

RAPPORT de FOUILLE PROGRAMMEE ANNUELLE 2020
GROTTE DU MAS DES CAVES N°1 (ou I), LUNEL-VIEL (HERAULT)

« Hommes et Environnements au Pléistocène Moyen »



Vue générale 3D du Secteur 5 (Photogrammétrie/orhtomosaique L.Pascal) © 2020

Jean-Philip Brugal

Avec par ordre alphabétique des contributions de G. André, J.J. Bahain, L. Bruxelles, Y. Dauphin, B. Derville, C. Lahaye, C. Falguères, P. Fosse, J.B. Fourvel, M. Girard, C. Giuliani, J.L. Guadelli, J.L. Poidevin, P. Magniez, C. Mathias, N. Frerebeau, V. Ollivier, L. Pascal, J.L. Paquette, N. & U. Thouveny, O. Tombret, T de T. Pérez-Hildago, N. Sirdeys, C. Viallet, T. Vergoz, A. Uzunidis,



Opération 2020
Titulaire J.-Ph. Brugal
Programme P2

Localisation du site

Nom du site : *Mas des Caves, grotte n°1*
Commune : *Lunel-Viel*
Département : *Hérault*
Lieu-dit : *Mas des Caves*
Coordonnées GPS : *43°41'01.55'' N – 4°04'48.6'' E*
Cadastre : *B 475 et B 208*
Code opération : *111639*

Opération archéologique

Autorisation 2020
Nature : *opération de fouille programmée annuelle*
Titulaire : *Jean-Philip Brugal*
Co-responsables : *Jean-Baptiste Fourvel*
Organisme de rattachement : *Chercheur UMR 7269 LAMPEA*
Propriétaire du terrain : *B475 : C. & M.C. Simouneau ; B208 : Etat/SRA DRAC*
Surface estimée du site : *env. 250 m²*
Date de l'intervention : *Septembre 2020*

Résultats scientifiques 2020

L'opération de terrain 2020 s'est déroulée au du 1-29 Septembre 2020, plus deux journées dédiées (21 et 24 Octobre) avec des spécialistes (sédimentologie ; paléomagnétisme). Plusieurs secteurs et zones de fouilles étaient concernés : le secteur 5 (coté Est), la Bande P, la zone R-Q 20-21 et un test dans la tranchée M. de Serres. Ils ont tous livré un matériel abondant et assez différencié : des ossements entier ou plus fragmentés, mais aussi de nombreux charbons et coprolithes, enfin un petit stock d'artefacts lithiques. De nombreux taxons ont été retrouvés, notamment un vestige de Proboscidiens (une rotule), taxon particulièrement rare dans le remplissage (signalé par M. de Serres -MdS - et rien lors des fouilles E. Bonifay -EB). Plusieurs études ont été initiées sur l'ensemble du site et du matériel, en particulier sur les faunes (paléontologie, taphonomie, mais aussi sur les flores, et le contexte géologique *s.l.* et pour des analyses radiométriques (datages). Les relevés stratigraphiques et photogrammétriques ont été poursuivis ou complétés. L'équipe scientifique s'est grandement agrandie, et des sujets diplômants ont vu le jour.

Couplées avec ces opérations, des missions sur les collections EB, conservées au MNP (Les Eyzies) se sont déroulées, ainsi que des interventions ponctuelles en labo (Lampea, ex. palynologie sur coprolithes) ; certaines programmées n'ont pas pu se tenir / Covid oblige). Enfin, la récupération de documents d'EB, grâce à M.F. Bonifay, nous permet de fournir des informations inédites (ex. palynologie).

Remerciements

Aux membres du SRA Occitanie qui nous ont grandement facilités la tâche sur certains points administratifs, et de leurs conseils lors des visites effectuées. Aux membres de l'UMR 7269 pour leur soutien et intervention, chercheurs ou étudiants, et enfin à C. Fritz, resp. de l'équipe scientifique de la grotte Chauvet, de nous avoir, pour la seconde année, mis à notre disposition leur éclairage Led particulièrement performant et apprécié.

SOMMAIRE

Localisation, Résultats 2020, Remerciements
Equipe Scientifique
Terrain, Formations universitaires en cours

- Bilan : contexte et travaux antérieurs
- Problématique et Objectifs scientifiques
- Campagne 2020
- Photogrammétrie des sols des coupes – *L. Pascal*

GEOLOGIE

- Mas des Caves – Contextes géologique, géomorphologique et karstique - *L. Bruxelles*
- Perspectives de reconstitution des dynamiques morphosédimentaires du site du Mas des Caves (Lunel Viel). Phase 1 : premiers tests par analyses élémentaire (pXRF) et spectrocolorimétrie afin d'identification des sources et dynamiques sédimentaires des séquences de la cavité - *V. Ollivier, N. Sirdeys*
- Mesures des propriétés magnétiques des dépôts de la grotte du Mas des Caves, Lunel-Viel
Méthodes, résultats et interprétations - *N. Thouveny, J.P. Brugal, U. Thouveny*
- Cadrage stratigraphique : premier essai & « images » – *J.P. Brugal, G. André, C. Giuliani*

DATATIONS (Géochronologie)

- Datation de dents d'herbivores par les méthodes de la résonance de spin électronique et du déséquilibre dans les familles de l'uranium combinées (ESR/U-Th) - *C. Falguères, J.J. Bahain, O. Tombret*
- Résultats préliminaires sur les prélèvements pour datage OSL, de Lunel-Viel I - *C. Lahaye, B. Lebrun, N. Frerebeau*
- Approche chronologique du remplissage sédimentaire de la Grotte du Mas des caves de Lunel-Viel par la méthode U/Pb sur zircons détritiques - *J.L. Poidevin, J.L. Paquette*
- Amino Acid Racemization (AAR): Test on Equid teeth from Lunel-Viel I (Hérault) – *T. de Torres Pérez-Hildago*

ARCHEOLOGIE

- Le matériel lithique taillé issu de la campagne de fouilles 2020 – *C. Mathias*
- Premières observations taphonomiques du matériel lithique – *C. Viallet*

FAUNE

- Analyse de la base de données issue des fouilles d'E. Bonifay : premiers résultats et perspectives - *C. Giuliani, J.P. Brugal*
- Les Carnivores de la grotte de Lunel-Viel I (campagne 2020) : données paléontologiques et taphonomiques - *P. Fosse, J.B. Fourvel*
- Etude du matériel équin mis à jour lors de l'opération 2020 dans la grotte 1 du Mas des Caves à Lunel-Viel (Hérault, France) - *B. Derville, A. Uzunidis*
- Analyse de l'usure dentaire des cervidés de Lunel-Viel - *A. Uzunidis*
- Les séries mandibulaires de cervidés du Mas des Caves (Lunel-Viel I, Hérault) – *P. Magniez, C. Giuliani*
- Étude de la portion pétreuse de temporal droit (LVI-2020, G13-450) – *J.L. Guadelli*

FLORE (inclus Coprolithes)

- Palynologie 1975 - (*JPB, M. Girard*)
- Des coprolithes : analyses programmées - *J.P. Brugal*
- Structure et composition des coprolithes de hyènes : étude préliminaire – *Y. Dauphin, J.P. Brugal*

CONCLUSIONS & PERSPECTIVES

Equipe Scientifique (*= LAMPEA, Aix-en-Provence)

Equipe constituée de 31 membres, la plupart statutaire (et 2 doctorantes), et relevant de plusieurs domaines et disciplines scientifiques (paléontologie – animale et végétale -, archéologie, taphonomie, géologie, géochronologie, cartographie, photographie...).

*Jean-Philip Brugal, DR CNRS, UMR 7269 LAMPEA, paléontologie des grands mammifères,

*Philippe Fosse, CR CNRS, UMR 7269 LAMPEA, paléontologie/taphonomie des carnivores

*Jean-Baptiste Fourvel CNRS, UMR 7269 LAMPEA, paléontologie des carnivores

*Pierre Magniez, MCF AMU, UMR 7269 LAMPEA, paléontologie des cervidés

*Antigone Uzunidis, Post-doc, UMR 7269 LAMPEA, paléontologie des équidés, micro-usure

*Carla Giuliani, doctorante AMU, UMR 7269 LAMPEA, spatialisation/taphonomie

*Guy André, IE CNRS, UMR 7269 LAMPEA, tachéomètre/cartographie

*Vincent Ollivier, IR CNRS, UMR 7269 LAMPEA, géologie/sédimentologie

*Naïs Sirdeys, doctorante sédimentologie, UMR 7269 & CEREGE

*Leo Pascal, associé UMR 7269 LAMPEA, photogrammétrie

*Barthelemy Derville, associé UMR 7269 LAMPEA, paléontologie des équidés

Jean-Luc Guadelli, DR CNRS, PACEA Bordeaux, paléontologie- expert os pétreux

*Suzane Leroy, associé UMR 7269 LAMPEA, palynologie de coprolithes

Doris Barboni, CR CNRS, CEREGE, phytolites/palynologie des sédiments

Yannicke Dauphin, associé UMR 7205, ISYEB, MNHN, Paris, chimie des coprolithes

Isabelle Thery, DR CNRS, CEPAM Nice, anthracologie et isotope sur charbons

Laurent Bruxelles, INRAP-détaché CNRS, TRACES Toulouse, géologie/karstologie

Christelle Lahaye, PR Univ. Bx-Montaigne, IRAMAT Bordeaux, datations OSL

Nicolas Frerebeau, associé IRAMAT, Bordeaux, statisticien

Christophe Falguères, DR CNRS, HNHP (IPH) Paris, datations ESR-U/Th

Jean-Jacques Bahain, PR, HNHP (IPH) Paris, datations ESR-U/Th

Olivier Tombret, HNHP (IPH) Paris, datations ESR-U/Th

Trinidad de Torres Pérez-Hildago, E.T.S.I. de Minas et Energia, Madrid, racémisation

Regis Braucher, CNRS, CEREGE Aix-en-Provence, datations Be/Al

Nicolas Thouveny, PR, CEREGE Aix-en-Provence, archéo-paléo-magnétisme

Jean-Louis Poidevin, ex-MCF Lab., (LMV), Univ. Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, datation zircon

Jean-Louis Paquette, CNRS, labo Magmas et Volcans (LMV), Univ. Blaise Pascal, Clermont-Ferrand

Cyrielle Mathias, Post-doc, HNHP Paris-Tautavel, technologie/gitologie lithique

Cyril Viallet, Post-doc, HNHP Paris-Tautavel, technologie/taphonomie lithique

*Marina Igreja, chercheur Min. Culture, Lab. Arqueociências Lisboa, tracéologie lithique

Nota : Cette liste est non exhaustive et nous aimerions à l'avenir faire intervenir d'autres spécialistes, comme par exemple sur les recherches et analyses de cryptotéphras, les microvertébrés, microstructure histologique, paléogénétique, paléoparasitologie...

