Cailhol / Inrap-Traces).

Malgré leur proximité avec le versant, la galerie du Guano et la salle des Chauves-souris présentent un confinement important qui installe une saisonnalité spécifique à ces parties de la grotte. Les décalages des températures maximales et minimales avec le milieu de surface sont importants et conditionnés par des relations d'échanges qui demanderaient à être documentées de manière plus précise. Il se pose en effet la question de l'influence des apports énergétiques de la galerie où coule la rivière et de l'advection qui affecte alors le système karstique.

Cette particularité de dynamique climatique, de confinement extrême et la configuration de la galerie du Guano (dimensions et structure rectiligne) va être influencée par les présences/absences de chiroptères à l'origine de processus de biocorrosion qui vont impacter les parois. Dans ce

système climatique presque fermé, en place dans cette galerie, l'introduction de source d'énergie du fait de la présence des chiroptères en phase de vie active, va installer des processus de corrosion de condensation intense avec des aérosols d'acide carbonique, sulfurique et phosphorique issus du métabolisme des chauves-souris et de la dégradation vers des phases minérales de la matière organique du guano qui vont agir sur les parois et les voûtes (Audra et al., 2016).

Les mesures de température au niveau du sol montrent une très grande constance de la température infime variation saisonnière. Dans les voûtes, les présences-absences de groupes de chauves-souris vont contribuer à des augmentations ou des baisses de températures de quelques dixièmes de degrés. Par contre, dans la zone intermédiaire, à trois mètres du sol, des échanges thermiques nombreux se produisent liés aux apports de chaleur par les chiroptères et par les évolutions de la décomposition des tas de guano que ce soit en système aérobie ou anaérobie. Il en résulte des mouvements de convection qui vont faire circuler les aérosols plus ou moins acides et entraîner des variations du point de rosé à différents points des parois avec des phénomènes de corrosion des parois calcaires plus ou moins longs suivant la saison.

Climatologie de la grotte et contextes archéologiques

Du point de vue de l'archéologie, les mesures de température à l'échelle du réseau spéléologique mettent en évidence des effets de sites importants et des écarts marqués entre la température dans les galeries et le milieu extérieur. Des écarts de 10 à 17°C ont été mesurés avec les températures hivernales de l'extérieur de la grotte. La partie haute de la salle du Théâtre était un lieu intéressant lors des périodes froides du Pléistocène supérieur pour la vie quotidienne d'un groupe. La taille de la galerie et la proximité du porche sud apportent une partie de la lumière du jour. La morphologie de la galerie et la position du remplissage permet de bénéficier d'une partie de l'homéothermie du karst et de gagner près de 15 à 17 °C de température par rapport au milieu de surface. En rive gauche, juste à proximité du porche sud, le gain de température est de l'ordre de 7°C

Ces effets de site ont été bien perçus par les groupes humains qui ont fréquenté la grotte au cours du Paléolithique et pour les périodes suivantes, au niveau de la rive gauche notamment. Cette habitabilité spécifique que recherchent les chauves-souris, a été également un critère important pour les sociétés mobiles des chasseurs-cueilleurs qui trouvaient dans ces parties de la grotte des environnements plus tempérés que ce qui étaient les conditions climatiques de ces périodes glaciaires et interglaciaires.

Témoignage du travail du salpêtre dans la grotte du Mas d'Azil et intérêt sur l'approche de l'évolution des parois en grotte

Par Céline Pallier, Jean-Yves Bigot, François Bon, Laurent Bruxelles, Grégory Dandurand, Élodie Dardenne et Marc Jarry

Historiographie

Dès la Renaissance, des témoignages d'exploitation du salpêtre dans la grotte du Mas d'Azil sont connus (Acte royal de 1585 d'après Péquart et Péquart 1937b, repris par Delporte 1987) : « *on retrouve, le long des parois de la grotte du Mas, les preuves toujours visibles de cette exploitation sous forme de monceaux de pierres provenant du débitage de la roche et d'amas de terres lavées dans le but de recueillir le précieux sel* » (Péquart, *op. cit.*, p. 4). Cette importante activité est aussi signalée en 1621, lors du siège du Mas d'Azil défendu par les Huguenots pendant lequel « *la principale industrie des habitats était la fabrication de poudre* » ce qui expliquerait que « *ça et là, dans la grotte, des amas de cendres et de terres lavées témoignent de l'importance qu'avait la recherche du salpêtre* » (Cartaillac 1891, p. 143). Un nouvel épisode d'exploitation du salpêtre aurait également eu lieu après la Révolution (entre 1792 et 1800) d'après l'abbé Pouech, qui montre que cette activité avait lieu partout, jusque dans les parties les plus profondes de la grotte : « *Au reste de ces tas de terre lessivée on en voyait partout dans ce vaste souterrain*

(;) non seulement dans cette poche du grand emprunt mais encore sur tout le flanc rocheux qui s'étendait jusqu'à l'ouverture d'amont du massif tranché depuis par la route. On en trouvait sur le bord de l'Arize partout au-dessus des hautes eaux, on en trouvait dans le vestibule des grandes cavernes dans les corridors dans les salles et jusque dans cette chambre des ours, la partie la plus reculée de la grotte la plus éloignée de la rivière et la plus élevée au-dessus de son niveau. Ces terres avaient été lessivées pour la fabrication du salpêtre. L'exploitation en fut fort ancienne à ce qu'il paraît elle se pratiquait déjà au temps des abbés. Elle fut active surtout à l'époque des protestants qui avaient leur principal centre de résistance au Mas d'Azil et qui fabriquaient là leur poudre de guerre. Enfin elle fut reprise à l'époque républicaine de 1792 à 1800 » (Pouech, carnet 87 débuté en 1888, p. 62-63). Il dit encore que ces importants restes d'exploitation ont en grande majorité disparu : « Auparavant le talus descendant des cavités latérales se continuait jusqu'au bord de l'Arize parsemé de blocs énormes entre lesquels se trouvaient des monceaux de terres lessivées pour l'extraction du salpêtre que les anciens y avaient entassé. Aujourd'hui les remblais ont tout couvert et ces blocs et ces terres, tout a disparu. » (Pouech, Carnet 87, 1888, p. 29-39).

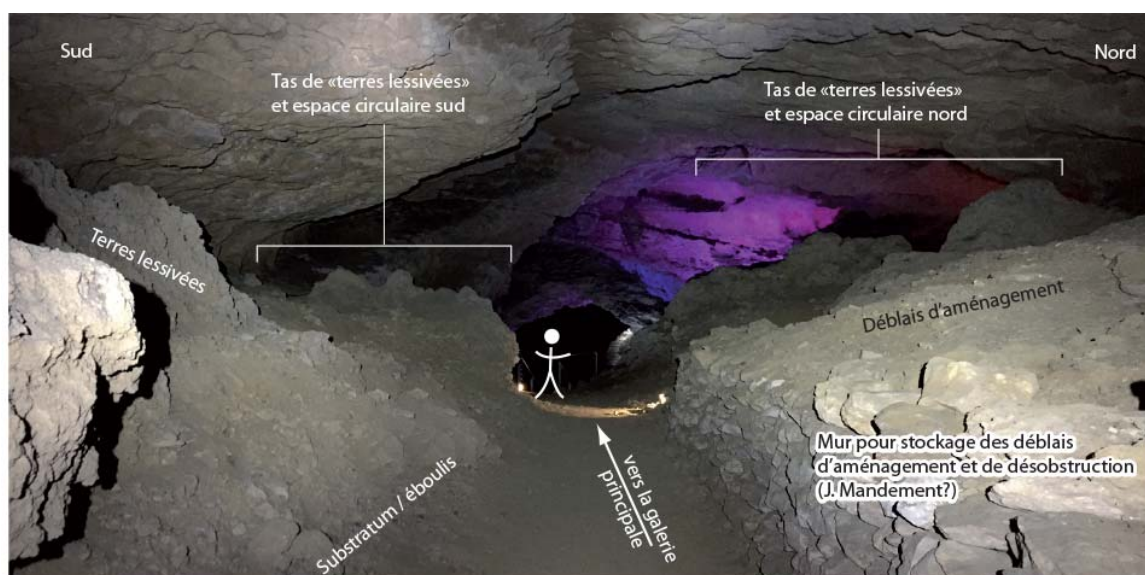
J. Mandement semble quant à lui attribuer les tas de terre présents dans les parties profondes de la cavité, dans l'actuelle salle Mandement (autrefois salle Dewoitine) aux chercheurs d'ossements de faune préhistorique : « Cette grande salle, fouillée çà tort et à travers, sans méthode, sans esprit de suite, offrait jusqu'en 1939 le spectacle d'un tohu-bohu indescriptible. Des trous, des bosses représentant les déblais laissés en vrac autour des trous et, tout cela, pour ramasser quelques ossements de corps morts d'ours noyés et déposés çà et là par l'ancienne rivière glaciaire qui a foré les divers couloirs de cet étage supérieur » (Mandement 1948, Le Guillou 2013). Il indiquera ensuite que : « ce constructeur d'avion (Dewoitine) (qui avait pris possession de la grotte en mai 1940) m'a permis, après l'armistice, d'utiliser son personnel pour faire niveler cette fondrière sans intérêt » (Mandement 1948, Le Guillou 2013).

En Rive Gauche, c'est É. Piette qui note là encore l'impact de l'exploitation du salpêtre : « le résidu des lavages des chercheurs de salpêtre, dans lequel on trouvait des fragments de harpons (...) on devait donc s'attendre à trouver dans les endroits épargnés par les salpêtriers l'assise à harpons perforés plats en bois de cerf et l'assise à gravures simples et harpons en ramure de renne. J'avais aussi vu à un endroit affleurer une assise de cendre de *Helix nemoralis* ». (Piette, lettre à Breuil du 9 septembre 1901, archives MAN, cité par Delporte 1987, p. 83-84)

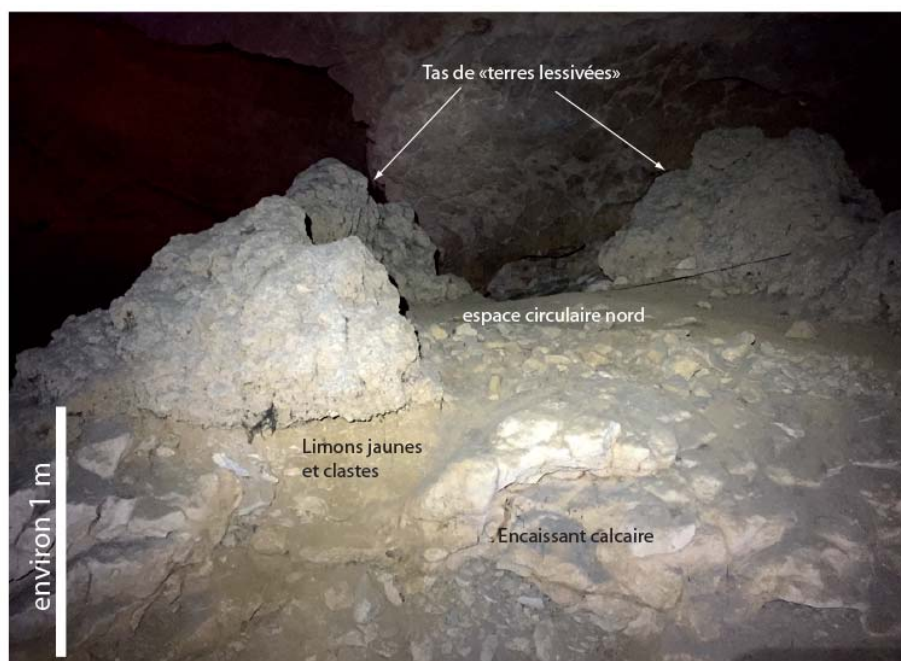
Ces témoignages de la fin du XIX^e s. et du début du XX^e s. montrent bien l'importance et la récurrence de cette activité au sein de l'ensemble de la grotte, notamment pendant les périodes de conflit.

Nouveaux regards sur les dépôts de remblais dans la grotte du Mas d'Azil

En rive droite, les vestiges de cette exploitation n'avaient pourtant jamais été identifiés jusqu'à cette année, où ce que nous pensions être des amas de terre formés notamment par les désobstructions et les travaux d'aménagement de J. Mandement, s'avèrent correspondre très probablement à des vestiges laissés par les salpêtriers. Il s'agit de tas de « terres lessivées » situées dans le conduit de jonction entre la salle du Temple et la salle des Conférences (secteur IX.3) et qui occupent surtout l'ensemble de la salle Dewoitine (secteur XI.5, figure 88, en haut), partie qui n'a pas ou a peu été aménagée par J. Mandement, à l'ouest du mur de séparation actuel. Ces déblais sont constitués de limons brun clair et petits cailloux calcaires, totalement déstructurés, évoquant un amas d'agrégats de boue séchée. Ils diffèrent des déblais d'aménagement de la salle Mandement, qui sont beaucoup plus hétérogènes, comprenant de nombreux blocs, et qui sont généralement plus pulvérulents. Ils reposent parfois sur le substratum calcaire en place ou sur les limons jaunes, peut-être remaniés (figure 88, en bas) ou encore sur des éboulis de cailloux et blocs calcaires aérés, sans matrice (figure 89).



Vue d'ensemble de la salle Dewoitine (secteur XI.5) © C. Pallier



Les tas de «terres lessivées» et l'empreinte de structure circulaire (salle Dewoitine, secteur XI.5) © C. Pallier

figure 88 : salle Dewoitine, témoignages de l'action des salpêtriers (dessin et clichés © Céline Pallier / Inrap-Traces).



figure 89 : déblais déposés sur un éboulis de blocs aérés (chaos de blocs ou altération de paroi ?). (cliché © Jean-Yves Bigot / AFK).



figure 90 : photo a : Déblais de « terres lessivées » ici en forme de cônes (cliché © Jean-Yves Bigot / AFK).

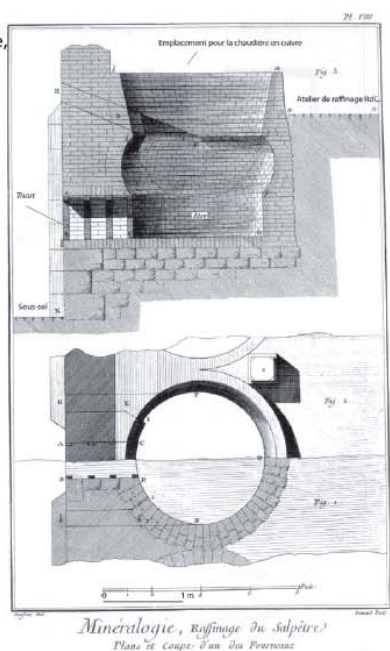
Ces tas délimitent parfois un espace vide circulaire de 3 à 5 mètres de diamètre environ, ce qui suggère la présence d'une structure de cette forme aujourd'hui disparue. En première analyse, cet espace est interprété comme l'empreinte d'un four de salpêtrier (figure 91). En effet, des exemples de fours de salpêtriers dans la littérature ancienne (figure 92), dans d'autres cavités comme l'aven Noir dans l'Aveyron (figure 92, André 2007) ou à l'étranger (Chine) montrent des structures circulaires, souvent construites en pierres (figure 92) de plus ou moins grandes dimensions selon l'époque ou le contexte d'exploitation. Dans le cas de la grotte du Mas d'Azil, aucun vestige de ce type de structure ne subsiste, hormis les emplacements vides entre les tas de « terres lessivées ». Les pierres ont pu être réutilisées, notamment pour la construction des murs qui retiennent les remblais lors de l'aménagement de la salle Mandement par J. Mandement dans les années 1950. Deux emplacements possibles de fours ont été identifiés dans la salle Dewoitine (secteur XI.5), à l'extrémité d'une aire d'exploitation limitée à l'ouest par un ressaut abrupt de plusieurs mètres de haut (figure 89, espace circulaire nord et figure 91, espace circulaire sud).



figure 91 : photo b. Tas de déblais délimitant un espace vide pouvant correspondre à l'emplacement d'une structure (four de salpêtrier ?) (cliché © Bigot J-Y / AFK).



Coupe et plan d'une chaudière, Encyclopédie de Diderot et d'Alembert 1772, vol. 23.



La cristallisation du salpêtre. À partir de 1683 de l'édition anglaise de 'mineralischen Ertzt allerfurnemisten Beschreibung', Lazarus Ercker, (Prague, 1574).

Fours à nitrates, Daxiao Dong, province du Guizhou, comté de Luodian, Chine : citerne dans laquelle était stocké le lixiviat ; seaux et "louche" en bambou (cliché Audra 1986)



Fours à nitrates Da Dong, Chine (cliché Bruxelles année?)



Empreinte d'un four à nitrates? Chine (cliché Bruxelles, année?)



Aménagement en terrasse et four à salpêtre, Aven Noir (cliché Bigot, 2021)

figure 92 : exemples d'exploitations de salpêtres (légendes dans la figure).

En Rive Gauche, les effets de cette exploitation avaient été largement décrits par les premiers archéologues (Regnault 1876, Piette 1885). F. Regnault y signale, outre des vestiges archéologiques, la présence « *de gros blocs calcinés* » (Regnault 1876). Ainsi, avant les premiers sondages et fouilles de Maury et Piette à partir de 1887, le terrain était déjà très remué par les activités de récolte et traitement de salpêtre.

Les vestiges de cette activité n'avaient là non plus pas été identifiés dans le cadre des recherches du PCR. Seul un tas de déblais proche de la paroi avait été repéré en 2020. Constitué de sédiments lités en pente, emballant notamment des *artefacts* archéologiques (ossements principalement), de forme globale conique, il avait été interprété dans un premier temps comme des déblais de fouille. Pourtant, il est recoupé par le « chemin des brouettes » déjà présent en 1890 (figure 93, au milieu à droite) et a donc été formé antérieurement à cette date, soit avant les fouilles. En outre, un tout petit bâtiment de pierres, adossé à la paroi, était lui aussi présent. Il est d'ailleurs ennoyé par les blocs dégagés par les fouilles. Cette année, des pans de la paroi, de couleur noirâtre, ont été observés (figure 93). Une hypothèse est que ces marques sont potentiellement en lien avec fonctionnement des « chaudières » nécessaires à l'extraction et au traitement du salpêtre. La nature de l'ensemble de ces éléments et leur chronologie suggère qu'ils correspondent là aussi des vestiges d'exploitation de salpêtre.

Traitement du salpêtre, chaîne opératoire

Les écrits relatant la chaîne opératoire de la récolte et du traitement du salpêtre sont relativement peu nombreux avant le XIX^e s. Quelques ouvrages la développent assez précisément comme l'Encyclopédie Diderot-d'Alembert (ou Dictionnaire Raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers de Diderot et d'Alembert) à la fin du XVIII^e s. ou des ouvrages tels que « La poudre à canon et les nouveaux corps explosifs » de la fin du XIX^e s. (Hélène 1878).

Ces ouvrages notent le développement du salpêtre dans les endroits riches matières organiques et où l'air circule, mais à l'abri des intempéries (encyclopédie). Des techniques pour améliorer cette production sont décrites, notamment par l'apport de matière organique sur le sol dans des lieux abrités, et par le remuement régulier des terres (encyclopédie).

Le principe de traitement du salpêtre est d'éliminer tous les éléments chimiques qui ne sont pas du nitrate de potassium, tels que les « *azotates de soude, de chaux, de magnésie, des chlorures alcalins, des sels ammoniacaux et des substances végétales ou animales* ». M. Hélène, à la fin du XIX^e s. indique que le traitement du salpêtre comprend « *quatre phases principales : 1° préparation de la lessive brute. 2° saturation de cette lessive. 3° son évaporation. 4° raffinage du salpêtre obtenu.* »

En préalable, les plâtras et gravats sont récoltés à l'aide de pelles, pics, masses, puis sont tamisés sur une claie pour tamiser les morceaux de gravats et transportés dans une hotte pour être versés dans les cuiviers (encyclopédie, Castrucci et al. 2017)

Vient ensuite la première étape de lessivage des plâtras : on place le plâtras concassé (ou bien la « *terre nitreuse* ») dans des cuiviers ou de grandes auges en bois avec de la cendre, le tout couvert de paille. L'eau est versée sur ce mélange. L'eau filtrée, chargée de salpêtre, est récoltée et prend le nom de cuite (encyclopédie 1772, Hélène 1878, Castrucci et al. 2017). Cette opération de lessivage à froid est répétée plusieurs fois (4 fois au moins pour une qualité suffisante « *tel que les ordonnances le demandent pour la fabrication de la poudre à canon* ». (encyclopédie 1772).

Le produit de ces filtrations est alors envoyé en chaudière pour son évaporation. La « lessive » de salpêtre brut est alors décantée, prélevée à l'aide d'une écumoire et versée dans des cristallisoirs (en cuivre).

Ce salpêtre brut doit être raffiné pour dissoudre les chlorures métalliques. Il est versé dans une chaudière remplie d'eau, chauffée jusqu'à ébullition. Une fois l'eau évaporée, le produit est puisé et porté dans des bassins (cuivre rouge dans le cas d'un atelier de raffinage) dans lesquels le salpêtre cristallise puis est mis à égoutter, ce qui donne des pains de salpêtre, conditionnés dans des tonneaux pour être envoyés à la fabrique de poudre.



figure 93 : Rive Gauche, observations liées à l'exploitation du salpêtre, notamment sur les parois (clichés © Céline Pallier / Inrap-Traces).

Une quantification des quantités de matériaux utilisés et du temps passé est indiquée : « *Le salpêtre de ces trois raffinages sera aussi parfait qu'il le puisse être, et l'on aura consommé 2638 liv. de bois : employé 3600 liv. d'eau, 9 liv. 10 onces de colle : travaillé 108 heures 25 minutes, ou 4 jours 12 heures 25 minutes : et obtenu 2461 liv. de salpêtre raffiné : de salpêtre brut, provenu des cuites d'eau, 67 livres : d'eaux mères restées des opérations, 28 liv. 8 onces : de sel produit net, 604 liv. enfin des écumes, 171 liv. »* (encyclopédie 1772)

Dans les ouvrages témoignant de cette exploitation, il n'est jamais mentionné (en tout cas à partir du XVIII^e s.) d'exploitation en grotte. Cette activité est extrêmement réglementée, des commissaires aux salpêtres sont nommés et ont droit de prélèvement sans contrepartie dans les caves et étables et écuries des paysans, ce qui a pu être à l'origine de conflits (Hélène 1878). Cette exploitation prend une échelle industrielle à partir du XIX^e s. et de véritables usines, peu mentionnées dans les archives, traitent le salpêtre et le soufre et produisent la poudre à canon (Castrucci *et al.* 2017). À la fin du XIX^e s., cette méthode n'est presque plus utilisée et le salpêtre est importé d'Amérique du sud et traité chimiquement.

Aussi, il semble, comme cela a déjà été proposé par ailleurs, que cette activité en milieu souterrain soit essentiellement clandestine et se passe en périodes de conflits (guerres de religions, révoltes...)

Conclusion

Les vestiges des exploitations de salpêtre dans la grotte du Mas d'Azil sont donc bien présents mais n'avaient pas, jusqu'ici, été identifiés en tant que tels. La reconnaissance de cette activité est pourtant d'une importance majeure à plusieurs points de vue :

- connaissance de l'histoire de la fréquentation de la grotte ;
- impact sur la morphologie des remplissages sédimentaires et leur lecture ;
- impact sur la perception, par les premiers archéologues, des niveaux archéologiques selon leur localisation dans la cavité ;
- possiblement, impact sur la morphologie des parois.

En outre, la présence de cette activité apporte indirectement des informations sur la présence ancienne de salpêtre sur les parois, donc sur les modalités d'altération de ces dernières dans certains secteurs de la grotte par clastification (comme dans les salles Rotonde et Stérile, secteurs II.2 et II.3. En effet, la croissance de cristaux de salpêtre nécessite des conditions environnementales particulières, qui semblent être ici en lien avec la présence d'importantes colonies de chiroptères à partir du début de l'Holocène (Pallier 2021).

Action 3-G : croisement général des données

Voyages de monts en vallées :

modalités d'occupation des groupes magdaléniens du versant nord-pyrénéen, d'après une sélection de sites ariégeois

Par Maxime Olivo

Présentation de l'étude

La présente³ étude a pour objectif d'appréhender les modalités d'occupation d'un segment de l'espace nord-pyrénéen au Magdalénien par l'inventaire et la mise en relation de dix-huit sites ariégeois (tableau 15).

³ La présente étude a été réalisée dans le cadre d'un mémoire de master 1, soutenu le 13 septembre 2021 à l'université de Toulouse Jean Jaurès, sous la direction de François Bon.

Les cadres géographique et chronologique retenus dans ce travail se limitent au territoire de l'Ariège durant la période magdalénienne, dont les gisements archéologiques, pour la plupart connus dès le XIX^e siècle, sont nombreux et bien documentés (Le Mas d'Azil, les cavernes du Volp, les sites du Bassin de Tarascon-sur-Ariège, etc.). Ce choix est également justifié par la bonne qualité de conservation taphonomique de la plupart de ces sites, composés à majorité de cavités karstiques, et dont certains ont livré d'importants témoignages d'occupations anthropiques. Le Magdalénien est la période la plus propice à cette démarche, de par sa grande richesse culturelle et son grand nombre de sites, dont la quasi-totalité se rapporte aux phases moyenne et supérieure de cette chrono-culture. Il a pour cette raison été décidé de limiter à elles l'extension chronologique de ce travail.

N°	Site	Localisation	X	Y	Z (m)	Chrono 1	Chrono 2	Type	Géologie	Cours d'eau (le + proche)	Distance
1	La Nogarède	Mazères (09)	185805.8	5351334.9	238	Magdalénien supérieur		Plein air	Alluvions	Grand Hers	345m
2	Peyre Blanque	Fabas (09)	125163.5	5330577.9	505	Magdalénien inférieur	Magdalénien moyen	Plein air	Calcaire	Volp	2300m
3	Roquecourbère	Betchat (09)	116301.28	5326713.11	363	Magdalénien indét.		Grotte	Calcaire	Lens	75m
4	Le Mas d'Azil	Le Mas d'Azil (09)	150889.8	5322498.6	332	Magdalénien moyen	Magdalénien supérieur	Grotte	Calcaire	Arize	30m
5	Trou Violet	Montardit (09)	131401.8	5320378.8	432	Magdalénien supérieur		Grotte	Calcaire	Volp	25m
6	Cavernes du Volp	Montesquieu-Avantès (09)	134917.9	5316833.6	492	Magdalénien moyen		Grotte	Calcaire	Volp	3m
7	Le Portel	Loubens (09)	171479.0	5316753.7	494	Magdalénien moyen	Magdalénien supérieur	Grotte	Calcaire	Baulou	123m
8	Montfort	Saint-Lizier (09)	126301.60	5311843.23	375	Magdalénien moyen	Magdalénien supérieur	Grotte	Calcaire	Salat	80m
9	Labouiche	Baulou (09)	175638.7	5312353.7	449	Magdalénien moyen		Grotte	Calcaire	Fajal	10m
10	Le Cheval	Foix (09)	178678.23	5306814.05	392	Magdalénien indét.		Grotte	Calcaire	Ariège	230m
11	Le Ker de Massat	Massat (09)	147435.2	5296151.4	649	Magdalénien moyen	Magdalénien supérieur	Grotte	Calcaire	Arac	140m
12	Bédeilhac	Bédeilhac-et-Aynat (09)	174844.5	5292483.3	710	Magdalénien moyen	Magdalénien supérieur	Grotte	Calcaire	Saurat	420m
13	Rhodes II	Arignac (09)	177523.4	5290723.0	520	Magdalénien final		Abri	Dolomies	Ariège	550m
14	Sakanie	Quié (09)	177687.22	5287018.20	580	Magdalénien supérieur		Grotte	Calcaire	Vicdessos	190m
15	Les Églises	Ussat (09)	180443.47	5285700.05	530	Magdalénien supérieur		Grotte	Calcaire	Ariège	230m
16	La Vache	Alliat (09)	176752.3	5284691.6	595	Magdalénien supérieur		Grotte	Calcaire	Vicdessos	130m
17	Niaux	Niaux (09)	177422.0	5284588.7	670	Magdalénien moyen	Magdalénien supérieur	Grotte	Calcaire	Vicdessos	360m
18	Fontanet	Omolac-Ussat-les-Bains (09)	183122.3	5283201.7	580	Magdalénien moyen		Grotte	Calcaire	Ariège	240m

tableau 15 : inventaire de l'ensemble des gisements du corpus étudié.

La problématique principale de cette étude consiste à identifier des modalités spécifiques d'occupations humaines en conjuguant les données issues de la géologie et de la topographie. La répartition des gisements dans le relief et leur disparité géographique sous-tendent d'autres questions additionnelles à cette problématique générale : comment interpréter ces phénomènes sur le plan chronologique ? En d'autres termes, comment comprendre ce qui motive cette dynamique de peuplement du territoire ariégeois et son évolution dans le temps ? L'autre question consiste à appréhender ces espaces occupés par rapport aux espaces « inoccupés », c'est-à-dire les zones de vide archéologique. En ce qui concerne plus précisément la grotte du Mas d'Azil (qui nous servira ici d'exemple), il s'agissait de synthétiser les connaissances dont nous disposons à partir de la documentation disponible et de restituer la grotte dans son contexte d'implantation géographique, sans mener une énième analyse géomorphologique du gisement lui-même (cf. Jarry *et al.* 2013a, 2014, 2015a, 2016, 2017a, 2018, 2019, Pallier *et al.* 2018). Cette analyse purement spatiale a été complétée par les données issues des assemblages lithiques et fauniques, d'après les travaux de plusieurs chercheurs (lithique : Kegler 2007 ; faunique : Patou-Mathis 1984), dans l'objectif d'appréhender les Magdaléniens de la grotte à travers l'optique de l'approvisionnement en matière première siliceuse et en espèces animales chassées. Ces deux paramètres donnent également des informations sur l'environnement des groupes humains dans lequel ils évoluaient.

Sur le plan méthodologique, l'accent a été mis sur un recensement le plus exhaustif possible de la bibliographie concernant l'ensemble des sites magdaléniens d'Ariège. Les données traitées à partir de cette documentation réunissent toutes les informations relatives au contexte géographique de chaque site, leur attribution chronoculturelle, les variétés de matériaux siliceux identifiés dans les assemblages ainsi que leur provenance et enfin les données archéozoologiques présentées sous forme de spectres fauniques. En complément, les données issues des travaux de R. Simonnet (1967, 1968, 1977, 1981, 1996, 1998, 1999, 2003) et S. Lacombe (1998a, 1998b et 2005) sur les

gîtes pyrénéens d'approvisionnement en silex ont été utilisées, combinées aux informations lithiques.

Une fois le maximum de données collecté sur l'emplacement de chaque site, via la documentation et les outils cartographiques à disposition sur Géoportail, celles-ci ont été intégrées à un SIG, principal outil méthodologique de ce travail. Un modèle numérique de terrain (MNT) au pas de 75 mètres, a été utilisé comme toile de fond de l'analyse géomorphologique, couplé à un modèle ombré. La carte géologique issue du BRGM vient compléter cette analyse, concernant à la fois le substrat rocheux au sein duquel les sites sont implantés ainsi que les formations siliceuses connues.

À l'aide de ces fonds cartographiques, deux profils topographiques généraux ont été élaborés, suivant l'axe de l'Ariège et de l'Arize. Ces profils ont pour vocation de représenter de manière verticale la distribution des sites selon l'altitude des reliefs relevés. En superposant deux courbes (fond de vallée et relief), mesurées via l'outil *Profile Tool* sur QGIS, les gisements apparaissent selon leur emplacement par rapport à la vallée, il peut ainsi s'agir de sites de hauteur, de pied de falaise ou encore de fond de vallée. D'autres données ont été rajoutées à ces profils, comme la nature des formations superficielles, la chronologie des sites et la présence ou non d'affleurements siliceux dans le paysage (figure 94).

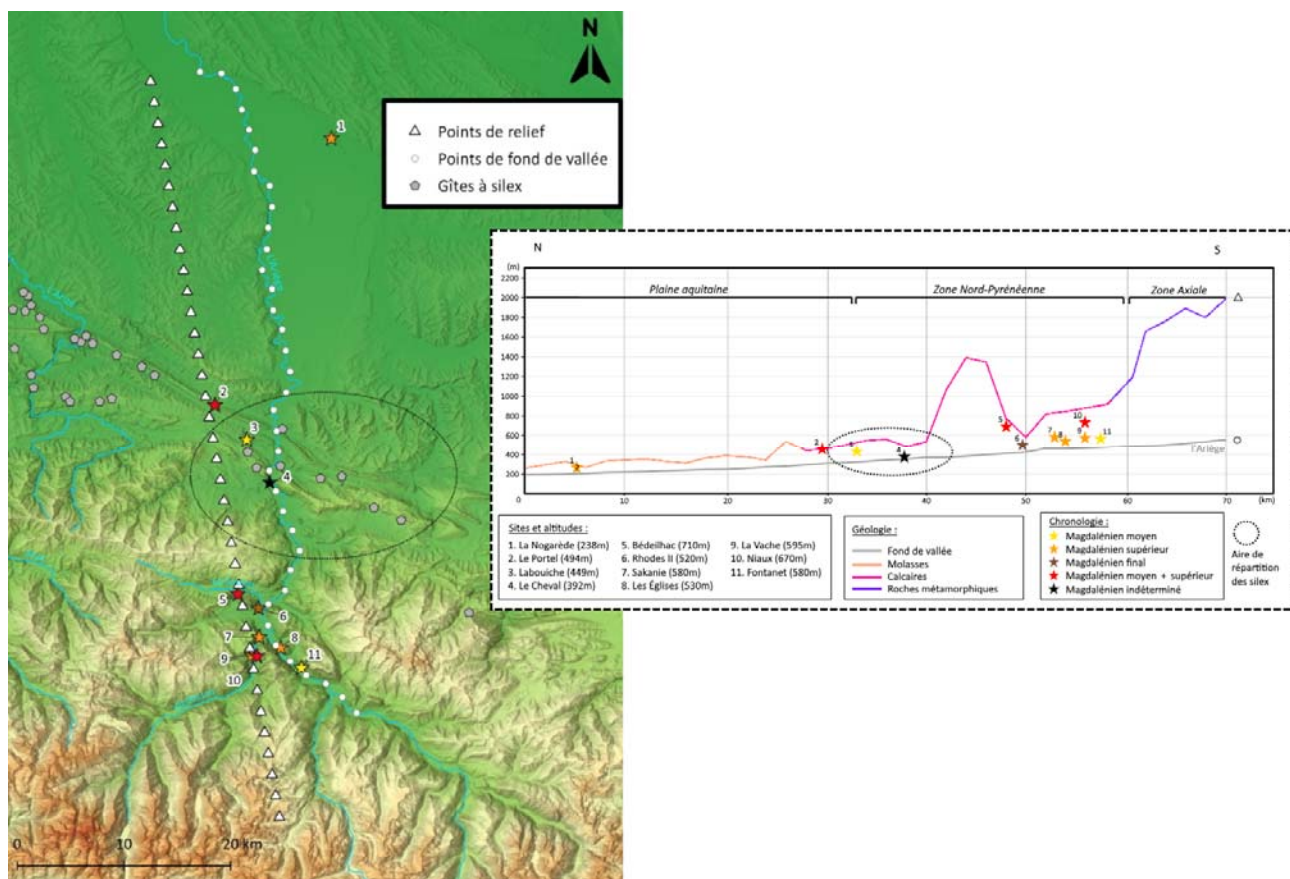


figure 94 : profil topographique de la vallée de l'Ariège (étude et DAO Maxime Olivo / Univ. Toulouse Jean Jaurès).

Les données lithique et faunique sont exprimées en histogrammes et diagrammes circulaires. Les données lithiques rassemblent des informations relatives aux ensembles siliceux entre Haute-Garonne et Ariège, répertoriés depuis les travaux de L. Méroc dans les années 1940 puis par les travaux de R. Simonnet (Simonnet, 1981, 1998). En complément, une compilation des études lithiques conduites sur des sites-clés du Magdalénien ariégeois, sur les questions de types généraux de matières premières siliceuses, a été menée. Les données fauniques rassemblent les informations issues des listes d'espèces déterminées par sites, dont seules les plus représentatives

du milieu naturel ont été retenues (Renne, Bovinés, Bouquetin etc.). Ces informations ont permis d'élaborer des spectres fauniques pour une sélection de sites dont la documentation est assez abondante pour en permettre une analyse, et apporter des précisions sur l'environnement des Magdaléniens.

Pertinence de l'approche multi-proxies :

Inclure la géologie à ce travail a permis une approche géographique plus poussée du territoire ariégeois. En observant les données géomorphologiques par rapport à la distribution des sites magdaléniens, deux constats se posent : il existe une grande concentration de sites magdaléniens autour de la vallée de l'Ariège, et la grande majorité de ces sites sont implantés dans les formations calcaires de la Zone Nord-Pyrénéenne, entre le massif de Tabe et le Couserans. En effet, peu de gisements anthropiques sont attestés par-delà du Chevauchement Frontal Nord-Pyrénéen, les terrasses de la Garonne ne témoignant pas, ou très rarement, d'occupations du Paléolithique supérieur (Bruxelles et Jarry 2011). À l'inverse, la portion fortement encaissée de la vallée de l'Ariège au niveau de Tarascon-sur-Ariège démontre une forte effervescence anthropique dans les étages montagnards du massif, dans des structures calcaires du Crétacé inférieur soumises à karstification. Cet investissement de l'espace montagnard semble s'effectuer en concomitance avec la mise en place du Tardiglaciaire, à l'ouverture d'un milieu auparavant inhospitalier, en prise à d'importants fronts glaciers (Calvet 2004, Delmas *et al.* 2012).

Les occupations magdaléniennes de la portion ouest de l'espace ariégeois sont plus disparates. Ils restent cependant circonscrits aux secteurs des Petites Pyrénées et du massif de l'Arize. Les grottes du Ker de Massat semblent les seules découvertes dans une portion très encaissée des vallées pénétrantes vers la haute chaîne, en l'occurrence la vallée de l'Arac, affluent du Salat.