Campagne/Terrain 2020

- du 1 au 28 Septembre
- 21 Octobre (V. Ollivier*, N. Sirdeys (doct.))
- 24 Octobre (N. & U. Thouveny)

Missions Mus. Nat. Préhistoire, Les Eyzies

- 10-16 Janvier & 13-17 Juillet: mission MNP, Les Eyzies, JPB
- prévue mais reportée/Covid : 22-29 Novembre : mission MNP, CG, PM, JPB
- 16-18 Décembre : mission MNP, Les Eyzies, JPB
- programmée en 2021, deuxième quinzaine Janvier : CG, JPB ; CM ; CV

Visite (par ordre alphabétique)

- J.P. Bracco accompagné des doct. B. Longet, O. Laroche et un M2 O. Chapuis, LAMPEA, Aix-en-Provence
- R. Corbineau, Institut Arkaia, MMSH, Aix-en-Provence
- G. Escalon, INRAP, Nîmes
- A. Filloux, post-doc, Tautavel
- P. Galant, SRA Montpellier
- S. Madelaine, conservateur MNP, Les Eyzies
- P. Magniez*, MCF Aix-Marseille Université, LAMPEA
- C. Montoya, Conservateur SRA Occitanie, Montpellier
- R. Panattoni, IR CNRS (retraité), technicien durant les campagnes d'E. Bonifay
- T. Vergoz, journaliste-photographe indépendant

Fouilleurs/Chercheurs de la Campagne LV 2020 (par ordre alphabétique)

G. André*, J. Banaberra (Master Montpellier), C. Campredon (Master Montpellier), B. Derville*, N. Frerebeau*, J.B. Fourvel*, P. Fosse*, C. Franch (M2 Lampea), C. Giuliani* (doct. Lampea), T. Ibrahim-Hassan (doct. Lampea), L. Pascal*, A. Uzunidis*

Interventions sur le terrain

L. Bruxelles*, C. Mathias*, J.L. Poidevin*, V. Ollivier*, N. & U. Thouveny*, C. Viallet*

* Membres de l'Equipe scientifique (voir liste)

3 Formations universitaires en cours (2020-2021)

- Carla Giuliani, 1^{er} année de Doctorat (thèse financée par ED 355 'Espaces, Cultures, Sociétés') sur le sujet « *Paléoécologie des populations humaines nord-méditerranéennes au Paléolithique inférieur et moyen : analyses multi-proxies des ensembles fauniques et implications paléontologiques* », dans lequel figure en bonne place les collections du Mas des Caves (avec retour sur les anciennes collections au MNP), AMU
- Océane Morand, Master I 2020-2021, en Néotaphonomie, sur les faunes modernes recueillies sur le sol de la grotte pendant la campagne 2019, AMU
- Adrien Wales, Master I 2020-2021, inventaire de la collection M. de Serres conservée à Montpellier, co-dir avec J.F. Terral, V. Girard, A. Uzunidis, et J.P. Brugal, USTL Montpellier

Bilan : contexte et travaux antérieurs

Jean-Philip Brugal

I - Historique des découvertes

La grotte du Mas des Caves n°1 à Lunel-Viel ('Lunel-Viel 1') a été découverte en 1800 (dans une carrière exploitant la molasse miocène locale) puis fouillée par Marcel de Serres de 1824 à 1827 (publication : monographie en 1828 et 1839, en collaboration avec MM. Dubreuil et Jeanjean) (a). Elle tombe complètement dans l'oubli jusqu'en 1962 et c'est Eugène Bonifay qui reprend des recherches dans la galerie (b), ce qui lui permit en 1971 la découverte de la doline ('Lunel-Viel 5') et de la grotte n°4 ('Lunel-Viel 4'). Deux autres petites grottes ('Lunel-Viel 2 et 3') avaient été prospectées par Marcel de Serres. Les grottes du Mas des Caves représentent donc un complexe de sites ; la grotte n°4 reste à ce jour intacte car non fouillée par E. Bonifay (mais ramassage de surface). Plusieurs études ont été publiées, souvent suite à des travaux universitaires (thèses) à la fois sur la séquence sédimentaire et les vestiges anthropiques (en particulier par E. Bonifay, Y. Legrand), sur la paléontologie des mammifères (en particulier M.F. Bonifay, C. Mourer-Chauviré, M. Jeannet, J.P. Brugal, A. Uzunidis, etc.) et la taphonomie des assemblages osseux (C. Diez, P. Fosse). Les paragraphes suivant dressent un bref résumé des résultats à partir de ces travaux.

(a) en partie conservés dans les collections de la Faculté des Sciences de Montpellier ; (b) matériel conservé au Musée National de Préhistoire des Eyzies-de-Tayac

II – Bilan des Travaux antérieurs d'E. Bonifay

*Le creusement des réseaux karstiques de la région de Lunel-Viel résulte de la régression messinienne ; les parois de la grotte portent des traces d'érosion « en coup de gouge » caractéristiques d'un écoulement turbulent. Ce très important réseau est creusé dans les molasses marines du Miocène (faciès peu profond de sables et vases, très riches en nodules d'algues calcaires, débris de coquilles, dents de requin), très probablement au contact avec le substratum mésozoïque.

*Le réseau karstique du Mas des Caves avait probablement, à l'origine, plusieurs kilomètres de longueur. La partie connue actuellement s'étend sur environ 300 m, orientée N.NE-S.SW

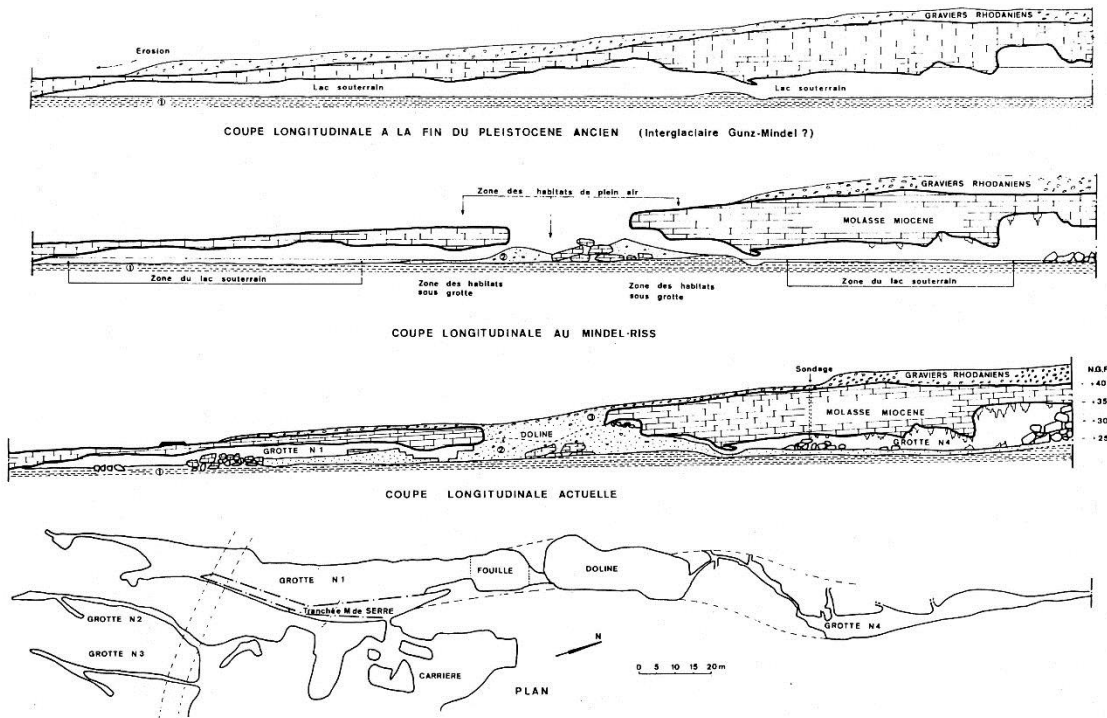
*Plusieurs remplissages se sont succédés, qui ont plus ou moins complètement colmatés la galerie karstique ; des témoins de remplissages anciens (Pliocène, Pléistocène ancien ?) seraient visibles dans la grotte n°4

*Au Pléistocène moyen, la galerie est entièrement fermée aux deux extrémités ; elle est entièrement noyée, marquée par un dépôt d'une puissante série (plusieurs mètres) d'argiles sableuses rouges

*Durant le grand interglaciaire de la fin du Pléistocène moyen (« Mindel-Riss »), une partie du toit de la grotte s'effondre, sur une cinquantaine de mètres de longueur, donnant naissance à la « doline » et à deux grottes pénétrables : la grotte n°1 au sud et la grotte n°4 au nord

*Dès l'effondrement de la doline, tout l'ensemble grottes-doline est fréquenté par les hommes et les animaux. La sédimentation reprend et apporte des sables et des graviers dans toutes les cavités. La grotte n°1, la seule ayant fait l'objet de fouilles, est en alternance habitée par les Hommes du Paléolithique ancien et sert de repaire d'hyènes lorsque les Hommes sont absents du site. Un lac souterrain ennoie une grande partie de la grotte 1.

* au début du 'Rissien', les entrées des grottes 1 et 4 sont colmatées par les sédiments. La doline (dépression fermée) accumule des dépôts sablo-graveleux du Pléistocène supérieur (épaisseur : 7 à 8 m). Un paléosol rouge sépare le dépôt (épaisseur : 1,5 m) pouvant correspondre au dernier interglaciaire.



Plan et coupe longitudinale des grottes n° 1 et n° 4. La grotte n° 1 est connue depuis le début du XIX^e s. La grotte n° 4 a été découverte en 1971, après une longue étude géologique, étayée par des sondages, et le creusement d'une galerie d'accès. Entre les grottes n° 1 et n° 4 se trouve la « doline », ouverture créée par l'effondrement d'une partie de la voûte de la grotte initiale. La grotte n° 1, la « doline » et la grotte n° 4 ont été habitées par les hommes préhistoriques pendant l'interglaciaire Mindel-Riss, il y a environ 500 000 ans. La longueur totale de cet ensemble est de près de 400 m.

Doc. E. Bonifay

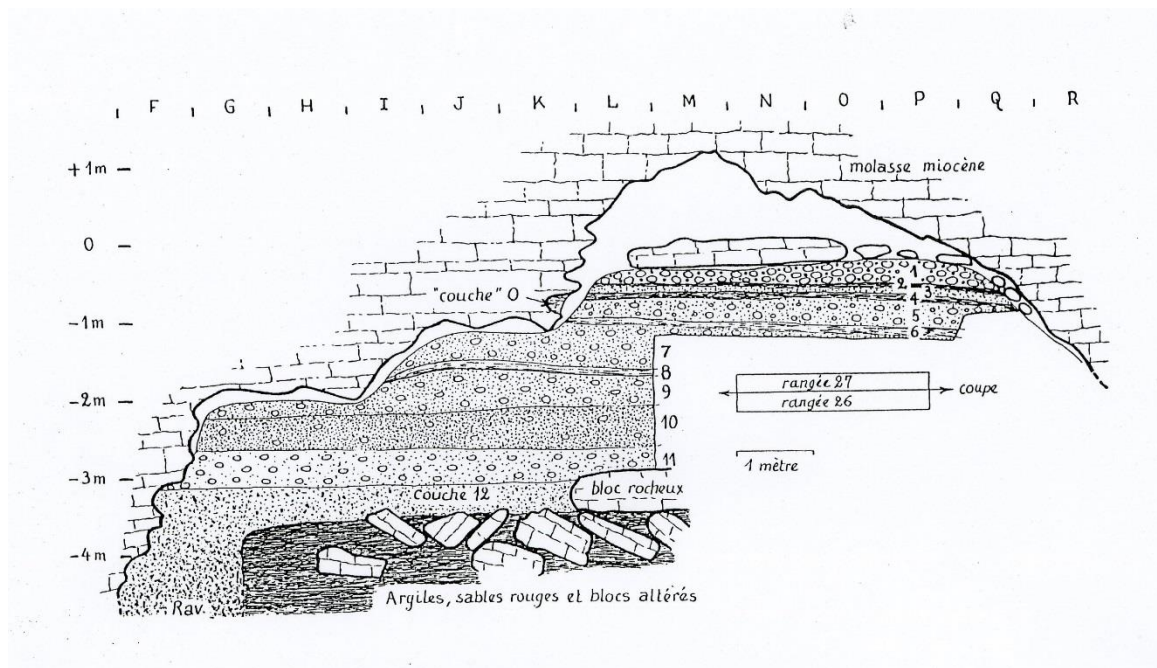
III - Contexte Stratigraphique et Sédimentaire (grotte n°1)

Le remplissage de la grotte n°1 est très puissant (estimé à une dizaine de mètres), mais seule la partie supérieure est connue. On y voit, de la base vers le sommet :

- des argiles rouges, sableuses, plus ou moins litées (visibles sur 2 à 3 m). Stériles (dépôt probable dans un lac souterrain qui occupait l'ensemble du réseau karstique, après la phase de creusement en conduite forcée). Origine des sédiments argileux rouges : altérites de plein air reprises par le ruissellement et infiltrées dans le réseau karstique depuis une entrée située au nord.

- par endroits, le sommet des argiles rouges est remanié par le ruissellement qui pénètre dans la grotte depuis le porche, au nord. Ce niveau peut être très fossilifère (faunes de mammifères),

- au-dessus, on trouve une série, épaisse de 2 à 3 m, de limons, sables et graviers de couleur générale jaune-rougeâtre, qui contient les niveaux, probablement en alternance, d'occupation humaine (avec faune et industrie lithique) et de repaires d'hyènes. Dans l'ensemble, cette série est très meuble et très perméable. Elle a son origine exclusivement dans les apports, par le ruissellement, provenant de l'érosion. Cette série a été subdivisée en une douzaine de couches (ou plutôt de niveaux) en fonction de la granulométrie et des changements de couleur, niveaux qui sont discontinus, lenticulaires et parfois difficiles à suivre sur de grandes surfaces. La série supérieure a été ravinée sur la bordure est de la grotte sur plus de 50 m de longueur (chenal de ravinement profond de 1,5 à 2 m). D'une façon générale, la séquence semble plus riche en repaires d'hyènes vers sa base, tandis que les occupations humaines sont plus fréquentes vers le sommet (évolution du milieu karstique très humide au début de la sédimentation -extension maximale du lac souterrain-, plus sèches au sommet).



Doc. E. Bonifay : les niveaux sont composés de cailloutis, sables, argiles sableuses, limons et argiles

IV - Éléments de Chronologie

La stratigraphie, la paléoclimatologie et les faunes fossiles ont permis d'établir une chronologie du remplissage de la grotte 1 et de la doline.

La doline présente une succession comprenant, depuis le haut vers le bas : un sol récent qui affecte des épandages de galets remaniant les alluvions rhodaniennes, des sables, limons et graviers würmiens (cryoturbations), un puissant sol rouge interglaciaire, typique des paléols du dernier interglaciaire de cette région, des sables, limons et graviers anté-würmiens, et enfin le remplissage archéologique, en continuité avec les séries fossilifères des grottes 1 et 4.

Les sédiments de l'ensemble archéologique évoquent un dépôt sous climat tempéré, probablement humide (importance du ruissellement). Enfin, la faune, également tempérée, contient des taxons caractéristiques de la fin du Pléistocène moyen/tout début du Pléistocène supérieur (sensu E. Bonifay, F. Bordes...).

Aucune datation directe (isotopique) n'a été possible jusqu'ici. Les datations sont donc indirectes et reposent sur la stratigraphie, la flore (abondance des graines de *Celtis*), la faune et la climatologie. Les estimations chronologiques restent variables et imprécises, avec une fourchette large de 300 000 à 500 000 ans.

V - Paléobiologie

Plusieurs dizaine de milliers d'objets ont été recueillis lors des anciennes fouilles (ossements, industrie lithique), la plupart coordonné et relevé sur plan (à ce propos aucune étude spatiale de ce matériel n'a été faite, à l'exception de l'industrie lithique). Les restes fauniques constituent la majeure partie des vestiges. Les ossements trouvés dans les grottes 1 et 4 (prélèvement réduit en surface dans la grotte 4) sont généralement dans un excellent état de conservation. Les os entiers, crânes, mandibules sont relativement abondants, le squelette axial est moins bien représenté. Il faut noter l'abondance des coprolithes d'hyène dans les deux grottes. Des « nids d'hyène » ont été trouvés, bien localisés, associés à de nombreux coprolithes et ossements rongés.

Chez les herbivores, les Cervidés (*Cervus*, *Haploidoceros*), Bovinés (*Bos primigenius*) et Equidés (*E. caballus*, *E. hydruntinus*) dominent. S'y ajoutent des Sangliers, des Rhinocéros (*D. etruscus*), des Lagomorphes et quelques Rongeurs. Les carnivores sont nombreux et variés. Ont été trouvés des ossements de Lion des cavernes, de Panthère, de Chat sauvage, de Lynx, de Loup de petite taille (*C. l. lunellensis*), de Renard, de Dhôle (*Cuon prisus*), de Blaireau, de Loutre, d'Hermine, d'Ours et d'Hyène (genres *Crocota* et *Hyaena*). Il y a beaucoup de coprolithes. Des restes d'Oiseaux, de poissons et de Tortues terrestres (relativement fréquentes) et d'eaux douces sont aussi présents.

Il faut noter la présence de graines de Micocoulier fossiles (*Celtis*), considéré comme un très bon « marqueur » climatique (flore méditerranéenne) et chronologique (fin de la glaciation de Mindel, interglaciaire Mindel-Riss) : les niveaux de cette époque sont, dans toute l'Europe, qualifiés de « couches à Micocoulier ».

La faune et la flore indiquent qu'au moment de l'occupation préhistorique de la grotte, le milieu naturel était assez comparable à l'actuel : des étangs devaient occuper le littoral, à proximité immédiate des grottes ; le rivage était couvert par une forêt-parc, comprenant des zones boisées (probablement des Pins, des Chênes et des Micocouliers) et de nombreuses prairies (abondance des ongulés de biotopes 'ouverts'). Le climat était tempéré, peut-être un peu plus chaud que l'actuel, humide en hiver (traces de ruissellements abondantes dans la grotte n°1), sec en été (végétation).

La grotte n°1 était alternativement occupée par les Hommes et, lorsque ceux-ci s'en allaient, par des Hyènes qui y apportaient elles aussi de nombreux ossements.

VI - Occupations Humaines

La grotte n°1 a été fouillée de manière extensive et entre e.200 m² et 50 m² (suivant les niveaux) ont fait l'objet de relevés et de plans, avec carnets de fouilles ; ces documents sont actuellement conservés, ainsi que l'ensemble du matériel archéologique et paléontologique, au Musée National de Préhistoire des Eyzies-de-Tayac. Via son directeur, J.J. Cleyet-Merle – en en total accord avec Mr. Et Mm. Bonifay, nous avons obtenu l'assurance de l'accès privilégiés de ce matériel dans les collections du Musée.

L'industrie lithique n'est pas très abondante dans la grotte n°1 (quelques centaines de pièces). Elle comporte de nombreux galets aménagés d'un type très particulier, très différent de celui des galets du Paléolithique inférieur. Le débitage Levallois est très présent (nombreux éclats et nucléus levallois). Les racloirs sont très soignés, les encoches et denticulés sont rares. Malgré l'absence presque complète de bifaces (un seul fragment de biface possible) il est probable de pouvoir rapprocher cette industrie d'un faciès de l'Acheuléen méditerranéen. Certains ossements ont été interprétés comme outils. L'occupation humaine ne semble pas permanente dans la grotte n°1 ; l'habitat habituel devait se trouver dans la doline et sur le plateau autour de celle-ci où existent, dans les creux de la molasse miocène, des lambeaux d'argiles sableuses rouges altérées contenant de l'industrie lithique comparable à celle de la grotte.

Un aspect important porte sur la reconnaissance de structure d'habitats humains, qui seraient alors probablement les plus anciennes structures d'habitat sous grotte connues en Europe. Elles comportent (d'après E. Bonifay):

- des fonds de cabanes sous grotte, limitées par leur sol couvert d'un dallage de galets ou d'un revêtement de débris ligneux (les empreintes ligneuses sont très bien conservées dans les sédiments argilo-limoneux, sous forme de cavités qui, après moulage au latex, restituent la forme des branches disposées sur le sol de la cabane),
- des foyers de divers types (circulaires, « à évent », posés sur une pierre plate, non structurés, à même le sol ou dans des cuvettes) (figure 4) ; les foyers ne sont jamais à l'intérieur des cabanes mais à proximité de celles-ci,
- des aires dallées de galets autour ou près des foyers,

- des murets de pierres près de la paroi est de la grotte (dérivation des eaux de pluie),
- des accumulations d'ossements contre la paroi, côté est également (dépotoir).

VII - Commentaires

Il nous semblait important de dresser ce bref bilan de fouilles précédentes, surtout celle d'E. Bonifay effectuées dans la seconde moitié du XX^e siècle, car il représente à la fois un point de départ incontournable et permet de proposer, développer et conforter les nombreuses problématiques sur ce site, son remplissage et les vestiges qu'ils recèlent. Plusieurs questionnements, notamment sur le degré d'anthropité de ce gisement ancien, de la fin du Pléistocène moyen, se posent, mais aussi sur divers aspects géochronologiques ou taphonomiques tout autant que les pistes de recherches qu'il est possible au XXI^e siècle de mettre en œuvre.

Bibliographie principale

BONIFAY M.-F., BONIFAY E., 1965, Age du gisement de mammifères fossiles de Lunel-Viel (Hérault). Comptes Rendus de l'Académie des Sciences (2), t. 260, p. 3441-3444

BONIFAY E. -1968- Stratigraphie et industries lithiques de la grotte n°1 du Mas des Caves à Lunel-Viel (Hérault). In : La Préhistoire, problèmes et tendances, Editions du CNRS : 37-46.

BONIFAY E. -1969- Les grottes du Mas des Caves à Lunel-Viel (Hérault). Livret-guide de l'excursion C14 (Languedoc-Provence-Côte d'Azur) du VII^e Congrès INQUA : 26-27.

BONIFAY E. -1976- Les grottes du Mas des Caves (Lunel-Viel, Hérault). Livret-guide de l'excursion C2 (Provence et Languedoc méditerranéen) du IX^e Congrès UISPP : 197-204.

BONIFAY E. -1976- Outils sur os et os utilisés dans le Paléolithique ancien du Mas des Caves à Lunel-Viel (Hérault). Note préliminaire. Premier Colloque International sur l'industrie de l'os dans la Préhistoire. Editions de l'Université de Provence : 157-167.

BONIFAY E. -1981- Les plus anciens habitats sous grotte découverts à Lunel-Viel (Hérault). *Archéologia*, 150 : 30-42.

BONIFAY E. -1989- Lunel-Viel : Grotte du Mas des Caves (Hérault). In : *Archéologie de la France, 30 ans de découvertes*. Ministère de la Culture. Editions de la Réunion des Musées Nationaux, Paris : 52.

BONIFAY E. -1989- Paléolithique inférieur et moyen : premiers témoignages humains. In : *Archéologie de la France, 30 ans de découvertes*. Ministère de la Culture. Editions de la Réunion des Musées Nationaux, Paris : 32-34.

BONIFAY E., COMBIER J. -1984- Le Quaternaire : peuplements humains. In : *Synthèse géologique du sud-est de la France*, vol. I : Stratigraphie et paléogéographie. Mémoires du BRGM, 125 : 553-556

BONIFAY M.F. -1967- Principales formes caractéristiques (grands mammifères) du Quaternaire moyen du sud-est de la France. *Bull. du Musée d'Anthropologie Préhistorique de Monaco*, 14 : 49-62.

BONIFAY M.F. -1971- Carnivores quaternaires du sud-est de la France. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle*, série C, XXI : 49-337

BONIFAY M.F. -1973- *Dicerorhinus etruscus* Falc. du Pleistocène moyen des grottes de Lunel-Viel (Hérault). *Annales de Paléontologie*, 59, I : 79-112.

BONIFAY M.F. -1980- Le Cheval du Pleistocène moyen des grottes de Lunel-Viel (Hérault) : *Equus mosbachensis palustris*, n.ssp. *Gallia-Préhistoire*, 23 : 233-281.

BONIFAY M.F. -1986- Le matériel osseux déterminable au Paléolithique ancien : mise en évidence, catégories, histogrammes. *Artefacts*, 3, « Outillage peu élaboré en os et en bois de Cervidés », 2 : 11-14, Viroinval (BI) : CEDA.

BONIFAY M.F. -1991- Archéologie du comportement : remarque sur l'apport des faunes de grands Mammifères du Pléistocène ancien. In : Bonifay E., Vandermeersch B. : *Les Premiers Européens* : 111-113, Ed. Du CTHS, Paris.