Le travail de documentation au sujet des matériaux lithiques a consisté en la synthèse des connaissances disponibles à propos des ensembles siliceux à l'échelle des Pyrénées centrales (travaux Simonnet et Lacombe), s'étendant de la plaine de Foix jusqu'au dôme d'Aurignac. En recensant et réactualisant à partir de travaux ultérieurs les données issues de la carte des gîtes à silex des Pré Pyrénées réalisée par R. Simonnet (1981), par recherche individuelle de chaque lieu-dit prospecté sur les cartes IGN®, la distribution spatiale de ces ensembles a pu être cartographiée (figure 95). Cependant, l'ensemble de ces données ne concerne pas uniquement les affleurements exploités par les Magdaléniens. Cette carte révèle la grande richesse du secteur des Petites Pyrénées en silex, dont un important traceur lithologique : le silex bleuté/fumé du danien pré pyrénéen. L'intérêt ici est d'illustrer le positionnement de ces gîtes par rapport aux gisements magdaléniens occupés. En complément, certains de ces gisements ont donné d'importants renseignements sur les dynamiques d'approvisionnement en silex, échelonnés sur différentes phases du Magdalénien, afin de rendre compte d'une évolution dans ces mécanismes. Ainsi, les types généraux de matériaux siliceux présents dans les assemblages lithiques magdaléniens des sites de Rhodes II, du Mas d'Azil et de la Vache ont été pris en compte dans l'analyse. Du Magdalénien moyen du Mas d'Azil, en passant par le Magdalénien supérieur de la Vache puis final de Rhodes II, une évolution vers une plus forte représentation des matériaux locaux est sensiblement observable dans ces assemblages, comme cela a notamment été souligné par Sébastien Lacombe. Bien que les silex originaires de la Chalosse et du Nord-Aquitain soient toujours présents, le danien pré pyrénéen reste dominant sur l'ensemble des gisements.

En complément, les indices des saisonnalités présentés dans ce travail, élaborés à partir des études conduites sur les vestiges fauniques des couches magdaléniennes de Rhodes II, d'Enlène, du Mas d'Azil, des Églises et de la Vache, permettent d'affiner la lecture environnementale des sites étudiés dans ce mémoire. L'importante part d'espèces grégaires et migratoires identifiées dans la Salle des Morts et la Salle du Fond d'Enlène, comme dans la galerie Rive Droite du Mas d'Azil, est caractéristique d'un milieu sec, froid et steppique. La présence du Cerf indique un développement forestier progressif au sein de ces espaces. En revanche, le phénomène inverse s'observe dans les gisements du Bassin de Tarascon-sur-Ariège, avec une très forte dominance

d'espèces montagnardes comme les caprinés ou encore du Lagopède dans la salle Monique de la Vache et aux Églises. L'altitude des cavités ainsi que leur positionnement par rapport au fond de la vallée, à l'intermédiaire des vallées glaciaires et des plaines du piémont, permettent une surveillance efficace des passages d'animaux entre ces deux zones pendant les périodes de rut (Delpech et Le Gall 1983). De plus, bien que lacunaire dans la bibliographie, l'ichtyofaune est un témoignage important d'occupation et de connaissance du territoire ; le Saumon est attesté aux Églises avec la Truite, en petite quantité dans le Foyer 5 de Rhodes II, tandis qu'un reste a été identifié dans la couche 3 de la salle du Fond d'Enlène.

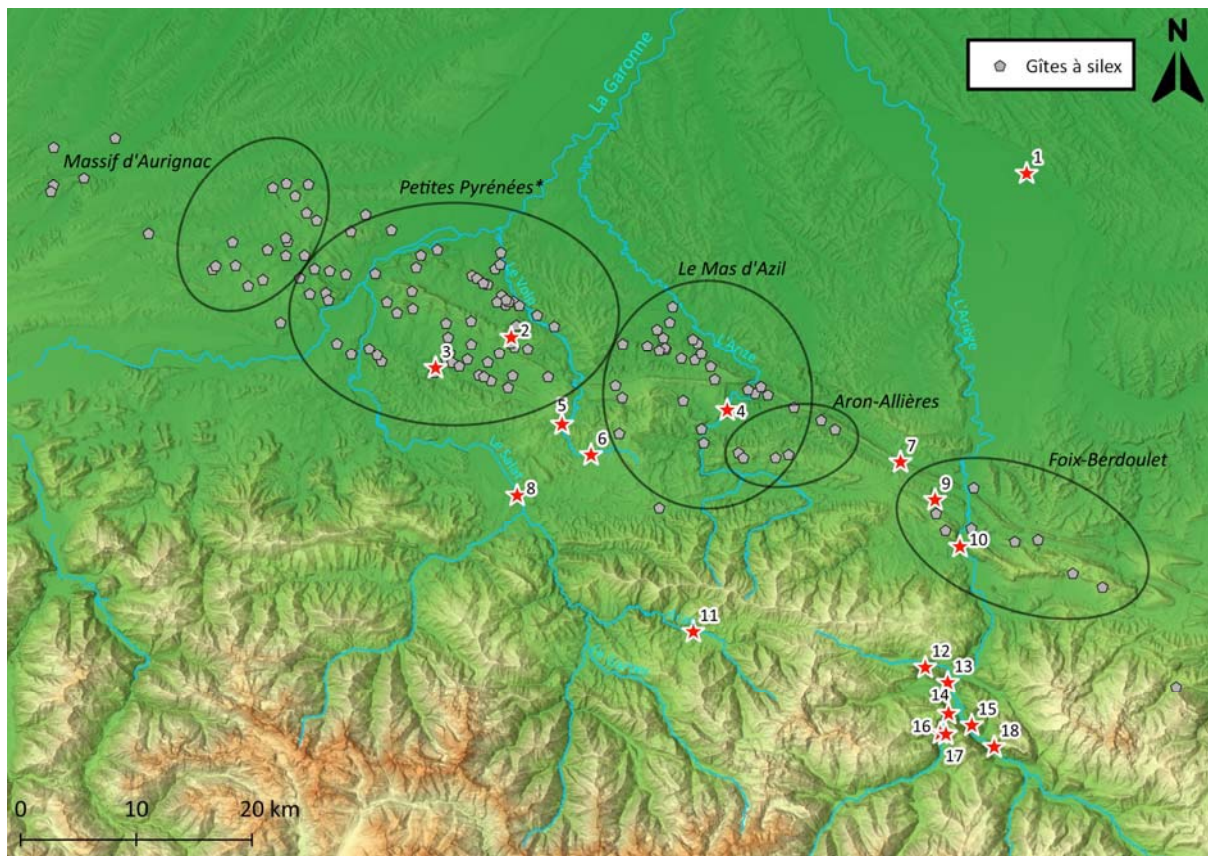


figure 95 : carte des principaux ensembles de gîtes siliceux (dessin Maxime Olivo / Univ. Toulouse Jean Jaurès)

Au sujet des Magdaléniens du Mas d'Azil : portrait synthétique d'une vaste occupation

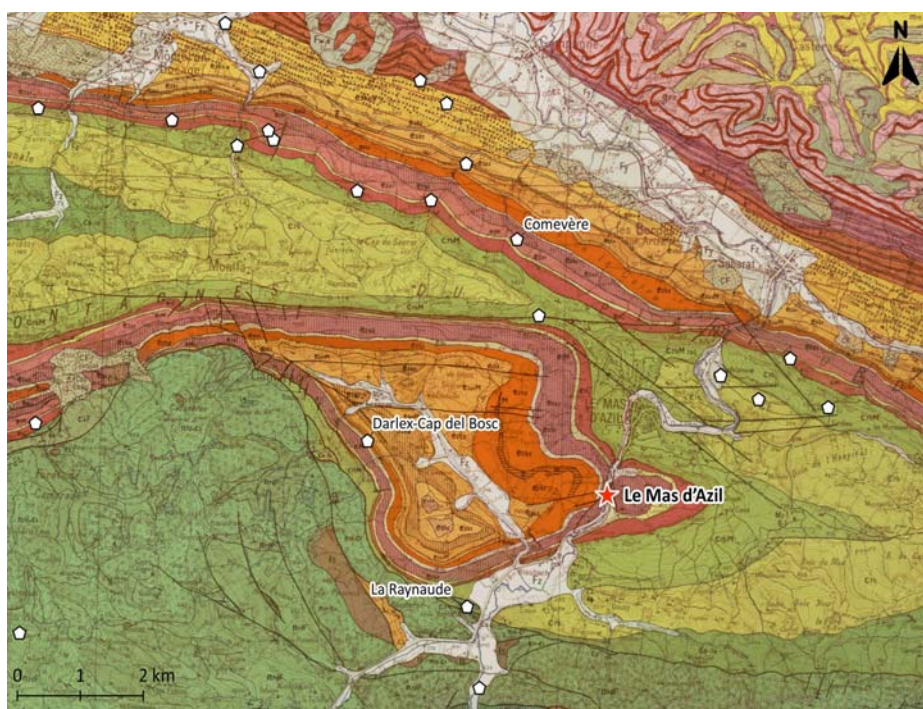
Les recherches récentes menées depuis les opérations prescrites, dans le cadre des travaux de réaménagement et d'amélioration du parcours touristique de la grotte en 2011, ont permis un renouvellement d'ampleur de nos connaissances sur la grotte du Mas d'Azil ainsi que son histoire géomorphologique. Les opérations de cartographie de la cavité ainsi que les études menées sur ses mécanismes hydrosédimentaires (cf. Pallier, 2021) ont grandement contribué à la réactualisation des problématiques de modalités d'occupation et d'implantation des groupes humains du Paléolithique supérieur.

Les occupations humaines de la grotte du Mas d'Azil se sont effectuées dans un cadre géographique particulier. L'important développement de son réseau karstique a permis aux groupes magdaléniens de s'implanter plus ou moins durablement selon les changements climatiques et les variations dans le régime de crue de l'Arize (Pallier 2021). La grotte, située sur une large bande calcaire plissée du Plantaurel, est positionnée dans le creux d'un massif érodé, à proximité directe du fond de vallée. Pour brièvement résumer la chronologie des occupations humaines du site, si une fréquentation moustérienne doit encore être confirmée en Rive droite,

une présence affirmée à l'Aurignacien est enregistrée dans le secteur sud du réseau (*ibid.*). Par la suite, si aucune occupation n'a encore été identifiée se rapportant au Gravettien tandis que la grotte semble ennoyée sous les eaux d'un lac, des indices de fréquentation du Solutréen et/ou du Badegoulien ont été décelés dans la salle du Théâtre. Par la suite, le Magdalénien inférieur semble absent, alors que le Magdalénien moyen est bien représenté ; plus précisément, les occupations débutent en rive gauche avant de se pérenniser par un retour dans la grotte dès la phase récente du Magdalénien moyen (*ibid.*).

Le site est localisé à proximité directe d'un important ensemble siliceux, caractérisé par le « Bleu » danien des Pré Pyrénées, dont l'extension est comprise entre la Garonne et l'Arize. Les gîtes exploités affleurent le synclinal de Cassagne jusqu'au dôme d'Aurignac. À proximité directe de la grotte, des gîtes siliceux de référence ont été identifiés (figure 96), un grand nombre réparti le long du Chevauchement Frontal Nord-Pyrénéen. Ces gîtes appartiennent aux étages calcaro-marneux du Thanétien et Dano-Montien, respectivement associés aux lieux-dits Le Pla-Comevère, Cap-del-Bosc et la Raynaude.

figure 96 : carte de répartition des gîtes à silex (pentagones blancs) du Mas d'Azil (DAO Maxime Olivo / Univ. Toulouse Jean Jaurès, sur fond carte géologique BRGM Le Mas-d'Azil, Volvestre – Plantaurel, 1979, XX-46).



L'échantillon lithique retenu est constitué des pièces de la collection Péquart, collectées en rive gauche (couches A, B et C), dans les années 30. Bien que fragmentaires, ces données proviennent de la thèse de J. F. Kegler (Kegler 2007). L'histogramme résultant de la catégorisation de chaque type de matériaux siliceux a démontré la présence significative des six matériaux suivants : le silex des Pyrénées centrales et, pour les matériaux plus lointains, le silex des Corbières, le silex du Flysch et le silex de Chalosse comme enfin, en direction cette fois-ci du nord de l'Aquitaine, le Bergeracois, le Sénonien et le Grain de Mil (figure 97 : diagramme des types généraux de matières premières siliceuses de la Rive Gauche du Mas d'Azil (Collection Péquart) (d'après Kegler, 2007)). En cumulant l'ensemble des données, la part de silex allochtones ressort majoritaire, à 53 %. Elle atteste une bonne représentation des matériaux nord-aquitains, adjoints de flysch, de Chalosse et de silex des Corbières. Cette distribution géographique variée des matériaux siliceux témoigne du placement central de la grotte au carrefour de voies de circulation ouest/nord, avec une fenêtre vers l'est attestée via le silex des Corbières. En revanche, la part des silex locaux demeure mineure, à 39 % de l'assemblage. Ces matériaux sont constitués quasi exclusivement de silex daniens des Petites Pyrénées, concentrés essentiellement en couche A. N'étant pas

mentionnés dans la documentation, les 8 % restants correspondent possiblement à des matériaux indéterminés.

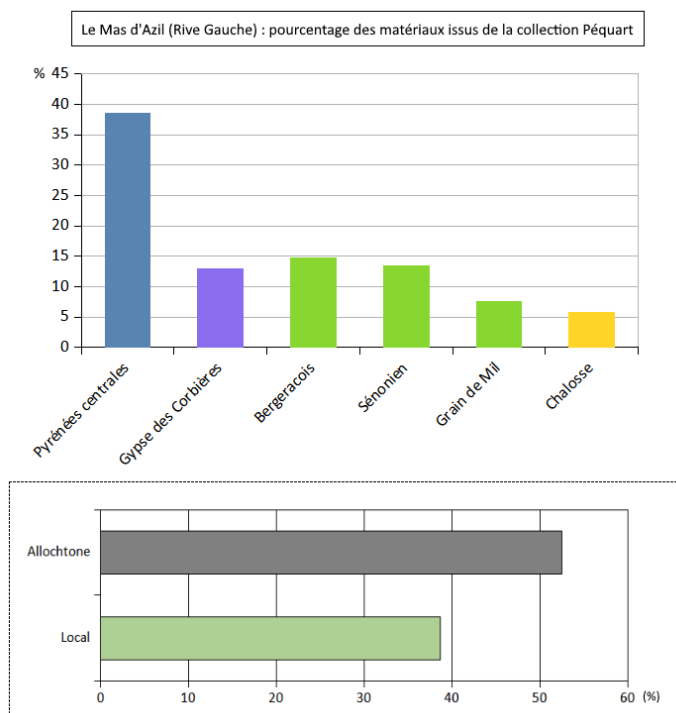


figure 97 : diagramme des types généraux de matières premières siliceuses de la Rive Gauche du Mas d'Azil (Collection Péquart) (d'après Kegler, 2007)

En parallèle de ces informations lithiques, les données fauniques concernent les fouilles Péquart de la galerie Rive Droite, publiées par M. Patou-Mathis en 1984. Cette appellation « galerie Rive Droite » correspond aux fouilles effectuées dans la galerie des Silex par les époux Péquart. Le spectre faunique est composé à majorité de Renne (58,7%), suivi du Cerf (21,5%), du Cheval (8,1%), de l'Aurochs (0,8%), des Bovinés (6,9%), et du Bouquetin ibérique (figure 98). La majeure partie de la diète repose sur la triade Renne, Cerf et Bovinés, sous-tendant la question d'une chasse préférentielle de ces trois espèces, dont au moins l'une d'entre elles (Renne) correspond à un milieu sec et froid de type steppique, correspondant au GS-2. Cela pourrait être également le cas si les espèces regroupées dans la catégorie des Bovinés étaient des Bisons. Toujours selon M. Patou-Mathis, l'absence de carcasse dans les niveaux d'occupation indiquerait un traitement hors-site, en plus de l'abondance de vestiges dentaires et d'extrémités osseuses. La présence d'aiguilles à chas et de perçoirs relèverait également d'un possible artisanat des cuirs et de confection de vêtements. Du point de vue climatique, le spectre faunique attesté dans ce secteur de la grotte témoigne de la mise en place progressive de l'interstade Bølling, avec un redoux permettant le développement de forêts et par conséquent celui du Cerf. Aucune donnée sur l'ichtyofaune n'est mentionnée dans la publication, mais la courte distance séparant la grotte de l'Arize semble tout à fait avantageuse pour les activités de pêche et la consommation de poisson.

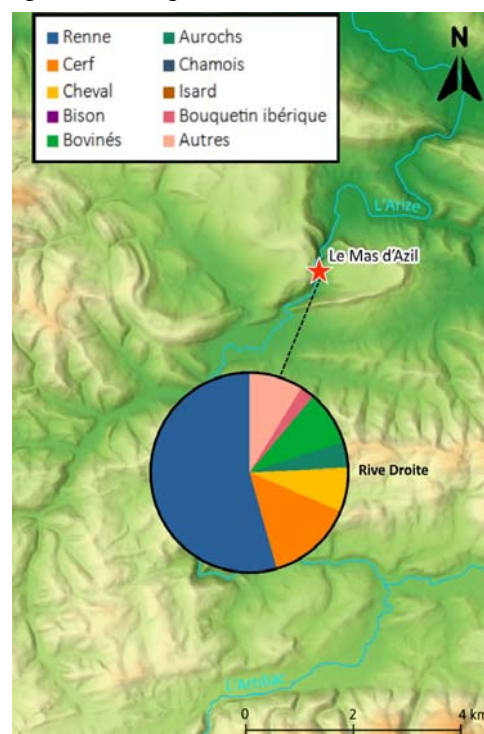


figure 98 : spectre faunique de la galerie Rive Droite du Mas d'Azil (dessin Maxime Olivo / Univ. Toulouse Jean Jaurès).

Le Mas d'Azil dans l'espace magdalénien nord-pyrénéen

Les questions posées dans le cadre de la présente étude ont abouti à d'autres questions, à travers un état de l'art des dynamiques de peuplement à l'échelle des Pyrénées ariégeoises au Magdalénien. De nombreuses zones d'ombre ont été mises en lumière par regroupement des données altimétriques de chaque site, dont l'écart varie de 300 à 700 mètres (figure 99). Cela revient à dire que nous connaissons très mal la fréquentation des espaces situés au-dessus (haute montagne) ou en dessous (plaine garonnaise) de cet étage altitudinal correspondant pour l'essentiel à la zone de piémont et à certains segments des vallées qui, comme l'Ariège, permettent une pénétration jusqu'au pied de la zone axiale.

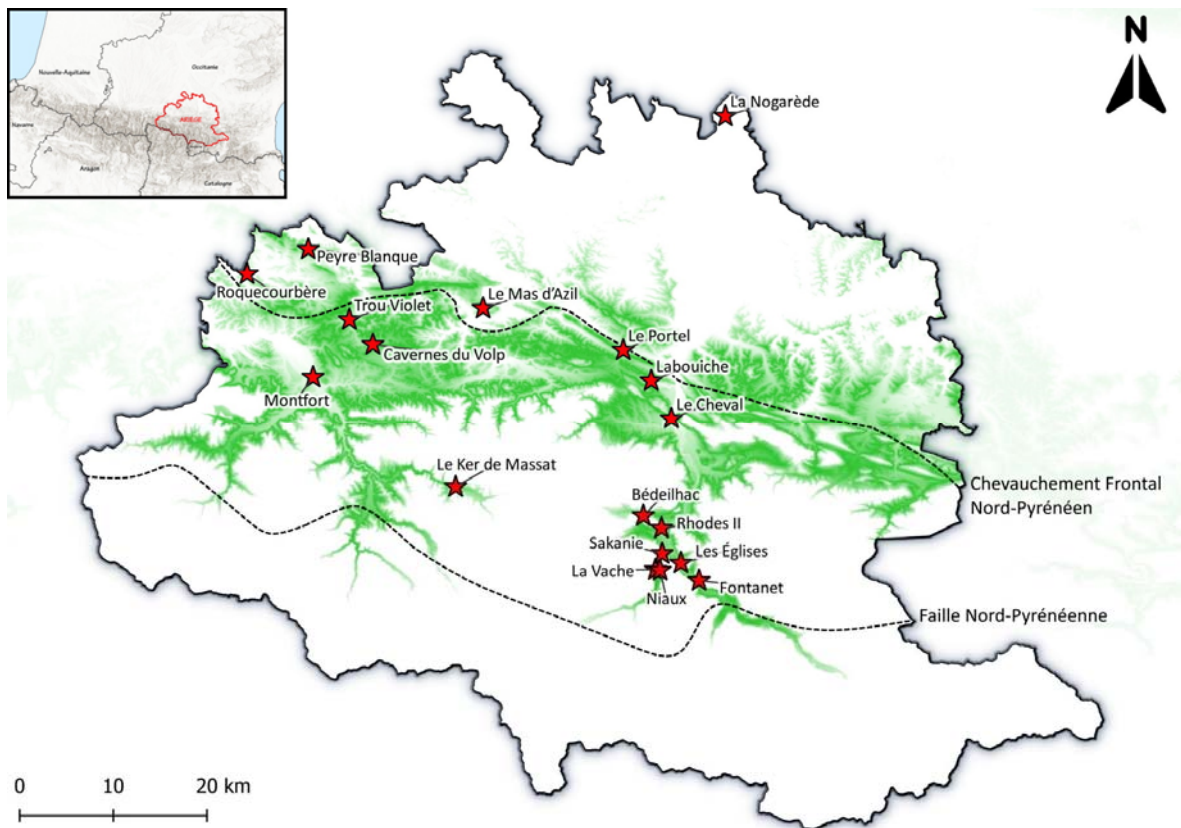


figure 99 : carte générale des altitudes propices à la conservation de sites magdaléniens (DAO Maxime Olivo / Univ. Toulouse Jean Jaurès).

Les secteurs colorisés en vert indiquent des espaces susceptibles d'avoir enregistré des données archéologiques suffisamment favorables pour répondre aux questions des occupations humaines. Cependant, la disparité géographique des gisements magdaléniens peut susciter de nombreuses interrogations face à ces « vides » concentrés autour de la vallée de l'Hers, en rive droite de l'Ariège, et autour des principaux affluents du Salat, les vallées de la Lèze et du Garbet. Ces interrogations peuvent concerner des biais de recherche par manque de prospection, de mauvaises conditions de conservation des gisements, ou bien d'une véritable absence d'occupation.

En transposant les méthodes de la géoarchéologie comme appliquées sur la grotte du Mas d'Azil à l'ensemble des gisements magdaléniens des Pyrénées, le renouvellement des données

géologiques et sédimentaires permettrait de rafraîchir la documentation sur les occupations humaines et leur contexte d'implantation.

4. DIFFUSION ET VALORISATION

4.1. Colloques et séminaires

► Colloques et conférences

Congrès Préhistorique de France, Toulouse 2021, « Hiatus, lacunes et absences : identifier et interpréter les vides archéologiques » 31 mai-4 juin 2021 : une communication a été présentée par Céline Pallier : « **Détecter, interpréter et Modéliser les vides et les pleins au cours du Paléolithique supérieur (MIS 3 – MIS 2) à partir de l'enregistrement géoarchéologique de la grotte du Mas d'Azil** » par Céline Pallier, Laurent Bruxelles, François Bon et Marc Jarry

Excursion AFEQ 2021, du 9 au 11 septembre 2021, « Impact des changements environnementaux sur l'évolution des paysages : 10 ans de recherches en Quaternaire et Géomorphologie dans l'Est des Pyrénées ». Une étape de l'excursion a été faite au Mas d'Azil pour une présentation des recherches réalisées dans le cadre de notre programme : « **La grotte du Mas d'Azil : contexte sédimentaire en contexte karstique, géoarchéologie et occupations préhistoriques** » par Céline Pallier, Marc Jarry, Laurent Bruxelles, François Bon et Yanik Le Guillou.



figure 100 : excursion AFEQ 2021, visite de la grotte du Mas d'Azil le 1er septembre 2021 (clichés © Magali Delmas / Univ. Perpignan).

31^{ème} rencontre d'octobre du Spéléo-club de Paris le 16 octobre 2021 à Villegly (Aude), sur le thème : « Air, Eau, Terre, les outils abordables pour l'exploration du proche sous-sol ». Didier Cailhol y a présenté une communication : « **Photogrammétrie** » par Didier Cailhol, Vincent Arrighi, Laurent Bruxelles, Marc Jarry et Céline Pallier.

4.2. Publications

À paraître

PALLIER C. BON F., BRUXELLES L., JARRY M. - Using high-resolution fluvial and karstic sedimentary records to understanding empties and fulls / evidences and absences / archaeological gaps on the pyrenean piedmont during the last glacial (MIS 3- MIS 2) : apports form/ example of the Mas d'Azil cave (Ariège, France). *Quaternary Science Reviews*.

PALLIER C. JARRY M., BON F., BRUXELLES L., LELOUVIER L.-A. – Des vides et des pleins dans la grotte du Mas d'Azil (Ariège, France) : l'apport des Nouvelles datations. In : Actes du 29^{ème} Congrès préhistorique de France, Toulouse, juin 2020.

LELOUVIER L.-A., BON F., BUNDGEN B., BRUXELLES L., CLAUD E., CONSTANS G., COSTAMAGNO S., FRITZ C., JARRY M., OLIVO M., PALLIER C., PETILLON J.-M., POISSONNIER B., POTIN Y., STOETZEL E., ARRIGHI V. – Du LGM au Magdalénien moyen : un nouveau locus dans la galerie principale de la grotte du Mas d'Azil (Ariège, France). *Bulletin de la Société Préhistorique Française*.

CAILHOL D., BON F., BIGOT J.-Y., BRUXELLES L., DANDURAND G., JARRY M., PALLIER C., VANARA N. – La compréhension des mécanismes en jeu dans les phénomènes de la biocorrosion : les apports des suivis de température à l'échelle du site.

2021

JARRY M., PALLIER C., BRUXELLES L., BON F., ANDERSON L., ARRIGHI V., CAMUS H., COMELONGUE M., FRITZ C., GHaleb B., LEJAY M., MARTIN H., POTIN Y., RABANIT M., SALMON C., TOSELLO G. – The secret entrance of the « galerie Breuil » into the cave of The Mas d'Azil (Ariège, France). *Journal of Archaeological Science: Reports*, volume 40(B) p. . **Cf. annexe 6**

PALLIER C. – De l'enregistrement sédimentaire en milieu karstique à la taphonomie des sites archéologiques du Paléolithique supérieur (MIS3-MIS2) : les apports de la grotte du Mas d'Azil et de la vallée de l'Arize (Ariège, France). Actualité scientifique, Résumé de Thèse. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, T.118, 2021, p. 583-584. **Cf. annexe 7**

CAILHOL D., BON F., BIGOT J.-Y., BRUXELLES L., DANDURAND G., JARRY M., PALLIER C., VANARA N. – Influence de la condensation et de la corrosion biogénique sur les parois et les dépôts de grotte, l'exemple de la grotte du Mas d'Azil (Ariège, France). *Préhistoire et Cultures*, bulletin de la Société Préhistorique Ariège-Pyrénées, tome 71, p. 7-28. **Cf. rapport 2020**

BEAUVAIS P.-A., BUNDGEN B., CONSTANS G., COSTAMAGNO S., LACOMBE S., LELOUVIER L.-A., MARTIN H., POTIN Y., BRUXELLES L., PALLIER C., BON F., JARRY M. – Des collections J.-J. Pouech aux fouilles récentes dans la grotte du Mas d'Azil (Ariège, France) : nouveaux regards sur l'outillage lithique magdalénien. *Préhistoire et Cultures*, bulletin de la Société Préhistorique Ariège-Pyrénées, tome 71, p. 81-105. **Cf. rapport 2020**

JARRY M., BON F., POTIN Y., COMELONGUE M., RAMIS P., BRUXELLES L., LELOUVIER L.-A., PALLIER C. – La grotte du Mas d'Azil (Ariège, France), histoires anciennes et recherches récentes. *Préhistoire et Cultures*, bulletin de la Société Préhistorique Ariège-Pyrénées, tome 71, p. 115-134. **Cf. rapport 2020**

2020

AZEMA J., JARRY M., PALLIER C., BRUXELLES L., BON F. – Les bouquets de la grotte du Mas d'Azil I et II (Le Mas d'Azil, Ariège, France). In : *Le Bouquetin dans les Pyrénées de la Préhistoire à nos jours*. Volume 1. 2020, p. 7-14. **Cf. rapport 2020**

2018

BRUXELLES L., JARRY M., BIGOT J.-Y., BON F., CAILHOL D., DANDURAND G., PALLIER C. – La biocorrosion, un nouveau paramètre à prendre en compte pour interpréter la répartition des œuvres pariétales : l'exemple de la grotte du Mas d'Azil en Ariège. *Karstologia*, n°68, 2018(2016), p. 21-30.

PALLIER C., JARRY M., BON F., CAMUS H., RABANIT M., BRUXELLES L. – Évolution karstique, enregistrements sédimentaires et occupations humaines de la grotte du Mas d'Azil (Ariège, France). *Karstologia*, n°68, 2018(2016), p. 31-38.

2017

JARRY M., PALLIER C., BRUXELLES L., BON F., LEJAY M., ANDERSON L., LACOMBE S., LELOUVIER L.-A., L., MARTIN H., PETILLON J.-M., POTIN Y., RABANIT M., SINOMMET R. & WATTEZ J. - L'Aurignacien de la grotte du Mas d'Azil, résultats des opérations 2011-2015, Actualités scientifiques. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, p. 575-579.

2016

RAMIS P., JARRY M., BRUXELLES L., PALLIER C., BON F., CAMUS H., RABANIT M. – *Géologies du Mas d'Azil, nouvelle histoire d'une grotte*, Les Carnets du Mas d'Azil, n°2, Grottes&Archéologies éd., 2016, 44 p

2015

MARTIN L., MERCIER N., SINCERTI S., LEFRAIS Y., PECHEYRAN C., Guillaume GUERIN G., JARRY M., BRUXELLES L., BON F., PALLIER C. - Dosimetric study of sediments at the Beta dose rate scale: characterization and modelization with the DosiVox software, In : *Radiation Measurement*, 2015.

RAMIS P., JARRY M. et al. - *Préhistoires du Mas d'Azil, chroniques d'une grotte et d'une discipline*, Les Carnets du Mas d'Azil, n°1, Grottes&Archéologies éd., 2015, 44 p.

2014

CHALARD P., JARRY M., WEETS O. et al. – La grotte du Mas d'Azil : conservation, étude et valorisation. *Monumental*, 2014.

2013

JARRY M. - Une nouvelle chronologie. In : *Mas d'Azil, une grotte dans la grotte. Midi-Pyrénées Patrimoine*, 34, 2013, p. 22.

4.3. Formation

► **Master en cours :**

Master 2 de Préhistoire de Maxime Olivo. Sujet : ***"Modalités d'occupation des grands sites magdaléniens ariégeois"*** Université de Toulouse Jean Jaurès. Directrice de Master : Céline Pallier.

► **Master en cours :**

Master 2 de Préhistoire de Léo Bassuet. Sujet : ***"Étude des restes fauniques issus des fouilles menées par l'Inrap au bord de la RD119 sur la rive droite de la grotte du Mas d'Azil"***

(Ariège, France) Université de Toulouse Jean Jaurès. Directrice de Master : Sandrine Costamagno.

► **Master en cours :**

Master 2 de Préhistoire de Eugénie Thomas. Sujet : ***"Etude technologique des industries en bois de cervidés de la grotte du Mas d'Azil (Ariège, France)"*** Université de Toulouse Jean Jaurès. Directeur de Master : Benjamin Marquebielle et Jean-Marc Pétillon

► **Master en cours :**

Master 1 de Préhistoire de Sacha Gueugnot. Sujet : ***"Inventaire raisonné des collections Régnault provenant de la grotte du Mas d'Azil du Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse"*** Université de Toulouse Jean Jaurès. Directeur de Master : François Bon

Thèse soutenue 2021 :

Thèse de Céline Pallier. Sujet : « ***De l'enregistrement sédimentaire en milieu karstique à la taphonomie des sites archéologiques du Paléolithique supérieur (MIS 3 – MIS 2) : apport de la grotte du Mas d'Azil et de la vallée de l'Arize (Ariège, France)*** » Université de Toulouse Jean Jaurès. Directeurs de thèse : François Bon et Laurent Bruxelles. 28 janvier 2021

Thèse soutenue 2015 :

Loïc Martin : « ***Caractérisation et modélisation d'objets archéologiques en vue de leur datation par des méthodes paléo-dosimétriques. Simulation des paramètres dosimétriques sous Geant4*** » Université de Bordeaux 1 Montaigne. Directeur de Thèse : Norbert Mercier. 7 décembre 2015.

Master soutenu 2021 :

Master 1 de Préhistoire de Sixtine Hoellinger. Sujet : ***"Les dépôts sédimentaires et les occupations humaines de la Rive Gauche de la grotte du Mas d'Azil. Etude du sondage Péquart"***. Université de Toulouse Jean Jaurès. Directeur de Master : Laurent Bruxelles. Soutenu le 6 septembre 2021.

Master soutenu 2021 :

Master 1 de Préhistoire de Maxime Olivo. Sujet : ***"Voyages de monts en vallées : modalités d'occupation des groupes magdaléniens du versant nord pyrénéen, d'après une sélection de sites ariégeois"***. Université de Toulouse Jean Jaurès. Directeur de Master : François Bon. Soutenu le 13 septembre 2021.

Master soutenu 2021 :

Master 1 de Préhistoire de Léo Bassuet. Sujet : ***"La place du Renne dans les Pyrénées durant le Magdalénien"***. Université de Toulouse Jean Jaurès. Directrice de Master : Sandrine Costamagno. Soutenu le 10 septembre 2021.

Master soutenu 2021 :

Master 1 de Préhistoire de Eugénie Thomas. Sujet : ***"La grotte du Mas d'Azil : étude typotechnologique de l'industrie osseuse en bois de cervidé du Magdalénien de la collection dite de Félix Régnault"***. Université de Toulouse Jean Jaurès. Directeur de Master : Benjamin Marquebielle et Jean-Marc Pétillon. Soutenu le 13 septembre 2021.

Master soutenu 2019 :

Master 2 de Préhistoire par Giulia Rigolin. Sujet : ***"Approche technologique des burins en contexte tardiglaciaire. Elaboration d'une méthodologie à partir de l'étude d'un échantillon de mobilier magdalénien provenant des déblais de la salle du Théâtre de la grotte du Mas d'Azil"*** Université de Toulouse

Jean Jaurès en partenariat avec l'Université Ferrare. Directeurs de Master : Federica Fontana et Nicolas Valdeyron. Soutenu le 15 mars 2019 à l'université de Ferrare, Italie.

Master soutenu 2017 :

Master 2 de Préhistoire par Sarah Boscus. Sujet : *"Le mégalithisme ariégeois et la question des dolmens simples en France Méridionale"* Université de Toulouse Jean-Jaurès. Directeur de Master : Vincent Ard. Soutenu le 23 juin 2017. Jury : Juan Francisco Gibaja, Elías Lopez-Moreno et Jean Vaquer

Master soutenu 2016 :

Master 1 de Préhistoire par Pierre-Antoine Beauvais. Sujet : *"Étude d'un assemblage lithique du Magdalénien Moyen ; Le sondage Pouech du Mas d'Azil."* Université de Toulouse Jean-Jaurès. Directeur de Master : François Bon. Soutenu le 6 septembre 2016. Jury : Marc Jarry, Nicolas Teyssandier et Mathieu Langlais

► **Formation universitaire**

De nombreux étudiants de master de Pré-Protohistoire étaient présents sur le terrain lors de la session de juillet. Cela a été l'occasion, au-delà de leur formation de terrain, surtout en Rive Gauche, de leur présenter lors d'une visite spécifique de la grotte l'ensemble de travaux que nous y menons ainsi que l'historique des recherches.

Comme tous les ans maintenant, nous avons organisé, avec l'équipe pédagogique du Master ASE2P de l'université de Toulouse Jean Jaurès, un stage « post-fouille » à l'attention des étudiants afin de les initier au traitement et à l'étude des mobiliers. Le tri, l'inventaire et le conditionnement sont l'occasion, avec les spécialistes présents (cette année F. Bon, S. Costamagno et M. Jarry) d'évoquer, « sur du matériel », diverses thématiques de recherches possibles. En outre, le mobilier faunique, une fois trié lors de ce stage, a servi de mobilier de formation lors d'un second stage spécifique d'archéozoologie organisé en octobre pour des étudiantes et étudiants de master par S. Costamagno.

4.4. Communication/Valorisation

Par Pauline Ramis

Bilan 2021

► La valorisation et la médiation des recherches effectuées autour de la grotte du Mas d'Azil se poursuivent grâce au travail de l'association Grottes&Archéologies.



Malheureusement en 2021, nous n'avons pas pu mettre en œuvre l'ensemble des projets et actions souhaités. La situation sanitaire a mis un frein aux activités. La valorisation des recherches de l'équipe passe essentiellement cette année par l'outil numérique. Le festival Festi'Dolmen au Mas d'Azil fut cependant maintenu dans sa forme dédiée aux scolaires de la commune.

La communication et la valorisation via les réseaux et les médias sociaux ainsi qu'avec la presse sont toujours très prégnantes dans nos pratiques :

- Facebook : www.facebook.com/grottesarcheologies/
- Site internet : www.grottesarcheologies.com
- YouTube : www.youtube.com/channel/UCQ_IhWdVJ3gtpvj4eiUWLpQ
- Twitter : twitter.com/GrottesArcheo?lang=fr
- Instagram : www.instagram.com/grottesetarcheologies/

Plusieurs petits reportages et films d'animations ont été réalisés sur les sessions de terrain, les stages ou sur des points de recherches spécifiques. Ils sont disponibles sur le site internet de

Grottes&Archéologies et sur sa chaîne YouTube. D'autres reportages sont aussi disponibles sur le site de l'Inrap et celui d'Universciences.

► Actions numériques

Grâce à la présence d'un apprenti en communication, l'association réalise des portraits et des vidéos autour des fouilles.

Un portrait original de Céline Pallier, pour sa soutenance de thèse en début d'année :

Lien vers l'article : <https://grottesarcheologies.com/2021/01/25/portrait-celine-pallier/>



figure 101 : saisie d'écran de l'article sur le site internet de l'association.