BONIFAY M.F. -1991- *Equus hydruntinus* Reg. minor n.ssp. from the caves of Lunel-Viel (Hérault). In : Meadow R.H., Uermann H.P. (Eds) : *Equids in the ancient world II*, Wiesbaden (DE) : Reichert, Reihe A., *Naturwissenschaften*, n. 19/2, Beihilfe zum Tubingen Atlas den Vorderen Orients : 178-216.

- BONIFAY M.F. -1992- Importance of French Mammal Faunas from the Early Middle Pleistocene of France. Cromer Symposium 5 (G.B.) : INQUA Reunion SEQS, Ch. Yurner Ed., Cambridge (G.B.)
- BONIFAY M.F., BONIFAY E. -1965- Age du gisement de Mammifères fossiles de Lunel-Viel (Hérault). In : La Préhistoire, problèmes et tendances, Editions du CNRS : 37-46.
- BONIFAY M.F., GUILHAUMON D. -1985- Exemple de méthodologie appliquée au matériel osseux fragmenté du Paléolithique ancien. in: Homenagem a Jean Roche, Oliveira Jorge V. (Dir.), Porto, Grupo de estudos arqueológicos do Porto, p. 34-39, 5 fig. (Arqueologia ; 12)
- BONNET A. -1967- Un karst limité dans l'espace et dans le temps : la grotte de Lunel-Viel (Hérault). Spelunca, n°5.
- BOUDADI-MALIGNE M. , 200 - Les Canis pléistocènes du Sud de la France : approche biosystématique, évolutive et biochronologique. Doctorat Université Bordeaux I.
- BRUGAL J.P. -1983- Application des analyses multidimensionnelles à l'étude du squelette des membres des grands Bovidés pléistocènes (Grottes de Lunel-Viel, Hérault). Perspectives évolutives. Université d'Aix-Marseille II, Thèse de Doctorat 3^e cycle, 1 vol. : 450 p.
- BRUGAL J.P. -1984- Contribution à l'étude des grands Bovidés plio-pléistocènes d'Europe occidentale. C.R. Acad. Des Sc., Paris (2), 298 : 671-674.
- BRUGAL J.P. -1984- Les grands Bovidés des grottes de Lunel-Viel (Hérault). 10^eème R.A.S.T., Bordeaux : 99.
- BRUGAL J.P. -1985- Le Bos primigenius Boj., 1827 du Pléistocène moyen des grottes de Lunel-Viel (Hérault). Bull. Mus. Anthrop. Préhist. De Monaco, 28 : 7-62.
- BRUGAL J.P. -1987- Les grands Bovidés quaternaires en l'Europe de l'ouest : résultats préliminaires. 4th European Union of Geosciences Meeting, Strasbourg, Abstracts : 218 (Terra Cognita, 7 (2-3))
- BRUGAL J.P. -1987- Cas de "nanisme" insulaire chez l'Auroch. 112^eème Congrès National des Sociétés Savantes, Paris, Comité des Travaux Historiques et Scientifiques, fasc. 2, Paléontologie : 53-66.
- CROITOR R., BONIFAY M.F., BRUGAL J.P., 2008 - Systematic revision of the endemic deer *Haploidoceros* n. gen. *mediterraneus* (BONIFAY, 1967) (Mammalia, Cervidae) from the Middle Pleistocene of Southern France. *Paläontologische Zeitschrift*, 82(3) : 325-346
- DIEZ C. -1986- La fragmentation des os d'Equidés et de Bovidés à Lunel-Viel (Hérault). *Artefacts*, t. 2, p. 23-42.
- EISENMANN V., CREGUT-BONNOURE E., MOIGNE A.-M., 1985, *Equus mosbachensis* et les grands chevaux de la Caune de l'Arago et de Lunel-Viel. crâniologie comparée. *Bulletin du Musée national d'Histoire naturelle de Paris*, t. 7, ser. IV, 2, section C, p. 157-173.
- EISENMANN V. -1991- Les Chevaux quaternaires européens (Mammalia, Perissodactyla). Taille, typologie, biostratigraphie et taxonomie. *Géobios*, 24, 6 : 747-759.
- FOSSE P. -1992- La Hyène des cavernes comme agent d'accumulation des ossements à Lunel-Viel (Hérault, France) : observations préliminaires. in: Outillage peu élaboré en os et en bois de cervidés, 4, PATOU-MATHIS M. (Dir.), Treignes (BL), Centre d'Etudes et de Documentation archéologiques (*Artefacts*, 9 '6ème Table ronde Taphonomie/Bone modification').
- FOSSE P., 1994, Taphonomie paléolithique : les grands mammifères de Soleilhac (Haute-Loire) et de Lunel-Viel 1 (Hérault), Univ. Provence Aix-Marseille I - LAPMO - LGQ, Th. Doct. Univ.: Préhistoire , 257 p.
- FOSSE P., 1994, Taphonomie paléolithique : les grands mammifères de Soleilhac (Haute-Loire) et de Lunel-Viel (Hérault). Résumé de thèse par l'auteur. *Préhistoire Anthropologie méditerranéennes*, t. 3, p. 211-215.
- FOSSE P., 1996, La grotte n° 1 de Lunel-Viel (Hérault, France) : repaire d'hyènes du Pléistocène moyen. *Etude taphonomique du matériel osseux*. *Paléo*, t. 8, p. 47-80.
- JEANNET M., 1976, Lunel-Viel. *Nouvelles Archives du Museum d'Histoire naturelle de Lyon*, t. 14, suppl., p. 45-46.
- GUERIN C -1980- Les Rhinocéros (Mammalia, Perissodactyla) du Miocène terminal au Pléistocène supérieur en Europe occidentale. *Documents*, Lyon, 79, 1, 2, 3.
- LE GRAND Y. -1987- Aménagement de l'habitat au Paléolithique inférieur et moyen : exemple du Midi méditerranéen. *Mémoire de D.E.A., Université de Provence, Aix-Marseille I, Préhistoire*, 89 p.

LE GRAND Y., 1994, Approche méthodologique et technologique d'un site d'habitat du Pléistocène moyen: la grotte n° 1 du Mas des Caves (Lunel-Viel, Hérault), Aix-en-Provence, Univ. Provence, Aix-Marseille 1, LAPMO-LGQ, Thèse, 2 vol., 269 p.

LE GRAND Y., 1994, Approche méthodologique et technologique d'un site d'habitat du Pléistocène moyen - la grotte n°1 du Mas des Caves (Lunel-Viel, Hérault). Résumé de thèse par l'auteur. Préhistoire Anthropologie méditerranéennes, t. 3, p. 205-207.

LE GRAND Y., 1994, Processus de formation des dépôts archéologiques du Pléistocène moyen de Lunel-Viel 1 (Hérault). L'utilisation des remontages. Préhistoire Anthropologie Méditerranéennes, t. 3, p. 57-63.

MOURER-CHAUVIRE C. -1975- Les Oiseaux du Pléistocène moyen et supérieur. Thèse Université Claude-Bernard, Lyon.

MOURER-CHAUVIRE C. -1975- Faunes d'Oiseaux du Pléistocène de France : systématique, évolution et adaptations, interprétation paléoclimatique. Géobios, 8, 5 :332-352.

NOURY F., 1997, Analyse et distinction des Cervidés du Pléistocène moyen de la grotte I du Mas des Caves (Lunel-Viel, Hérault, France), Université Bordeaux I - Institut de Préhistoire et de Géologie du Quaternaire, Diplôme d'Etudes approfondies Anthropologie option Préhistoire, 113 p.

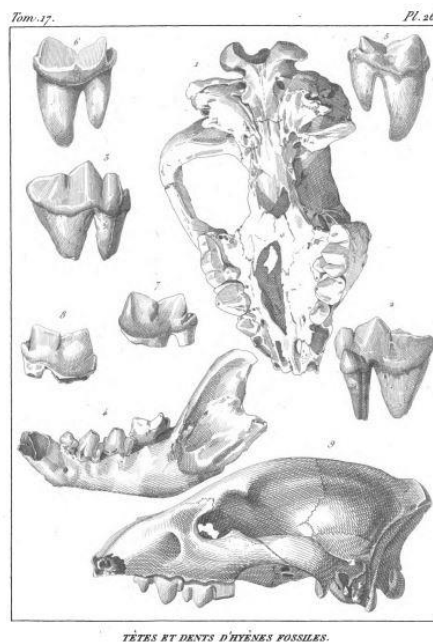
SERRES M. DE, DUBREUIL, JEANJEAN, 1828a. Mémoire sur les diverses espèces d'hyènes fossiles découvertes dans les cavernes de Lunel-Vieil (Hérault). Mém. Du Muséum d'Hist. Nat., t. XVII : 269-312 + pl.

SERRES M. DE, DUBREUIL, JEANJEAN, 1828b. Recherches sur les ossements fossiles des cavernes de Lunel-Vieil (Hérault). Mém. Du Muséum d'Hist. Nat., t. XVII : 380-463 + pl.

SERRES M. DE, DUBREUIL, JEANJEAN, 1839. Recherches sur les ossements humatiles des cavernes de Lunel-Viel. Montpellier : Boehm et Cie (éds), 256p., 20 pl.h.t.

TSOUKALA E. -1989- Contribution to the study of the Pleistocene fauna of large Mammals (Carnivora, Perissodactyla, Artiodactyla) from Petralona Cave, Clalkidiki (N. Greece). School of Geology, Scientific Annals, vol.1, n° 8. (Comparaison entre les faunes de Petralona et de Lunel-Viel).

UZUNIDIS A. -2017- Grands herbivores de la fin du Pléistocène moyen au début du Pléistocène supérieur dans le sud de la France. Implications anthropologiques pour la lignée néandertalienne. Université Aix-Marseille Université, thèse de Doctorat



Fac-similé de la Pl. 26 de M de Serres et al 1928a

Problématiques et Objectifs Scientifiques

Jean-Philip Brugal

Après les travaux au XIXe et XXe siècle, et après plus de 40 ans d'arrêt de recherches dans ce gisement, et considérant les avancées importantes dans les méthodologies et les analyses transdisciplinaires, et grâce au développement du numérique, nous avons décidé de relancer et reprendre des travaux dans la cavité du Mas des Caves n°1 (LV I). A ce stade, notre souhait était également d'initier des études dans la cavité n°4 (LV IV), scellée depuis le début des années soixante-dix, et qui reste relativement vierge. Cette cavité se trouve dans le prolongement de LV I, séparé par une 'doline' (nommée LV V) et, contrairement à ce qui se passe dans la grotte n°1, développe de très nombreux spéléothèmes, ce qui serait particulièrement important pour effectuer des datations ; en effet aucune concrétion de ce type n'est présente dans LV I. Cependant vu la complexité de ré-ouvrir ce site depuis l'autorisation des propriétaires jusqu'aux moyens lourds à mettre en œuvre (machine, financement) car nécessité d'ouvrir un tunnel/puisard..., nous nous restreindrons dans cette trisannuelle à la première des cavités, également connu sous le nom de la grotte n°1 du Mas des Caves.

Les problématiques et objectifs pour la reprise de travaux, à LV I, sont multiples :

- précisions stratigraphiques et chronologiques ;
- datations (pose de dosimètre pour OSL, U/Th-ESR, recherche de tephras,...) et analyse connexe (par ex. par racémisation) ;
- reprise des 'sols' et recherche archéomagnétique (questions de la présence de foyers à vérifier) ;
- études paléobotanique (charbons, pollen, phytolithes, graines...) et moulage des cavités (branchages ?) ;
- taphonomie des dépôts et des assemblages ;
- étude pluridisciplinaire du matériel : lithique, faunique, floristique ...(avec reprise matériel ancien) ;

- scan des documents (diapos, carte...) des fouilles E. Bonifay;

- ...

In fine, il s'agira de préciser les comportements de subsistance (exploitation : lithique, faunique, floristique) des hominidés de la fin du Pléistocène moyen ayant occupé et/ou fréquenté cette cavité en relation avec une meilleure connaissance des paléoenvironnements climatiques. De plus, ce terrain et ces contenus feront l'objet applicatif d'un panel important et diversifié de techniques et méthodes, et approches scientifiques, comme le démontre la formation d'une nombreuse équipe scientifique représentant divers spécialistes. Enfin, l'objectif de monter un chantier-école sur le gisement est aussi envisagé à l'avenir.