Participer pour la première fois à un chantier de fouilles, une expérience unique vécue par notre assistant COM Zaccaria Courtaban et notre stagiaire en cinéma, Loïc Crozet. : un reportage avec des interviews de chercheurs et de chercheuses ainsi que de plusieurs bénévoles de l'association sur le chantier.

Lien vers l'article :

<https://grottesarcheologies.com/2021/07/27/fouilles-du-mas-dazil-24h-dans-la-peau-dun-debutant/>

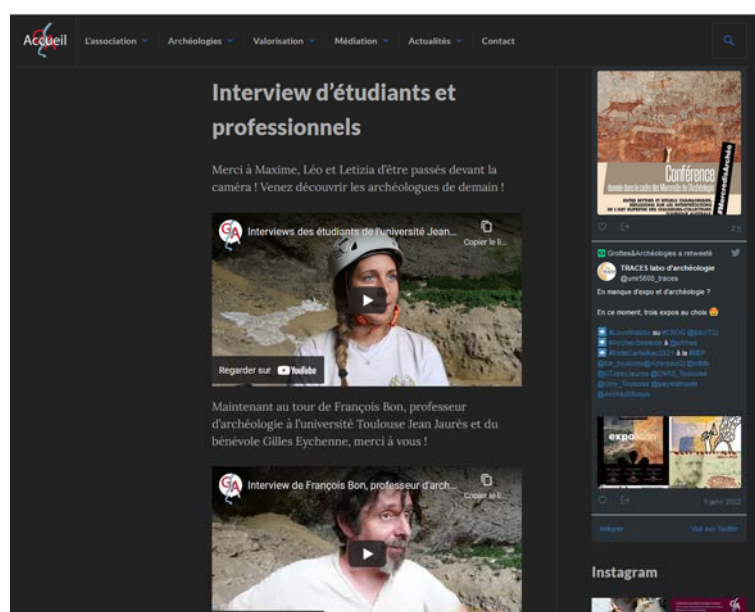


figure 102 : saisie d'écran des reportages disponibles sur le site internet

► « Festi'Dolmen : Santé et croyances »

Les directives gouvernementales mises en place avec le passe sanitaire ont limité le festival aux journées scolaires, pas de grand-public cette année !!

Le festival s'est tenu sur 2 jours les 23 et 24 septembre au Mas d'Azil. Comme les années précédentes, de nombreux partenaires locaux et régionaux, de l'archéologie, du handicap ou de l'éducation populaire nous ont rejoint pour échanger sur les questions de santé, de prise en charge du handicap, de l'alimentation, du sport à travers le temps : ateliers de mise en situation, projections au cinéma, pratiques sportives...

Plus de 230 enfants de la petite section de maternelles à la 4e ont bénéficié d'activités adaptées et gratuites. De nombreux bénévoles participent à cette manifestation. Ces journées s'ancrent dans les valeurs l'éducation populaire, fondamentales dans le contexte actuel (figure 103).

figure 103 : affiche de Festi'Dolmen édition 2021 (© Grottes & Archéologies)



figure 104 : festival Festi'Dolmen. Initiation à la Préhistoire et à l'évolution de l'Homme par Marc Jarry avec les élèves du primaire du Mas d'Azil (cliclé © Grottes & Archéologies).

► Visite de la Rive Gauche

Initialement non prévue, Marc Jarry improvise une visite sur le pouce pour l'association Le Propulseur Azilien. Structure historique du Mas d'Azil, ses membres étaient réunis sous le porche sud de la grotte pour organiser le championnat européen du tir au propulseur comme chaque année en août. Il les a alors conviés à une visite complète du site, en Rive Gauche !

figure 105 : visite de la Rive Gauche avec les membres de l'association le propulseur Azilien (cliché © Pauline Ramis / Grottes&Archéologies)



Perspectives 2022

► « Journées de valorisation de la thèse de Céline Pallier »

Après la soutenance de thèse de Céline Pallier en janvier 2021, l'association souhaite proposer un événement de valorisation dédié au Mas d'Azil. Des interventions auprès des classes, une visite de la grotte, une conférence et des animations grand public sont à imaginer pour faire vivre l'actualité de la recherche en temps réel. Les journées nationales de l'archéologie pourraient être un moment privilégié de diffusion de ces travaux.

► « Festi'Dolmen : Construction »

Le festival « Festi'Dolmen » est reconduit en 2022 pour trois jours de manifestation autour de la construction d'hier à aujourd'hui, co-imaginé avec l'association Arize Loisirs Jeunesse (éducation populaire). Les deux jours scolaires sont conservés pour permettre une meilleure prise en charge des collégiens et collégiennes. Le samedi, journée grand-public des conférences, des stands d'animations, des randonnées archéologiques seront proposés pour un large public.

► « Journées nationales de la Géologie »

L'association lance en 2022 les réflexions pour la mise en place d'un Pôle Grottes avec une personne qualifiée. Notre participation aux Journées Nationales de la Géologie passera nécessairement par une valorisation importante des axes de recherches du PCR consacrée à la grotte du Mas d'Azil.

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Par M. Jarry, C. Pallier, L. Bruxelles et F. Bon

Ce rapport d'activité pour l'année 2021 est marqué, tout d'abord et même si nous l'avons porté au crédit du rapport d'activité 2020, par la soutenance de la thèse de Céline Pallier le 28 janvier 2021, qui acte un important jalon dans la connaissance géoarchéologique de la grotte. Au-delà de son apport scientifique, valorisé par des publications en cours et à venir, ce travail universitaire affiche notre volonté de faire de la grotte du Mas d'Azil un chantier-école pour le terrain et la formation à la recherche. Une forte intégration d'étudiants dans l'équipe, que ce soit sur le terrain, en post-fouille (stages et rédaction) ou en sujets de recherches est une démarche fondamentale pour nous. Certaines de ces contributions sont incluses dans ce rapport d'activité. Ce sont ainsi quatre mémoires de master 1 qui ont été soutenus cette année à l'université de Toulouse Jean Jaurès (Léo Bassuet, Sixtine Hoellinger, Maxime Olivo et Eugénie Thomas). Certains poursuivront en master 2, sur la grotte elle-même et ses mobiliers ou sur son contexte. Nous continuerons dans cette voie car nous concevons notre programme comme un véritable et efficace outils de formation à la recherche.

Coté valorisation et communication, cette année a été productive puisque cinq articles sont parus, dont un dans une revue internationale (*Journal of Archaeological Science : Reports*). D'autres sont déjà en préparation dans des revues internationales et devraient être publiés courant 2022.

Sur le sujet de la diffusion de nos résultats, nous avons évoqué les années précédentes le projet de publications monographiques, peut-être en plusieurs volumes. Nous évaluons cette année ce point avec l'équipe. Plusieurs éléments nous ont convaincus de changer de programmation. En effet, si l'idée d'une monographie est séduisante, cela demande cependant beaucoup d'énergie : 1) pour reprendre l'ensemble des contributions de tous nos rapports d'activités, 2) pour rassembler autour d'un projet communs des chercheurs sur des études parfois vieilles de 10 ans et d'autres encore en cours, 3) pour concrétiser la part éditoriale (crédits, supports...) et 4) ce n'est plus véritablement aujourd'hui le meilleur moyen de diffuser de l'information scientifique, même si nous le répétons, il est toujours agréable de disposer d'une telle somme sur un site, à date. Nous décidons d'orienter nos efforts sur des communications thématiques (sur un sujet), synthétiques ou « monographiques » (une partie du site) dans des revues de rangs national ou international.

Cela permettra d'avancer nos travaux, tout en publiant, au fil de l'eau, les parties que nous jugeons prêtes, ou qu'il convient de diffuser rapidement à la communauté scientifique (comme par exemple les datations radio-numériques qui feront l'objet l'an prochain d'un article de synthèse dans le cadre de la publication du Congrès Préhistorique de France de Toulouse 2021). Par contre, nous n'abandonnons pas l'idée de publier, à moyen terme et en fonction des soutiens financiers et éditoriaux, des ouvrages de qualité à destination du grand public (archéologie, karstologie, historiographie...).

Pour ce qui est de l'avancement de notre programme général, dans le cadre de l'axe 1, « cartographie générale de la cavité », pour la partie « archives », nous proposons l'exploitation d'une source très intéressante : la correspondance passive de Louis Méroc, conservée au Service Régional de l'Archéologie d'Occitanie (site de Toulouse). Si ce lot épistolaire n'a pas encore entièrement été épluché (notamment les échanges avec Joseph Mandement), il nous apporte déjà, avec quelques hiatus certes, des informations intéressantes grâce aux courriers que Louis Méroc partagé avec ou à propos du couple Péquart, avant, pendant et après la Seconde Guerre Mondiale. Ainsi, nous disposons par exemple de la liste de la collection déposée au musée de l'Ariège à Foix en 1945. Toujours pour l'axe 1 du programme, sur le terrain, la collecte des données topographiques continue et complète petit à petit la base de travail de toute l'équipe et notamment de l'équipe cartographique. Cette dernière amende et corrige les minutes de terrain de la Rive Gauche et de la galerie principale. Tout est maintenant prêt pour une harmonisation, qui a d'ailleurs été commencée, et pour l'intégration dans le SIG dès 2022.

L'axe 2 (géomorphologie et géoarchéologie) est maintenant très avancé avec la thèse de Céline Pallier. Quelques compléments sont apportés concernant les stratigraphies de la Rive Gauche (travaux Sixtine Hoellinger), notamment par le recollement de la situation actuelle avec les archives et photographies anciennes. L'action concernant la chronologie et les datations n'a pas fait l'objet de nouveaux prélèvements. Les résultats des analyses sur ceux de l'année dernière sont plutôt maigres. En effet, la tentative de datation par la méthode U/Th s'est révélée impossible. Sur les trois échantillons provenant des travaux d'archéologie préventive réalisés sur la paroi le long de la RD 199, seul un a donné un résultat rapportable au Magdalénien moyen récent. Du côté des analyses, des tests de mesures X-RF sur des échantillons prélevés dans les limons des coupes de la fouille Péquart en Rive Gauche ne sont pour l'instant pas très concluants, mais la méthode fonctionne et nécessitera d'être approfondie et surtout systématisée et comparée avec des analyses de dépôts en amont de la grotte. Justement, à l'extérieur de la cavité, une équipe a pu cette année se consacrer à l'observation des karsts environnants (abri du Baudet, grotte de Peyronnard, grotte Fage, grottes de Maury...), afin de mieux comprendre le fonctionnement général du secteur et de repérer d'éventuels liens et points de comparaisons avec les remplissages présents dans la grotte du Mas d'Azil. Ce qui peut être retenu, c'est qu'il semble y avoir une complémentarité des remplissages de ces cavités avec la grotte qui est au cœur de notre programme.

Pour l'axe 3 du programme général (archéologie), l'étude systématique de l'industrie osseuse des séries rassemblées dans le cadre de nos prospections thématiques et du PCR se poursuit. Cette année, c'est le mobilier des salles Piette, de la Rotonde et du Théâtre qui a été analysé. En complément, et dans l'optique de la corrélation de nos résultats avec ceux des mobiliers issus des fouilles anciennes, Eugénie Thomas a réalisé dans le cadre d'un master l'étude du mobilier osseux de la collection Régnauld conservée au Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse. Sur le terrain, c'est sur la Rive Gauche que nous avons concentré notre attention et d'importants moyens. Certes ce n'était pas de la fouille fine, mais nous avons pu commencer un grand nettoyage systématique et la sécurisation des secteurs Péquart et Maury. Nous avons maintenant, pour le secteur du Cantonement Maury, la certitude d'avoir retrouvé, avec le sondage ancien n°1, la

fouille « délictueuse » du pâtissier Maury, c'est-à-dire la première fouille historique réalisée dans ce secteur de la grotte. Le mobilier retrouvé dans les déblais a pu être analysé et révèle des indices du Magdalénien au Néolithique, mais aussi des vestiges d'Après-Guerre intéressants. Les limites des fouilles d'Édouard Piette, au sud de la fouille Péquart, sont retrouvés grâce aux nettoyages des sommets de coupes dont les archives nous avaient permis de suspecter dès l'année dernière la localisation. Dans le cadre des synthèses et croisements de données, nous amorçons des réflexions sur les phénomènes aérologiques et les températures dans la grotte, afin de mieux comprendre les effets sur les parois (biocorrosion), mais aussi sur les conditions climatologiques en relation avec les occupations préhistoriques dans divers locus de la cavité. Une première approche des activités des salpêtriers dans la grotte du Mas d'Azil est réalisée. Les textes évoquaient ces activités, mais nous ne savions pas en reconnaître les traces sur le terrain. C'est maintenant chose faite, et il faudra aller plus loin sur ce sujet dans les années à venir. Enfin, de manière théorique, une approche des modalités d'occupation des groupes magdaléniens à l'échelle de l'Ariège est proposée, dans laquelle le Mas d'Azil tient une place particulière.

Dans les deux années à venir de ce programme triennal, l'équipe de recherche s'attachera à terminer l'acquisition et de traitement données (tableau 16). Un effort particulier sera porté à l'intégration de celles-ci, même si nous accusons un peu de retard car nous préférons bien réfléchir à sa structuration, dans un système d'information géographique. Il se portera sur la réalisation les derniers calages topographiques afin de les figer pour que l'ensemble des calques puissent contenir des informations localisées avec rigueur. En 2021, des tests d'intégration de la cartographie morphokarstique, qui sera le cœur de ce SIG, sont effectués. Ils sont concluants et, même si cela demandera un long et fastidieux travail d'intégration, ce système sera efficient au terme du programme. À ce premier axe prioritaire, deux autres objectifs seront particulièrement investis. Tout d'abord, nous poursuivrons l'évaluation archéologique de la Rive Gauche (nettoyage, évaluations de niveaux archéologiques, datations, stratigraphie...). Nous fournirons une demande spécifique de sondage ou de prélèvements le cas échéant, dès le début de 2022, afin de la compléter. Le dernier axe prioritaire concernera comme en 2021 les relations géomorphologiques avec l'extérieur (massif, paléolac...). Bien évidemment, les autres ateliers d'acquisition seront poursuivis afin de terminer, nous le souhaitons, le programme « Archives d'une grotte » et pourquoi pas en développer un autre sur des thématiques plus ciblées...

Axe	Action	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Axe 1	1-A données anciennes											
	1-B topo complém.											
	1-C topo principale											
	1-D carto. Cavité											
	1-E topo. surf.											
	1-F carto surf.											
Axe 2	2-A morpho karst											
	2-B remplissages											
	2-C chronologie											
	2-D mise en place											
Axe 3	3-A caractérisation											
	3-B Théâtre/Rotonde											
	3-C Salle Piette											
	3-D Ours/Mandement											
	3-E Rive Gauche											
	3-F géoarchéologie											
	3-G croisement général											

tableau 16 : état d'avancement du programme de prospection thématique et calendrier prévisionnel de réalisation. Jaune = débuté ; vert = en cours ; bleu = en voie d'achèvement.

BIBLIOGRAPHIE

André 2007 : ANDRÉ D. – Aven Noir. Les probables fours de salpêtriers. *Spéléomag*, 2007, n° 58, pp. 30-32.

Audra et al. 2016 : AUDRA P., BARRIQUAND L., BIGOT J.-Y., CAILHOL D. *et al.* – L'impact méconnu des chauves-souris et du guano dans l'évolution morphologique tardive des cavernes. *Karstologia* n° 68, 2016, 1-20

Audra et al. 2017 : AUDRA P., BOSAK P., GASQUEZ F., CAILHOL D., SKALA R., LISA L., JONASOVA Š., FRUMKIN A., KNEZ M., SLABE T., ZUPAN HAJNA N., AL-FARRAJ A. - Bat Urea-Derived Minerals in Arid Environment. First identification of Allantoin, C₄H₆N₄O₃, in Kahf Kharrat Najem Cave, United Arab Emirates. *International Journal of Speleology*, 46 (1), 2017, 81-92. Tampa, FL (Usa) Issn 0392-6672

Audra et al. 2019 : AUDRA P., DE WAELE J., BENTALEB I., CHRONOKOVA A., KRISTUFEK V., D'ANGELI I.M., CARBONE C., MADONIA G., VATTANO M., SCOPELLITI G., CAILHOL D., VANARA N., TEMOVSKI M., BIGOT J.-Y., NOBECOURT J.-C., GALLI E., RULL F., SANZ-ARRANZ A. - Guano-related phosphate-rich minerals in European caves. *International Journal of Speleology*, 48 (1), 2019, 75-105. Tampa, FL (USA) ISSN 0392-6672 <https://doi.org/10.5038/1827-806X.48.1.2252>

Averbouh et al. 1999 : AVERBOUH A., BEGOUËN R., CLOTTES J. – Technique et économie du travail du bois de cervidé chez les Magdaléniens d'Enlène (Montesquieu-Avantès, Ariège) : vers l'identification d'un cycle saisonnier de production ? In : *Préhistoire d'os. Recueil d'études sur l'industrie osseuse préhistorique offert à Henriette Camps-Fabrer*, Aix-en-Provence, 1999, p.336.

Barge-Mahieu 1992 ; BARGE-MAHIEU H., CAMPS-FABRER H., FERUGLIO V., PELTIER A., RAMSEYER D. (dir.) – *Cahier V. Bâtons percés, baguettes*, Treignes, Éd. du Cedarc, 1992.

Barriquand et al. 2021 : BARRIQUAND L., BIGOT J.-Y., AUDRA P., CAILHOL D., GAUCHON C., HERESANU V., JAILLET S., VANARA N. – Caves and bats morphological impacts and archaeological implications. The Azé préhistoric cave (Saône-et-Loire, France). *Geomorphology*, 388, 2021 107785. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107785>

Bégouën et al. 2019 : BEGOUEN R., PASTOORS A., CLOTTES J. (dir.) – *La grotte d'Enlène, immersion dans un habitat magdalénien*. Fine Editions d'Art et Association Louis Bégouën éd., 2019, 450p.

Berganza et Arribas 2010 : BERGANZA E., ARRIBAS J.L. – Dientes de herbívoros serrados e incisivos de la cueva de Santa Catalina (Lekeitio, Bizkaia), *Munibe*, 61, 2010, p. 57-70.

Berthomé et al. 2020 : BERTHOMÉ E., BONNET L., ESCOURROU C., APRIN L., ARNAUD J., BAYLE S., CAILHOL D., DIZIER F., FRANQUET R., JAILLET J., JOHANNET A. – Underground air circulation modelling of the St-Marcel Cave (Ardèche, France), to adapt the opening system of the cave entrance to optimal habitat conditions for bats, (*in press*) (sciencesconf.org/uis2021:332748)

Bruxelles et al. 2016 : BRUXELLES L., JARRY M., BON F., CAILHOL D., DANDURAND G., PALLIER C. - La biocorrosion, un nouveau paramètre à prendre en compte pour interpréter la répartition des oeuvres pariétales. *Karstologia*, n° 68, 2016, 21-30.

Bruxelles 2019 : BRUXELLES L. – L'apport des travaux de Paul Ambert dans la connaissance de l'évolution géodynamique du Languedoc et l'émergence de la géoarchéologie. In : « *Actes du colloque international en Hommage à Paul Ambert, Paysages pour l'Homme* » sous la direction de M. Laroche, L. Bruxelles, P. Galant et M. Ambert. P., 2019, 62-69.

Bruxelles et Jarry 2011 : BRUXELLES L., JARRY M. - Climatic conditions, settlement patterns and cultures in the Paleolithic : the example of the Garonne Valley (southwest France). *Journal of Human Evolution*, 2011, 61, 538-548

Buisson et al. 1996 : BUISSON D., FRITZ C., KANDEL D., PINÇON G., SAUVET G., TOSELLO G. (1996) – Les contours découpés de têtes de chevaux et leur contribution à la connaissance du Magdalénien moyen. *Sciences de l'Homme et Société. Archéologie et Préhistoire*, tome 28, p. 99-128.

Cailhol et al. 2021 : CAILHOL D., BON F., BIGOT J.-Y., BRUXELLES L., DANDURAND G., JARRY M., PALLIER C., VANARA N. – Influence de la condensation et de la corrosion biogénique sur les parois et les dépôts de grotte, l'exemple de la grotte du Mas d'Azil (Ariège, France). *Préhistoire et Cultures*, bulletin de la Société Préhistorique Ariège-Pyrénées, tome 71, p. 7-28

Cailhol 2016 : CAILHOL D. - *Bilan du Suivi Climatologique a Grotte des Gorges Amange (39) 2011-2016*. [Rapport de recherche] EDYTEM, Université de Savoie Mont-Blanc, UMR 5204 CNRS. 2016. (hal-01838816)

Cailhol 2019 : CAILHOL D. – Les effets de la corrosion de condensation sur les parois de la grotte de Chenecey (Doubs, France). *Actes du 14ème Congrès national de spéléologie*, Sinterlaken 2019. pp : 173-178.

Cailhol et Vanara 2018 : CAILHOL D., VANARA N. -. Étude des processus de condensation corrosion et de biocorrosion dans la grotte d'Espalungue, karst de la vallée d'Ossau. In : *Projet Collectif de Recherches, Préhistoire ancienne de la Vallée d'Ossau, grotte d'Espalungue*, rapport 2018, p. 4-9.

Calvet 2004 : CALVET M. - The Quaternary glaciation of the Pyrenees. *Developments in Quaternary Science*, 2004, vol. 2, 1, 119-128.

Carcenac-Suffert et al. 1969 : CARCENAC-SUFFERT C., SIMON-COINÇON R., TAILLEFER F. – Carte géologique du Mas d'Azil SE. Notice. *Revue géologique des Pyrénées et du Sud-Ouest Européen*, 40, 4, 1969, 329-351.

Carthailhac 1891 : CARTAILHAC E. – Les fouilles de M. Ed. Piette dans la grotte du Mas d'Azil (Ariège), *L'Anthropologie*, 1891, p. 141-149. Il cite 3 sources : Garrigou 1867, Régnauld 1876, Piette 1889.

Castrucci et al. 2017 : CASTRUCCI C., COLLINET J., de LUCA B. – La manufacture de salpêtre et de soufre. In : *Aux portes de la ville*, I. Sénépart dir. 2017,

Darasse et Guffroy 1960 : DARASSE P., GUFFROY S. – Le Magdalénien supérieur de l'abri de Fontalès près Saint-Antonin (Tarn-et-Garonne), *L'Anthropologie*, 64 (1-2), 1960, p. 1-35.

Delpech et Le Gall 1983 : DELPECH F., LE GALL O. - La faune magdalénienne de la grotte des Églises (Ussat, Ariège). *Bulletin de la Société préhistorique Ariège-Pyrénées*, 1983, 38, 91-118.

Delporte 1987 : DELPORTE H. – Édouard Piette : *Histoire de l'Art primitif, précédé de Piette, pionnier de la préhistoire*. Paris : Picard, « Les classiques français de l'histoire de l'art », 1987, 276 p.

Delmas et al. 2012 : DELMAS M., CALVET M., GUNNELL Y., BRAUCHER R., BOURLÈS D. - Les glaciations quaternaires dans les Pyrénées ariégeoises : approche historiographique, données paléogéographiques et chronologiques nouvelles. *Quaternaire*, 2012, vol. 23, 1, 61-85.

Delporte et al. 1988 : DELPORTE H., HAHN J., MONS L., PINÇON G., DE SONNEVILLE-BORDES D. – *Cahier I. Sagaies*. Aix-en-Provence, Université de Provence (Fiches typologiques de l'industrie osseuse), 1988.

Gabrovšek et al. 2010 : GABROVŠEK F., DREYBRODT W., PERNE M. -. Physics of Condensation Corrosion in Caves. In: Andreo B., Carrasco F., Durán J., LaMoreaux J. (eds) *Advances in Research in Karst Media. Environmental Earth Sciences*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010, p. 91-96.

Gely et al. 2016 : GELY B., CAILHOL D., CLOTEES J., LE GUILLOU, LASCU V., MEYSSONNIER M., PHILIPPE M., PLICHON V., PRUD'HOMME F., VALLADAS H. – *Pestera Coliboaia (Campani, Bihor) Grotte Ornee Aurignacienne De Roumanie. État D'avancement Des Etudes Pluridisciplinaires (2009-2014)*. Ifrao 2016

Hélène 1878 : HELENE M. - *La poudre à canon et les nouveaux corps explosifs*, Bibliothèque des merveilles, Paris, Librairie Hachette. 1878, 26 p.

Jarry et al. 2012 : JARRY M., BRUXELLES L., FRITZ C., MARTIN H., RABANIT M., ARRIGHI V., CALLEDE F., SALGUES T. – *Grotte du MAs d'Azil, Tranche 1 – traversée de la route*. Rapport d'opération, diagnostic archéologique, INRAP GSO, 2012, 98 p.

Jarry et al. 2013a : JARRY M., BON F., BRUXELLES L. (dir.) – *La grotte du Mas d'Azil, cartographie archéologique et géoarchéologie*. Propection thématique, rapport d'activités pour l'année 2013, 2013, 148p.

Jarry et al. 2013b : JARRY M., BON F., BRUXELLES L., FRITZ C., LACOMBE S., LELOUVIER L.-A., MARTIN H., RABANIT M., SIMONNET R., WATTEZ J. – *La grotte du Mas d'Azil, Tranche 2.1 : parcours de visite – parois nord et sur secteur Théâtre*. Rapport d'opération, diagnostic archéologique, INRAP GSO, 2013, 128 p.

Jarry et al. 2014 : JARRY M., BON F., BRUXELLES L., PALLIER C. (dir.) – *La grotte du Mas d'Azil, cartographie archéologique et géoarchéologie*. Prospection thématique, rapport d'activités pour l'année 2014, 2014, 206 p.

Jarry et al. 2015a : JARRY M., PALLIER C., BRUXELLES L., BON F. (dir.) – *La grotte du Mas d'Azil, cartographie archéologique et géoarchéologie*. Prospection thématique, rapport d'activités pour l'année 2015, 2015, 266 p.

Jarry et al. 2015b : JARRY M., PALLIER C., ARRIGHI V. – *La grotte du Mas d'Azil, Tranche 3.1 : Entrée*. Rapport d'opération, diagnostic archéologique, INRAP GSO, 2015, 57p.

Jarry et al. 2016 : JARRY M., PALLIER C., BRUXELLES L., BON F. (dir.) – *La grotte du Mas d'Azil, cartographie archéologique et géoarchéologie*. Prospection thématique, rapport d'activités pour l'année 2016, 2016, 257p.

Jarry et al. 2017a : JARRY M., PALLIER C., BON F., BRUXELLES L. (dir.) – *La grotte du Mas d'Azil, cartographie archéologique et géoarchéologie*. Prospection thématique, rapport d'activités pour l'année 2017, 2017, 130p.

Jarry et al. 2017b : JARRY M., PALLIER C., ARRIGHI V., BENQUET L. – *La grotte du Mas d'Azil, Tranche 2.2 : Parcours de visite*. Rapport d'opération, diagnostic archéologique, INRAP GSO, 2017, 124p.

Jarry et al. 2017c : Jarry M., Pallier C., Bruxelles L., Bon F., Lejay M., Anderson L., Lacombe S., Lelouvier L.-A., Martin H., Petillon J.-M., Potin, Y., Rabanit M., Simonnet R., Wattez J. – L'Aurignacien de la grotte du Mas d'Azil, résultats des opérations 2011-2015, Actualités scientifiques. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, p. 575-579.

Jarry et al. 2018 : JARRY M., PALLIER C., BON F., BRUXELLES L. (dir.) – *Archives d'une grotte, des archives paléoenvironnementales et archéologiques aux archives de fouilles (grotte du Mas d'Azil, Ariège)*. Programme Collectif de Recherche, rapport d'activités pour l'année 2018, 2018, 140 p.

Jarry et al. 2019 : JARRY M., PALLIER C., BON F., BRUXELLES L. (dir.) - *Archives d'une grotte, des archives paléoenvironnementales et archéologiques aux archives de fouilles (grotte du Mas d'Azil, Ariège)*. Programme Collectif de Recherche, rapport d'activités pour l'année 2019, 2019, 173 p.

Jarry et al. 2020 : JARRY M., PALLIER C., BON F., BRUXELLES L. (dir.) - *Archives d'une grotte, des archives paléoenvironnementales et archéologiques aux archives de fouilles (grotte du Mas d'Azil, Ariège)*. Programme Collectif de Recherche, rapport d'activités pour l'année 2020, 2020, 308 p.

Jarry et al. 2021 : JARRY M., PALLIER C., BON F., BRUXELLES L., ANDERSON L., ARRIGHI V., CAMUS H., COMELONGUE M., FRITZ C., GHALEB, LEJAY M., MARTIN H., POTIN Y., RABANIT M., SALMON C., TOSELLO G. – The secret entrance of the « Galerie Breuil » in the Mas d'Azil cave (Ariège, France). *Journal of Archaeological Science : Reports*, 2021, dec. 2021, vol. 40 ; part B, p.

Julien 1982 : JULIEN M. – *Les Harpons magdaléniens*, Paris, CNRS (Suppléments à Gallia Préhistoire, 17), 1982, 299 p.

Kegler 2007 : KEGLER J.F. – *Das Azilein von Mas d'Azil. Des chronologische und Kulturelle Kontext der Rückenspitzengruppen in Südwesteuropa. Mit einem Beitrag*. Thèse de Doctorat de l'Université de Cologne, 2007, 337p + 82p.

Lacombe 1998a : LACOMBE S. - *Préhistoire des groupes culturels au Tardiglaciaire dans les Pyrénées centrales. Apports de la technologie lithique*. Thèse de doctorat, université de Toulouse II, 1998, 385 p.

Lacombe 1998b : LACOMBE S. - Stratégies d'approvisionnement en silex au Tardiglaciaire. L'exemple des Pyrénées centrales françaises. *Bulletin de la Société préhistorique Ariège-Pyrénées*, 1998, 53, 223-266.

Lacombe 2005 : LACOMBE S. - Territoires d'approvisionnement en matières premières lithiques au Tardiglaciaire. Remarques à propos de quelques ensembles pyrénéens. In : *Territoires, déplacements, mobilité, échanges durant la Préhistoire. Terres et homme du Sud* (JAUBERT J. et BARBAZA M. dir.), 2005, 329-353.

Langlais et Pétillon 2019 : LANGLAIS M., PETILLON J.-M. – Les Pyrénées, une frontière pré-historiographique pour le Magdalénien ? Réflexions à partir du Magdalénien moyen récent de la grotte Tastet (Sainte-Colome, Pyrénées-Atlantiques). In : *La conquête de la montagne: des premières occupations humaines à l'anthropisation du milieu*, Paris, 2019.

Langlais et al. 2014 : LANGLAIS M., LAROULANDIE V., PETILLON J.-M., MALLYE J.-B., COSTAMAGNO S. (2014) – Évolution des sociétés magdaléniennes dans le sud-ouest de la France entre 18000 et 14000 cal BP : reconstitution des environnements, reconfiguration des équipements. In : *Actes du 27ème Congrès préhistorique de France, Bordeaux / Les Eyzies (France)*, 2014, p.417-430.

Le Guillou et al. 2002 : LE GUILLOU Y., DIEULAFAIT C., PAULIN J. – *Commune du Mas d'Azil (Ariège)*. Rapport de prospection-inventaire, 2002, 54p.

Le Guillou 2013 : LE GUILLOU Y., 2013. Joseph Mandement, la grotte du Mas d'Azil, et la Société des Amis du Mas d'Azil, *Préhistoire, Art et Sociétés (Bull. de la Soc. Préhist. Ariège-Pyrénées)*, 2013, t. XVIII, p. 97-122.

Lelouvier et al. 2016 : LELOUVIER L.-A., PALLIER C., DAUSSY A. - *La grotte du Mas d'Azil, Tranche 4 : paroi le long de la RD119*. Rapport d'opération, diagnostic archéologique, INRAP GSO, 2016, 80p.

Lelouvier et al. 2019 : ARRIGHI V., BON V., BUNDGEN B., CLAUD E., CONSTANS G., COSTAMAGNO S., FRITZ C., JARRY M., LELOUVIER L.-A., PALLIER C., PETILLON J.-M., POISSONNIER B., POTIN Y., STOETZEL E. – *Grotte du Mas d'Azil, Parois le long de la RD119*. Rapport d'opération de fouille archéologique, 2019, 306p.

Leroi-Gourhan 1984 : LEROI-GOURHAN A. (dir) – *L'art des Cavernes, Atlas des grottes ornées paléolithiques françaises*. La documentation Française, 1984, 675 p.

Lucas 2013 : LUCAS C. – Les décors géométriques du Magdalénien supérieur de la grotte d'Isturitz (Pyrénées-Atlantiques) : une place à part dans l'équipement ? *Palethnologie*, 5, 2013, p. 1501-1521.

Mandement 1948 : MANDEMENT J. - Nouvelles découvertes dans la grotte du Mas d'Azil (Ariège). *Bulletin de la Société des Amis du Mas d'Azil*, 1948/1949, n°1, 45/46, 7-8.

Méroc 1956 : MÉROC L. – *Cent ans de Préhistoire Toulousaine*. Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse, Toulouse, 90p.

Pallier 2021 : PALLIER C. – *De l'enregistrement sédimentaire en milieu karstique à la taphonomie des sites archéologiques du Paléolithique supérieur (MIS 3 – MIS 2) : apport de la grotte du Mas d'Azil et de la vallée de l'Arize (Ariège, France)*. Thèse de Doctorat soutenue le 28 janvier 2021, Université de Toulouse, Faculté Jean Jaurès. Toulouse 2021.

Pallier et al. 2015 : PALLIER C., JARRY M., ARRIGHI V. – *La grotte du Mas d'Azil, Tranche 3.2 : station d'épuration*. Rapport d'opération, diagnostic archéologique, INRAP GSO, 2015, 61p.

Pallier et al. 2016 : PALLIER C., JARRY M., BON F., CAMUS H., RABANIT M., BRUXELLES L. - Évolution karstique et occupations humaines de la grotte du Mas d'Azil (Ariège, France) ; *Karstologia*, n° 68, 2016. [hal-01871475](https://doi.org/10.18714/karstologia.68)

Pallier et al. 2017 : PALLIER C., JARRY M., BRUXELLES L., ARRIGHI V. SALMON C., POUECH S. – *La grotte du Mas d'Azil, Tranche 2.3 : bâtiment d'accueil*. Rapport d'opération, diagnostic archéologique, INRAP GSO, 2017, 57p.

Patou-Mathis 1984 : PATOU-MATHIS M. - La faune de la galerie Rive Droite du Mas d'Azil (Ariège) : données paléoclimatiques et paléthonographiques. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 1984, vol. 81, 10, 311-319.

Péquart et Péquart 1937 : PEQUART M., PEQUART S.-J. –Le Mas d'Azil, Aperçu sur son Histoire et la Préhistoire de sa grotte. Nancy, *Société d'impressions typographiques, extrait de la Revue lorraine d'anthropologie* (année 1936-1937), 1937, 23 p.

Péquart et Péquart 1941a : PEQUART M., PEQUART S.-J. – Fouilles archéologiques et nouvelles découvertes au Mas d'Azil. *L'Anthropologie*, 49 (1939-1940), 1941, p.450-453.

Péquart et Péquart 1941b : PEQUART M., PEQUART S.-J. – Nouvelles fouilles au Mas d'Azil (Ariège). *Préhistoire*, tome VIII, Presses Universitaire de France, 1941, p. 7-42.

Péquart et Péquart 1941c : PEQUART M., PEQUART S.-J. (1941) – Nouvelles découvertes à la grotte du Mas d'Azil, *Bulletins et Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris*, IX° Série, tome 2, p. 128-130.

Pétillon 2006 : PETILLON J.-M. –*Des magdaléniens en armes. Technologie des armatures de projectile en bois de cervidé du Magdalénien supérieur de la grotte d'Isturitz (Pyrénées-Atlantique)*, Treignes, Éd. du Cedarc, 006, 297 p.

Pétillon 2013 : PÉTILLON J.-M. – Circulation of whale-bone artifacts in the northern Pyrenees during the Late Upper Paleolithic. *Journal of Human Evolution*, 65 (5), 2013, p. 525-543.

Pétillon 2016a : PÉTILLON J.-M. – L'industrie osseuse aurignacienne : présentation préliminaire. In : *La grotte du Mas d'Azil : cartographie archéologique et géoarchéologie, prospection thématique, rapport d'activité pour l'année 2016*, M. Jarry, C. Pallier, L. Bruxelles, F. Bon (dir.), Toulouse, SRA Occitanie, 2016, p. 165-170.

Pétillon 2016b : PÉTILLON J.-M. – Technological evolution of hunting implements among Pleistocene hunter-gatherers: Osseous projectile points in the middle and upper Magdalenian (19–14 ka cal BP), *Quaternary International*, 2016, 414, 1, p. 108-134.

Pétillon 2007 : PÉTILLON J.-M. – Les pointes à base fourchue de la zone pyrénéo-cantabrique : un objet à la charnière entre Magdalénien moyen et Magdalénien supérieur ? In : *Frontières naturelles et frontières culturelles dans les Pyrénées préhistoriques*, Tarascon-sur-Ariège, 2007, p.p.245-264.

Pétillon et Costamagno 2019 : PÉTILLON J.-M., COSTAMAGNO S. – L'industrie osseuse. In : *Grotte du Mas d'Azil (Occitanie, Ariège, le mas d'Azil), paroi le long de la RD119, rapport de fouille archéologique*, L.-A. Lelouvier (dir.), Toulouse, SRA Occitanie, 2019, p. 157-161.

Pétillon et Thomas 2020 : PÉTILLON J.-M. avec THOMAS E. – Aperçu de l'industrie osseuse du Mas d'Azil, fouilles 2011-2019. In : *Archives d'une grotte. Des archives paléoenvironnementales et archéologiques paléolithiques aux archives de fouilles (grotte du Mas d'Azil, Ariège), programme collectif de recherches 2018-2020, rapport d'activité pour l'année 2020*, M. Jarry, C. Pallier, L. Bruxelles, F. Bon (dir.), Toulouse, SRA Occitanie, 2020, p. 154-157.

Pétillon et al. 2017 : PÉTILLON J.-M., LAROULANDIE V., BOUDADI-MALIGNE M., DUMONTIER P., FERRIER C., KUNTZ D., LANGLAIS M., MALLYE J.-B., MISTROT V., NORMAND C., VILA O.R., TORRE M.S. DE LA (2017) – Occupations magdaléniennes entre 20 000 et 15 000 cal BP dans le piémont pyrénéen : la séquence paléolithique du sondage 4 de la grotte de Laa 2 (Arudy, Pyrénées-Atlantiques), *Gallia Préhistoire*, 57, 2017, p. 65-126.

Pfendler et al. 2017 : PFENDLER S., EINHORN O., KARIMI B., BOUSTA F., CAILHOL D., ALAOUI SOSSÉ L., ALAOUI SOSSÉ B., ALEYA L. - UV-C as an efficient means to combat biofilm formation in show caves: evidence from the La Glacière Cave (France) and laboratory experiments. *Environ Sci Pollut Res* 2017, 24:24611–24623. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0143-7>

Piette 1885 : PIETTE E. – L'art pendant l'Âge du Renne. In : *Matériaux pour l'Histoire primitive et naturelle de l'Homme*, E. Cartailhac et Chantre dir., 19eme vol., T. 11, 1885, p. 572-577.

Piette 1891 : PIETTE É. – Notions nouvelles sur l'âge du renne, in *La Gaule avant les Gaulois. D'après les monuments et les textes*, Paris, Ernest Leroux, Éditeur, 1891, p.262-286.

Piette 1896a : PIETTE E. – Etude d'ethnologie préhistorique I. *L'Anthropologie*, T. VII, 1896, 276-292.

Piette 1896b : PIETTE E. – Etude d'ethnologie préhistorique II plantes cultivées de la période de transition au Mas d'Azil. *L'Anthropologie*, T. VII, 1896, 1-17.

Poplin 1983a : POPLIN F. – Incisives de renne sciées du Magdalénien d'Europe occidentale, *in* F. Poplin (dir.), *La Faune et l'homme préhistoriques*, Paris, Société préhistorique française, 1983, p. 55-67.

Poplin 1983b : POPLIN F. (1983b) – La dent de Cachalot sculptée du Mas d'Azil, avec remarques sur les autres restes de cétacés de la Préhistoire française, *in* : F. Poplin (dir.), *La Faune et l'homme préhistoriques*, Paris, Société préhistorique française, 1983, p. 81-94.

Régnauld 1876 : REGNAULT F. – Grotte du Mas d'Azil (Ariège), *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse*, 1876, p. 128-133.

Reimer et al. 2020 : REIMER P., AUSTIN W., BARD E., BAYLISS A., BLACKWELL P., BRONK RAMSEY C., BUTZIN M., CHENG H., EDWARDS R., FRIEDRICH M., GROOTES P., GUILDERTON T., HAJDAS I., HEATON T., HOGG A., HUGHEN K., KROMER B., MANNING S., MUSCHELER R., PALMER J., PEARSON C., VAN DES PLICHT J., REIMER R., RICHES D., SCOTT E., SOUTHERN J., TURNEY C., WACKER L., ADOLPHI F., BUNTGEN U., CAPANO M., FAHRNI S., FOGTMANN-SCHULZ A., FRIEDRICH R., KOHLER P., KUDSK S., MIYAKE F., OLSEN J., REINIG F., SAKAMOTO M., SOOKDEO A., & TALAMO S. - The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*, 2020, 62.

Rigaud et al. 2019 : RIGAUD S., COSTAMAGNO S., PÉTILLON J.-M., CHALARD P., LAROUANDIE V., LANGLAIS M. (2019) – Settlement dynamic and beadwork: new insights on Late Upper Paleolithic craft activities. *PaleoAnthropology*, 2019, p. 137-155.

Simonnet 1967 : SIMONNET R. - L'abri sous roche Rhodes II et la question de l'Azilien dans les Pyrénées françaises. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 1967, vol. 64, 1, 175-186.

Simonnet 1977 : SIMONNET R. - La préhistoire des basses vallées de l'Hers et de l'Ariège. Recherches sur le peuplement du Piémont Ariégeois. *Bulletin de la Société Ariégeoise*, 1977, 22, 5-50.

Simonnet 1981 : SIMONNET R. - Carte des gîtes à silex des Pré-Pyrénées. *In* : *La Préhistoire du Quercy dans le contexte de Midi-Pyrénées (Société Préhistorique Française)*, 1981, 21, 308-323.

Simonnet 1996 : SIMONNET R. - Approvisionnement en silex au Paléolithique supérieur ; déplacements et caractéristiques physiognomiques des paysages, l'exemple des Pyrénées centrales. *In* : *Pyrénées préhistoriques : arts et sociétés* (DELPORTE H. et CLOTTES J. dir.), 1996, 117-128.

Simonnet 1998 : SIMONNET R. - Le silex et la fin du Paléolithique supérieur dans le bassin de Tarascon-sur-Ariège. *Bulletin de la Société préhistorique Ariège-Pyrénées*, 1998, 53, 181-222.

Simonnet 1999 : SIMONNET R. - De la géologie à la préhistoire : le silex des Prépyrénées. Résultats et réflexions sur les perspectives et les limites de l'étude des matières premières lithiques. *Paléo*, 1999, vol. 11, 1, 71-88.

Simonnet 2003 : SIMONNET R. - Le silex du Magdalénien. *In* : *La grotte de La Vache (Ariège). 1- Les occupations du Magdalénien* (CLOTTES J. et DELPORTE H.), 2003, 142-150.

Thomas 2021 : THOMAS E. – *La grotte du Mas d'Azil : étude typo-technologique de l'industrie osseuse en bois de cervidé du Magdalénien de la collection dite de Félix Régnauld*, Mémoire de master 1, Université Toulouse Jean Jaurès, Toulouse, 2021, 62 p.

Welker et al. 2015 : WELKER F., SORESSI M., RENDU W., HUBLIN J.-J., COLLINS M. (2015) – Using ZooMS to identify fragmentary bone from the Late Middle/Early Upper Paleolithic sequence of Les Cottés, France, *Journal of Archaeological Science*, 54, 2015, 279-286.

Welté 2000 : WELTÉ A.C. – Fontalès (Tarn-et-Garonne) : site de chasse au Paléolithique supérieur, in : *La chasse dans la Préhistoire, actes du colloque international de Treignes*, 3-7 octobre 1990, BELLIER (C.), CATTELAINE (P.), OTTE (M.) dir., Bruxelles, Société royale belge d'Anthropologie et de Préhistoire (Anthropologie et Préhistoire, 111) / Université de Liège - Service de Préhistoire (ERAUL, 51) / CEDARC (Artefacts, 8), 2000, p. 387-399.

Internet

Infoclimat : base de données climatologique

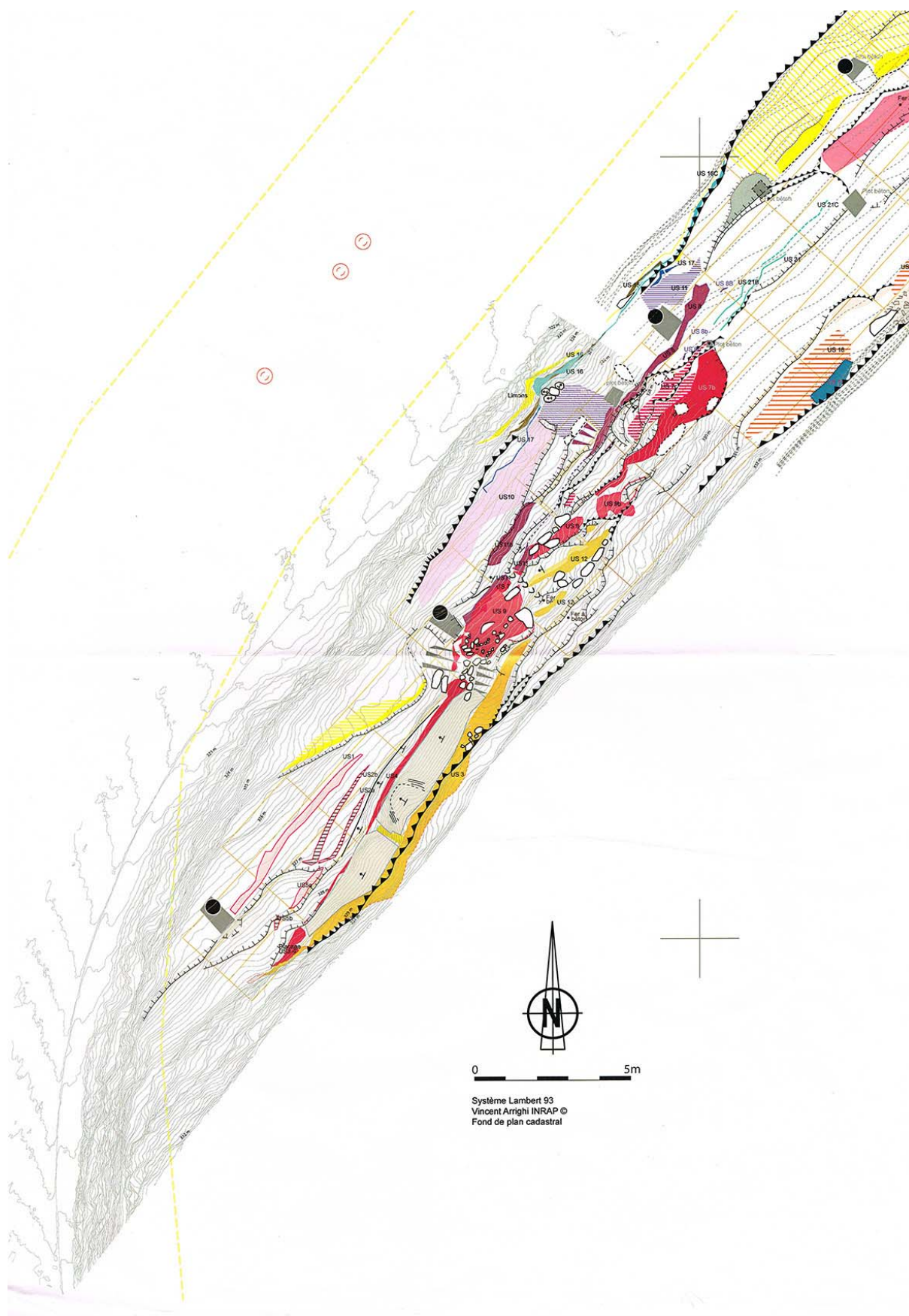
<https://www.infoclimat.fr/climatologie-mensuelle/07627/janvier/2021/saint-girons-antichan.html>