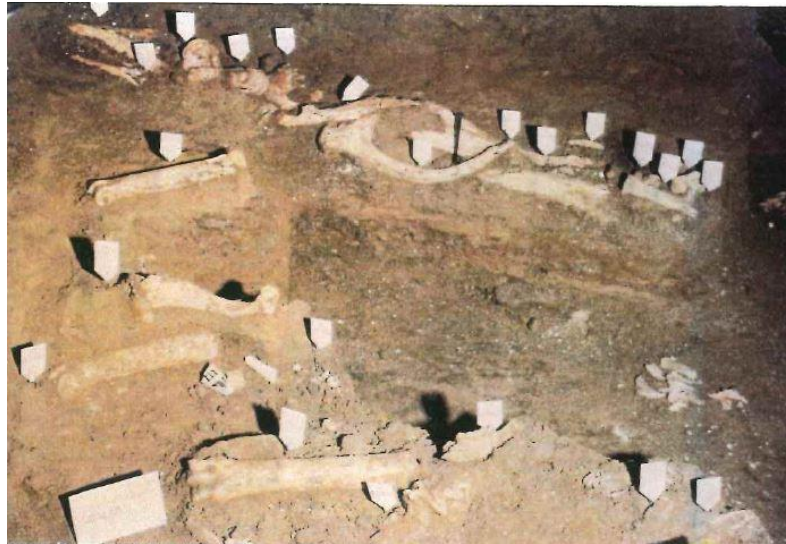


Photo EB montrant la richesse en matériel fossile (noter l'alignement de ce matériel : effet de paroi ?)

Campagne 2020

Jean-Philip Brugal

La reprise du site de Lunel-Viel fait l'objet de deux volets de recherche : un réalisé sur le terrain via des fouilles et une série d'observations *in situ* (coupes, datages...) et de remise en état, mais aussi un volet avec un retour d'études sur les collections E. Bonifay (EB) déposées au M.N.P. (Eyzies-de-Tayac). A ce sujet, nous ferons de même sur les collections encore plus anciennes de M. de Serres, à la faculté des Sciences de Montpellier (un Master est prévu en 2020-2021 pour un premier inventaire).

I - Collections EB au Musée National de Préhistoire (M.N.P.) et documentations

L'étude des anciennes collections, supportée par la documentation est une impératif. Quelques missions ont pu être faites, d'autres annulées ou reportées (Covid19), sur des crédits UMR 7269 et l'IRN 0871 (voir rapports joints, sur les Cervidés ou usure dentaire). Elles ont aussi permis de prélever des dents en vue de datage par racémisation (voir rapport joint). Une demande officielle d'autorisation pour intervenir sur ce matériel à l'avenir a été faite auprès de la direction du M.N.P., et acceptée.

Notre laboratoire dispose de quelques documents concernant les fouilles EB (plans, coupes), qui ont commencé à être scannés cette année. Les anciens cahiers de fouilles ont été récupérés, et une Base de Données est en cours de traitement (cf. rapport Giuliani & Brugal, notamment spatialisation des données). Ils mettent en évidence, s'il en fallait, la nécessité d'un retour régulier sur les collections et l'exploitation des anciens documents EB.

Enfin, nous avons pu grâce à M.F. Bonifay, récupérer un ensemble de documentation (en particulier quelques centaines de diapositives). Un gros travail de tri et scan sera nécessaire et nous espérons pouvoir le faire en 2021 (notamment via la plateforme numérique en cours d'installation par l'Institut Arkaia, Amidex AMU, dont le siège se trouve à la MMSH d'Aix-en-Provence).

Ce même Institut nous a fourni un financement en 2020 dans le cadre de ses Actions interdisciplinaires concernant les analyses anthracologiques (en cours par I. Thery, CEAPAM, Nice) sur le matériel 2019 et 2020. De plus, nous déposerons une autre demande à Arkaia en 2021 afin de mener une étude de datation Béryllium/Aluminium sur les dépôts de LVI avec le concours de R. Braucher (Cerege).

II - Terrain

Les travaux de terrain se sont déroulés du 1 au 29 Septembre 2020, ainsi que sur deux jours dédiés en Octobre à des visites de spécialistes (paléomagnétisme, sédimentologie). La question de l'éclairage a de nouveau été résolue grâce au prêt du matériel (ballon et panneau LED) de l'équipe de la grotte Chauvet (resp. C. Fritz) complétée par l'achat d'un panneau LED par l'UMR 7269 Lampea, et par l'achat de petits projecteurs LED sur nos crédits (pour des zones très localisées). Ces équipements sont très performants et nous avons pu travailler dans de très bonnes conditions.

Considérant la grande surface de fouilles, nous avons décidé de sectoriser celle-ci, avec la distinction de 5 secteurs (rapport 2019). Pour rappel, le secteur 1 est relativement le moins défini et le plus grand, correspondant au fond de la cavité (aval), soit à la zone érodée en bas de la rampe et à un escalier menant vers l'entrée de la découverte. Les secteurs 2 à 5 montrent une surface métrique à peu près équilibrée. En outre nous avons divisé l'ensemble sur la longueur avec un côté 'Ouest' et un côté 'Est'. Cette sectorisation permettra une meilleure définition des surfaces de fouilles et placement des travaux de terrain, voire des groupes d'intervention.

Nous rappelons également qu'en 2019 (figure 1), nous avons installé des cibles pour les relevés photogrammétriques (soit 73 cibles), positionné 13 points de référence (en parois et sur pilier de soutènement) pour caler la station totale Leica TCR405, et retrouvé le Z0 des fouilles EB.

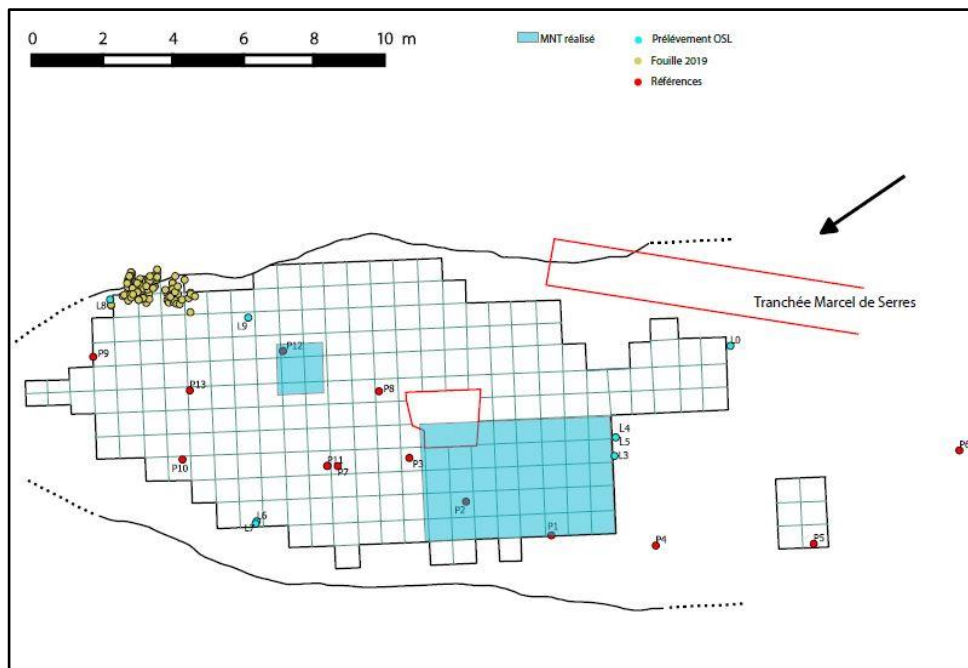


Figure 1 - Positionnement des points-repères pour la station totale (P), des prélèvements OSL (L) et des zones topographiées (en bleu)

Plusieurs zones ont été fouillées en 2020 (figure 2 : en bleu ; Photo 1):

- A** - Poursuite de la fouille dans le Secteur 5 Est (F13-15+G12-16+H14-16) ;
- B** - Ouverture de carrés dans la bande P (P17 à P20) ;
- C** - Ouverture d'une zone sous paroi en R-Q 20-21 ;
- D** - Intervention en N 14-15 ;
- E** - Intervention (test) au fond de la Tranchée M. de Serres (non figuré).



Photo 1 – Diaporama © T. Vergoz, de G à D = Secteur 5 Est, zone centrale et Bande P

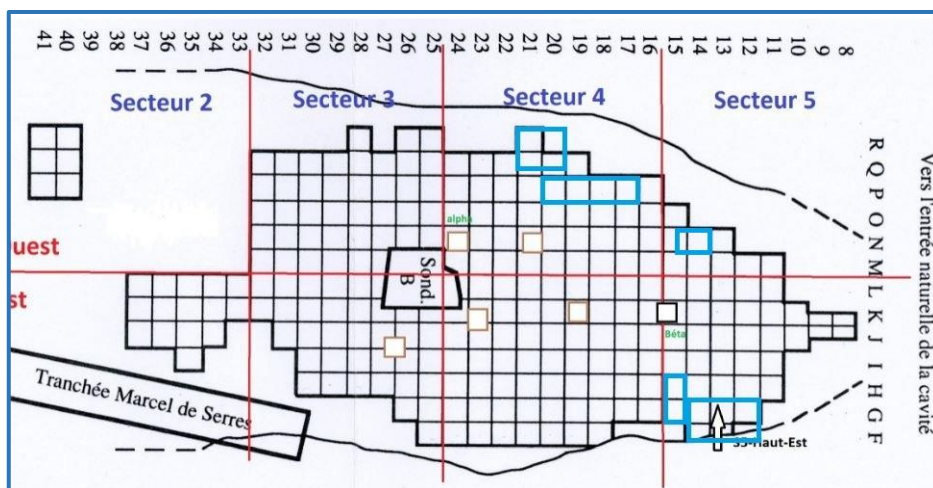


Figure 2 – Plan de la grotte (carroyage EB) et zones de fouilles 2020 (en bleu)

A – Secteur 5 (F13-15+G12-16+H14-16)

Le Secteur 5 est le plus proche de la doline (amont) où le plafond avait été cassé pour un meilleur accès au dépôt lors des fouilles EB (déblais/gros blocs de mollasse évacués au fond de la cavité) : il représente aujourd'hui la zone avec la plus grande épaisseur des dépôts, et c'est dans cette partie haute, coté Est que des ossements étaient encore présents en surface, plus ou moins bien conservés. Nous avons retrouvé et fouillé l'amas osseux dominé par une mandibule d'Equidés (en G13) laissée par EB (figure 3) : de très nombreux ossements se retrouvent imbriqués dans cette zone argileuse, globalement alignés NNE-SSO, plus ou moins parallèles de la paroi. Les os longs, relativement complets, dominent avec de rares os du basipode, et peu de petits os (ex. phalanges, vertèbres). Les restes de charbons sont nombreux, et il y a peu de coprolithes. Un squelette en connexion de lapin est présent (figure 4).



Figure 3 – Secteur 5 / G13 : (G) Diapo EB scanné (début 80') et (D) fouilles 2020. On reconnaît encore, 40 ans après, certains ossements : étoile rouge : métapode cheval ; étoile verte : radius d'aurochs ; étoile jaune : mandibule cheval. Les boîtes de pellicule sur la photo de D sont des prélèvements de charbons. Fouille opinel/bambou ; rhodopass si nécessaire.