ANNEXES



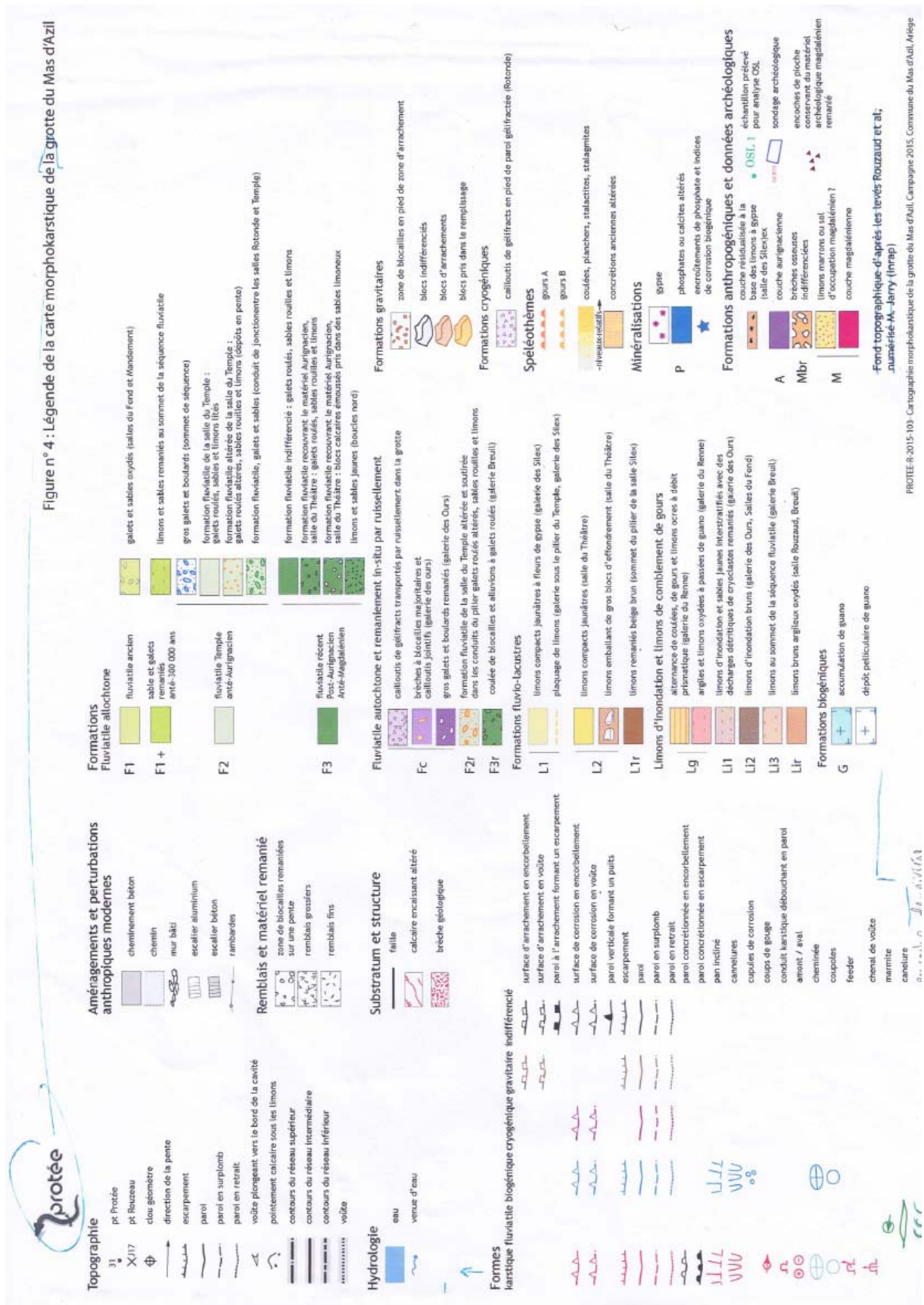


Annexe 2 – PRO_R_2021_102_Annexe2

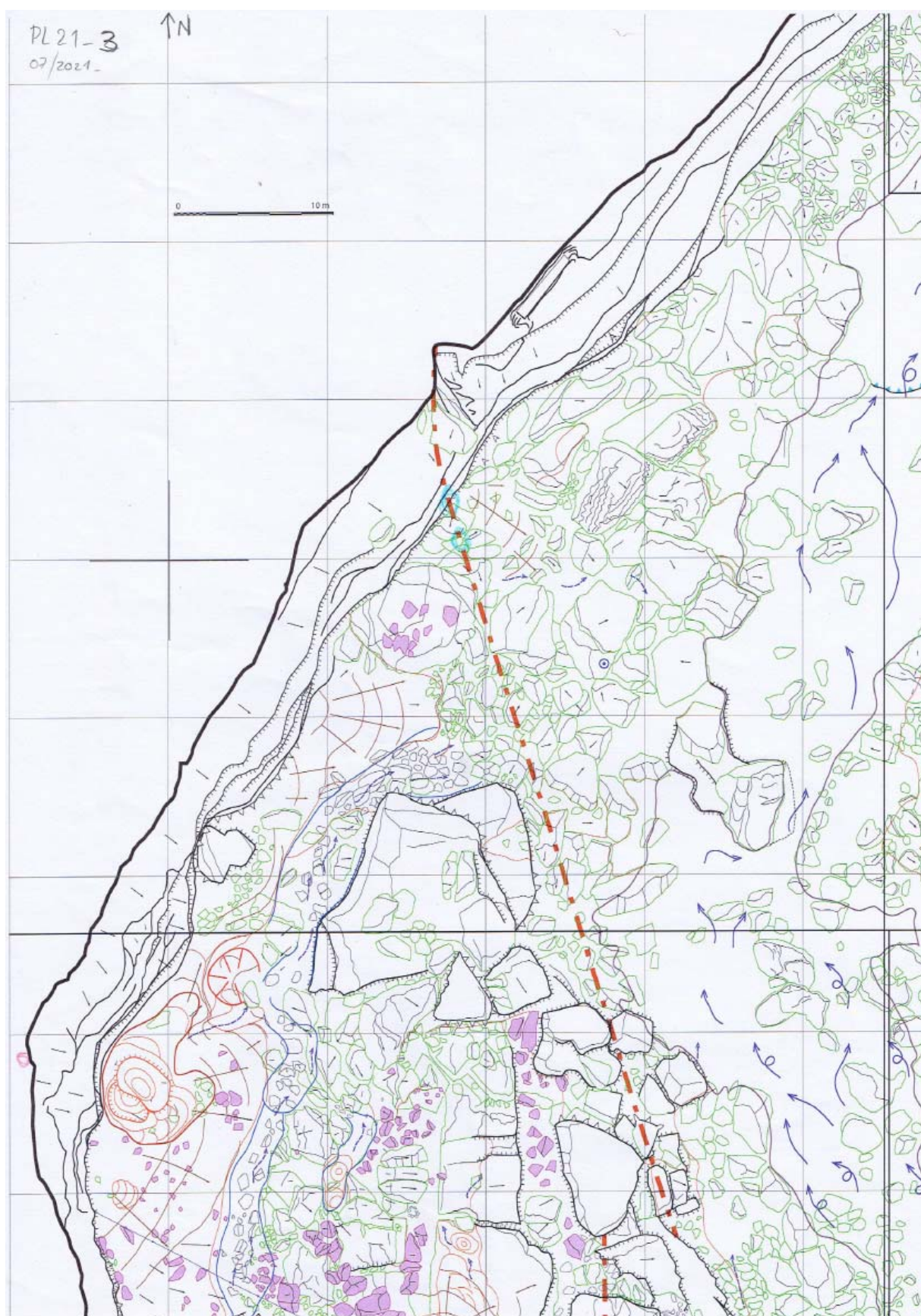


Annexe 3 – PRO_R_2021_102_Annexe3_Minute 2021



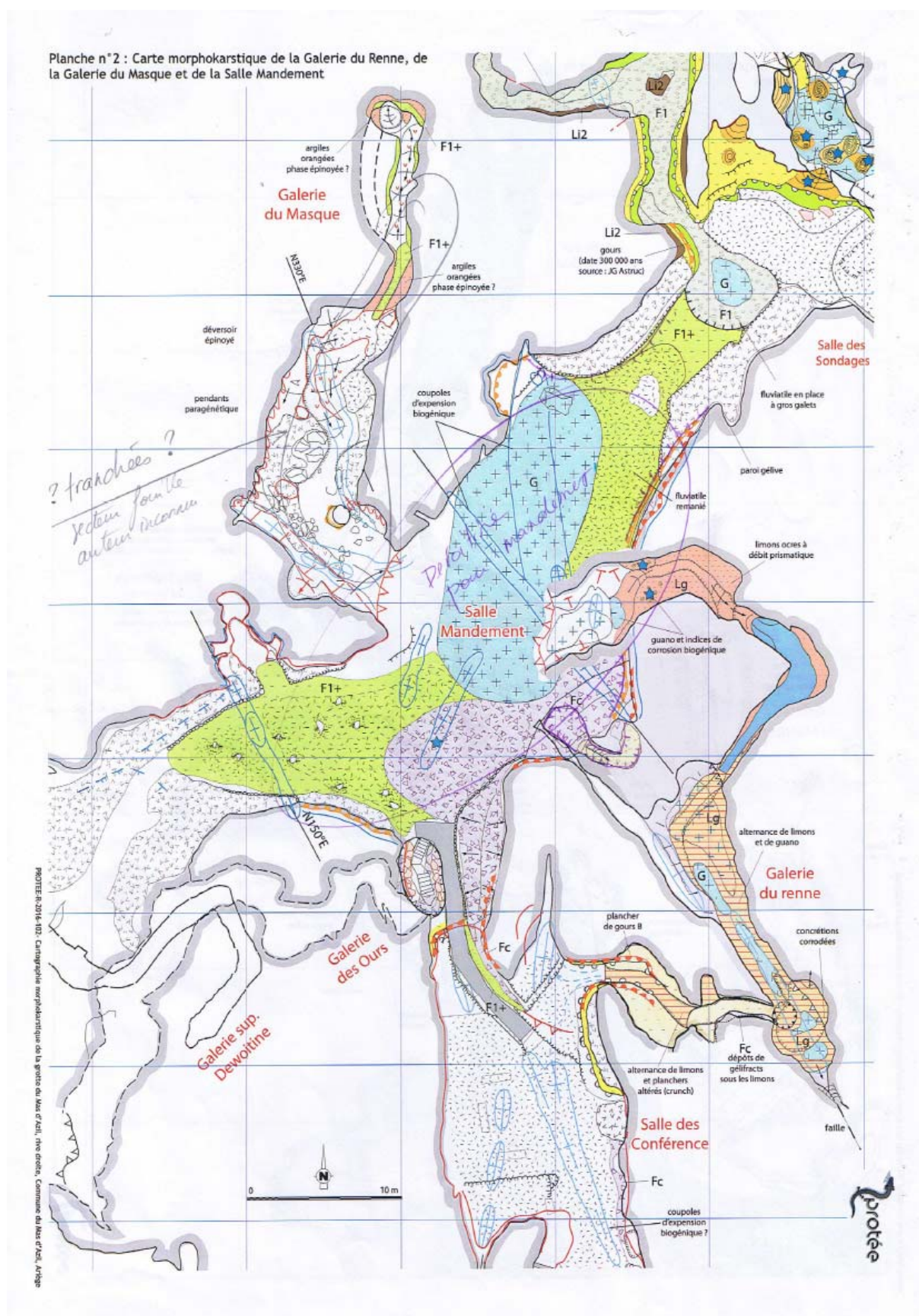


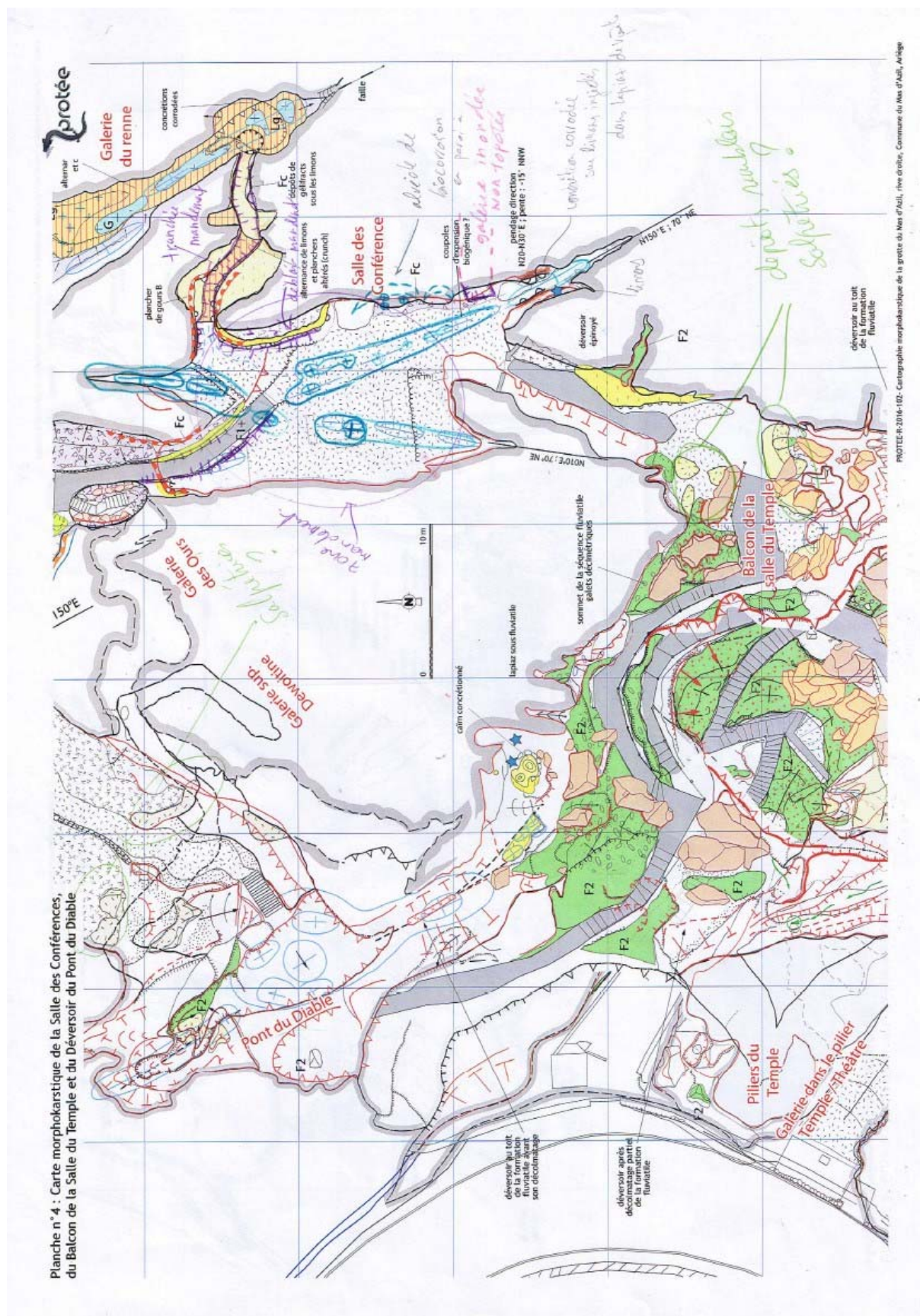


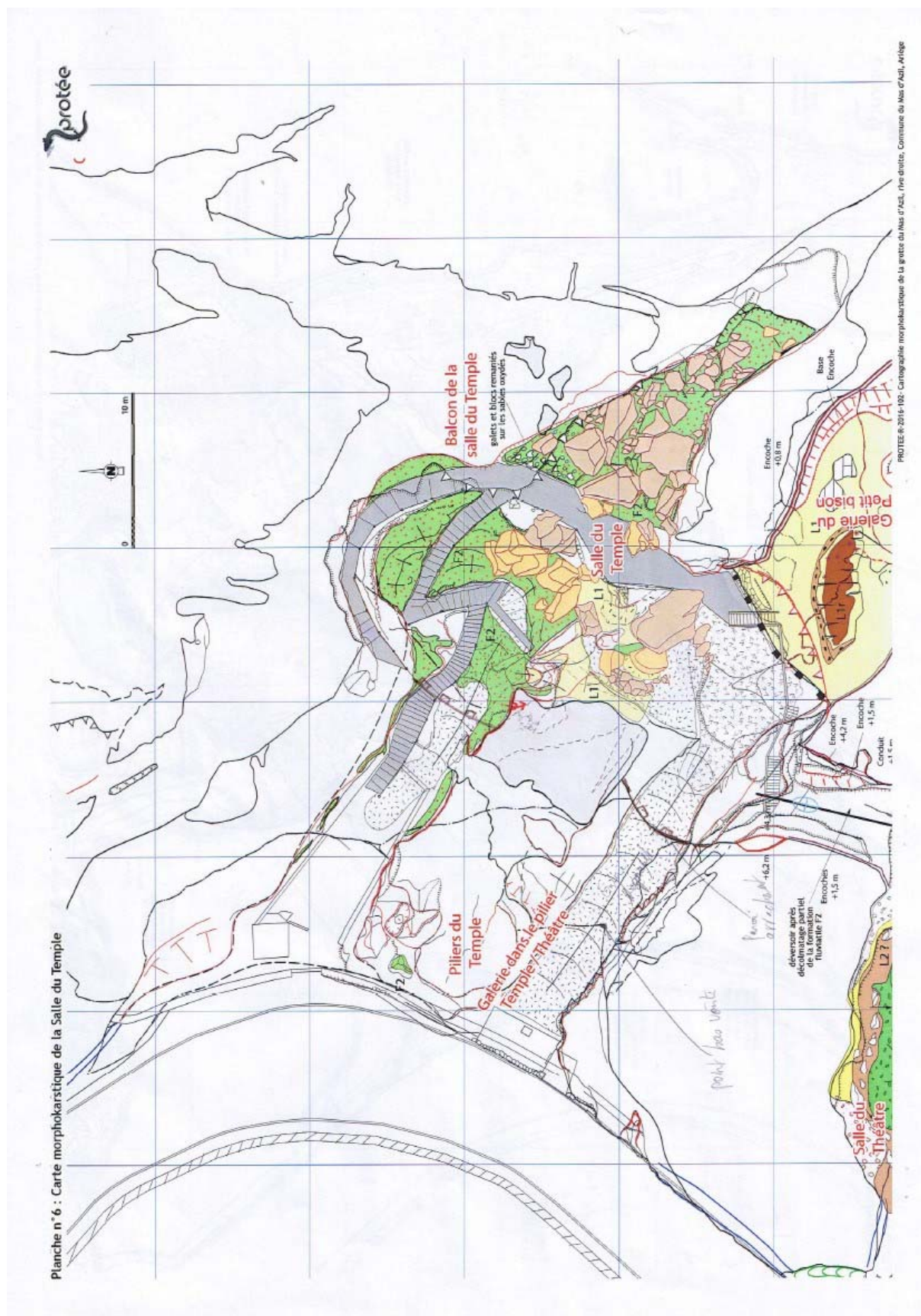


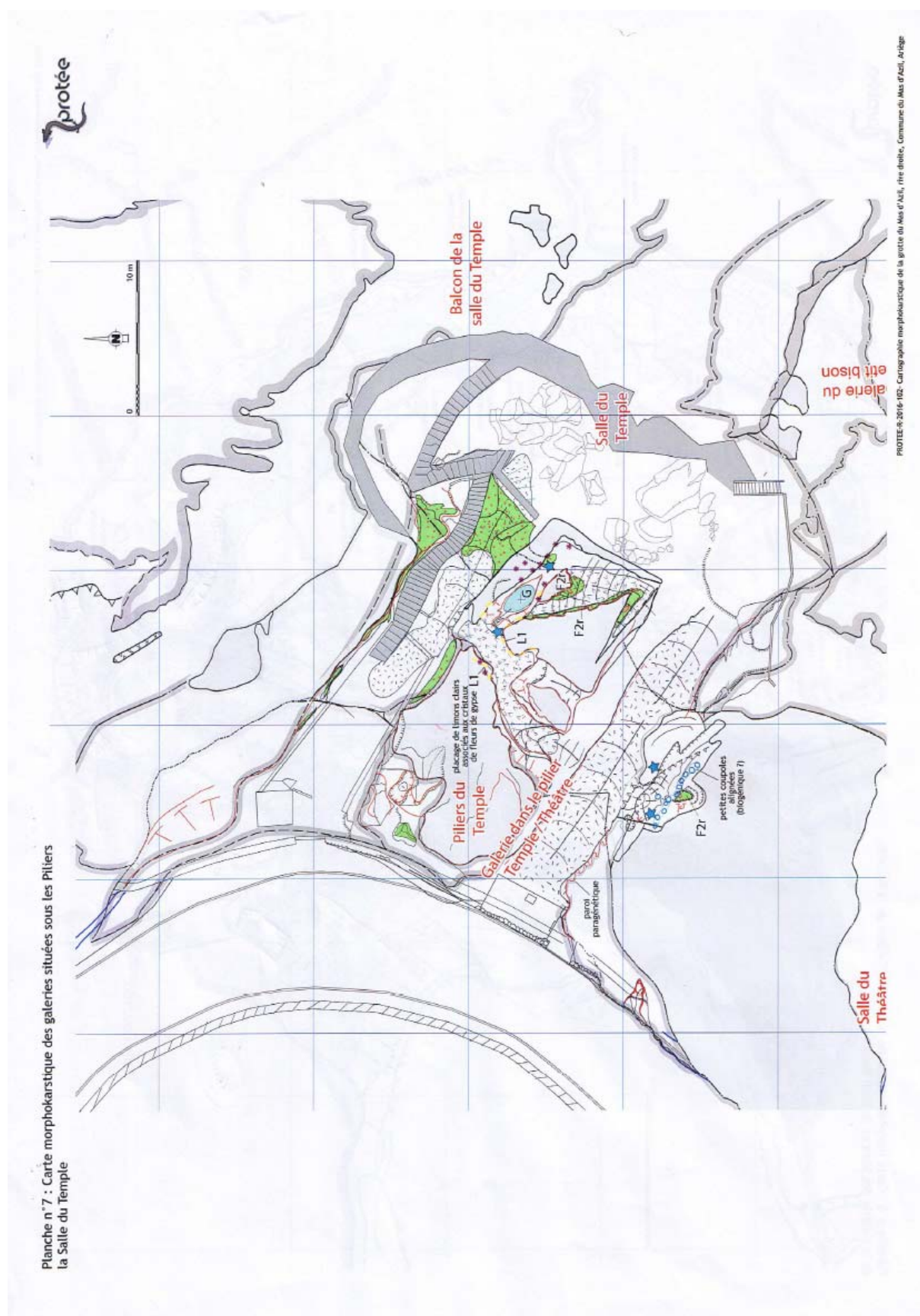


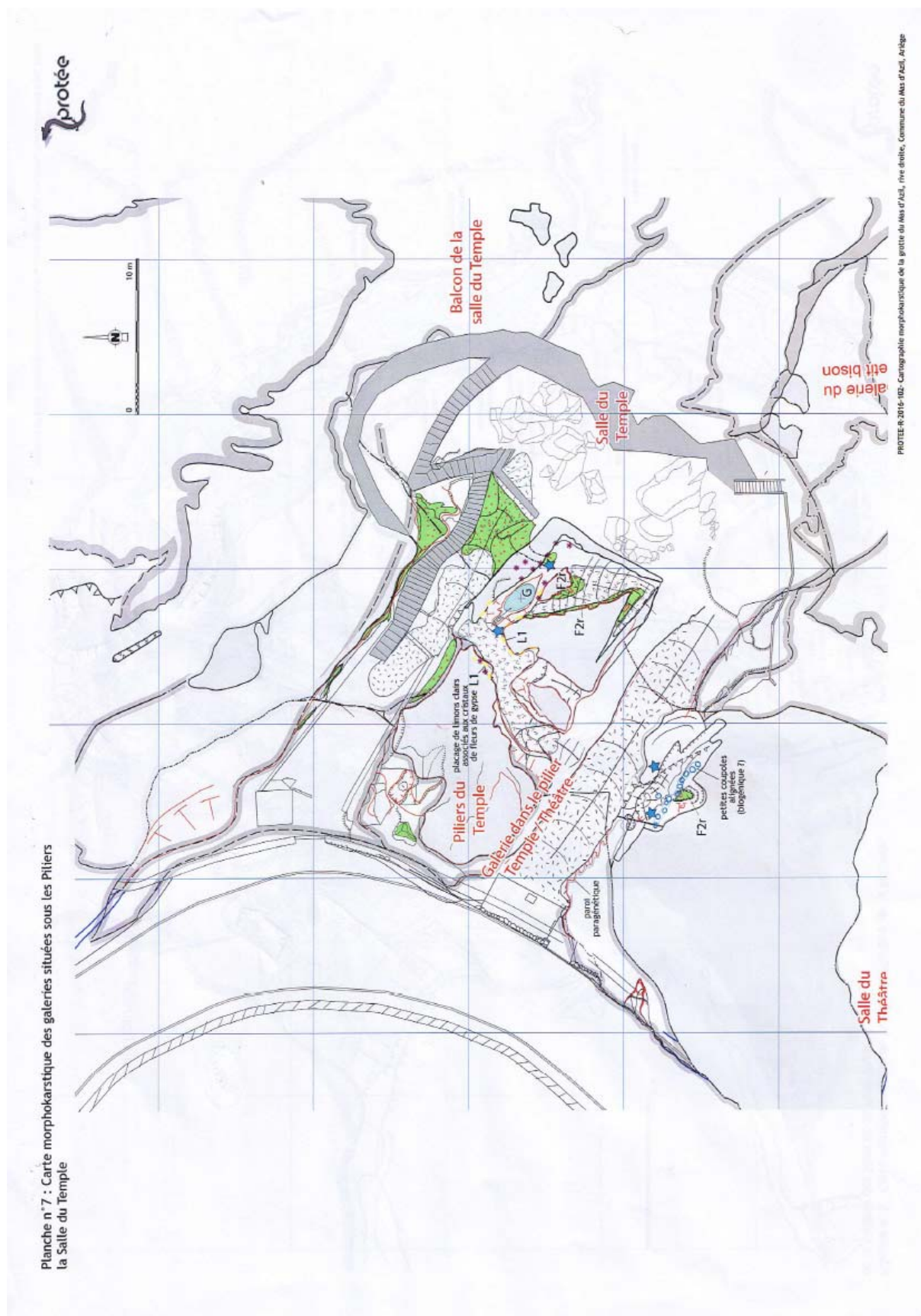


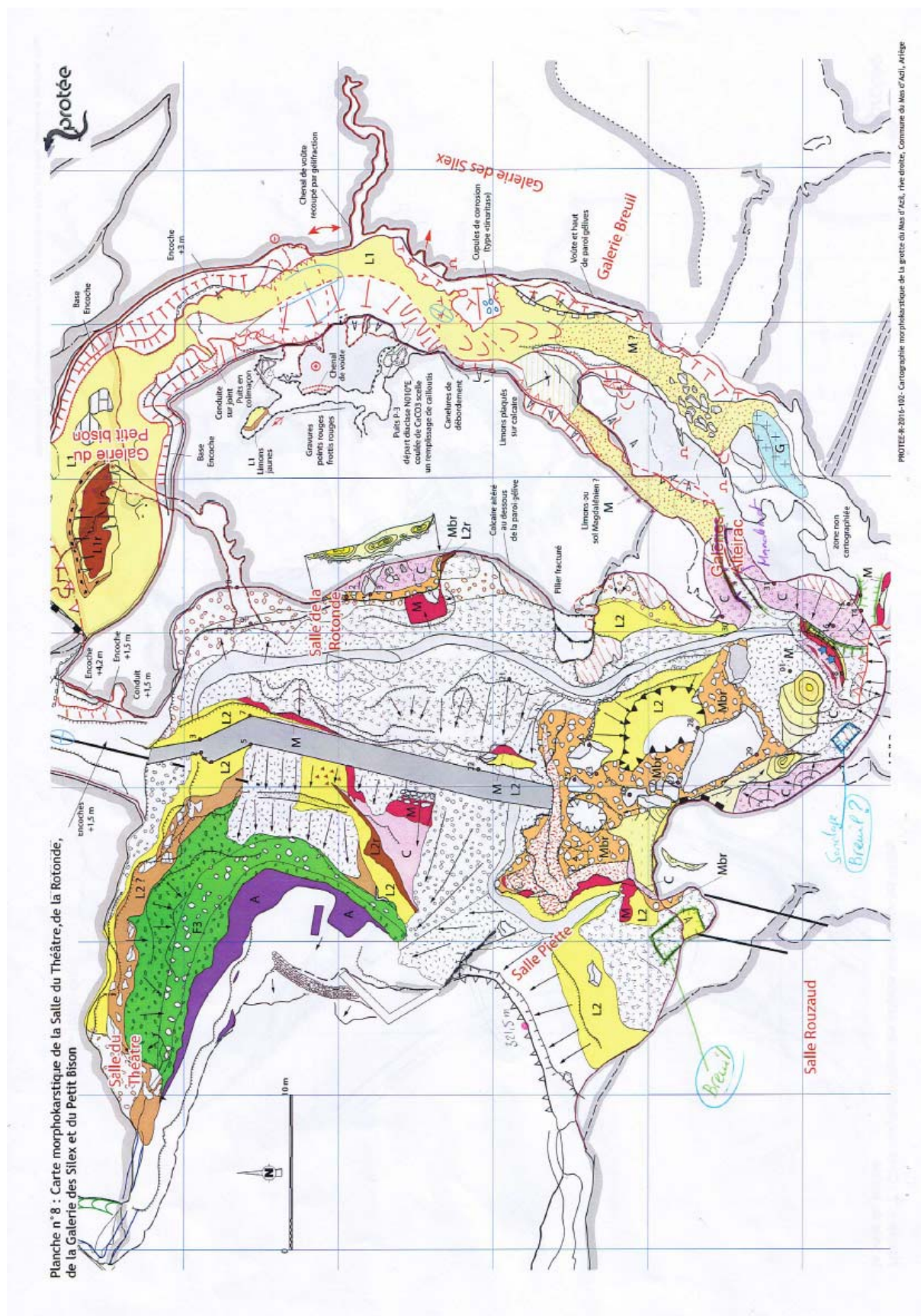


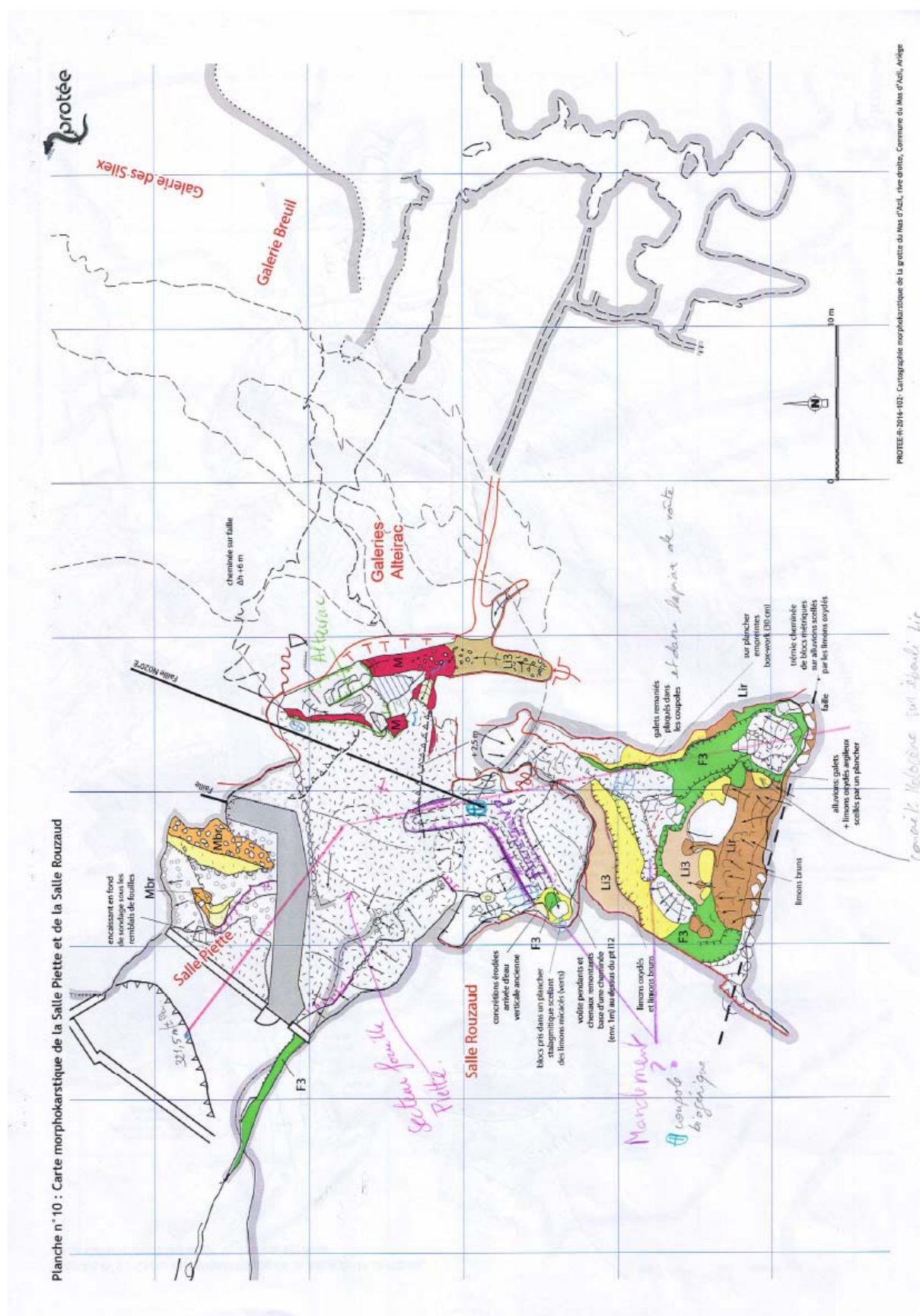


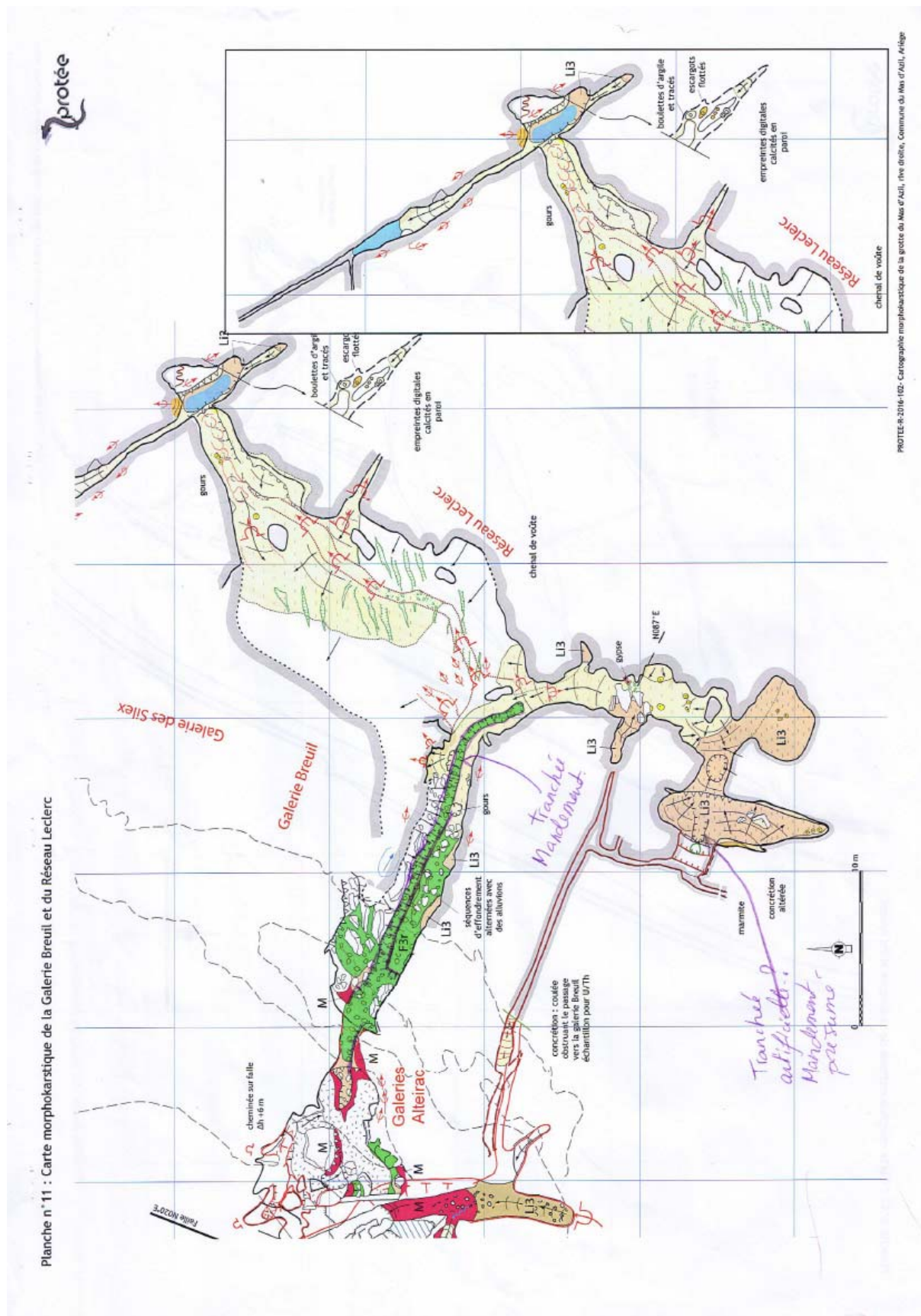












Annexe 5 - Datations par la méthode du radiocarbone

Annexe 5A : résultat des datations réalisées au Poznan Radiocarbon Laboratory



Poznań, 13-08-2021

Report

on C-14 dating in the Poznań Radiocarbon Laboratory

Customer: Jean-Marc Petillon
CNRS TRACES UMR 5608
Université Toulouse 2
5 allées Antonio Machado
31058- Toulouse cedex 9
France

Job no.: 17148/20

Sample name	Lab. no.	Age 14C	Remark
BV_2 JK27 c.3 _36	Poz-138699	13350 ± 70 BP	1.2%N 5.8%C, 7.9%coll,
BV Foyer L23 1 _1	Poz-138700	13350 ± 70 BP	0.9%N 4.5%C, 3.3%coll,
34150a ST8052	Poz-138966	13470 ± 70 BP	
2383b ST8034	Poz-139501	13670 ± 40 BP	0.5mgC
2695a ST8089	Poz-139502	17410 ± 140 BP	
FON-MHNT-P10-0-86-RAN-ANT	Poz-138701	13370 ± 70 BP	1.7%N 6.7%C, 3.5%coll,
FON-MHNT-P10-0-78-RAN-MTP	Poz-138702	13600 ± 70 BP	1.1%N 5.2%C, 1.4%coll,
F_O8_C6b_R18	Poz-0	>0 BP	0.2%N 3.6%C not suitable
F_O8_C5c_No198	Poz-138703	13420 ± 50 BP	1.9%N 8.2%C 1.6%coll,
F_O8_C4b_No47	Poz-0	>0 BP	0.3%N 6.2%C not suitable
Gargas BD porche superieur	Poz-138704	13300 ± 70 BP	0.8%N 8.6%C 1.6%coll,
MZL18B8 n US3 N 160a _1	Poz-0	>0 BP	0.2%N 2.1%C not suitable
MZL18B8 n US3 N 161 _2	Poz-138810	13200 ± 70 BP	0.9%N 4.8%C, 1.6%coll,
MC4-MHNT_RAN_ANT	Poz-138811	13160 ± 60 BP	2.3%N 7.5%C, 4%coll,
MR.4.0.1833	Poz-138828	13510 ± 60 BP	0.5%N 4.2%C, 1.3%coll, poor
PLN sud C2-1	Poz-138830	13600 ± 70 BP	1.5%N 4.2%C, 2.8%coll,
PLN est C13-850	Poz-138831	13500 ± 60 BP	2.1%N 7.5%C, 6.4%coll,
MR.4.01.834	Poz-138832	13230 ± 60 BP	1.5%N 7.2%C, 0.8%coll,
REGISMONT_2020_TR.L_S1	Poz-139504	13750 ± 40 BP	
REGISMONT_2020_TR.L_S2	Poz-138833	13400 ± 40 BP	0.7%N 4.6%C, 2.4%coll,
F_M7_C4b_193	Poz-0	>0 BP	0.3%N 4.7%C not suitable NEW (09.07)
F_N7_C6a_269	Poz-139089	13400 ± 60 BP	2.2%N 7.5%C, 2.1%coll, NEW (09.07)

<i>Sample name</i>	<i>Lab. no.</i>	<i>Age 14C</i>	<i>Remark</i>
MZL18B8 n US3 N 161	Poz-0	>0 BP	0.2%N 2.2%C not suitable NEW (09.07)

Comments: Results of calibration of 14C dates enclosed

Head of the Laboratory

Prof. dr hab. Tomasz Goslar

Annexe 5B : compilation des datations obtenues dans la grotte du Mas d'Azil (avec calibration IntCal20)

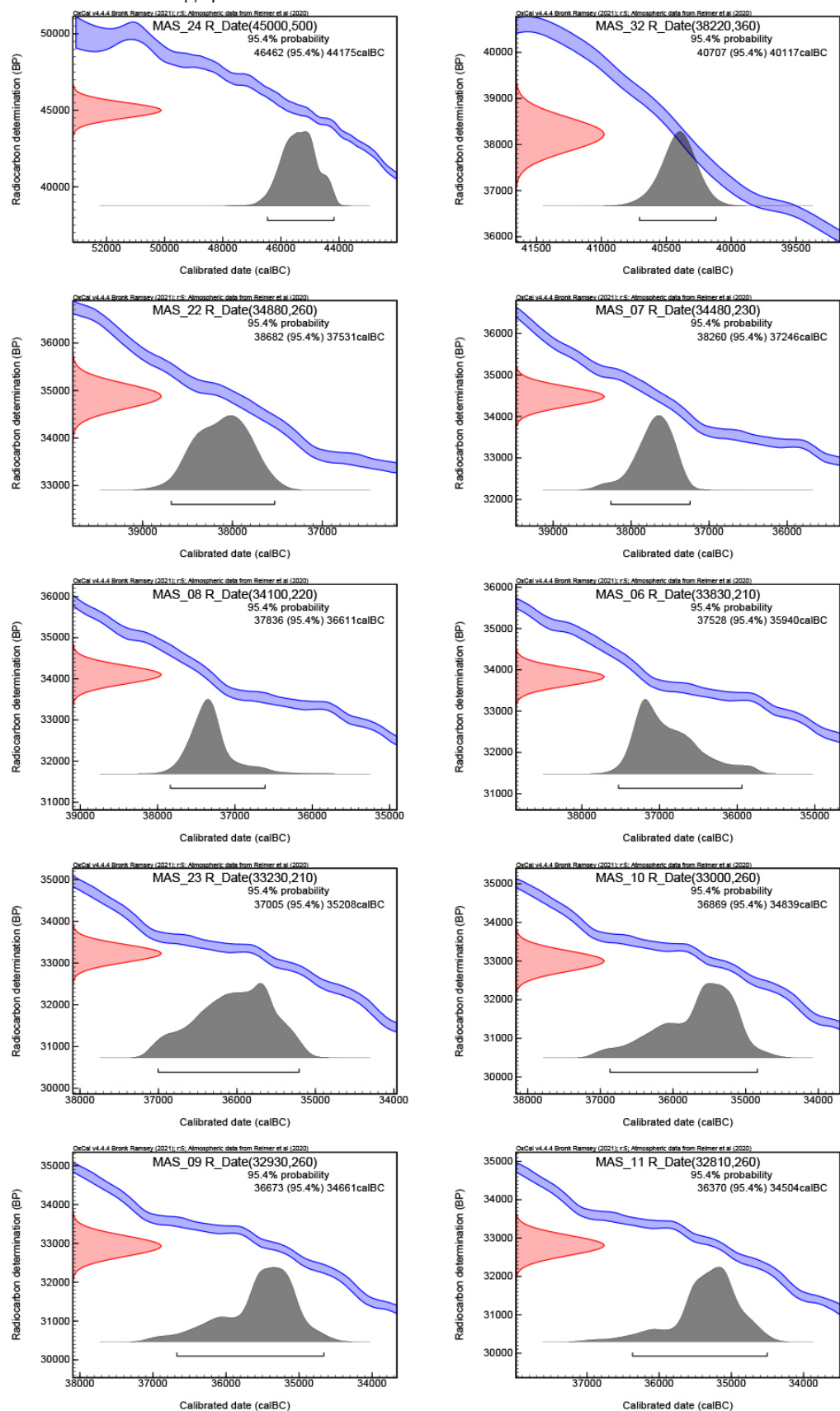
Réf Labo	Référence d'échantillon	Service	Prétraitement	Âge Mesuré	13C/12C	Âge Conventionnel	INTCAL2020 (95,4%) BP	Réf MAS
Gif-5679	<u>Alteirac et Bahn 1982 Galerie des Silex</u>					13400 +/- 1000 BP	16431 to 15806	A
Gif-5680	<u>Alteirac et Bahn 1982 Galerie des Silex</u>					13200 +/- 100 BP	16174 to 15563	B
Gif-5522	<u>Alteirac et Bahn 1982 Salle Piette</u>					13640 +/- 110 BP	16909 to 16167	C
DSA-204	<i>In Kegler Rive Gauche « Couche F » (sur <i>prunus spinosa</i>)</i>	AMS				9135 +/- 390	11604 to 9323	D
DSA-201	<i>In Kegler Rive Gauche « couche F » (sur <i>Corylus sp.</i>)</i>	AMS				9378 +/- 250	11313 to 9908	E
KN-5592	<i>In Kegler Rive Gauche « couche à galets colorés » (sur os <i>Bos</i>)</i>				-20,52	12130 +/- 180	14845 to 13605	F
KN-5591	<i>In Kegler Rive Gauche « couche E » (sur os <i>Bos</i>)</i>				-19,84	12580 +/- 170	15433 to 14157	G
KN_5590	<i>In Kegler Rive Gauche « Couche inf. du Renne » (sur os <i>Equus Przewalski</i>)</i>				-22,44	13300 +/- 260	16825 to 15263	H
Beta-322958	<u>MA2012C14-16</u>	AMS-Standard delivery	(bone collagen): collagen extraction: with alkali	13340 +/- 50 BP	-19.1 o/oo	13440 +/- 50 BP	16231 to 15853	01
Beta-322957	<u>MA2012C14-14</u>	AMS-Standard delivery	(bone collagen): collagen extraction: with alkali	13750 +/- 50 BP	-19.8 o/oo	13840 +/- 50 BP	17000 to 16605	02
Beta-322956	<u>MA2012C14-12</u>	AMS-Standard delivery	(charred material): acid/alkali/acid	3260 +/- 30 BP	-28.5 o/oo	3200 +/- 30 BP	3462 to 3366	03
Beta-322955	<u>MA2012C14-11</u>	AMS-Standard delivery	(bone collagen): collagen extraction: with alkali	11540 +/- 50 BP	-20.2 o/oo	11620 +/- 50 BP	13591 to 13351	04
Beta-322954	<u>MA2012C14-08</u>	AMS-Standard delivery	(charred material): acid/alkali/acid	9350 +/- 50 BP	-26.2 o/oo	9330 +/- 50 BP	10692 to 10308	05
Beta-322953	<u>MA2012C14-07</u>	AMS-Standard delivery	(burned bone organics): collagen extraction: with alkali	33750 +/- 210 BP	-20.2 o/oo	33830 +/- 210 BP	39477 to 37889	06
Beta-322952	<u>MA2012C14-06</u>	AMS-Standard delivery	(burned bone organics): collagen extraction: with alkali	34500 +/- 230 BP	-26.0 o/oo	34480 +/- 230 BP	40209 to 39195	07
Beta-322951	<u>MA2012C14-05</u>	AMS-Standard delivery	(burned bone organics): collagen extraction: with alkali	34140 +/- 220 BP	-27.5 o/oo	34100 +/- 220 BP	39785 to 38560	08
Beta-316823	<u>MA2011C14-11</u>	AMS-Standard delivery	(burned bone organics): collagen extraction: with alkali	32900 +/- 260 BP	-23.2 o/oo	32930 +/- 260 BP	38622 to 36610	09
Beta-316822	<u>MA2011C14-10</u>	AMS-Standard delivery	(burned bone organics): collagen extraction: with alkali	33020 +/- 260 BP	-26.2 o/oo	33000 +/- 260 BP	38818 to 36788	10
Beta-316821	<u>MA2011C14-09</u>	AMS-Standard delivery	(burned bone organics): collagen extraction: with alkali	32780 +/- 260 BP	-23.4 o/oo	32810 +/- 260 BP	38319 to 36453	11

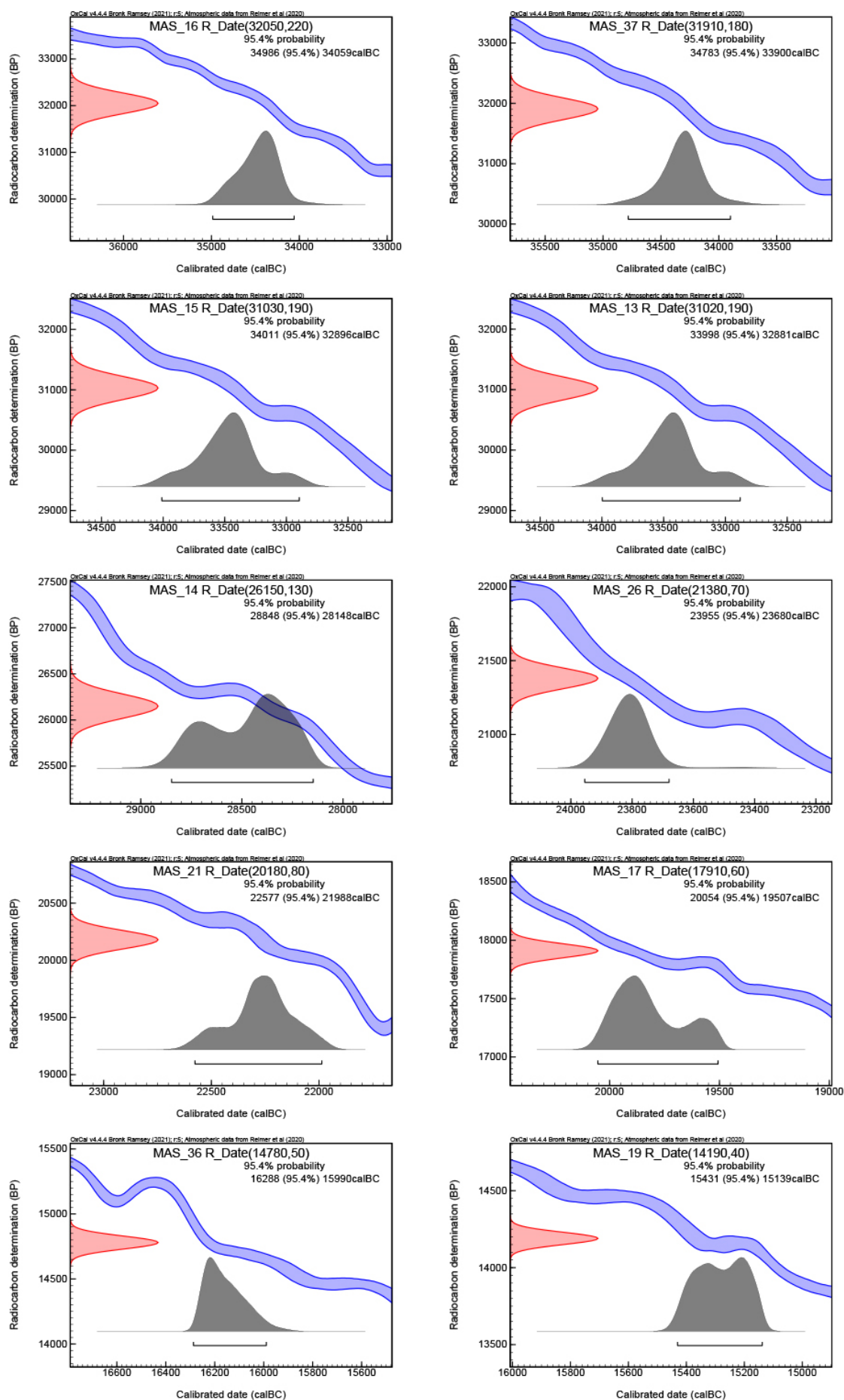
Réf Labo	Référence d'échantillon	Service	Prétraitement	Âge Mesuré	13C/12C	Âge Conventionnel	INTCAL2020 (95,4%) BP	Réf MAS
Beta-315510	<u>MA2011C14-08</u>	AMS-Standard delivery	(bone collagen): collagen extraction: with alkali	13610 +/- 50 BP	-19.2 o/oo	13710 +/- 50 BP	16822 to 16375	12
Beta-315506	<u>MA2011C14-04</u>	AMS-Standard delivery	(burned bone organics): collagen extraction: with alkali	30990 +/- 190 BP	-23.4 o/oo	31020 +/- 190 BP	35947 to 34830	13
Beta-315505	<u>MA2011C14-03</u>	AMS-Standard delivery	(burned bone organics): collagen extraction: with alkali	NA	NA	26150 +/- 130 BP	30797 to 30097	14
Beta-315504	<u>MA2011C14-02</u>	AMS-Standard delivery	(burned bone organics): collagen extraction: with alkali	NA	NA	31030 +/- 190 BP	35960 to 34845	15
Beta-315503	<u>MA2011C14-01</u>	AMS-Standard delivery	(burned bone organics): collagen extraction: with alkali	NA	NA	32050 +/- 220 BP	36935 to 36008	16
Beta-421733	<u>MA2015C14-04</u>	AMS-Standard delivery	(bone collagen): collagen extraction: with alkali	17810 +/- 60 BP	-18.9 o/oo d15N/14N = +8.3 o/oo	17910 +/- 60 BP	22003 to 21456	17
Beta-421734	<u>MA2013C14-02</u>	AMS-Standard delivery	(charred material): acid/alkali/acid	5770 +/- 30 BP	-24.4 o/oo	5780 +/- 30 BP	6660 to 6495	18
Beta-436039	MAS2016-P08 Lelouvier <i>et al.</i> 2016	AMS-Standard delivery	(bone collagen): collagen extraction: with alkali		$\delta^{13}C(0/00) = -22.7$	14190 +/- 40 BP	17380 to 17088	19
Beta-436040	MAS2016-P07 Lelouvier <i>et al.</i> 2016	AMS-Standard delivery	(bone collagen): collagen extraction: with alkali		$\delta^{13}C(0/00) = -7.2$	9980 +/- 50 BP	11696 to 11257	20
Beta-445879	<u>MA2016C14-01</u> SD 6 base	AMS-Standard delivery	(bone collagen): collagen extraction: with alkali	20090 +/- 80 BP	$\delta^{13}C(0/00) = -19.6$ $\delta^{15}N(0/00) = +12$ CN = +3.2 Wt %C = +41.38 Wt %N = +15.05	20180 +/- 80 BP	24526 to 23937	21
Beta-449411	<u>MA2016C14-02</u> (exMA2015C14-05) Théâtre sondage 2.2 US4 Z11-12	AMS-Standard delivery	(bone collagen): collagen extraction: with alkali	34840 +/- 260 BP	$\delta^{13}C = 22.5$	34880 +/- 260 BP	40631 to 39480	22
Beta-449412	<u>MA2016C14-03</u> (exMA2015C14-06) Théâtre sondage 2.2 US5 Z15-16	AMS-Standard delivery	(bone collagen): collagen extraction: with alkali	33180 +/- 210 BP	$\delta^{13}C = 22 ; 0$	33230 +/- 210 BP	38954 to 37157	23
Artemis 2017/044 Id : Ly-15935 (SacA55695)	MA2018C14-01 Base pilier galerie des silex	AMS-Standard	Sédiment charbonneux	> 45000 BP	Valeur non disponible	> 45000 BP	> 45000 BP	24
Artemis 2018/043 bis Ly-15934(SacA55694)	MA2017C14-03 Secteur IV.1 coupe passage bas – base niveau 7 – P3	AMS-Standard	os	13730 +/- 60 BP	Valeur non disponible	13730 +/- 60 BP	16894 to 16390	25
Beta-528027	MZL18-I2US42-43	AMS-Standard delivery	(bone collagen): collagen extraction: with alkali	21310 +/- 70 BP	-21.0 o/oo	21 380 +/- 70 BP	25904 to 25629	26
Beta-528026	MZL18-F5US27-103	AMS-Standard delivery	(bone collagen): collagen extraction: with alkali	13260 +/- 40 BP	-19.6 o/oo	13350 +/- 40 BP	16227 to 15892	27
Beta-530382	MZL18E5US27-103a	AMS-Standard delivery	(bone collagen): collagen extraction: with alkali	13140 +/- 40 BP	-19.6 o/oo	13230 +/- 40 BP	16032 to 15731	28

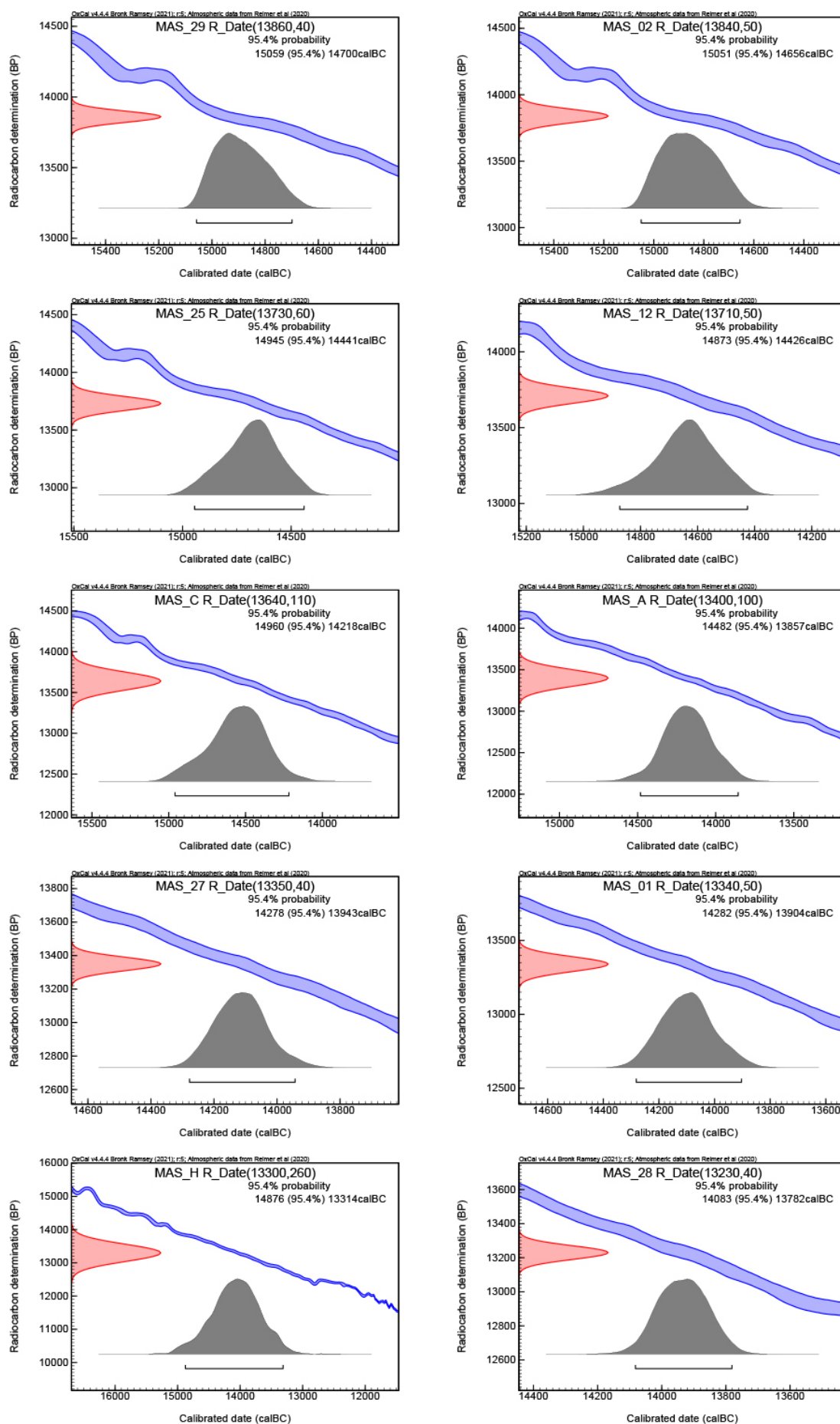
Réf Labo	Référence d'échantillon	Service	Prétraitement	Âge Mesuré	13C/12C	Âge Conventionnel	INTCAL2020 (95,4%) BP	Réf MAS
Beta-528025	MZL18-E5US7-97	AMS-Standard delivery	(bone collagen): collagen extraction: with alkali	13780 +/- 40 BP	-20.3 o/oo	13860 +/- 40	17008 to 16649	29
Perdue University – Bassam Ghaleb UQAM	Carotte massif entrée 1 galerie Breuil	U/Th	calcite	13000 +/- 300	/	13000 +/- 300	Pas de calibration	30
Perdue university – Cérège	Prélèvement salle du temple milieu - Cosmo-Azil01	Cosmonucléides	sédiments	155000	/	0.15 +/- 0.005 Ma	Pas de calibration	31
Beta-564374	MA2018C14-01b	AMS-Standard	Sédiments organiques	38240 +/- 360 BP	-26.4 o/oo	38220 +/- 360 BP	42656 to 42066	32
Beta-564376	MAS2020C14-01	AMS Standard	Charbon	10770 +/- 30 BP	-26.9 o/oo	10740 +/- 30 BP	12751 to 12702	33
Beta-564377	MAS2020C14-03	AMS Standard	Charbon	11300 +/- 50 BP	-25.0 o/oo	11300 +/- 50 BP	13300 to 13105	34
Beta-564378	MAS2020C14-04	AMS Standard	Charbon	13120 +/- 40 BP	-19.7 o/oo	13100 +/- 40 BP	15856 to 15556	35
Beta-564379	MAS2020C14-05	AMS Standard	Charbon	14750 +/- 50 BP	-23.4 o/oo	14780 +/- 50 BP	18237 to 17939	36
Beta-564380	MAS2020C14-06	AMS Standard	Os	31820 +/- 180 BP	-26.5 o/oo	31910 +/- 180 BP	36732 to 35849	37
Poz-138810	MZL18B8nUS3N161_2	AMS Standard	Os	/	0,9‰N 4,8‰C 1,6‰ coll	13200 +/- 70 BP	14121 to 13681	38

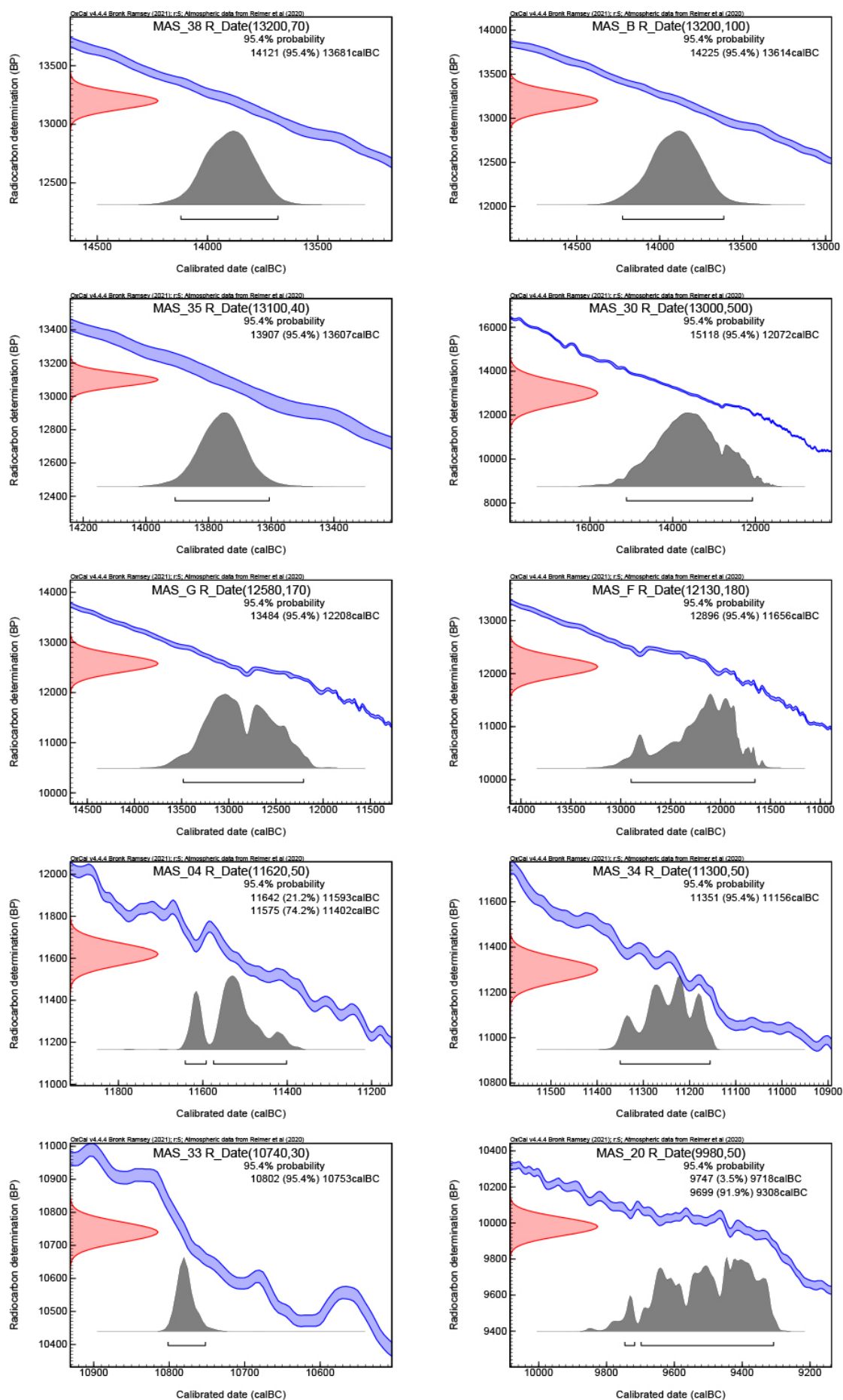
Annexe 5C : courbes de calibration de l'ensemble des datations radiocarbone (IntCal20)