Figure 4 – Squelette de lapin en connexion

B - Bande P (Secteur 4 Ouest : P17 à P20) (figure 5)

Ces carrés se trouvaient à une plus grande élévation par rapport aux carrés environnant, tant du secteur 4 que par rapport au secteur 3. Il nous a semblé qu'ils constituaient une bonne opportunité pour tester un calage stratigraphique avec les données des fouilles EB (cf. rapport joint). Comme pour le secteur 5, tous les vestiges ont été pris avec le tachéomètre (avec plusieurs points pour des éléments important ou allongés) ; de nombreux galets et blocs de mollasses étaient présents dans ces carrés et ont fait l'objet de relevé classique au théodolite avec cartographie sur des relevés papiers. A ce propos, tous les vestiges sont accompagnés d'un relevé papier indiquant l'orientation et les pendages (sens et force du pendage) de chaque pièce coordonnée. De même, l'ensemble des fouilles font l'objet d'une couverture photographique régulière. Notez, qu'une banquette est conservée entre cette Bande P et l'autre locus Q-R-S 20-21.

Le matériel est assez peu abondant, essentiellement constitué d'esquilles et peu d'éléments véritablement déterminables, si ce n'est un certains de restes de lagomorphes (et autre mésofaune comme Oiseaux, Talpa...). Certains éléments montrent une action de carnivores, attribuée à l'hyène (os digérés), ainsi que la présence relativement prégnante de leurs fèces fossiles (coprolithes) (cf. rapports, ce vol.). Enfin, on peut signaler la présence notamment de gastéropodes (figure 6), souvent en amas mais très fragiles et quasiment impossible à dégager (malgré des essais...). Il s'agit de coquilles terrestres, en particulier *Cyclostoma* (ou *Potamias*) *elegans* (mais aussi plus rares *Rumina decollata*, en particulier en R-Q 20-21). Signalons que ces coquillages sont encore très abondant dans l'environnement actuel de Lunel-Viel typique des milieux méditerranéens du Sud de la France. Pour finir, des carbones de petite taille sont assez fréquents dans ces niveaux.



Figure 5 – (G) Vue générale de la Bande P, en fin de fouilles, (D) avec coupe et prélèvement OSL ; noter la différence de couleur à la base de la coupe correspondant au dépôt fouillé en 2020 (env. max 45 cm d'épaisseur en P17)



Figure 6 – Exemple de gastéropodes (*Cyclostoma elegans*) retrouvés parfois abondants et en amas dans le sédiment (mais très fragiles...)

C – Q-R-S 20-21 (Secteur 4 Ouest)

La zone de la paroi Ouest, au contraire de celle de l'Est profondément excavée, et peut être sujette à ravinement, n'est pas connue, limitant d'autant notre connaissance de la géométrie de la cavité qui pourrait être dissymétrique, pouvant conditionner des accumulations et occupations différenciées. De fait, peu de vestiges ont été retrouvés (n=25) mais livre à a fois des ossements entiers et importants (ex. mandibules quasi entières de loup et d'hyènes – cf. rapport Fosse et Fourvel), ainsi que des artefacts lithiques (cf. rapport Mathias) et des coprolithes de grande taille, bien conservés (prélevé pour la palynologie). Plus d'un mètre d'épaisseur a été dégagé, permettant de constituer des coupes dans ce locus (figure 7).



Figure 7 – Locus S-Q-R 20-21, secteur 4 Ouest (général, fin de fouille 2020)

D - Intervention en N 14-15

Cette petite intervention avait pour but de niveler la zone qui formait une marche d'une quinzaine de cm, et de dégager la base de la coupe adjacente. Peu de matériel a été retrouvé, quelques coprolithes et des ossement de lagomorphes.

E – Intervention (test) au fond de la Tranchée M. de Serres

Ce test avait pour objectif de rendre compte de dépôt encore fossilifère dans cette zone très argileuse. Elle a permis en effet de retrouver quelques éléments osseux, dont une grosse portion d'un coxal de Bovidés), la présence de restes de gastéropodes et l'existence de très nombreux charbons (figure 8).



Figure 8 – (G) Coxal de Bovinés, (D) sédiment montrant de nombreux gros charbons (noir) et des fragments de coquilles de gastéropodes (blanc)

Le Matériel Faunique des 2 zones majeures de fouilles

Plus de 1100 vestiges ont été coordonnés entre le Secteur 5 et la Bande P, essentiellement des restes fauniques (tableau 1). Le non-coordonné (petits restes osseux) n'a pu être décompté (accès au labo limité) mais il représente un stock non négligeable, et désigne l'existence de micro- et méso-faune (rongeurs, oiseaux, reptiles, amphibiens...). Nous avons fait plusieurs prélèvements sédimentaires en vue de tamisage et récupération de ce matériel faunique (un pré-tamisage a été effectué sur le terrain), mais ils n'ont pu être traités en laboratoire (ici aussi au labo limité). La recherche de petits vertébrés devra être amplifiée à l'avenir, et des spécialistes de ces faunes contactées pour étude. Certains ont été retrouvés et coordonnés, en particulier les restes de tortues assez fréquentes (surtout dans la Bande P). Les restes de Cervidés dominent les assemblages, accompagnés de Bovinés et d'Equidés. Les pachydermes (une rotule de Proboscidiens, et des dents de jeunes de Rhinocéros) ne sont présents que dans le Secteur 5, ainsi que les restes d'hyénidés. Les coprolithes sont particulièrement abondants dans la Bande P.

	Secteur 5 *	Bande P μ	Total
Amphibien	1	0	1
Aves	1	5	6
malacofaune	0	3	3
Chelonien	1	9	10
Lagomorphe	6	19	25
mésafaune	9	36	45
Proboscidiens	1	0	1
Rhinocerotidés	3	0	3
Equidés +cf	24	1	25
Hydruntin	0	1	1
Bovidés + cf	59	2	61
Cervidés +cf	104	25	129
Capreolus ?	2	0	2
Suidés	1	0	1
herbivores	194	29	223
Hyénidés	6	1	7
cf Canis	1	0	1
cf Vulpes	0	2	2
Lynx +cf	3	0	3
Panthera	1	0	1
carnivores	11	3	14
esquilles	64	63	127
coprolithes	20	73	93
charbon	98	60	158
gilet+mollasse	98	360	458
Total	494	624	1118

Tableau 1 – Inventaire du matériel 2020 (en NR) * F13-15+G12-16+H14-16 ; μ P17-20

La comparaison entre les inventaires fauniques des deux loci montre des différences marquées, renforcées par l'état de complétude du matériel, avec des portions plus complètes dans le Secteur 5 (figure 9).

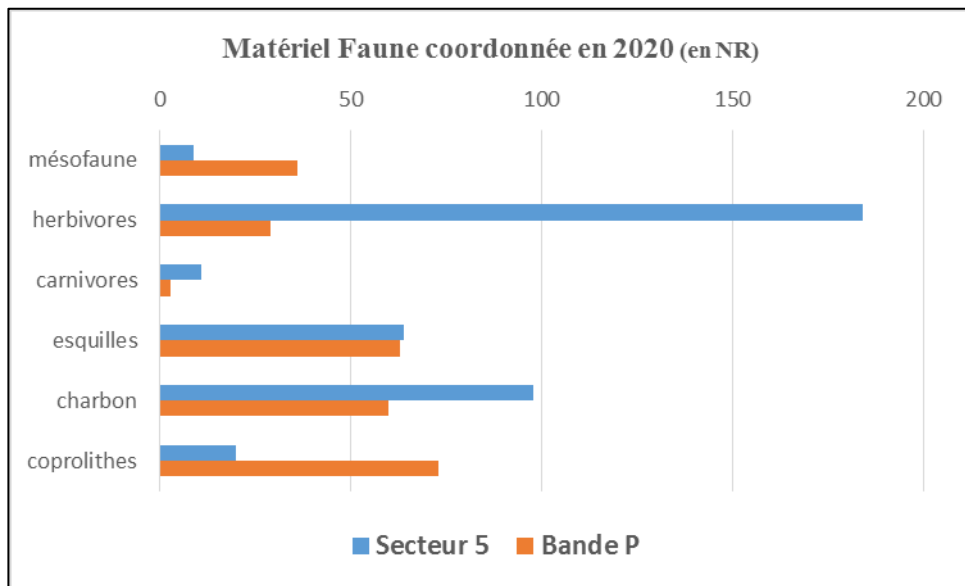


Figure 9 – Comparaison des vestiges (par catégories) selon les deux zones de fouilles.

On doit enfin, remarquer la présence assez constante, et disséminés dans les dépôts (voir aussi tranchée M. de Serres ci-dessus) ; plus de 150 charbons – dont certains de grande taille - ont été prélevés et envoyés à I. They (Cepam, Nice) pour étude. Une origine naturelle de ceux-ci est suspectée. Enfin, plusieurs dents (Equidés, Bovinés, Cervidés) ont été prélevés sur le terrain avec du sédiment (emballage dans du papier aluminium) en vue de datage U/Th (cf. rapport Falguères et al).

Pour terminer, signalons que des prospections à l’extérieur du site (cf. & Lithique ; figure 10), dans son environnement proche, permet de rendre compte de l’abondance de galets (quartzites, quarts, etc.), de silex et calcaires dans les nappes alluviales surplombants le gisement ; la présence de galets rouges (altération) naturels explique leur présence dans le dépôt, et ne peut être reliée à des processus de combustion (anthropique) à l’intérieur du site.

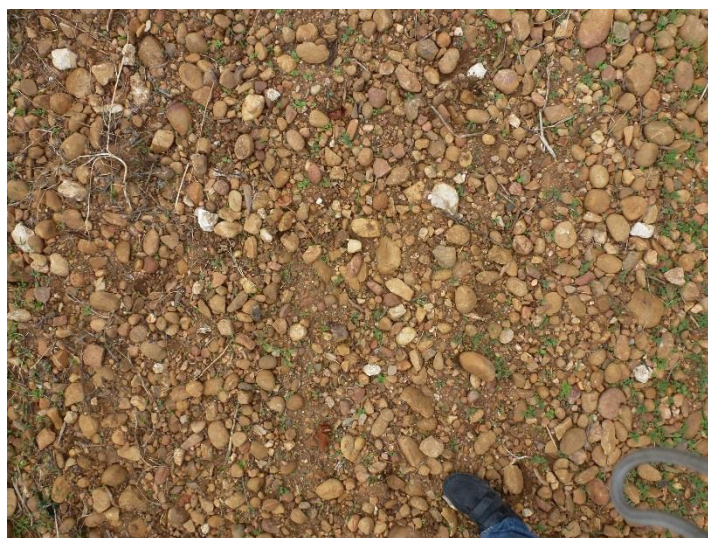


Figure 10 – Vue des nappes alluviales à l’extérieur du site

Photogrammétrie du sol et des coupes

L.Pascal, UMR 7269

Rappel Premiers relevés 2019

Photos (n=1888) prises avec un appareil photographique reflex Canon 750d et un objectif aps-c 18-55 mm, sur l'ensemble de la cavité (figures 1 et 2). Elles sont au format RAW 6000 x 4000 pixels et converties en TIFF pour le traitement sur ordinateur. Préalablement à la prise de photo, des repères avaient été placés dans la grotte, soit 71 repères dans toute la grotte. Ces repères sont géolocalisés à l'aide d'une station totale (voir rapport 2019).

Le traitement par ordinateur est réalisé sur le super ordinateur du LAMPEA à la MMSH, avec le logiciel Agisoft Metashape. Les photos ont été alignées par secteur, le modèle 3D de la grotte est donc composé de quatre modèles qui ont été assemblés.

Pour l'étude des stratigraphies, des orthomosaïques ont été réalisées grâce au logiciel Agisoft Metashape. Les fichiers images ont été nommés comme sur les figures 7 et 8, pour les localiser dans la grotte.

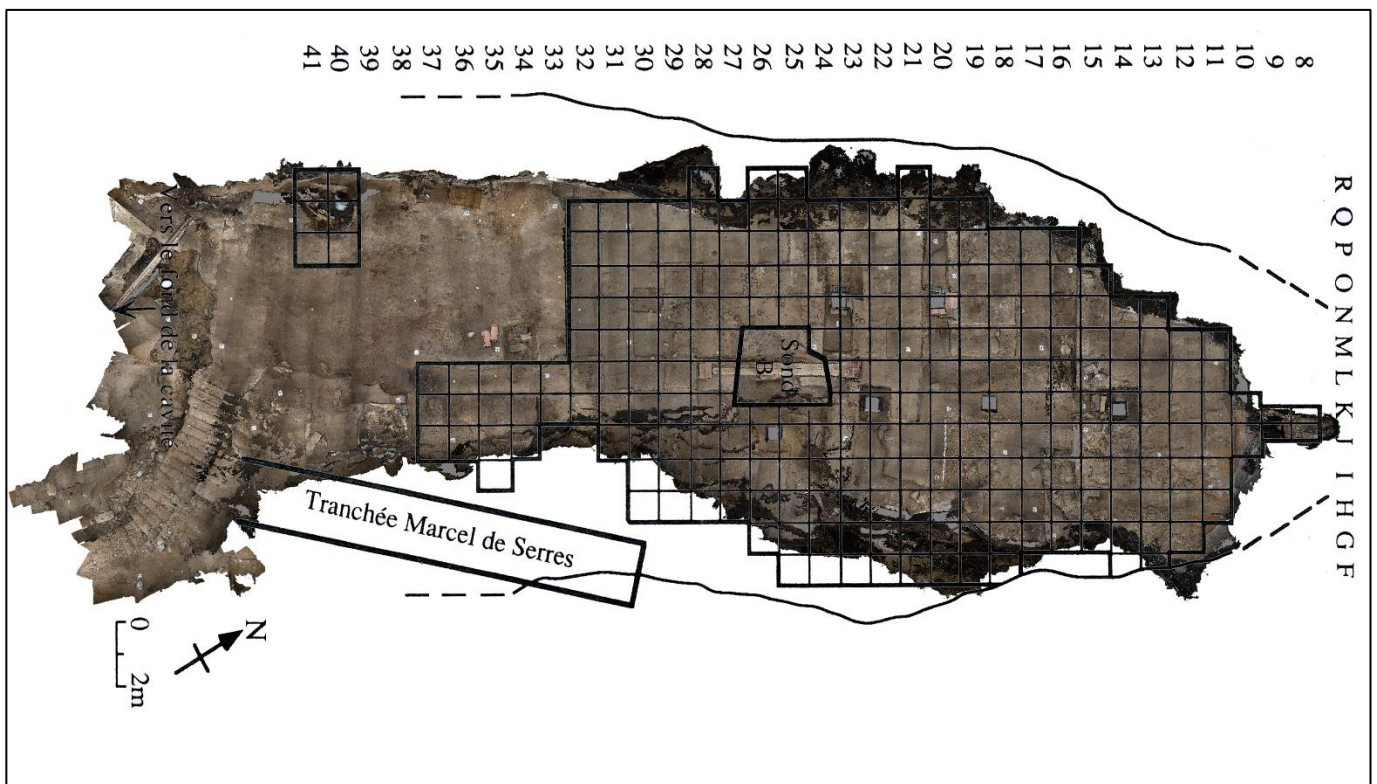


Figure 1 : Carroyage (EB) superposé au modèle 3D de la grotte

SECTEURS :

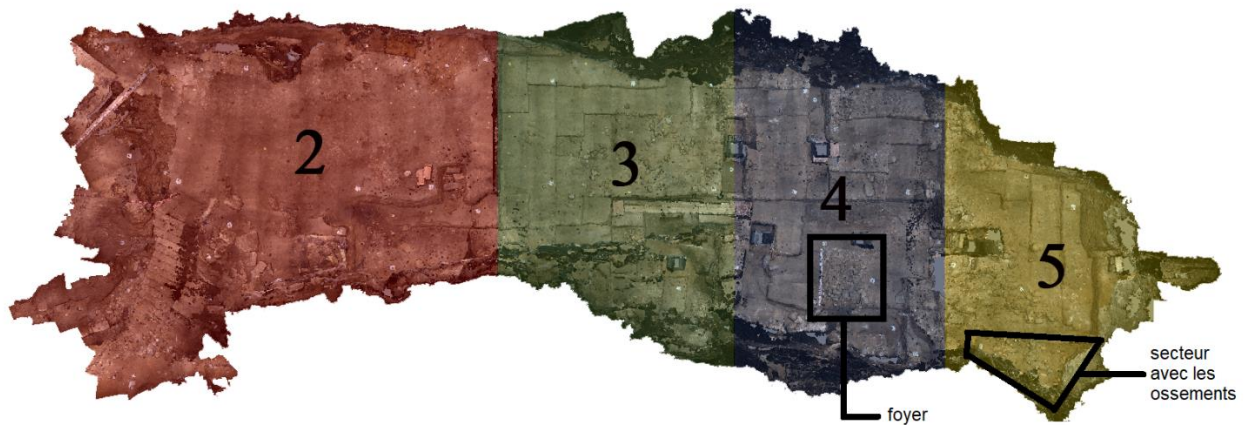


Figure 2 : Les secteurs de la grotte sur le modèle 3D (le secteur 2 sur la carte implique aussi une partie du secteur 1 : bas de rampe, fossé érodée, escalier...)

Travail 2020

Pour cette deuxième campagne de fouilles, les prises de vue se sont concentrées sur les coupes stratigraphiques qui n'avaient pas été réalisées en 2019 (figure 3) et sur les deux zones qui ont été fouillées, du Secteur 5 – Est et du Secteur 4 – Bande P

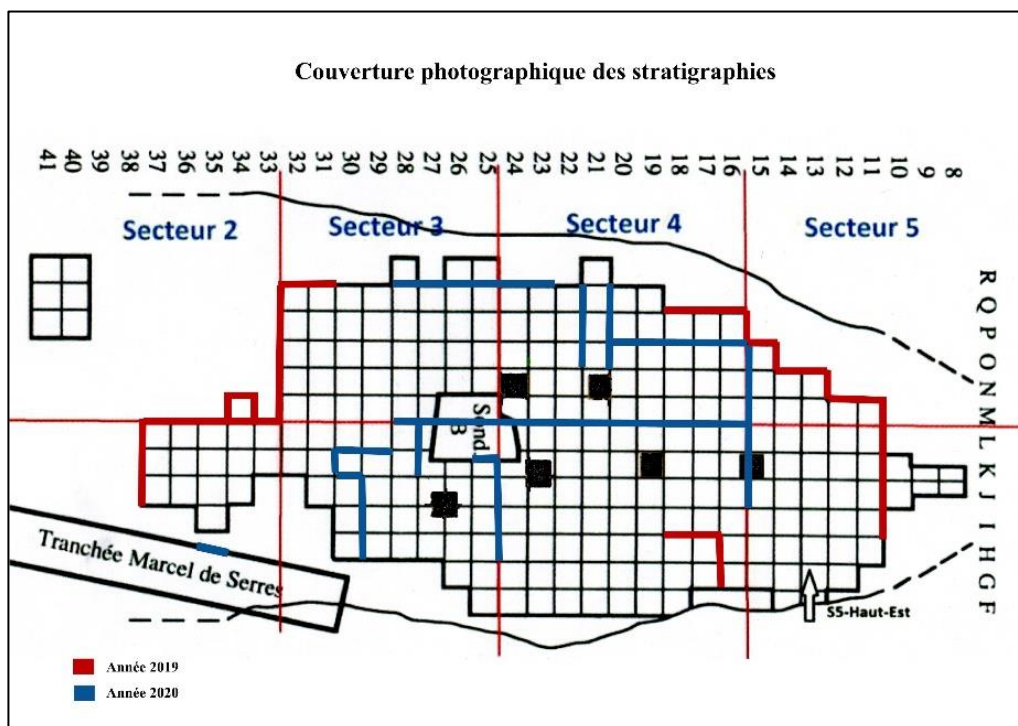


Figure 3 - Plan de la couverture photographique des stratigraphies (coupes) 2019 et 2020

Les photos ont été prises avec un reflex équipé d'un objectif 18 mm. Un trépied a été utilisé pour les coupes stratigraphiques. Le taux de recouvrement entre deux photos consécutives est d'au moins 60 %. La même méthodologie de 2019 a été appliquée (cf. supra).

Pour effectuer un relevé photographique des coupes stratigraphiques, un modèle 3D a été réalisé pour chaque coupe dans le but de créer une orthomosaique (voir exemple en figure 4).



Figure 4 - Exemple d'orthomosaique, M25-M28 sur le plan

Les modèles 3D des secteurs 2, 3, 4 et 5 ont aussi été complétés (le maillage et la texture ont été réalisés en qualité moyenne). Un ordinateur plus puissant serait nécessaire pour réaliser des modèles mieux définis ou pour assembler les secteurs.

Une bibliothèque d'images a été ainsi constituée stockée sur disque dure, et à disposition des chercheurs, en particulier pour les études géologiques *s.l.* Quelques exemples illustratifs (figures 5-7) sont fournis ci-dessous (et voir couverture de ce rapport) .



Figure 5 - Capture d'écran du nuage dense, vue des secteurs 2 (haut) et 3 (bas, avec zone de fouille et coupe)



Figure 6 - Capture d'écran du nuage dense, vue de la coupe de la tranchée M. de Serres (jaune : prélèvement OSL)

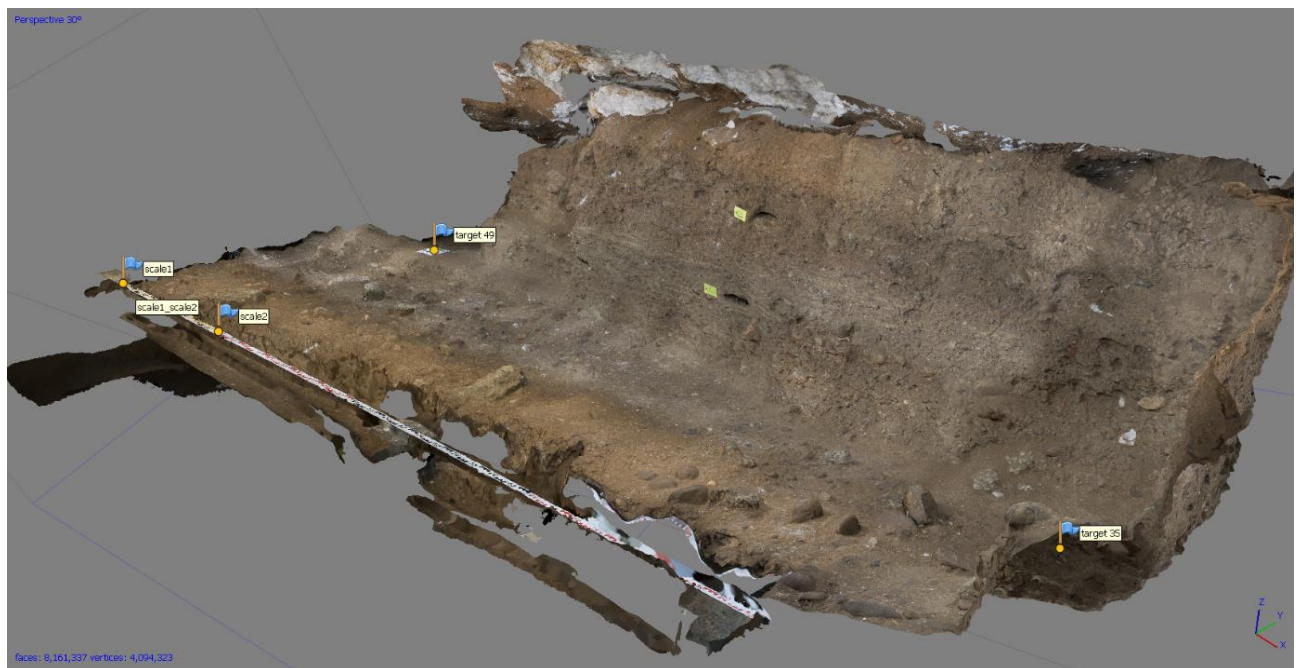


Figure 7 - Capture d'écran du nuage dense, Bande P et coupe, en début de fouille

GEOLOGIE

Mas des Caves – Contextes géologique, géomorphologique et karstique

Laurent Bruxelles, INRAP/CNRS

Ce rapport bénéficie des observations réalisées dans le cadre du diagnostic archéologique du secteur 11 de la LGV, dirigée par André Raux (Inrap ; Raux et al, 2012). Elles sont complétées par la visite de la cavité en septembre 2020.