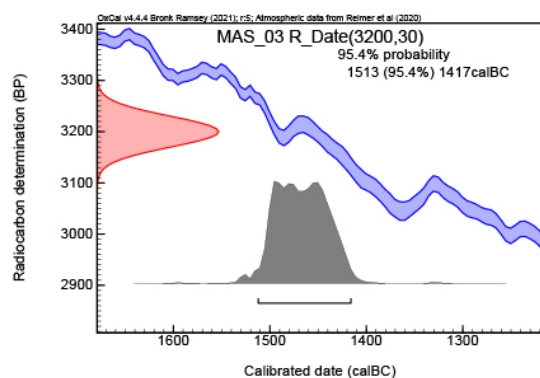
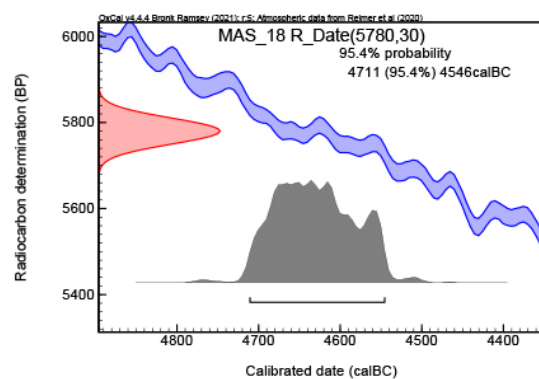
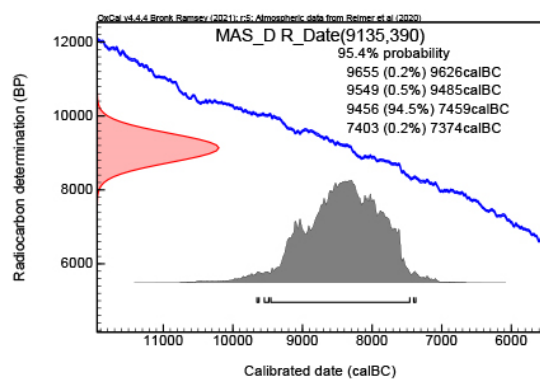
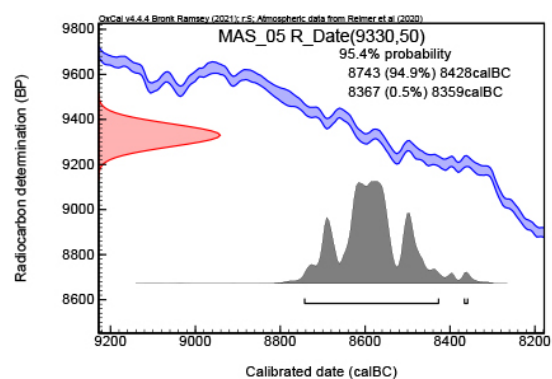
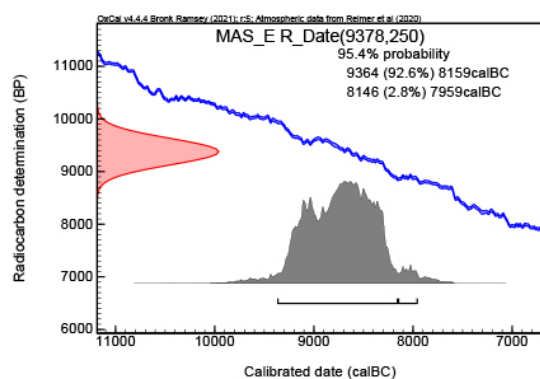
Par ordre chronologique





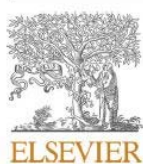






Annexe 6 – Article paru : Jarry *et al.* 2021 *JASr*

Journal of Archaeological Science: Reports 40 (2021) 103248



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Archaeological Science: Reports

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jasrep



The secret entrance of the “Galerie Breuil” in the Mas d’Azil cave (Ariège, France)

Marc Jarry^{a,*}, Céline Pallier^b, Laurent Bruxelles^c, François Bon^d, Lars Anderson^e, Vincent Arrighi^f, Hubert Camus^g, Marc Comelongue^h, Carole Fritzⁱ, Bassam Ghaleb^j, Mathieu Lejay^k, Hélène Martin^l, Yann Potin^m, Manon Rabanitⁿ, Christian Salmon^o, Gilles Tosello^p

^a INRAP, UMR 5608 TRACES, Toulouse, France

^b INRAP et Université de Toulouse Jean Jaurès, UMR 5608 TRACES, Toulouse, France

^c INRAP, USR 3336 du CNRS, Institut Français d’Afrique du Sud, Johannesburg

^d Université de Toulouse Jean Jaurès, UMR 5608 TRACES, Toulouse, France

^e Université de Toulouse Jean Jaurès, UMR 5608 TRACES, Toulouse, France

^f INRAP, Toulouse, France

^g Protée-Expert, France

^h Service de l’inventaire patrimonial et de l’archéologie de Toulouse Métropole, France

ⁱ CNRS, UT2J, CREAP-Cartailhac Maison des Science de l’Homme et de la Société de Toulouse, USR 3414, et UMR 5608 TRACES, Toulouse, France

^j UQAM, GEOTOP, Montréal, Canada

^k Université de Toulouse Jean Jaurès, UMR 5608 TRACES, Toulouse, France

^l INRAP, UMR 5608 TRACES, Toulouse, France

^m Archives Nationales, Paris

ⁿ Protée-Expert, France

^o INRAP, Toulouse, France

^p CREAP-Cartailhac, Maison des Science de l’Homme et de la Société de Toulouse, USR 3414, Toulouse, France

Keywords :

Mas d'Azil cave, Magdalenian, geoarcheology, dating, paleotopography

Abstract :

The Mas d'Azil cave is a major site for the study of European prehistory, and the evolution of the discipline itself, especially regarding our understanding of the late Upper Paleolithic. In particular, its mobiliary art is one of the richest and the most beautiful known in a Magdalenian context. Lesser known however, is its rock art. Few publications are devoted to these works of prehistoric art, and despite several field work campaigns we still lack a general synthesized study of them at the scale of the entire cave system.

A survey of the Mas d'Azil cave system is currently underway, and the aim of this project is to map the archaeological and geoarchaeological organization of the site. Obtaining a reliable topography of the cave, an endeavor begun in the 1980s but never finished, is essential to resituating the archaeological deposits relative to the various natural processes and formations having affected and conditioned their deposition and conservation, as well as the different historical phases of exploitation of the cave.

Using this survey approach, we already have a clearer picture of the repartition of Magdalenian areas and circulation spaces of the right bank. Thus, if the residential areas are located on the upper parts of the cave (*La Rotonde*, *Galerie Des Silex*), that benefit from more stable and mild temperatures, the lower parts (*Salle Piette*, *Galerie Rouzaud*) do not appear to have been residential areas. Our approach also shows that the current entrance of the “Galerie Breuil”, which is located at the end of one of the lower rooms and is the main decorated part of the cave, was likely unknown to the Magdalenians. They could only have entered the Galerie Breuil via a smaller hidden corridor that was blocked after the Magdalenian occupation, as the growth of the speleothem obstructing this passage dates to 13 000 y BP. The clear difficulty encountered by Magdalenian occupants as

they attempted to access this gallery may have contributed to a symbolic separation between residential and symbolic, and therefore decorated, spaces, where access to the latter may have been actively limited and/or controlled.

In this paper, we propose to describe the palaeotopography of the cave during the Magdalenian period, supported by the analysis of the stratigraphy, new dates, as well as the historical archives from early excavations. By crossing these different lines of evidence we will investigate the question of accessibility and visibility of prehistoric rock art in a cave that have sometimes been considered a Magdalenian “aggregation site”.

1 Introduction

Exceptional not only by its sheer size and visible footprint in the landscape, the Mas d'Azil cave, situated in the Ariège department of the northern Pyrenean piedmont (figure 1 and figure 2), was an important site during prehistory, but also for the development of the discipline, specifically in its European context⁴. While the site was frequently occupied during the Protohistoric and Neolithic periods, it has been archaeologically exploited since the middle of the 19th century, is eponymous for the Azilian (Piette 1889 and 1895), and remains a significant reference for the Magdalenian, most notably for the structuration of its middle phases (see Delporte 1979). For nearly half a century, successive excavations, and above all those of Piette at the end of the 1880s, have provided an astounding collection of archaeological objects, especially mobiliary art, for the European Magdalenian (e.g. Piette 1907, Péquart and Péquart 1960, 1961a and 1961b, Clottes *et al.* 1981, Schwab 2008). The Aurignacian has also recently been confirmed to be present as well, which has permitted a revision of the occupation dynamics of the landscape at the eve of the Last Glacial Maximum (Jarry *et al.* 2017).

Following preventive archaeological interventions for the touristic redevelopment (Jarry *et al.* 2013 et 2015a, Pallier *et al.* 2015), a pluridisciplinary project, beginning in 2013, is currently underway that will eventually provide geological and archaeological map of the site, based on a revised 2 and 3-dimensinal topography of the site, as well as a complete geoarchaeological study (Jarry 2015)⁵. Our method seeks to replace the old data available

⁴ This contribution uses unpublished data from the archives of X. Leclercq (works on the *Galerie Breuil*) and F. Rouzaud (cave topography). Their studies, unfortunately unfinished, remain as crucial contributions for the exploration and understanding of this prestigious monument. We hope to pay tribute to these two researchers, whose work provides the base upon which a part of our current studies are constructed

⁵ This work was, and remains, part of the thematic survey project (programme de prospection thématique): “The Mas d'Azil Cave, archaeological and geoarchaeological cartography” (La grotte du Mas d'Azil, cartographie archéologique et géoarchéologique) directed by Marc Jarry, Céline Pallier, Laurent Bruxelles and François Bon. This research program is supported by the French Minister of Culture and Communications, Inrap (Institut national de recherches archéologiques preventives), the TRACES laboratory (CNRS – UMR 5608), the University of Toulouse Jean Jaurès, and the Grottes&Archéologies association. We wish to thank the town hall and mayor of the Mas d'Azil, Mr. Raymond Berdou, for their welcome in the cave and continued support. We would also like to thank Sesta (Service d'Exploitation des Sites Touristiques de l'Ariège) and its director, Mr. Pascal Alard, and the site director, Jacques Azéma, for the access they grant us to a cave they manage with passion. We have also not forgotten the landowners, in particular Mme. Jackie Carrière, Mr. Patrice Commenge, and Mr. Jean Paulin. Finally, the English translation of this article from its original French was done by Lars Anderson

from publications and archives by confronting them with our new observations and studies of the site.

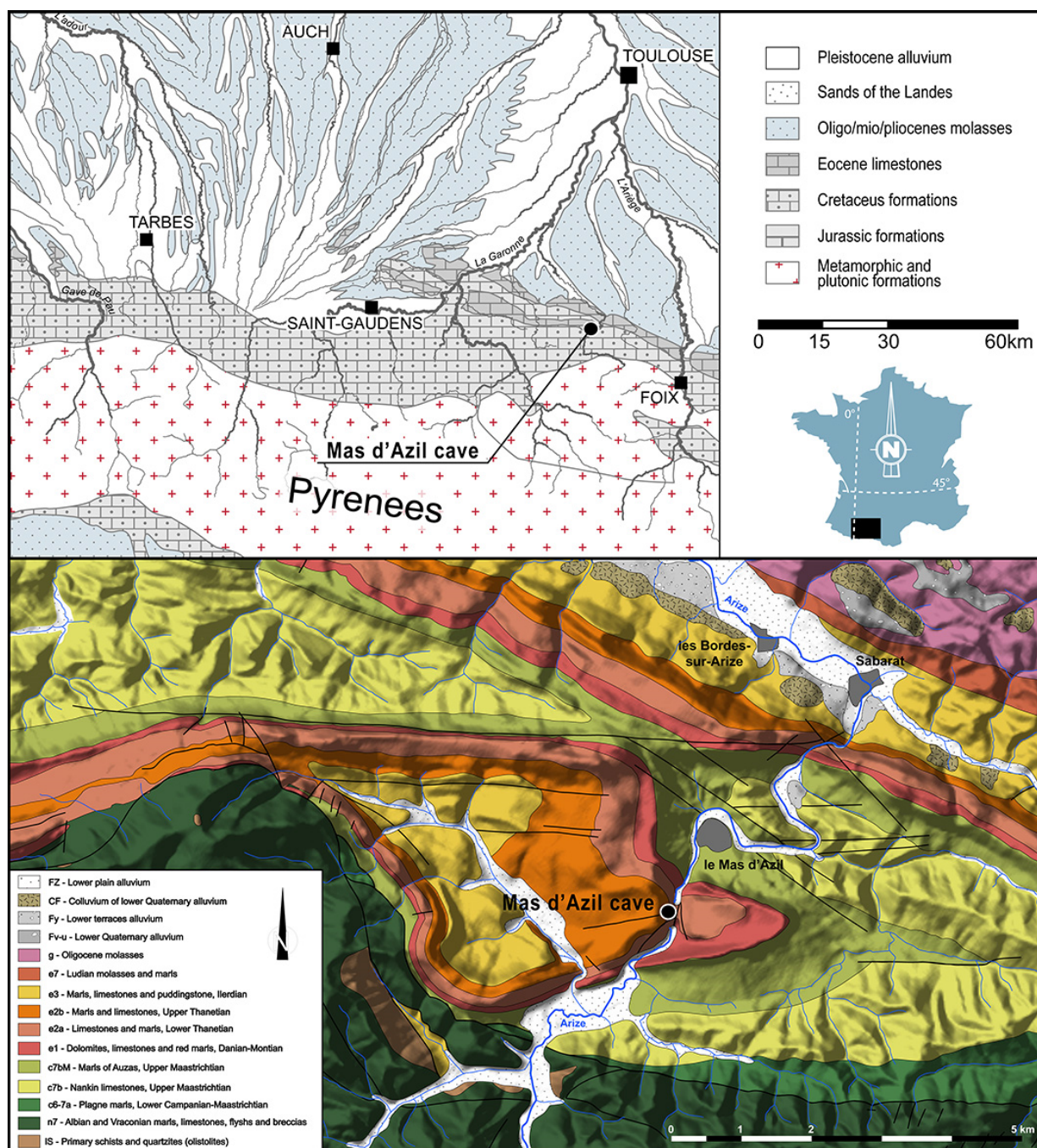


Figure 1 : localization of the Mas d'Azil cave on a simplified geological map (a) and on the local geological map overlain upon a digital elevation model (b). (figures by © Marc Jarry/INRAP-TRACES (a) and © Laurent Bruxelles/INRAP-TRACES (b)).

(lars.anderson9@gmail.com), who we would also like to sincerely thank. This work was presented to the IFRAO Congress 2015 (Caceres) in the session "Conspicuous or hidden: the issue of visibility in the understanding of prehistoric Rock Art" directed by C. Bourdier, V. Feruglio, O. Fuentes, G. Pinçon, G. Robin. We would like to thanks João Zilhão and the anonymous reviewer for the useful comments, which improve the quality of our paper.

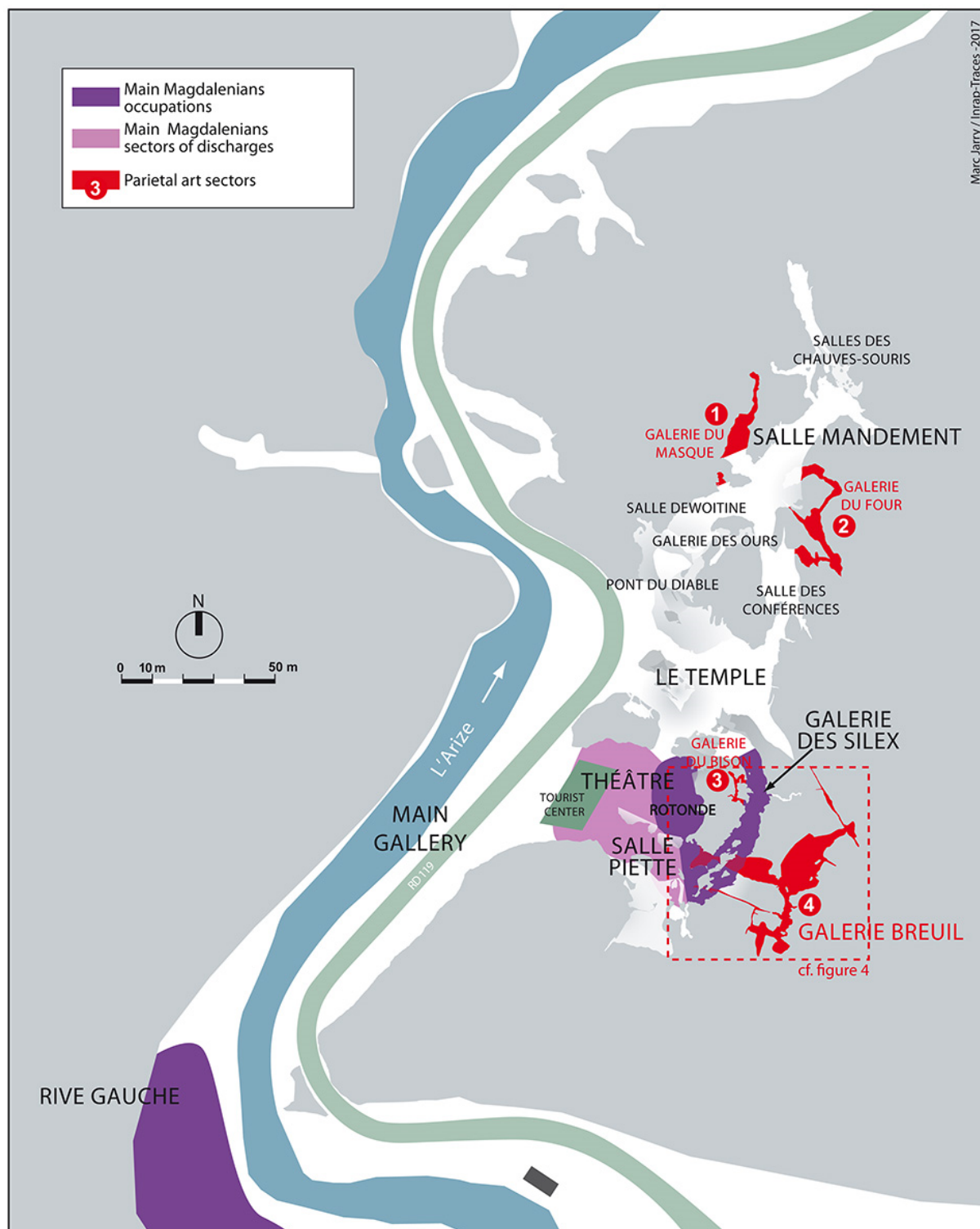


Figure 2: general map of the Mas d'Azil cave with principal occupation areas (purple), refuse areas (pink), and decorated areas (red). The numbers of the decorated sectors correspond with those used in the text (figure by © Marc Jarry/INRAP-TRACES on a background modified from DRAC Occitanie/François Rouzaud, Xavier Leclercq, and the Spéléoclub de l'Arize archives. Completed in Jarry et al. 2015b and topographical points by Vincent Arrighi/INRAP 2016. CAD by Marc Jarry/INRAP-TRACES and Pauline Ramis/Grottes&Archéologies).

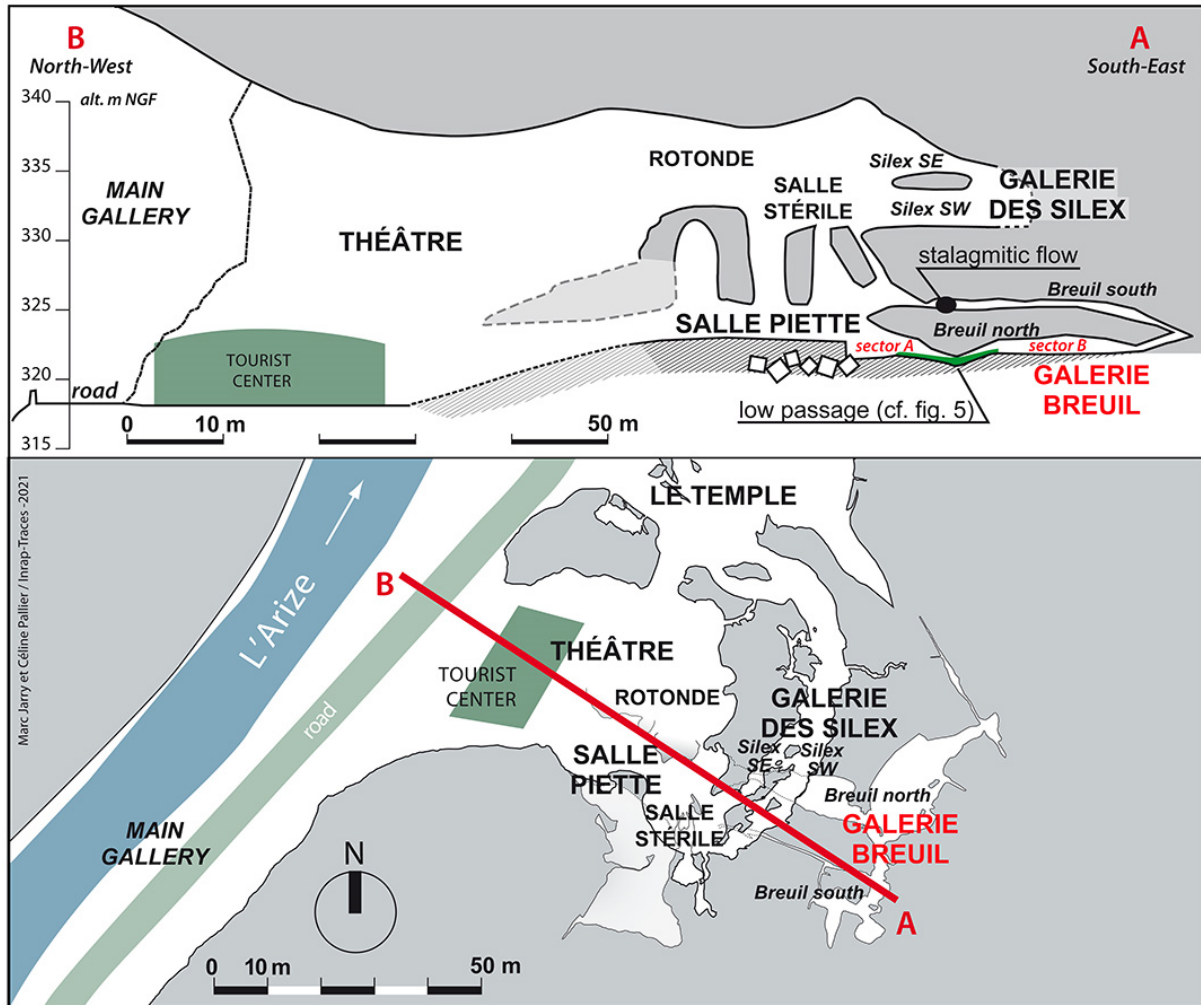


Figure 3: schematic section of the galleries on the right bank of the Mas d'Azil cave, from the main gallery to the Galerie Breuil (figure by © Marc Jarry/INRAP-TRACES and Céline Pallier/INRAP-TRACES).

We propose here to illustrate this approach through an investigation of the accessibility of the decorated parts of the cave, and more particularly that of the gallery named after Henri Breuil himself (*Galerie Breuil*). The current access to this narrow gallery of the cave system is found in the back of one of the lower rooms, the *Salle Piette*. It has nevertheless long been accepted that there is no true direct continuity between these two sectors; the simple passage letting us move currently from one to the other is not an archaeological reality (Alteirac & Vialou 1980 and 1984).

2 Parietal art in the cave: background

The first discoveries of parietal art in the cave coincide with the rise of the study of such phenomena at the beginning of the 20th century. While surveying the cave walls, Abbé Breuil would discover the first prehistoric engravings in 1902 (Breuil 1903), before E. Cartailhac highlighted several other parietal manifestations (*in* Bégouën & Breuil 1912-13). These initial traces are all localized in the upper network of galleries of the cave system, and it isn't until 1912 that H. Bégouën, accompanied by his sons and Breuil, would discover parietal works of art in a small room of the lower network of galleries (*op. cit.*) ("sector A", figure 3 and figure 4-a).

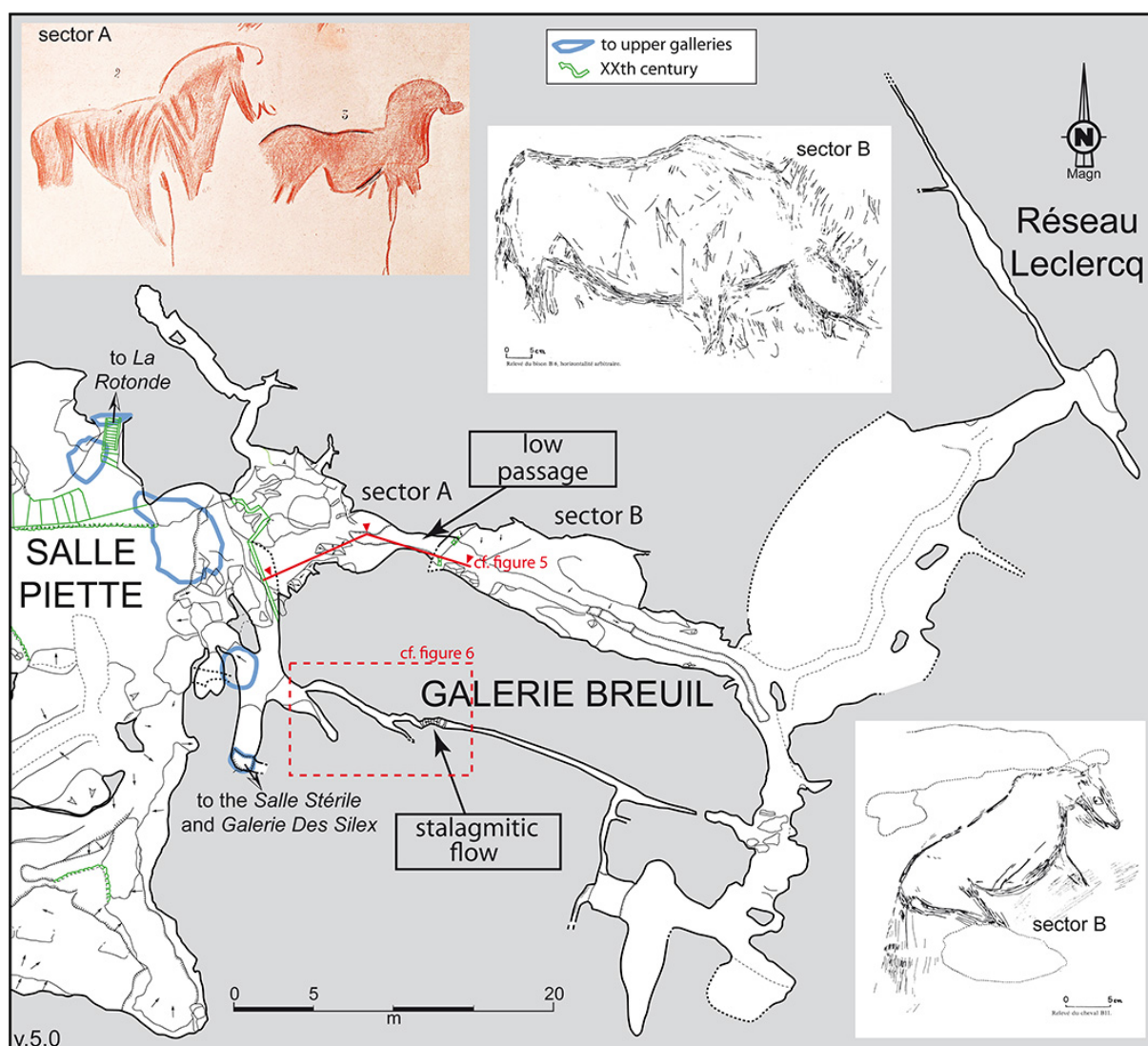


Figure 4: topography of the *Galerie Breuil* and the *Réseau Leclercq*. To enhance the readability of the map the upper level galleries are not shown. The 20th century modifications to the cave are shown in green, the vertical shafts connecting the Rotunda to the lower levels are shown in blue (figure by © Marc Jarry/INRAP-TRACES, modified from Rouzaud et al. (unpublished), revised for detail on the galleries using Leclercq (unpublished). Southern access point corrected in 2013 by M. Jarry, C. Salmon, and L. Bruxelles. Vertical shaft locations corrected in 2013 by M. Jarry and F. Bon, spatialized in 2016 by V. Arrighi. Examples of parietal works: sector A after Bégouën and Breuil 1912-13 and sector B after Alteirac and Vialou 1980).

A little over 20 years later, in 1937, J. Mandement, while digging a 7-meter-long trench, would unblock a low passage filled with silts that opened onto a previously unknown gallery decorated with several engravings and a few paintings, that he would dedicate to “his old friend Breuil” (*in* Vialou 1987: 233). A campaign of tracings, conducted much later, remains to date the most complete study of these works and the most important reference (Alteirac & Vialou 1980 and 1984; Vialou 1987) (“sector B”, figure 3 and figure 4-b).

At the end of the 1980s, a team lead by F. Rouzaud conducted a topography of the entirety of the cave system. This map is still unpublished, but it the basis of our current work.

Even if some of these parietal assemblages are published, an exhaustive study at the scale of the entire cave system is still lacking (see, among others: Breuil 1903; Bégouën and Breuil 1912-1913; Leroi-Gourhan 1978; Alteirac & Vialou 1980 and 1984; Vialou 1987). To resume our current state of knowledge, the parietal artistic manifestations are present in four sectors on the right bank (see figure 2).

- The *Galerie Du Masque* (figure 2-1) where one can find a human profile, and engraved symbol and the hindquarters of a horse. This gallery opens upon the *Salle Mandement*. The decorated portion is located close to the gallery's entrance in a large area with a low ceiling. The other portion of this gallery was filled entirely with alluvial deposits during the Magdalenian period.
- The *Galerie Du Four* or *Du Renne* (figure 2-2) where, amongst an assemblage of traced lines, one can find an engraved horse and bison (Breuil 1903). This gallery opens upon the *Salle Des Conférences*. The decorated portion is located close to the entrance of the room, uniquely on the ceiling. This gallery was in large part filled with rimstone formations, likely formed before this portion was decorated. If this is true, then the space available to engrave was quite reduced and to access it one would have had to crawl⁶.
- The *Galerie Du Bison* (figure 2-3): from the *Galerie Des Silex* (in the sector that was deepest in its initial configuration), two extremely narrow entries lead, after some contortions that even the most experienced speleologists would find difficult, to an engraved bison and a few engraved symbols. This area was discovered relatively late, after the discovery of the *Galerie Des Silex* by Mandement in 1936 (Péquart & Péquart 1960).
- The *Galerie Breuil* (figure 2-4): the entrance currently located in the east of the *Salle Piette* is reduced by the construction of a stone wall and a metal gate to protect the gallery. The first room, "sector A" (according to the sector names attributed by Alteirac & Vialou 1980), is actually a hidden nook of the *Salle Piette*. On the map (figure 4) we present the topography above the above-mentioned construction. Sector A has numerous red, and more rarely black, paintings on its walls, as well as a few engravings (figure 4, A). These are not directly dated, but the many specialists having studied them have all concluded that they differ significantly from the works in the rest of the *Galerie Breuil* (Leroi-Gourhan 1965, Vialou 1987). Our recent work (Jarry *et al.* 2017, Pallier *et al.* in preparation) shows however that these cannot be associated with the Aurignacian, as we know that this area was submerged during a major alluvial event that succeeds the Aurignacian occupation levels (op. cit.). While waiting

⁶ The *Galerie Du Four* or *Galerie Du Renne* seems to have been the first to have provided parietal engravings, during the explorations conducted by Henri Breuil in 1902 (Breuil, 1903), while the *Galerie Du Masque* was discovered by E. Cartailhac a few years later in 1908. However, a later description by H. Bégouën underlines a possible confusion between these two sectors: "It was during the second excavation campaign in 1902 that Mr. Breuil noted the first few engravings on the walls. In 1908 Mr. Cartailhac augmented the number and highlighted, among others, a human head where the natural accidents of the rock were accentuated with perfectly neat engravings. All of this can be found in an upper gallery of the right bank, in a cul-de-sac with a low ceiling that was not a habitation area" (Bégouën & Breuil 1912-1913, p. 139 – our translation from the original French text). This explains A. Alteirac and D. Vialou's assimilation of the sector described by Breuil in 1902 with that which was explored by Cartailhac in 1908 in favor of a single part of the site, this lateral gallery opening onto the *Salle Mandement* that they go onto baptize the *Galerie Du Four* (Alteirac and Vialou, 1984). We have retained the *Galerie Du Four* title for the small passage that leaves from the *Salle Des Conférences* and is, according our current working hypothesis, distinct from the *Galerie du Masque* (and thus equally distinct from the *Galerie Du Four* noted by Alteirac and Vialou). In reality, while we await a better comparison between the terrain and the archives, and as was suggested to us by Y. Le Guillou, we must admit that a proper resolution of this issue had yet to be obtained.

for further analyses we can simply indicate that this decorated portion of the cave can be associated with a significant time lapse, situated somewhere between the Gravettian and the middle Magdalenian. To gain access to “sector B” of the *Galerie Breuil* one must pass through the low passage unblocked by Mandement in 1937 (see above). In this second area of the gallery we find the majority of the art works, roughly thirty different paintings and engravings (Alteirac & Vialou 1980 et 1984, see note 4⁷) (figure 4 B).

The question of the conditions of access to the principal decorated area of the *Galerie Breuil* was already broached and published by D. Vialou and his team, especially X. Leclercq (Vialou 1987). We know additionally that certain discoveries linked to exploration and topographical work conducted by Leclercq have remained in part unpublished following his untimely death. Besides the artistic manifestations mentioned in the deep section of the gallery (dots, lines, red key-shapes or “claviformes”...; op. cit.), Leclercq’s archives indicate that finger prints and other indeterminate markings in clay, covered by thin layer of calcite also exist (an observation that our team was able to confirm during our work in this area of the cave system, see note 5⁸). Moreover, A. Alteirac and Vialou both indicate that Leclercq “had reunited a certain number of speleological and prehistoric elements that led him to think that a passage had existed with the upper-level galleries” (Alteirac & Vialou 1980: 57 – our translation from the original French text)

Our survey of the possible paths, building on a revision of the topography and of the data available in older publications and archives, pushed us to reexamine the hypothesis of one (or several) points of access to the *Galerie Breuil* and the consequences for such a hypothesis on the current and prehistoric perception of this space and its parietal art. Before doing so however, it is useful to review and explain the principal phases of geological evolution of the cave system as to understand the environment(s) in which the human occupations occurred throughout time.

3 Context and materials

The current work conducted by our pluridisciplinary team in the cave system has underlined that the Mas d’Azil, a complex subject of karstological study, additionally provides a significant sedimentary record, reflecting environmental changes and several glacial phases (Pallier *et al.* in preparation). The Arize, the river that traverses the cave as it descends from the Pyrenees, cuts perpendicularly through the east-west oriented geological structure known as the pre-Pyrenees (figure 1). Its staggered path is a function of the resistance of the different types of rocks it encounters. The river borders the east of the Lézères-Pradals synclinal (Canérot *in*: Gourinard *et al.* 1973 and Souquet *et al.* 1979) and initially passed at the periclinal termination. Its ancient path can be seen on the landscape in the form of the Baudet pass, just above the cave, where we can additionally find the Arize river’s ancient

⁷ This description, inspired by a map provided by A. Alteirac and D. Vialou (1984, p. 392), summarizes only the main parietal traces they surveyed in the *Galerie Breuil*.

⁸ This observation, conducted during the construction of the morphokarstic map by Manon Rabanit and Hubert Camus, both members of the thematic survey project team, was localized, photographed, and presented to the Archaeological service of the Occitanie region in June 2015.

alluvial deposits. As the river dug itself into the Thanetian limestone, it was progressively absorbed into losing streams, only to resurge a few hundred meters downstream, to the north of the synclinal. This hydrogeological feature, ultimately leading to an underground river course, was a subterranean stream capture of the Arize river. This stream capture phenomenon was responsible for the excavation of the principal gallery of the Mas d'Azil cave system; the river currently flows within in it, and since the 19th century, a road follows alongside the river as it traverses the *Massif De L'Arize*.

A part of the Arize river's history is therefore directly visible through the cave's morphology and deposits. Significant siliceous alluvial fill is associated with parietal morphologies that are characteristic of a paragenetic evolution. Throughout the climatic fluctuations of the quaternary, the river experienced several phases of alluvial filling and re-excavation. The cave recorded important traces of these different phases, allowing us to highlight both their geometry and chronological sequencing. The phases of sediment accumulation are responsible for the excavation of the looping lateral galleries of the right bank. These looping galleries were formed after the principal gallery, to which they are connected, and are logically located at higher altimetric positions relative to the passages that functioned as drains in preceding phases of the cave's evolution.

Absolute dating of the main episodes of sedimentation are currently underway, yet in the meantime we can note that the artistic manifestations on the walls of the lower network of galleries must logically be posterior to the last phase of sedimentary infilling, and this last phase can be positioned, via relative chronology, after the Aurignacian occupations of the cave.

The result of this story is a complex topography consisting of several levels, with a system of looping galleries on the right bank that allowed the river to continually find a path through the *Massif De L'Arize* when the main passage was blocked with sediment. The Magdalenian occupations are integrated into the second half of one of these phases, a purging of the cave's accumulated alluvial deposits that occurred during the Last Glacial Maximum. The Magdalenians arrive therefore in a cave where the Arize had retaken its path through the main conduit, yet much of the cave remained encumbered by fine silts, upon which they set up camp (figure 4). Certain functional aspects of the different spaces remain to be validated, but excluding the left bank, it appears that the "domestic" Magdalenian occupations are situated mostly on the upper level formed by the *Rotonde* and the *Galerie Des Silex*, who communicate directly with each other:

- The *Rotonde* is a vast open space in the main conduit of the cave. Its terrace, situated significantly above, and therefore quiet far from, the noisy and humid Arize, is removed from the influence of air currents coming from outside. This terrace is separated from the river by the so-called *Secteur Du Théâtre*, whose current slope is the result of phases of sediment removal corresponding to the different construction and reorganization events occurring within the cave throughout the 19th century. We know however, thanks to the observations of the Abbé Pouech, that the terrace was uneven and sloped strongly towards the Arize even before these phases of sediment removal.

- The *Galerie Des Silex* is a comfortably sized passageway whose northern most portion was filled during the Magdalenian occupation. In fact, the air current that presently passes through this gallery did not exist at the time of occupation, and this was additionally the only area of the cave to benefit from the thermo-regulatory effects of the encasing limestone. During the winter this area was one of the least cold in the theatre sector. The Magdalenians most likely accessed this area via the southern portion of the *Rotonde*, which presents itself in the form of an alcove, improperly described by Breuil as sterile (*Salle Stérile*) in which (or just next to, at the junction with the *Rotonde*) one can find a series of vertical shafts.

The *Salle Piette*, below the *Rotonde* and the opening of the *Galerie Des Silex*, communicates with these upper chambers via the aforementioned vertical shafts, which seem to have been filled over time with sediments mixed with domestic and/or butchery remains, likely from occupations on the upper levels, as well as limestone rubble coming from the desquamation of the cave walls and ceiling. These recent observations privilege, contrary to a popular interpretation, the idea that the *Salle Piette* was not an occupation area, but rather a vertical outlet into which debris from upper level occupation fell over time. While this does not directly imply that any stratigraphy identified by Piette is false, it does mean that we should treat such stratigraphic interpretations with caution.

This general presentation of the cave pushes us to ask yet another question, one regarding the differential conservation of the art works within the network of galleries, as different alterations of the cave walls were identified in different parts of the karstic system.

4 Differential conservation of parietal works?

In 1903, while discussing his first artistic discoveries in the cave, Breuil had already noted that “the deterioration of the parietal engravings of the Mas d’Azil removes nearly all their value as objects of study”, but at the same time underlined that “the fact that they are located at the end of a dark gallery [we believe Breuil is discussing the *Galerie Du Four* in this passage], that was not a room where people lived and could not have served this purpose, is a precious piece of information for the question of the generality and destination of decorations in caves” (Breuil, 1903, p. 436 – our translation from the original French text). The multiplication of discoveries over time only lent more support to Breuil’s initial reflections: “We note that the parietal art of the Mas d’Azil concerns the totality of the network on the right bank: it is therefore a deep and complex site, typically Pyrenean [...]. The selection of narrow galleries separated from areas of higher circulation seems to be deliberate and already quite significant even if other ‘sociological’ and ‘psychological’ parameters likely intervened during the making of these choices.” (Vialou 1987: 233 – our translation from the original French text).

Several observations made during the course of our systematic survey of the cave permit us to further substantiate these prior conclusions, as well as bring to light some elements regarding the current spatial distribution of parietal works in the network.

Firstly, a significant erosion of cave walls, posterior to the prehistoric occupations in certain parts of the cave system and sometimes accompanied by the disappearance of a significant section of stone, was observed. In the highest parts of the *Rotonde* we can see the impact of colder climatic phases via frost weathering, as well alterations beneath fill levels, and tearing surfaces that correspond to the crumbling of blocks near areas of mechanical weakness linked to the presence of tectonic joints. In the *Galerie Des Silex*, the distribution of alterations beneath the fill levels of cave walls, revealed by the artificial extraction of silts, has allowed us to determine which wall and ceiling surfaces were accessible to Magdalenian artists: more often than not these were quite small and difficult to access areas where the silts had already been partly evacuated by underlying sinkhole effects. Where wall and ceiling sections are easiest to access the impact of frost weathering and/or condensation corrosion is particularly visible.

The impact of aerological factors are more significant in the Salle Du Temple and even more so in the northern chambers, such as the *Salle Mandement* and the *Galerie Des Chauves-Souris*, which explains why parietal works are uniquely preserved in the more confined lower galleries. It is quite possible that the rock art of the Mas d'Azil known today is simply the result of differential erosion, leaving only the most concealed and protected works behind. The lateral galleries, narrower and partially filled, did not experience the full amplitude of the alterations seen in the larger and more open galleries. Thermic regulation in these narrow passages lessened temperature fluctuations and therefore limited the amount of condensation on the exposed parts of the cave wall. Additionally, the absence of bat colonies in these small galleries significantly reduced the possible impact of bio-corrosion.

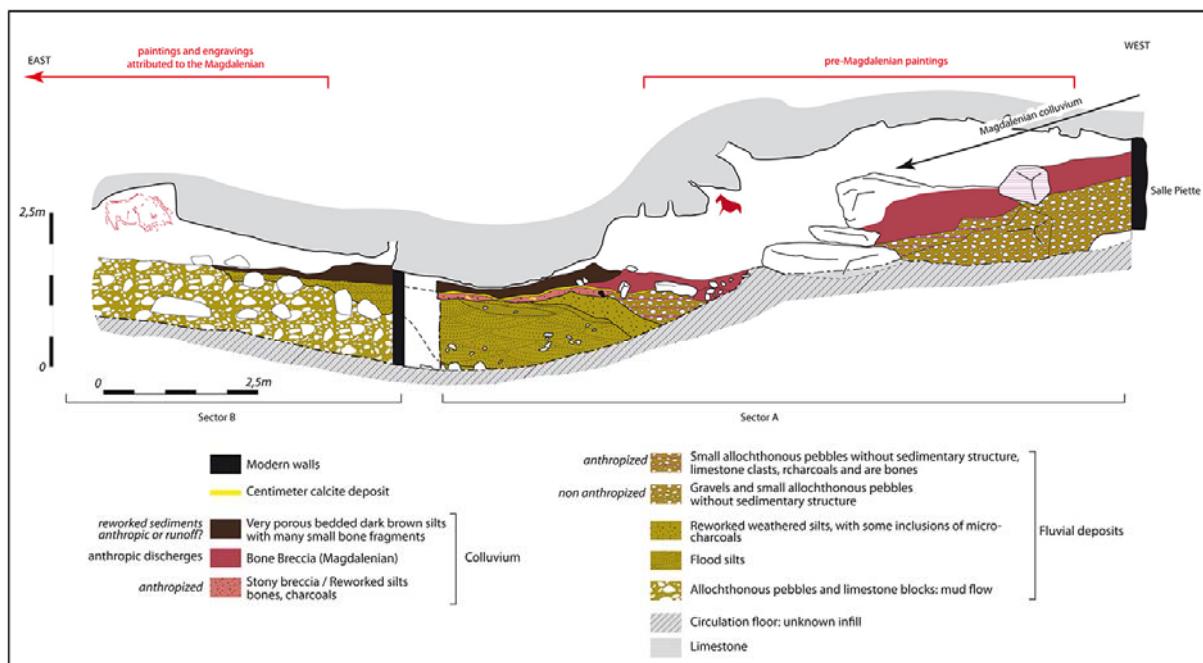


Figure 5: schematic longitudinal stratigraphy of the fill at the low passage between the Salle Piette (sector A) and the Galerie Breuil (sector B) (stratigraphy and CAD by © C. Pallier/INRAP-TRACES)

5 Towards a hidden entry?

Despite the uncertainties introduced by a differential conservation, the parietal art of the Mas d'Azil seems to be today confined to the most intimate areas on the cave system. Accessing these areas necessitates complex and risky speleological maneuvers, which underline nonetheless the significant desire on the part of the artists to reach these areas, separated from the habitation areas, to paint and/or engrave them. While this statement holds true for the *Galerie Du Masque*, the *Galerie Du Four*, and even more so for the *Galerie Du Bison*, is this also the case for the *Galerie Breuil*?

After the small room (sector A, in reality a small nook of the *Salle Piette*) decorated with red paintings, the conduit continues to a low point, only to ascend afterwards towards galleries that become more and more narrow as one progresses, within which are located engravings and paintings attributed to the Magdalenian (Breuil 1952, Leroi-Gourhan 1965, Alteirac & Vialou 1980, 1984, Vialou 1987).

In sector B, that is to say the *Galerie Breuil* itself, significant debris flows, posterior to the Aurignacian but anterior to the Magdalenian, have reworked the alluvial deposits (figure 5). These debris flows occurred during a low water phase of the Arize in the principal gallery, and have a significant westward slope at the aforementioned low point of the conduit in question, likely in relation to the sinkhole in the *Salle Piette*.

These debris flows (Jarry *et al.* 2015b) are covered by flood silts with cross-bedded layers that fill the majority of the low passage. The flood silts have a westward facing erosional surface, covered by reworked non-layered silts with micro-charcoal fragments. In sector B, an important reworked formation of exogenous river cobbles with a yellow silty matrix, coming from the west, sits upon the aforementioned reworked silts. The slope of this surface is 15 to 20° to the east. In the upper parts of this river cobble deposit the cobbles are encased in a reddish sandy-silt matrix with rare charcoal fragments and bone fragments inferior to 1 cm, which could be the result of infiltrations from the overlying breccia. An unconformity separates these reworked fluvial deposits from the superposing roughly ten-centimeter layer of indurated limestone gravel and reworked silts. The presence of a few bone and charcoal fragments and exogenous river cobbles in these reworked silts provide us with the first subtle indications of the first frequentations of this area. This poorly developed level is sealed by a fine layer of calcite around 1 cm in thickness. At this particular point in time, a space of only ten centimeters separates the deposits from the cave walls.

The Magdalenian materials that constitute much of the bone-rich breccia, coming from the vertical shafts connecting upper network to the *Salle Piette* below, then progressively filled a significant portion of the latter. A final deposit of dark brown layered silts with bone fragments came then to rest upon the bone-rich breccia either by water run-off, that had additionally reworked the underlying bone-rich breccia, or by the reworking of the breccia as the Mandement unblocked the passage.

These observations show therefore that:

- 1- The western part (sector A/the chamber with red paintings) of the *Galerie Breuil* was still accessible before the Middle Magdalenian, but the low passage separating sector A from B was likely already blocked or at least extremely difficult to traverse.
- 2- The complete obstruction of the low passage and of sector A (the small chamber with red paintings) by waste of mostly anthropic origin excludes the possibility of access to sector B from the Middle Magdalenian and onwards (a hypothesis already evoked by Vialou (1987) and confirmed by our study.

It is therefore necessary to find another point of access to sector B of the *Galerie Breuil* to better evaluate when the area was accessible, and subsequently provide a temporal frame in which these decorations could have been made. This trail was already touched upon by Leclercq: “the discoveries at the end of the gallery reinforce the hypothesis that direct passage between the room (sector A) and the gallery (sector B) was not possible. While squeezing through the low and narrow passages at the end of the network, past the ‘last’ red dot, mostly on the arched ceiling, red key-shapes with loops (“claviformes rouges à boucle”) can be found, and in the nooks of the less cramped rooms one can find engraved animals. These traces continue for roughly ten meters until the deepest areas that intersect with a system of faults that X. Leclercq believed, without having had the time to verify, connected these difficult to reach lower passages to the upper level where one finds the *Galerie Des Silex* and the decorated recess.” (Vialou 1987: 233 – our translation from the original French text).

Conserved in his archives, Leclercq’s detailed topographical notes allowed us to find the path he proposed, which has been rendered impassable by a flowstone, which he supposes “did not exist during the Palaeolithic” (letter to D. Vialou dated the 23rd of June, 1978 – our translation from the original French text).

If we follow this path inversely to the way in which it must have been taken by the Magdalenians, it begins at the southern extremity of the main conduit of sector B in the *Galerie Breuil*, which branches to the right roughly thirty meters after the low passage. After one passes through a flattener and a very narrow passage one arrives in a tight network that ascends to the west (figure 4). By following the red dots left on the walls and ceiling by the Magdalenians, and after a few small climbs and low passages, one arrives in a narrow straight gallery oriented towards the west. This gallery narrows even further at its distal extremity, where it is blocked by a stalagmitic flow. The cavity does, however, continue, as the topography of the network shows. A more direct passage to sector does therefore exist, as was hypothesized by Leclercq. From the other side, we begin in the *Salle Piette*, a small and delicate climb on a ledge to the south east, notably where the opening of one of the vertical shafts that communicates with the *Galerie Des Silex*, brings one to a difficult to pass low passage (roughly 0,5 m in diameter). This pass opens up onto a low (roughly 1,25 m) narrow (0,6 m at its widest) gallery. Moving along this gallery one’s path is rapidly blocked by the other side of the stalagmitic flow described above. This junction point, having had an imprecise placement in the old topography, has been re-measured and the stalagmitic flow is

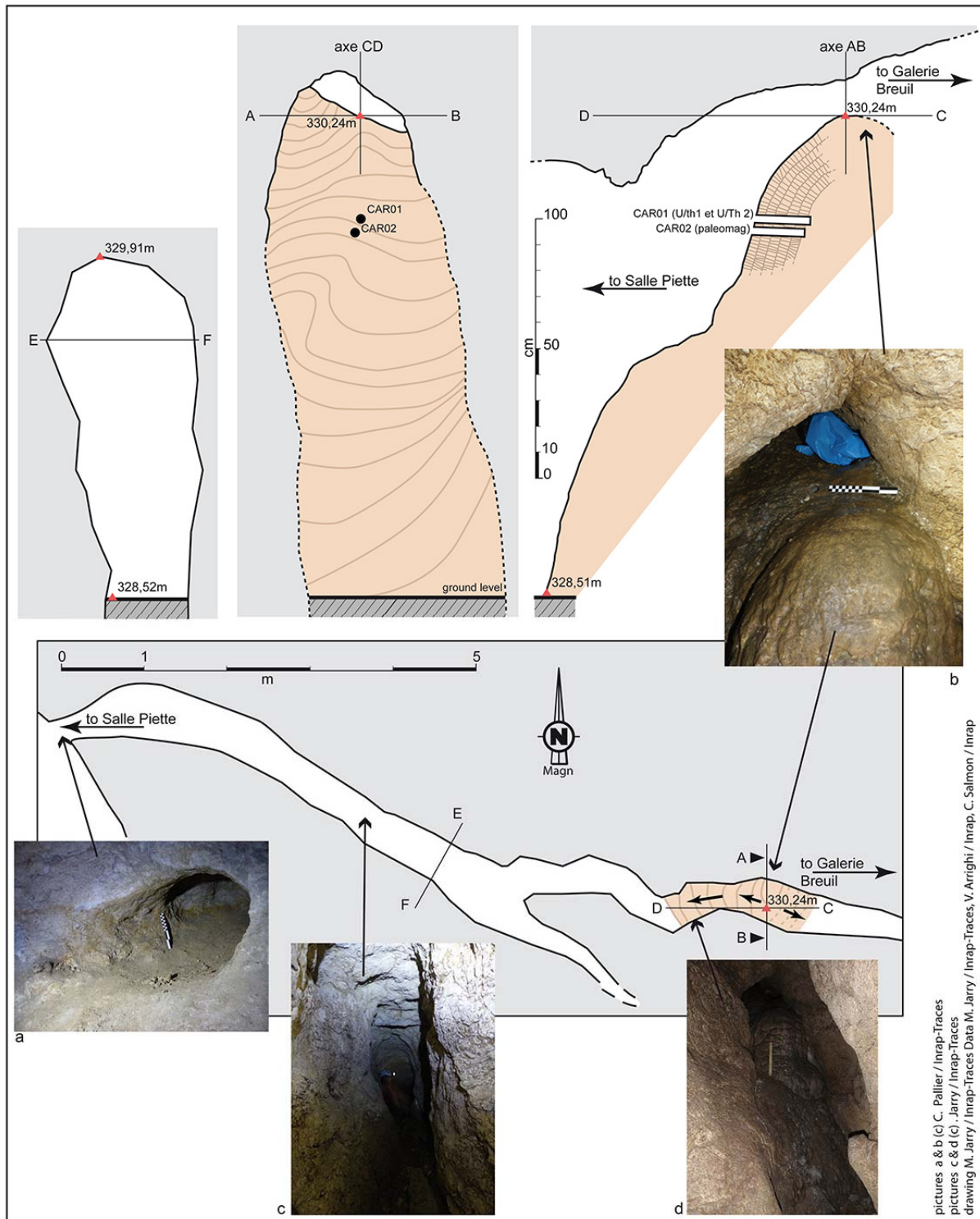


Figure 6: access to the *Galerie Breuil* from the 'balcony' of the *Salle Piette*. Topography and sampling in the stalagmitic flow (figure © Marc Jarry/INRAP-TRACES. Data collected by V. Arrighi/INRAP, M. Jarry/INRAP-TRACES, and C. Salmon/INRAP. Pictures by (a and b) C. Pallier/INRAP-TRACES and (c and d) M. Jarry/INRAP-TRACES).

now confirmed to be one and the same from both sides. While the passage was once unobstructed, and as already highlighted by Leclercq, it could only have been used by the Magdalenians if the calcite flow is posterior to their occupation of the cave.

In hopes of resolving this issue and validating the hypothesis that the passage blocked by the stalagmitic flow was in fact the one used by the Magdalenians to access sector B, two calcite cores were taken from the flow at a depth that would have allowed for the passage of an individual (figure 5). The first core was for dating and the second was for palaeomagnetic study (currently underway). ^{230}Th /U dating was conducted on two calcium carbonate samples (CaCO_3) taken from the deepest portion of the first core (at 20 cm) (note 6⁹). The two calculated ages, statistically identical when taking into account the error of such dating methods, suggest that the precipitation of the calcite in question took place around $13 \pm 0,3$ ka (figure 7). This date, sitting at the transition between the Alleröd and the Younger Dryas, and thus corresponding to the Recent Azilian, is well after the Magdalenian, and at least two millennia before the Middle Magdalenian.

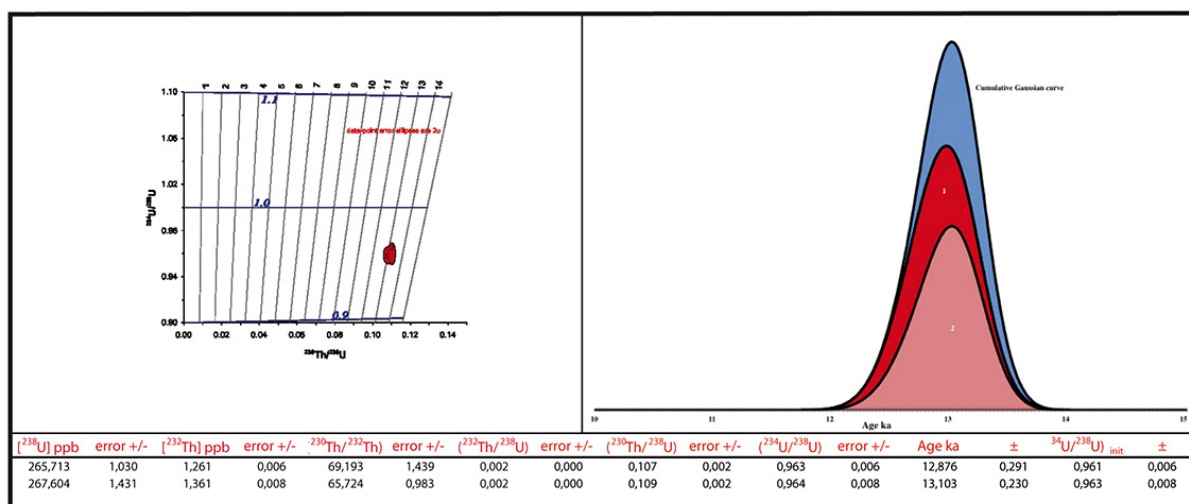


Figure 7 : Dates and results obtained using the ^{230}Th /U disequilibrium dating method (Figure © Bassam Ghaleb / UQAM-Géotop).

6 Conclusions

The date of $13\,000 \pm 300$ BP obtained on the core extracted from the stalagmitic flow confirms that the conduit was passable during the Magdalenian occupations of the site, while the stratigraphic study of the profile at the low passage shows that the lower passage had been blocked by river cobbles and fluvial silts for a long period before the Magdalenian

⁹ The samples were analyzed for their isotopic content and composition of uranium and thorium by the isotopic dilution method using a *Nu II instrument* Multicollector-Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer (MC-ICPMS). The results show that the isotopic content and composition of both samples are identical within the error ranges provided by the method. This indicates that the carbonated component is relatively homogenous and quite pure as the proportion of detrital ^{232}Th is very low, around 1.3 ppb. The proportion of ^{238}U is also homogenous and quite typical of stalagmites and stalagmitic floors at around 266 ppb. The $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ratio is nearly identical, though a slight deficit of ^{234}U was noted with a ratio of 0.964, which is not typical for the precipitation of carbonated components. Nevertheless, significantly lower ratios have already been observed in other karstic contexts (Genty *et al*, 2004). The authors attributed the deficit of ^{234}U to the fact that infiltrated water mineralizes through sediments/rock low in ^{234}U . The same hypothesis could be suggested for the deficit observed in the above samples. At any rate, the $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ and $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ratios allow us to calculate $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dates for the precipitation of the carbonates in the stalagmitic flow under study.

occupation. Furthermore, progressively the Salle Piette was filled by deposits accumulated from the Middle Magdalenian occupations of the upper level. The formation of these detrital deposits is partly synchronous with the Middle Magdalenian occupation, and they were secondarily cemented by the calcite along the cave walls as they eventually covered the lower entrance to sector B completely, impeding access via the low passage. This breccia effectively rendered the lower entrance unusable as of the Middle Magdalenian, while the upper entry remained open until being later blocked by the growth of a stalagmite.

We therefore have an upper entry for the *Galerie Breuil* that is both difficult to access and requires a complicated advance, which in turn implies a higher investment than that which is required for the current lower entryway, which we know, additionally, was likely impassable at the time of the Magdalenian occupations. If we follow this hypothesis we must therefore reposition the different parietal decorations in their initial order of reading, rather than their order of discovery. We do nevertheless have to mention that the “precise” dating of the closing of the low passage is impossible; did it occur slightly before or during the Middle Magdalenian occupations? Did the filling of the low passage immediately reach the ceiling, or was it more gradual? We cannot exclude the possibility that a squeeze existed at the beginning of this period, which would have permitted the passage of prehistoric individuals under difficult conditions, though no more difficult than the passage through the upper entry.

Our observations have confirmed that while the occupations related to the daily life of these people concerned, for the most part, the more easily accessible and more clement upper levels of the network (*Rotonde*, *Galerie Des Silex*), the lower levels (*Salle Piette*, *Galerie Rouzaud*) in contrast appear to be refuse zones that were not actually occupied: the Salle Piette for example isn't a prehistoric campsite but a point of convergence between sedimentary and archaeological contributions coming from several vertical shafts connecting to the upper levels. In regards to the *Galerie Breuil*, its current entry, a small nook containing a collection of mostly red paintings, was not accessible by the Magdalenians; they gained access to this area through difficult to reach, narrow, and for some nearly invisible, passages located in the inner most depths of the cave. We have, therefore, concealed and confined decorated spaces in a monumental cave, which offers us another example regarding the status of artworks and decorated sectors that fits with what we currently know about the Magdalenian of the Pyrenees (Vialou 1987; Bégouën *et al.* 2009; Sauvet 2007). The *Galerie Breuil*, like the *Galerie Du Bison*, cannot be reached without an intimate knowledge of innermost depths of the cave network, and the frequentation of these passages are likely not comparable to the more common daily activities occurring in other parts of the cave... all of this within a cave site that has considered by some to be a considerably sized aggregation site (Conkey, 1992).

The demonstration that the only surviving cave art from Mas d'Azil is a "hidden art" is in no way contradictory, in our opinion, to the proposed interpretation that it is one of the main aggregation sites known for the Magdalenian in the Pyrenees. It should be remembered that the term "aggregation site" refers to the idea that this site was a gathering place where numerous economic and more properly social activities took place, by a large community meeting here from several part of the south-western part of France and further. If this is the case, it is very likely that the parietal decoration participated in the first instance in some of

these social activities, but there is nothing to prevent us from thinking that their access did not follow rules implying that they were revealed at the end of a journey, like initiation rites. Finally, and above all, our contribution insists on the differential conservation of this art - and this is undoubtedly the main lesson that we wish to retain from this study - making it impossible to apprehend the integrity of the cave's wall decoration.

Bibliography

- Alteirac, A. & Vialou, D., 1980. La grotte du Mas d'Azil, le réseau orné inférieur. *Bulletin de la Société préhistorique de l'Ariège*, XXXV, p. 3-63.
- Alteirac, A. & Vialou, D., 1984. La grotte du Mas d'Azil, in *L'art des cavernes, Atlas des grottes ornées paléolithiques françaises*, Paris, Imprimerie nationale, « Atlas archéologique de la France », p. 389-394.
- Bégouën, H. & Breuil, H., 1912-1913. Peintures et gravures préhistoriques dans la grotte du Mas d'Azil. *Bulletin de la Société archéologique du Midi de la France*, XVII, n°42-43, p. 139-142.
- Bégouën, R., Fritz, C., Tosello, G., Clottes, J., Pastoors, A., Faist, F. (avec la collaboration de F. Bourges, P. Fosse, M. Langlais, S. Lacombe), 2009. *Le sanctuaire secret des Bisons. Il y a 14000 ans, dans la caverne du Tuc d'Audoubert*. Ed. d'art Somogy et Assoc. L. Bégouën, 416 p.
- Breuil, H., 1903. Rapport sur les fouilles de la grotte du Mas d'Azil (Ariège), *Bulletin archéologique du Comité des travaux historiques et scientifiques*, p. 421-436.
- Breuil, H., 1952. *Quatre cents siècles d'art Pariétal : les cavernes ornées de l'âge du renne*. Centre d'études et de documentation préhistorique, Montignac, 413p.
- Clottes, J., Alteirac, A. & Servelle, Ch., 1981. Œuvres d'art mobilier magdaléniennes des anciennes collections du Mas-d'Azil, Préhistoire ariégeoise, *Bulletin de la Société Préhistorique Ariège-Pyrénées*, 36, p. 37-70.
- Conkey, M. W., 1992. Les sites d'agrégation et la répartition de l'art mobilier, ou : y a-t-il des sites d'agrégation magdaléniens ?, in : J.-P. Rigaud, H. Laville and B. Vandermeersch (eds), *Le peuplement magdalénien. Paléogéographie physique et humaine*, Chancelade conference proceedings, 10-15 oct., 1988, Paris, CTHS, p. 19-25.
- Delporte, H. 1979. Le Mas d'Azil : ses industries d'après la collection Piette. Étude préliminaire. In : SONNEVILLE-BORDES D. de (ed), *La fin des temps glaciaires en Europe. Chronostratigraphie et écologie des cultures du Paléolithique final*, Talence conference, 1977. Paris : CNRS, p. 615-621.
- Genty, D., Ghaleb, G., Planes, V., Causse, C., Valadas, H., Blamart, D., Massault, M., Geneste, J.-M. and Clottes, J., 2004. Datations U/Th (TIMS) et 14C (AMS) des stalagmites de la grotte Chauvet (Ardèche, France) : intérêt pour la chronologie des événements naturels et anthropiques de la grotte. *Comptes Rendus PALEOV*, 3, p. 629-642. doi: <https://doi.org/10.1016/j.crvp.2004.06.005>.
- Gourinard, Y., Souquet, P., Rey, J., Canerot, J., Bilotte, M. and Peybernès, B., 1973 : *Guide des ressources pédagogiques dans l'Académie de Toulouse - Géologie - 1er livret - excursion 4 - Région du Mas d'Azil (Pyrénées - Ariège)*. CRDP Document Toulouse.
- Jarry, M., Bon, F., Bruxelles, L., Fritz, C., Lacombe, S., Lelouvier, L.-A., Martin, H., Rabanit, M., Simonnet, R. and Wattez, J., 2013. *La grotte du Mas d'Azil, Tranche 2.1 : parcours de visite – parois nord et sur secteur Théâtre*. Operational rapport, archaeological diagnostic, INRAP GSO, 128p.
- Jarry, M., Pallier, C., Arrighi, V. and Benquet, L. 2015a. *La grotte du Mas d'Azil, Tranche 3.1 : entrée*. Operational rapport, archaeological diagnostic, INRAP GSO, 57p.
- Jarry, M. 2015. Le Mas d'Azil, grotte : cartographie archéologique et géoarchéologie, prospection thématique. *Bilan Scientifique de la Région Midi-Pyrénées 2014*, Ministère de la Culture et de la Communication, D.R.A.C, S.R.A. de Midi-Pyrénées, p. 37-41.
- Jarry, M., Pallier, C., Bruxelles, L., Bon, F., Lejay, M., Anderson, L., Potin, Y., Martin, H., Rabanit, M., Petillon, J.-M., Lacombe, S., Lelouvier, L.-A., Martin, H., Rabanit, M., Simonnet, R. and Wattez, J., 2017. L'Aurignacien de la grotte du Mas d'Azil, résultats des opérations 2011-2015. Actualités, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, pp. 575-579. doi: <https://doi.org/10.3406/bspf.2017.14809>.
- Leroi-Gourhan, A., 1965. *Préhistoire de l'art occidental*, Paris, éditions Mazenod, 400p.
- Leroi-Gourhan A., 1978. Le cheval sur galet de la galerie Breuil au Mas-d'Azil (Ariège). *Gallia Préhistoire*, 21, 2, pp. 439-445. doi: <https://doi.org/10.3406/galip.1978.1596>.
- Pallier, C., Jarry, M., Bruxelles, L., Bon F., in preparation. La grotte du Mas d'Azil (Ariège, Pyrénées, France) : nouveaux éléments sur les stratigraphies de la rive droite et corrélations géoarchéologiques. *Quaternary International*.
- Pallier, C., Jarry, M. & Arrighi, V., 2015. La grotte du Mas d'Azil, Tranche 3.2 : station d'épuration. Operational rapport, archaeological diagnostic, INRAP GSO, 61p.
- Péquart, S.-J. & Péquart, M., 1960. Grotte du Mas d'Azil (Ariège) : une nouvelle galerie magdalénienne. *Annales de Paléontologie*, t. 46, pp. 127-194.
- Péquart, S.-J. & Péquart, M., 1961a. Grotte du Mas d'Azil (Ariège) : une nouvelle galerie magdalénienne. *Annales de Paléontologie*, t. 47, pp. 157-250.
- Péquart, S.-J. & Péquart, M., 1961b. Grotte du Mas d'Azil (Ariège) : une nouvelle galerie magdalénienne. *Annales de Paléontologie*, t. 48, pp. 199-286.
- Piette, E. 1889. *Les subdivisions de l'époque magdalénienne et de l'époque néolithique*. Angers, 28 p.
- Piette, E. 1895. Hiatus et lacune. Vestiges de la période de transition dans la grotte du Mas d'Azil. *Bulletins de la Société d'anthropologie de Paris*, 6, n°1, p. 235-267. doi: <https://doi.org/10.3406/bmsap.1895.5585>.
- Piette, E., 1907. *L'art pendant l'âge du renne*, Paris, Masson, 112 p. et 100 planches
- Sauvet, G., 2007. La grotte ornée magdalénienne de Bèdeilhac. *Les dossiers de l'Archéologie numéro spécial Grottes ornées en France*, n°324-H, p. 54-61.
- Schwab, C. 2008. *La collection Piette. Musée d'Archéologie nationale, Château de Saint-Germain-en-Laye*, RMN (ed), p. 60-91.
- Souquet, P., Rey, J., Peybernès, B., Bilotte, M., Cosson, J., Cavaillé, J., Roche, J.-H. and Bambier, A., 1979 : *Carte géologique de la France à 1/50 000. 1056, Le Mas-d'Azil, XX-46*; Ministère de l'Industrie, du commerce et de l'artisanat, B.R.G.M., Service géologique national, carte et notice de 38 p.
- Vialou, D., 1987. *L'art des grottes en Ariège magdalénienne*, Paris, CNRS, *Gallia-Préhistoire*, XXIIème supplément, 425 p.

Annexe 7 – Article paru : Pallier 2021 *BSPF*

Résumés de thèse

Céline PALLIER (2021) – *De l'enregistrement sédimentaire en milieu karstique à la taphonomie des sites archéologiques du Paléolithique supérieur (MIS 3 – MIS 2) : les apports de la grotte du Mas d'Azil et de la vallée de l'Arize (Ariège, France)*, thèse de doctorat soutenue le 28 janvier 2021 à l'université de Toulouse Jean Jaurès devant le jury composé de Magali Delmas (rapporteuse), Mathieu Langlais (rapporteur), Marc Calvet (examinateur), Sandrine Costamagno (examinatrice), Richard Maire (examinateur), François Bon (co-directeur) et Laurent Bruxelles (co-directeur).

Cette thèse est fondée sur les recherches menées dans la grotte du Mas d'Azil, qui a fait conjointement l'objet de plusieurs diagnostics et fouilles préventives de 2012 à 2018 et d'un programme de recherche depuis 2013. Elle constitue ainsi un exemple de complémentarité entre résultats d'archéologie préventive et de recherche programmée, tandis qu'elle s'inscrit dans une synergie interdisciplinaire.

Pourquoi étudier la grotte du Mas d'Azil et la vallée de l'Arize ?

Le versant nord-pyrénéen comporte une grande richesse en vestiges archéologiques du Paléolithique supérieur, tout au long du dernier stade glaciaire. Toutefois, les différentes cultures qui le composent sont représentées de façon inégale, avec des lacunes chronologiques mais aussi et surtout spatiales, donnant l'image d'une forte variabilité de l'occupation des Pyrénées à toutes les échelles.

Ce versant est aussi jalonné de massifs karstiques dont les cavités constituent des pièges sédimentaires, témoins des environnements passés. Cependant, les réponses hydrosédimentaires au cours de la dernière période glaciaire y demeurent mal connues. La grotte du Mas d'Azil, traversée par le cours de l'Arize, constitue un piège sédimentaire conservant potentiellement des témoignages de ces dynamiques, difficiles à identifier à l'extérieur car mal préservés. Or, leur compréhension est fondamentale car elles conditionnent à la fois la présence humaine durant tout le Paléolithique supérieur et la conservation (ou non) des contextes archéologiques. L'Aurignacien, par exemple, compte certes une vingtaine de sites sur le piémont pyrénéen – dont son site éponyme – mais pas ou très peu en fond de vallée. Dès lors, quelle signification peut-on attribuer à cette absence de vestiges dans certaines portions du territoire : absence des humains ou conservation différentielle ? Comment l'étude d'un enregistreur sédimentaire comme la grotte du Mas d'Azil peut-elle apporter des réponses à la question des lacunes archéologiques de la dernière période glaciaire ?

Etre ou ne pas être dans la grotte du Mas d'Azil au cours de la dernière glaciation ?

La grotte du Mas d'Azil est connue pour ses vestiges du Paléolithique supérieur d'une richesse exceptionnelle. Ce potentiel lui a permis de participer aux fondements de la Préhistoire, notamment en donnant son nom à l'une de ses périodes chrono-culturelle, l'Azilien. Dans le même

temps, elle a accueilli depuis le milieu du XIX^e siècle de très nombreuses recherches dont les archives, mobilières et manuscrites, sont d'une richesse et dans un état de conservation remarquables. Malgré cela, ces informations demeurent parcellaires et dispersées, à l'instar des lambeaux de couches archéologiques qui subsistent dans la grotte.

L'étude des stratigraphies sédimentaires et archéologiques, leur cartographie et leurs corrélations, permettent à présent de proposer une histoire globale de l'évolution de l'Arize et de la grotte, dans laquelle deux phases principales d'aggradation sédimentaire ont été identifiées.

La première est corrélative du creusement par paragénétisme et de la structuration en boucles karstiques de la majeure partie de la cavité, certainement au cours du MIS 6. La seconde se déroule à la transition MIS 3-MIS 2 et a fortement contraint l'occupation humaine de la grotte au cours du Paléolithique supérieur, tout en jouant un rôle majeur dans la conservation des vestiges ou, au contraire, dans leur érosion.

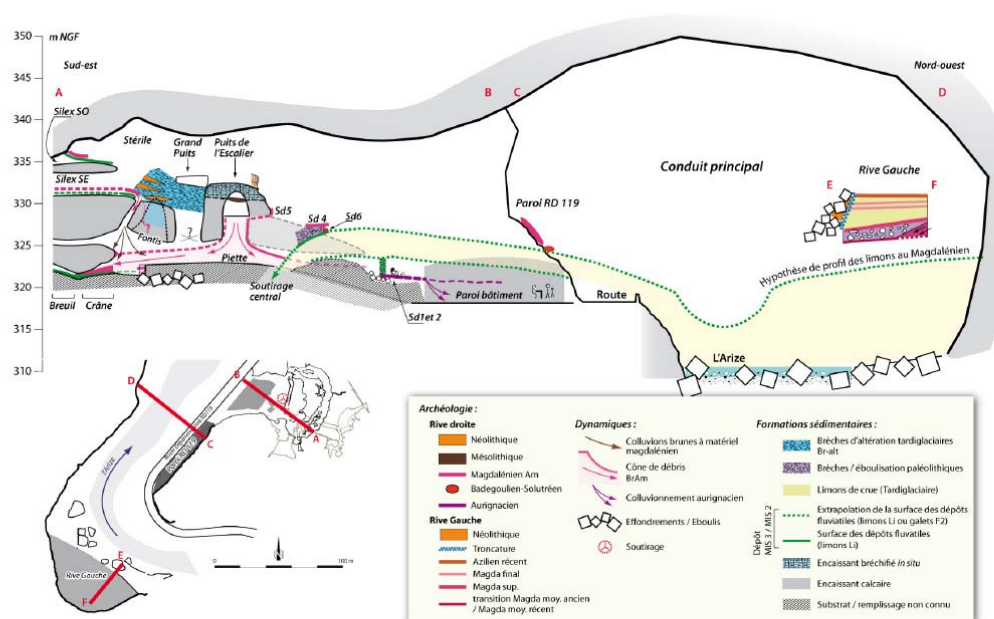
Parallèlement, des lacunes sont observées dans les occupations archéologiques de la grotte du Mas d'Azil, tant sur le plan chronologique (absence de niveaux d'occupation *in situ* de l'Aurignacien récent jusqu'au Magdalénien ancien), que spatial (répartition différentielle des vestiges notamment au cours du Magdalénien).

Dès lors, quelle signification peut-on attribuer à ces lacunes : absence des humains ou conservation différentielle ? Dans la grotte du Mas d'Azil, la perception des niveaux d'occupation (accessibles, cachés ou disparus) s'explique en partie par les différents processus sédimentaires qui s'y sont succédés. Les niveaux d'occupation aurignaciens, en particulier, ont été recouverts par plusieurs mètres de sédiments fluviaux. Cette phase d'aggradation a entraîné l'érosion de la partie superficielle des dépôts (Aurignacien récent) mais a aussi permis la préservation, en les scellant, des niveaux sous-jacents de l'Aurignacien ancien. Puis, en provoquant l'obstruction du porche aval et la mise en place d'une vaste étendue lacustre à l'amont, elle a rendu la grotte inaccessible pendant plusieurs millénaires, contemporains du Gravettien et de la première partie du Solutrén.

Au début du MIS 2, la désobstruction du porche aval permet à nouveau l'écoulement de l'Arize dans la galerie principale et rétablit l'accessibilité du lieu au milieu du Paléolithique supérieur, au Solutrén récent et/ou au Badegoulien, dont des traces d'incursions sont localement préservées.

Enfin, si l'étude géomorphologique ne permet pas d'expliquer l'absence du Magdalénien inférieur, l'analyse

Actualités scientifiques



et le croisement des processus qu'elle regroupe (variation des dynamiques fluviales en aggradation ou en incision, colluvionnements depuis le plateau, érosions d'origine anthropiques et phénomènes d'altération des parois) a permis une réflexion très précise sur l'organisation de l'espace, les accès et les circulations des populations à l'intérieur de la grotte au cours du Magdalénien moyen-récent puis de l'Azilien.

Quelles informations sédimentaires et archéologiques à l'échelle de la vallée de l'Arize ?

Les terrasses alluviales sont aussi des enregistreurs potentiels d'occupation archéologiques pour certaines périodes mais comprennent aussi de nombreuses lacunes comme l'absence de sites du Paléolithique supérieur dans l'axe principal de la vallée de la Garonne par exemple. Ainsi, l'intérêt de l'enregistrement sédimentaire de la grotte du Mas d'Azil va au-delà de la cavité elle-même. Il renseigne sur les dynamiques hydrosédimentaires et sur les conditions paléoclimatiques à l'échelle de la vallée de l'Arize, elle-même replacée à l'échelle du piémont central des Pyrénées. Dans celle-ci, les processus sédimentaires de la fin du MIS 3 et du MIS 2 observés à l'intérieur de la grotte ont également été enregistrés mais de façon très dégradée. En aval, plusieurs niveaux de replats d'origine fluviale sont marqueurs d'anciens niveaux de base de l'Arize. Ils ne supportent toutefois qu'une nappe alluviale très résiduelle et ne semblent offrir qu'un maigre

potentiel de conservation d'éventuels vestiges. En outre, bien qu'une corrélation géométrique directe ne soit pas possible, des correspondances peuvent être établies entre l'enregistrement dans la grotte et dans la vallée de l'Arize grâce à la comparaison avec les grandes vallées du versant nord-pyrénéen comme la Garonne et l'Ariège.

Conclusion

Pour comprendre les espaces vides de vestiges à l'échelle d'une région, il faut détecter et interpréter des espaces particuliers dans lesquels l'information a été enregistrée puis les mettre en relation. En Ariège, la grotte du Mas d'Azil constitue un enregistreur à très haute résolution des réponses hydrosédimentaires découlant des fluctuations climatiques au cours du dernier cycle glaciaire. L'étude interdisciplinaire de cette cavité, mêlant historiographie, géomorphologie, karstologie, géoarchéologie et archéologie, a apporté des éléments de réponses à la question des lacunes archéologiques, soulignant l'importance de la taphonomie différentielle des vestiges et ce, à de multiples échelles d'observations, de la galerie jusqu'à la vallée de l'Arize et par extension, au piémont nord-pyrénéen.

Céline PALLIER

Inrap Midi-Méditerranée et UMR 5608 Traces
celine.pallier@inrap.fr

Annexe 9 – Extraits du « time-laps » des opérations en Rive Gauche

Nous reproduisons *infra* des extractions d'images (environ 4 ou 5 par jour) des films réalisés pendant la session de juillet en time-laps (une image en 4K toutes les 3 secondes pendant environ 6 heures par jour). Il s'agit d'une expérience d'enregistrement en continu des opérations à vocation historiographique.



↑ 04 juillet 2021 – 9h30



↑ 04 juillet 2021 – 11h00



↑ 04 juillet 2021 – 12h30



↑ 04 juillet 2021 – 12h00



↑ 04 juillet 2021 – 14h00



↑ 04 juillet 2021 – 15h00



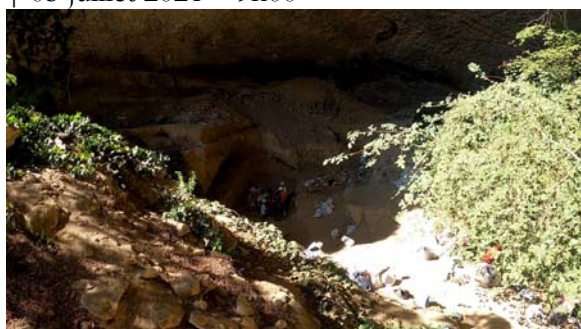
↑ 06 juillet 2021 – 9h00



↑ 05 juillet 2021 – 9h00



↑ 06 juillet 2021 – 11h00



↑ 05 juillet 2021 – 10h30



↑ 06 juillet 2021 – 14h00



↑ 05 juillet 2021 – 12h15



↑ 06 juillet 2021 – 16h00



↑ 05 juillet 2021 – 16h00



↑ 07 juillet 2021 – 9h00



↑ 07 juillet 2021 – 11h00



↑ 08 juillet 2021 – 14h00



↑ 07 juillet 2021 – 14h00



↑ 08 juillet 2021 – 16h00



↑ 07 juillet 2021 – 16h00



↑ 09 juillet 2021 – 9h00



↑ 08 juillet 2021 – 9h00



↑ 09 juillet 2021 – 10h30



↑ 08 juillet 2021 – 11h00



↑ 09 juillet 2021 – 14h30



↑ 09 juillet 2021 – 16h00

INVENTAIRES

Inventaire des photographies numériques

Nom	Date	Auteur	Localisation	Locus	Descriptif	Vue vers...
0001_MJarry_IMG_20200927_144307	30/04/2021	Marc Jarry	Galerie Principale	porche	Arize en crue	Est
0002_MJarry_IMG_20210430_145710	30/04/2021	Marc Jarry	Galerie Principale	Rive Gauche	Vue du talus de la RG	Sud
0003_MJarry_P1170102	30/04/2021	Marc Jarry	Théâtre	Zone inter avant Piette	Début de la visite avec Thomas Cuypers (ANA)	/
0004_LBruxelles_IMG_20210430_153556	30/04/2021	Laurent Bruxelles	Galerie Principale	Porche	Ombres depuis RG vers porche (MJ)	est
0005_LBruxelles_IMG_20210430_153559	30/04/2021	Laurent Bruxelles	Galerie Principale	Porche	Ombres depuis RG vers porche (MJ)	est
0006_CPallier_IMG_8423	30/04/2021	Céline Pallier	Rive Gauche	Secteur Péquart	Vue générale	Sud-ouest
0007_CPallier_P1070440	30/04/2021	Céline Pallier	Galerie du Renne	fond	Prélèvement d'une colonne de Guano fossile (LB)	/
0008_CPallier_P1070493	30/04/2021	Céline Pallier	Galerie nord	Galerie du guano	Prélèvement au sein des guanos récents (LB)	/
0009_CPallier_P1070526	30/04/2021	Céline Pallier	Rive Gauche		Vue générale de la terrasse le long de la paroi	est
0010_CPallier_P1070527	30/04/2021	Céline Pallier	Galerie principale	Porche	Ombres depuis le fond de la RG (M.J.)	est
00011_CPallier_P1070528	30/04/2021	Céline Pallier	Galerie principale	Porche	Ombres depuis le fond de la RG (M.J. L.B.)	est
0012_CPallier_P1070538	30/04/2021	Céline Pallier	Rive Gauche	Paroi sud	Vue de la paroi recouverte de suie (L.B.)	/
0013_CPallier_P1070539	30/04/2021	Céline Pallier	Rive Gauche	Secteur Péquart	Vue générale du secteur	nord
0014_CPallier_P1070549	30/04/2021	Céline Pallier	Rive Gauche	Secteur Maury Péquart Piette	Vue générale (M.J. L.B.)	ouest
0015_CPallier_IMG_P1070551	30/04/2021	Céline Pallier	Rive Gauche	Secteur Maury Péquart Piette	Vue générale (M.J. L.B.)	ouest
0016_MJarry_P1170125	08/05/2021	Marc Jarry	Porche nord		Déversoir	Sud
0017_MJarry_P1170128	08/05/2021	Marc Jarry	Porche nord		Corniche et porche	Sud-ouest
0018_MJarry_P1170132	08/05/2021	Marc Jarry	Col du Baudet		Col corniche et chaîne axiale	Sud
0019_MJarry_P1170136	08/05/2021	Marc Jarry	Porche sud		Porche sud	ouest
0020_EThomas_IMG_20210719_214134	07/07/2021	Eugénie Thomas	Rive Gauche	Secteur Piette	Visite (NV MJ)	Ouest
0021_EThomas_20210707_1546071	07/07/2021	Eugénie Thomas	Rive Gauche	Secteur Piette	Visite NV MJ MB FB)	ouest
0022_MBarbaza_P1020145	07/07/2021	Michel Barbaza	Rive Gauche	Secteur Péquart	Vue générale en cours de nettoyage avec topo (VA)	sud
0023_MJarry_GOP R0016	05/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Péquart	Vue générale depuis avec équipe depuis secteur Maury	Nord-ouest
0024_MJarry_GOP R0017	05/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Péquart	Vue générale depuis avec équipe depuis secteur Maury	Nord
0025_MJarry_GOP R0018	05/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	porche	Depuis le secteur Maury	Nord
0026_MJarry_GOP R0019	05/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	porche	Depuis le secteur Maury	Nord
0027_MJarry_GOP R0020	05/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Péquart	Vue générale fouille Péquart avec équipe	Sud
0028_MJarry_GOP R0021	05/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Porche	Depuis RG	Est
0029_MJarry_GOP R0022	05/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Porche	Depuis RG	est
0030_CPallier_IMG_0149	05/07/2021	Céline Pallier	Galerie Principale	Talus Rg	Vue du talus de la terrasse avec notre équipement	sud
0031_CPallier_IMG_0290	07/07/2021	Céline Pallier	Grotte Lucille		/	/

Nom	Date	Auteur	Localisation	Locus	Descriptif	Vue vers...
0032_CPallier_IMG_0294	07/07/2021	Céline Pallier	Grotte Lucille	/	/	
0033_CPallier_IMG_0306	07/07/2021	Céline Pallier	Grotte Lucille	/	/	
0034_CPallier_IMG_0309	07/07/2021	Céline Pallier	Grotte Lucille	/	/	
0035_CPallier_IMG_0463	09/07/2021	Céline Pallier	Rive Gauche	Secteur Péquart	Chaîne d'évacuation des pierres	nord
0036_CPallier_IMG_0465	09/07/2021	Céline Pallier	Abri Baudet	/	Vue générale de l'abri	nord
0037_CPallier_IMG_0470	09/07/2021	Céline Pallier	Abri Baudet	/	Sondage N. Forment 2004 ?	nord
0038_CPallier_IMG_0471	09/07/2021	Céline Pallier	Abri Baudet	/	Sondage N. Forment 2004 ?	nord
0039_CPallier_IMG_0472	09/07/2021	Céline Pallier	Abri Baudet	/	Stratigraphie sondage 2004	nord
0040_CPallier_IMG_0476	09/07/2021	Céline Pallier	Abri Baudet	/	Vue avec sondage ? en premier plan	nord
0041_CPallier_IMG_0479	09/07/2021	Céline Pallier	Abri Baudet	/	Vue abri vers le sud	
0042_CPallier_IMG_0482	09/07/2021	Céline Pallier	Abri Baudet	/	Vue abri vers le nord (SH GD)	nord
0043_CPallier_IMG_0501	09/07/2021	Céline Pallier	Rive Gauche	Secteur Péquart et secteur Maury	Vue générale avec équipe sur secteur Maury	
0044_CPallier_IMG_0514	09/07/2021	Céline Pallier	Rive Gauche	Secteur Maury	Sondage ancien n°1 entier (MO MB LB)	ouest
0045_GDandurand_P1080131	09/07/2021	Grégory Dandurand	Abri Baudet		Vue générale	Sud
0046_GDandurand_P1080137	09/07/2021	Grégory Dandurand	Abri Baudet		Vue générale	nord
0047_MJarry_IMG_20210704_180603	09/07/2021	Marc Jarry	Pont du Diable	Balcon	Visite/cours avec les étudiants	sud
0048_MJarry_IMG_20210705_085224	04/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Péquart	Vue générale au début de la session, traitement spécifique de la coupe ouest avec le confortage des niveaux néolithiques	Ouest
0049_MJarry_IMG_20210706_204157	05/07/2021	Marc Jarry	Gîte	/	Ambiance équipe	/
0050_MJarry_IMG_20210707_151931	06/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Péquart	Equipe au travail sur le palier supérieur du fond de fouille Péquart, vue depuis le secteur Piette.	Nord_est
0051_MJarry_IMG_20210707_154609	07/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Péquart	Prise des points topographiques du secteur Péquart et ceux, maintenant visibles des bordures des secteurs Piette (FB)	Nord-est
0052_MJarry_IMG_20210708_154654	08/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Péquart	Vue générale du secteur Péquart vers la fin de la session, le palier sup de fond de fouille est presque entièrement traité. Traitement en cours du palier moyen.	Sud
0053_MJarry_P1170_277	04/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Péquart	Vue cadrée du secteur en début de session.	Sud
0054_MJarry_P1170_278	04/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Péquart	Vue générale (élargie) du secteur en début de session.	Sud
0055_MJarry_P1170_281	04/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Terrasse extérieure	Goulotte d'évacuation des pierres	Est
0056_MJarry_P1170_289	04/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Terrasse extérieure	Goulotte d'évacuation des pierres	Est
0057_MJarry_P1170_290	04/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Péquart	Début du nettoyage des déchets végétaux	/
0058_MJarry_P1170_391	08/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Piette	Vue de la stabilisation en cours des remblais par des sacs à gravats.	Sud
0059_MJarry_P1170_392	08/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Piette	Vue de l'angle nord est de la tranchée de 1890 retrouvée à l'angle sud_ouest de la fouille Péquart (ici visible à gauche)	Ouest
0060_MJarry_P1170_393	08/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Piette	Vue de l'angle nord-est de la tranchée Piette d'octobre 1889,	

Nom	Date	Auteur	Localisation	Locus	Descriptif	Vue vers...
					dégagée par l'équipe.	
0061_MJarry_P1170 394	08/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Piette	Vue de l'angle nord-est de la tranchée Piette d'octobre 1889.	Nord-est
0062_MJarry_P1170 395	08/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Piette	Vue de l'angle nord-est de la tranchée Piette d'octobre 1889.	nord
0063_MJarry_P1170 396	08/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Piette	Vue de l'angle nord-est de la tranchée Piette d'octobre 1889.	nord
0064_MJarry_P1170 397	08/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Piette Péquart	Vue de l'angle nord-est de la tranchée Piette d'octobre 1889	Sud-ouest
0065_MJarry_P1170 398	08/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Foyer F7	Sud
0066_MJarry_P1170 399	08/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Foyer F7	Sud
0067_MJarry_P1170 400	08/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Foyer F7	Sud
0068_MJarry_P1170 401	08/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Foyer F7	Sud
0069_MJarry_P1170 402	08/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Foyer F7	Sud
0070_MJarry_P1170 403	08/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Foyer F7	Sud
0071_MJarry_P1170 404	08/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Foyer F7	Sud-est
0072_MJarry_P1170 405	08/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Foyer F7	Sud
0073_MJarry_P1170 406	08/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Foyer F7	Sud
0074_MJarry_P1170 407	08/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Foyer F7	Sud
0075_MJarry_P1170 408	08/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Foyer F7	Sud
0076_MJarry_P1170 409	08/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Foyer F7	Sud
0077_MJarry_P1170 410	09/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Déblament / chaîne d'évacuation	Nord-est
0078_MJarry_P1170 411	09/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Déblament / chaîne d'évacuation	Nord-est
0079_MJarry_P1170 413	09/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Sondage ancien n°1	Ouest
0080_MJarry_P1170 414	09/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Sondage ancien n°1 partie est	Ouest
0081_MJarry_P1170 415	09/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Sondage ancien n°1	Sud
0082_MJarry_P1170 416	09/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Sondage ancien n°1	Sud-ouest
0083_MJarry_P1170 417	09/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Sondage ancien n°1 partie est	Zenithale
0084_MJarry_P1170 418	09/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Sondage ancien n°1 partie est	Est
0085_MJarry_P1170 419	09/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Sondage ancien n°1 partie centrale	Zenithale
0086_MJarry_P1170 420	09/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Sondage ancien n°1 partie ouest	Est
0087_MJarry_P1170 421	09/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Sondage ancien n°1 partie ouest	Est
0088_MJarry_P1170 422	09/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Sondage ancien n°1 partie ouest	Est
0089_MJarry_P1170 423	09/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Sondage ancien n°1 partie ouest	Est
0090_MJarry_P1170 424	09/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Maury/Péquart/Piette	Vue générale des secteurs	Ouest
0091_MJarry_P1170 425	09/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Péquart/Piette	Vue générale des secteurs	Sud
0092_MJarry_P1170 426	09/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Péquart/Piette	Vue générale des secteurs	Sud
0093_MJarry_P1170 427	09/07/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Maury/Péquart/Piette	Vue générale des secteurs	Sud
0094_MJarry_P1170 434	06/08/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	/	Visite Asso Propulseur Azilien MJ + SL +	/
0095_MJarry_P1170 435	06/08/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	/	Visite Asso Propulseur Azilien MJ + SL +	/
0096_MJarry_P1170	06/08/2021	Marc Jarry	Rive	Secteur	Vue fond de la fouille / état	sud

Nom	Date	Auteur	Localisation	Locus	Descriptif	Vue vers...
457			Gauche	Péquart		
0097_MJarry_P1170460	06/08/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Péquart	Vue fond de la fouille / état	sud
0098_MJarry_P1170462	06/08/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Maury	Visite (MJ)	/
0099_MJarry_P1170476	06/08/2021	Marc Jarry	Rive Gauche	Secteur Péquart	Vue fond de la fouille / état	sud
0100_JYBigot_DSC09370	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grotte Fage	/	/	/
0101_JYBigot_DSC09391	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grotte Fage	/	/	/
0102_JYBigot_DSC09401	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grotte Fage	/	/	/
0103_JYBigot_DSC09438	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grotte Fage	/	/	/
0104_JYBigot_pano409-410mod	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grotte Fage	/	/	/
0105_JYBigot_DSC09475	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grottes Maury	/	/	/
0106_JYBigot_pano409-410mod	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grottes Maury	/	/	/
0107_JYBigot_DSC09502	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grottes Maury	/	/	/
0108_JYBigot_DSC09525	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grottes Maury	/	/	/
0109_JYBigot_C09552	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grottes Maury	/	/	/
0110_JYBigot_DSC09567	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grottes Maury	/	/	/
0111_JYBigot_DSC09653	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grottes Maury	/	/	/
0112_JYBigot_DSC09691	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grottes Maury	/	/	/
0113_JYBigot_IMG_20210706_160007	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grottes Maury	/	/	/
0114_JYBigot_pano470-471mod	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grottes Maury	/	/	/
0115_JYBigot_pano588-589mod	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grottes Maury	/	/	/
0116_JYBigot_DSC09251	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grotte Peyronnard	/	/	/
0117_JYBigot_DSC09266	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grotte Peyronnard	/	/	/
0118_JYBigot_DSC09275	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grotte Peyronnard	/	/	/
0119_JYBigot_DSC09278	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grotte Peyronnard	/	/	/
0120_JYBigot_DSC09283	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grotte Peyronnard	/	/	/
0121_JYBigot_DSC09314	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grotte Peyronnard	/	/	/
0122_JYBigot_DSC09343	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grotte Peyronnard	/	/	/
0123_JYBigot_DSC09349	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grotte Peyronnard	/	/	/
0124_JYBigot_DSC09351	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grotte Peyronnard	/	/	/
0125_JYBigot_DSC09359	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grotte Peyronnard	/	/	/
0126_JYBigot_pano357-358mod	06/07/2021	Jean-Yves Bigot	Grotte Peyronnard	/	/	/

Nom	Date	Auteur	Localisation	Locus	Descriptif	Vue vers...
0127_JYBigot_DSC00003	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Mandement	XI.3	Plancher stalagmitique (MB)	Nord
0128_JYBigot_DSC09702	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Dewoitine	XI.5	Vue des tas de salpêtriers (MB)	Nord-est
0129_JYBigot_DSC09726	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Dewoitine	XI.5	Vue des tas de salpêtriers (MB)	Sud-est
0130_JYBigot_DSC09732	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Dewoitine	XI.5	Vue des tas de salpêtriers (MB)	Sud-est
0131_JYBigot_DSC09735	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Dewoitine	XI.5	Vue des tas de salpêtriers (MB)	sud
0132_JYBigot_DSC09755	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Dewoitine	XI.5	Vue des tas des salpêtriers (MB)	sud
0133_JYBigot_DSC09758	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Dewoitine	XI.5	Vue des tas des salpêtriers (MB)	sud
0134_JYBigot_DSC09767	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Dewoitine	XI.5	Détail de la base d'un tas de rejet de salpêtriers	/
0135_JYBigot_DSC09772	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Dewoitine	XI.5	Détail de la base d'un tas de rejet de salpêtriers	nord
0136_JYBigot_DSC09776	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Dewoitine	XI.5	Détail de la base d'un tas de rejet de salpêtriers	nord
0137_JYBigot_DSC09792	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Dewoitine	XI.5	Vue des tas des salpêtriers (MB)	Ouest
0138_JYBigot_DSC09801	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Dewoitine	XI.5	Vue des tas des salpêtriers (MB)	Ouest
0139_JYBigot_	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Dewoitine	XI.5	Vue des tas des salpêtriers (MB)	Ouest
0140_JYBigot_DSC09823	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Temple Sup	VIII.1	Vue des tas des salpêtriers (MB)	sud
0141_JYBigot_DSC09835	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Temple Sup	VIII.1	Vue des tas des salpêtriers (MB)	sud
0142_JYBigot_DSC09842	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Temple Sup	VIII.1	Vue des tas des salpêtriers (MB)	sud
0143_JYBigot_DSC09844	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Temple Sup	VIII.1	Vue des tas des salpêtriers (MB)	sud
0144_JYBigot_DSC09852	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Temple Sup	VIII.1	Vue générale du secteur avec tas de rejets de salpêtriers	Sus-ouest
0145_JYBigot_DSC09855	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Conférences	IX.2	Tas de rejet de salpêtriers (MB)	sud
0146_JYBigot_DSC09857	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Conférences	IX.2	Tas de rejet de salpêtriers (MB)	sud
0147_JYBigot_DSC09869	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Mandement	XI.1	Guano irrisé (MB)	/
0148_JYBigot_DSC09871	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Mandement	XI.1	Guano irrisé (MB)	/
0149_JYBigot_DSC09889	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Mandement	XI.1	Plafond (MB)	Sud-ouest
0150_JYBigot_DSC09900	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Mandement	XI.1	Plafond (MB)	Sud-ouest
0151_JYBigot_DSC09990	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Mandement	XI.3	Plancher stalagmitique cassé (MB)	/
0152_JYBigot_DSC09995	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Mandement	XI.3	Plancher stalagmitique cassé (MB)	/
0153_JYBigot_pano720-722mod	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Dewoitine	XI.5	Panoramique sur les tas de rejets de salpêtriers (MB)	Nord-est
0154_JYBigot_pano733-734mod	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Dewoitine	XI.5	Panoramique sur les tas de rejets de salpêtriers (MB)	Sud-est
0155_JYBigot_pano744-745mod	07/07/2021	Jean-Yves Bigot	Dewoitine	XI.5	Panoramique sur les tas de rejets de salpêtriers (MB)	Sud-est
0156_MDelmas_DSC_0409	02/09/2021	Magali Delmas	Porche sud	prade	Présentation de nos travaux par Céline Pallier à l'excursion AFQ	/

Inventaire des prélèvements

Cette année, seuls des petits prélèvements pour analyses XRF ont été prélevés (position topographiée au théodolite) au sein des coupes du secteur Péquart (cf. résultats *in* partie « Action 2-D »)

Numéro échantillon	Secteur / sondage / coupe	US/couche	détail	matériau	Observation
MAS2020XRF-01NO	Rive Gauche	Coupe NO	Point saisi topo	sédiment	Analysé au laboratoire GEODE 10/07/2021
MAS2020XRF-02NO	Rive Gauche	Coupe NO	Point saisi topo	sédiment	Analysé au laboratoire GEODE 10/07/2021
MAS2020XRF-03NO	Rive Gauche	Coupe NO	Point saisi topo	sédiment	Analysé au laboratoire GEODE 10/07/2021
MAS2020XRF-04NO	Rive Gauche	Coupe NO	Point saisi topo	sédiment	Analysé au laboratoire GEODE 10/07/2021
MAS2020XRF-05NO	Rive Gauche	Coupe NO	Point saisi topo	sédiment	Analysé au laboratoire GEODE 10/07/2021
MAS2020XRF-06NO	Rive Gauche	Coupe NO	Point saisi topo	sédiment	Analysé au laboratoire GEODE 10/07/2021
MAS2020XRF-07NO	Rive Gauche	Coupe NO	Point saisi topo	sédiment	Analysé au laboratoire GEODE 10/07/2021
MAS2020XRF-08NO	Rive Gauche	Coupe NO	Point saisi topo	sédiment	Analysé au laboratoire GEODE 10/07/2021
MAS2020XRF-09NO	Rive Gauche	Coupe NO	Point saisi topo	sédiment	Analysé au laboratoire GEODE 10/07/2021
MAS2020XRF-10SE	Rive Gauche	Coupe SE	Point saisi topo	sédiment	Analysé au laboratoire GEODE 10/07/2021
MAS2020XRF-11SE	Rive Gauche	Coupe SE	Point saisi topo	sédiment	Analysé au laboratoire GEODE 10/07/2021
MAS2020XRF-12SE	Rive Gauche	Coupe SE	Point saisi topo	sédiment	Analysé au laboratoire GEODE 10/07/2021
MAS2020XRF-13SE	Rive Gauche	Coupe SE	Point saisi topo	sédiment	Analysé au laboratoire GEODE 10/07/2021
MAS2020XRF-14SE	Rive Gauche	Coupe SE	Point saisi topo	sédiment	Analysé au laboratoire GEODE 10/07/2021
MAS2020XRF-15SE	Rive Gauche	Coupe SE	Point saisi topo	sédiment	Analysé au laboratoire GEODE 10/07/2021
MAS2020XRF-16SE	Rive Gauche	Coupe SE	Point saisi topo	Sédiment	Analysé au laboratoire GEODE 10/07/2021
MAS2020XRF-17SE	Rive Gauche	Coupe SE	Point saisi topo	Sédiment	Analysé au laboratoire GEODE 10/07/2021

Inventaire des conditionnements et de la documentation écrite

Il est prévu de fournir, à l'issue des opérations archéologiques réalisées dans le cadre de ce programme, un inventaire raisonné des conditionnements conforme aux normes de la base B.E.R.N.A.R.D. en vigueur en Midi-Pyrénées/Occitanie.

Pour l'instant, nous proposons des inventaires de mobiliers intermédiaires qui nécessiteront des réajustements et compléments au fur et à mesure de l'avancement des travaux et des études.

L'inventaire de la documentation écrite et surtout du conditionnement qui ne peut être pour l'instant que provisoire, sera livré à l'issue de nos travaux.

Inventaire général du mobilier prélevé lors des nettoyages des secteurs du cantonnement Maury et de la fouille Péquart en Rive Gauche :

N° de Bac	ID	Année	Loca 1	Loca 2	Loca 3	Contexte	Lot/Unité	Type	Nb	L	l	e	p	Det	Obs
9	#220	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Charbons	0	nc	nc	nc	15	lot de charbons	
9	#221	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	verre	12	nc	nc	nc	nc	fragments de bouteille Xxe	
9	#222	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	verre	41	nc	nc	nc	nc	fragments de bouteille Xxe	Saint-Emilion
9	#223	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	liège	1	nc	nc	nc	nc	bouchon de liège	
9	#224	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faïence	6	nc	nc	nc	nc	vaisselle Xxe	
9	#225	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Céramique	2	nc	nc	nc	nc	Tournée	
9	#226	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Métal	30	nc	nc	nc	nc	clou fouille Altéirac	
9	#227	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Malacofaune	8	nc	nc	nc	nc	escargot	
9	#228	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Microfaune	6	nc	nc	nc	nc	à déterminer ?	
9	#229	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Malacofaune	1	nc	nc	nc	nc	fragment de dentale	
9	#230	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	papier	2	nc	nc	nc	nc	fragments de journaux	
9	#231	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Céramique	3	nc	nc	nc	nc	Modelée	Néolithique à revoir
9	#232	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	TCA	1	nc	nc	nc	nc	brique historique (antique ?)	
9	#233	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Céramique	1	nc	nc	nc	nc	Tournée	Historique
9	#234	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Lithique	1	129	65	17	nc	schiste	Hache polie Néo
9	#235	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Lithique	3	nc	nc	nc	nc	schiste/quartzite	éclats divers
9	#236	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Lithique	1	102	64	62	nc	silex	nucléus
9	#237	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Lithique	1	30	30	27	nc	silex	nucléus
9	#238	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Lithique	1	32	25	20	nc	silex	nucléus
9	#239	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Lithique	1	23	20	14	nc	silex	nucléus
9	#240	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Lithique	1	32	22	15	nc	silex	nucléus
9	#241	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Lithique	1	27	21	15	nc	silex	nucléus
9	#242	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Lithique	1	27	22	20	nc	silex	nucléus
9	#243	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Lithique	1	42	33	24	nc	silex	nucléus
9	#244	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Lithique	1	54	42	22	nc	silex	nucléus
9	#245	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Lithique	1	53	38	27	nc	silex	nucléus
9	#246	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Lithique	1	36	32	28	nc	silex	nucléus
9	#247	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Lithique	1	36	33	27	nc	silex	nucléus
9	#248	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Lithique	1	30	18	14	nc	silex	nucléus

9	#249	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Lithique	1	35	20	17	nc	silex	nucléus
9	#250	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Lithique	1	30	27	15	nc	silex	nucléus
9	#251	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Lithique	1	25	25	20	nc	silex	nucléus
9	#252	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Lithique	1	23	20	15	nc	silex	nucléus
9	#253	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	unité	Lithique	1	12	19	5	nc	silex	outil
9	#255	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	unité	Lithique	1	21	18	9	nc	silex	outil
9	#256	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	unité	Lithique	1	48	13	10	nc	silex	armature
9	#257	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	unité	Lithique	1	25	13	9	nc	silex	outil
9	#258	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Lithique	80	nc	nc	nc	nc	silex	débris cassons
9	#259	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Lithique	100	nc	nc	nc	nc	silex	éclats divers
9	#260	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Lithique	26	nc	nc	nc	nc	silex	lames lamelles diverses
9	#261	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	unité	Lithique	1	35	22	4	nc	silex	outil
9	#262	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	unité	Lithique	1	17	4	2	nc	silex	armature
9	#263	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	unité	Lithique	1	25	10	3	nc	silex	armature
9	#264	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	unité	Lithique	1	14	8	2	nc	silex	armature
9	#265	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	unité	Lithique	1	25	16	6	nc	silex	outil
9	#267	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	unité	Lithique	1	15	11	3	nc	silex	outil
9	#268	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	unité	Lithique	1	24	16	21	nc	silex	outil
9	#269	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faune	50	nc	nc	nc	nc	fragments diaphyses	
9	#270	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faune	50	nc	nc	nc	nc	fragments diaphyses	
9	#271	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faune	50	nc	nc	nc	nc	fragments diaphyses	
9	#272	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faune	50	nc	nc	nc	nc	fragments diaphyses	
9	#273	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faune	50	nc	nc	nc	nc	fragments diaphyses	
9	#35	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faune	50	nc	nc	nc	nc	fragments diaphyses	
9	#275	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faune	50	nc	nc	nc	nc	fragments diaphyses	
9	#276	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Lithique	1	21	19	7	nc	silex	outil
9	#277	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faune	100	nc	nc	nc	nc	fragments diaphyses	
9	#278	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faune	179	nc	nc	nc	nc	fragments diaphyses	
9	#279	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faune	252	nc	nc	nc	nc	esquilles osseuses	
9	#280	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faune	59	nc	nc	nc	nc	os plats	
9	#281	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faune	109	nc	nc	nc	nc	os divers	os avec marques
9	#282	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faune	73	nc	nc	nc	nc	dents	
9	#283	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Céramique	5	nc	nc	nc	nc	Modelée	Néolithique Protohistoire
9	#284	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faune	50	nc	nc	nc	nc	Epiphyses	
9	#285	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faune	50	nc	nc	nc	nc	Epiphyses	
9	#286	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faune	75	nc	nc	nc	nc	Epiphyses	
9	#287	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faune	10	nc	nc	nc	nc	phalanges ?	
9	#288	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faune	39	nc	nc	nc	nc	divers déterminables	
9	#289	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faune	56	nc	nc	nc	nc	divers brûlé	
9	#290	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faune	61	nc	nc	nc	nc	divers noirci	
9	#291	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Céramique	5	nc	nc	nc	nc	Tournée	Médiéval
9	#348	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Céramique	12	nc	nc	nc	nc	Tournée	Médiéval
9	#354	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Céramique	4	nc	nc	nc	nc	Tournée	Moderne

9	#359	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Céramique	6	nc	nc	nc	nc	Modelée	Néolithique Protohistoire
9	#327	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Lot	Faune	9	nc	nc	nc	nc	Os ocrés	
9	#328	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Lithique	1	nc	nc	nc	nc	Macro outillage	Néolithique à revoir
10	#292	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Plaquette grès	1	nc	nc	nc	nc		
10	#293	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Plaquette grès	1	nc	nc	nc	nc		
10	#294	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Plaquette grès	1	nc	nc	nc	nc		
10	#295	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Plaquette grès	1	nc	nc	nc	nc		
10	#296	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Plaquette grès	1	nc	nc	nc	nc		
10	#297	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Plaquette grès	1	nc	nc	nc	nc		
10	#298	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Plaquette grès	1	nc	nc	nc	nc		
10	#299	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Plaquette grès	1	nc	nc	nc	nc		
10	#300	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Plaquette grès	1	nc	nc	nc	nc		
10	#301	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Plaquette grès	1	nc	nc	nc	nc		
10	#302	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Plaquette grès	1	nc	nc	nc	nc		
10	#303	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Plaquette grès	1	nc	nc	nc	nc		
10	#304	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Plaquette grès	1	nc	nc	nc	nc		
10	#305	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Plaquette grès	1	nc	nc	nc	nc		
10	#306	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Plaquette grès	1	nc	nc	nc	nc		
10	#307	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Plaquette grès	1	nc	nc	nc	nc		
10	#318	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Bloc Limon	1	nc	nc	nc	nc	bloc de limon fouille Péquart	
10	#371	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Galet maculé	1	88	42	22		Galet maculé	
10	#375	2021	Rive Gauche	Fouille Péquart	déblais fond de fouille	nettoyage	Unité	Galet maculé	1	83	53	13		Galet maculé	

Archives d'une grotte

Des archives paléoenvironnementales et archéologiques

paléolithiques aux archives de fouilles (grotte du Mas d'Azil, Ariège)

Programme collectif de recherches 2018-2020

Rapport d'activité pour l'année 2020



Chronologie :

Paléolithique supérieur

Mésolithique

Néolithique

Programme :

P5

Sujet et thème :

Grotte

Mobilier

Lithique, faune,

Autre (blocs, coquilles...)

À l'issue de l'historique des recherches antérieures réalisées dans cette cavité prestigieuse et des premiers résultats réalisés ponctuellement, lors d'opérations d'archéologie préventive, il nous est apparu comme une évidence que l'immense réseau de galeries de la grotte du Mas d'Azil, mais aussi le massif dans son ensemble, n'avaient pas encore livré tous leurs secrets. En partant du constat une opération de prospection thématique puis ce programme collectif de recherche proposent de pouvoir disposer, à terme :

- d'une cartographie générale de la grotte et de ses remplissages ;
- comprendre l'histoire et caler chronologiquement les étapes de sa formation puis de son évolution ;
- évaluer le potentiel des niveaux archéologiques encore présents dans le monument.

Ces objectifs ont été déclinés en trois axes de recherche, eux-mêmes décomposés en actions.

La réflexion et le croisement des données que propose ce programme, devraient aboutir, si les recherches continuent à être aussi fructueuses, à un renouvellement conséquent de notre vision de cette célèbre grotte.

Inrap
Institut national
de recherches
archéologiques
préventives

Inrap

UNIVERSITÉ TOULOUSE
Jean Jaurès



Contact :

Marc Jarry
Centre archéologique
Midi-Pyrénées Sud,
13 rue du négoce, 31650 Saint-Orens
de Gameville

marc.jarry@inrap.fr



www.grottesarcheologies.com