I – Le contexte géologique et géomorphologique

La grotte s'ouvre en rive gauche du Dardaillon, en contrebas d'une série de replats morphologiques armés par les mollasses miocènes (fig. 1). Culminant autour de 50 mètres d'altitude ces derniers reliefs dominant la plaine littorale au SSE. Le réseau hydrographique, qui prend sa source dans les garrigues au NNW (Crétacé et Paléogène) recoupe perpendiculairement ce dispositif structural.

Trois ensembles géomorphologiques peuvent être distingués dans les alentours de la grotte : les vallées du Dardaillon, les coteaux à cailloutis rhodaniens et les affleurements calcaires miocènes.

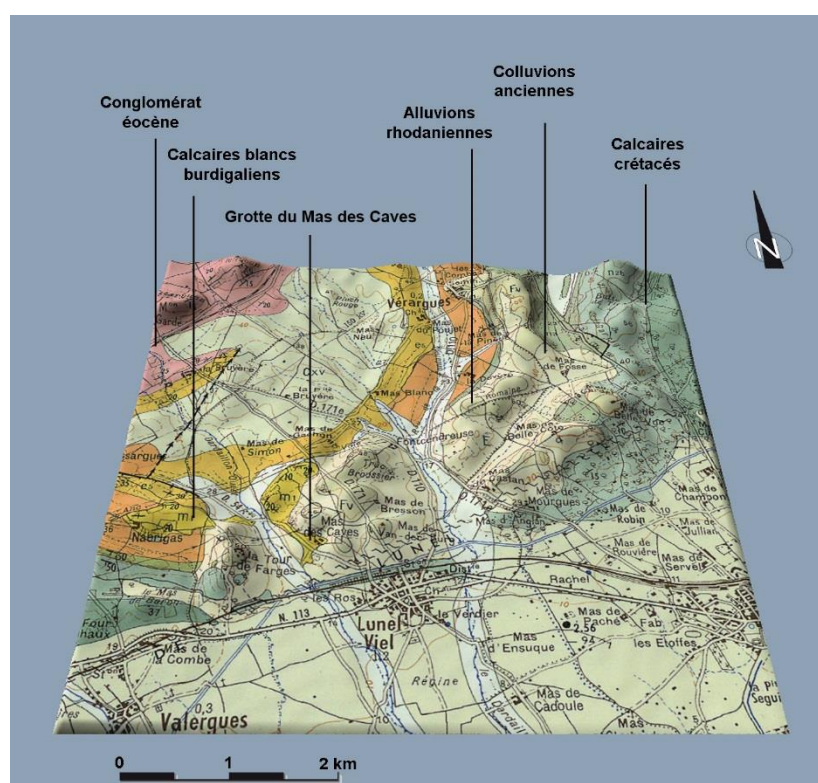


Figure 1 : Contexte géologique et géomorphologique de la grotte du Mas des Caves (SIG et DAO : L. Bruxelles, TRACES).

I.1 - Les vallées du Dardaillon

Elles sont inscrites d'une trentaine de mètres en contrebas des reliefs alentours (fig. 2). Elles drainent au NNW une vaste zone au relief peu marqué, essentiellement sous-tendue par des dépôts tertiaires de nature variable. Le réseau hydrographique est divisé en une série de petits vallons de faible profondeur. Juste au nord-ouest de Lunel-Viel, le réseau hydrographique se hiérarchise en deux vallées : le Dardaillon est et le Dardaillon ouest. C'est par ces couloirs, que l'on peut comparer à des petites

cluses, que les Dardaillon traversent la bande de petits reliefs armés par les calcaires burdigaliens (dans lesquels s'est creusée la grotte) et crétacés. En aval, leur cours s'ouvre brutalement sur la plaine littorale.

Les versants des vallées sont assez vigoureux, accidentés localement de petits replats liés à la nature plus ou moins résistante du substrat (calcaires et marnes). Le fond des vallées est plat ce qui traduit un remblaiement alluvial relativement important au niveau de l'axe du talweg.

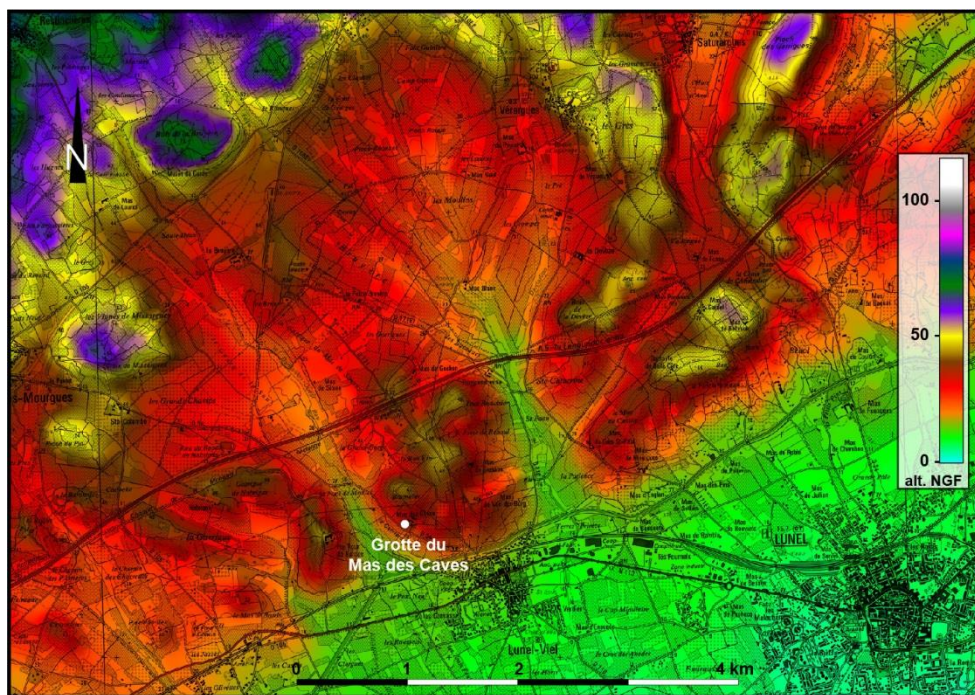


Figure 2 : Carte hypsométrique illustrant le contexte topographique des environs de la grotte du Mas des Caves (SIG et DAO : L. Bruxelles, TRACES).

I.2 – Les coteaux à cailloutis rhodaniens

Au-dessus de la grotte, entre les talwegs, le relief est constitué de collines peu vigoureuses recouvertes de vignes (fig. 2). Elles sont chapeautées par des lambeaux de terrasses rhodaniennes à galets de quartzites, souvent conservées en position d'interfluve. Au gré de l'incision du réseau hydrographique, on passe donc d'un substrat de galets siliceux à des marnes blanchâtres ou à des calcaires. Contrairement à ce qui est indiqué par la carte géologique (fig. 1), ces marnes ne correspondent pas toujours à des colluvions anciennes, mais plutôt à des dépôts burdigaliens admettant ponctuellement des bancs calcaires.

I.3 – Le affleurements de calcaires burdigaliens

Au Miocène, la mer burdigalienne est revenue dans le secteur, déposant, en discordance sur les formations plus anciennes, déposant des bancs de calcaires biodétritiques et des marnes blanchâtres. La vallée du Dardaillon recoupe perpendiculairement ces niveaux. Un large affleurement de ces calcaires a été reconnu entre la route du Bon Vin et la rive gauche de Dardaillon. Lors du diagnostic archéologique réalisé par l'Inrap en 2011, plusieurs indices de cavités ainsi que des soutirages karstiques ont été identifiés (Raux et al., 2012).

De l'autre côté du cours d'eau, on retrouve ponctuellement ces calcaires qui disparaissent sous les colluvions anciennes à galets. Cependant, même si ces calcaires n'affleurent plus dans l'emprise au nord de la Tour de Farge, des indices de soutirages karstiques laissent penser qu'ils sont bien présents, un peu plus en profondeur.

II – Les formations superficielles

En fonction de leur nature, de leur âge et des processus morphogénétique qu'elles traduisent, les formations superficielles constituent de très bons indicateurs de l'histoire des paysages. En outre, leur état d'altération et leur pédogenèse donne une idée précise de leur ancienneté et de leur état de conservation. Ce sont ces formations que l'on retrouve ensuite dans les cavités, parfois associées à du matériel archéologique.

Au niveau de la grotte, deux formations peuvent être distinguées : les colluvions à galets rhodaniens et les dépôts limoneux de bas de versant. Ils se raccordent au remplissage alluvial de la vallée du Dardaillon ouest.

II.1 – Les colluvions à galets rhodaniens

Sur la carte géologique du BRGM au 1/50000, la présence de lambeaux de terrasses villafranchiennes (Fv) préservées sur les points hauts (fig. 1) est signalée. Nous avons bien retrouvé des formations à galets rhodaniens sur les sommets mais aussi sur une grande partie des versants. Ce sont des galets de quartz et de quartzite très altérés, emballés dans une matrice argilo-sableuse rougeâtre.

Mais, à la différence de ce que nous avons pu largement étudier plus à l'est, ces formations ont ici une très faible épaisseur. On ne reconnaît pas les structures sédimentaires d'origine et bien souvent, on ne retrouve pas beaucoup de galets tendres. Or, ces derniers correspondent aux roches plus fragiles qui constituaient le cortège alluvial rhodanien initial. Moins résistants que les galets de quartz ou de quartzites, ils ont été progressivement digérés par l'altération et ils sont devenus tendres. Cependant, malgré leur fragilité, ces galets sont toujours présents au sein des alluvions *in situ* et ils sont facilement identifiables dans les coupes tant qu'ils ne sont pas remaniés.

Or, nous n'avons pas trouvé beaucoup de galets tendres dans ces formations aux alentours de la grotte. Cela signifie que ces éléments fragiles ont été évacués par l'érosion, ce qui implique donc que ces alluvions rhodaniennes ont été remaniées depuis leur dépôt et leur altération. Ce ne sont donc plus des alluvions mais des colluvions. En outre, les épaisseurs sont souvent faibles (inférieures à un mètres) et ces dépôts moulent la partie supérieure des topographies. Ces galets sont donc ici en position résiduelle et font partie du stock de matériaux très résistants remaniés depuis leur dépôt alluvial originel (fig.3). L'essentiel de ce remaniement s'est opéré au cours du Pléistocène mais il est de toute façon polygénique et a perduré pendant tout le Quaternaire.

En certains points, des écoulements ont lessivés la matrice des galets. Ils sont alors libres et présentent une teinte beaucoup plus claire. Ce phénomène, que nous avons pu étudier à plusieurs reprises dans ce secteur, est assez caractéristique de ces colluvions. L'eau, bloquée en profondeur par le substrat imperméable, doit s'écouler au sein de ces formations relativement poreuses. Dans les secteurs où ces circulations sont assez concentrées (fond de talweg), la matrice fine est exportée et les galets sont ainsi lessivés.

Au point de vue archéologique, ces colluvions anciennes se sont révélées assez indigentes. Leur remaniement polyphasé au cours du Pléistocène n'exclut la possibilité d'y découvrir du matériel paléolithique. Il y a cependant de très fortes chances qu'il soit remanié au sein des colluvions. En outre, on ne retrouve plus de sol pédologique au-dessus des galets. Pourtant, au moins pendant la première partie de l'Holocène, toutes les conditions étaient réunies pour qu'un sol se développe en parallèle avec un couvert forestier. Si l'on n'observe plus de sol aujourd'hui, c'est que celui-ci a été complètement érodé. On le retrouve en fond de vallée mais aussi dans certaines cavités karstiques du secteur (cf. *infra*). La cause de sa disparition résulte du défrichement et de la mise en culture de l'ensemble de ce secteur. L'apparition de la mécanisation a d'ailleurs dû accentuer le phénomène.

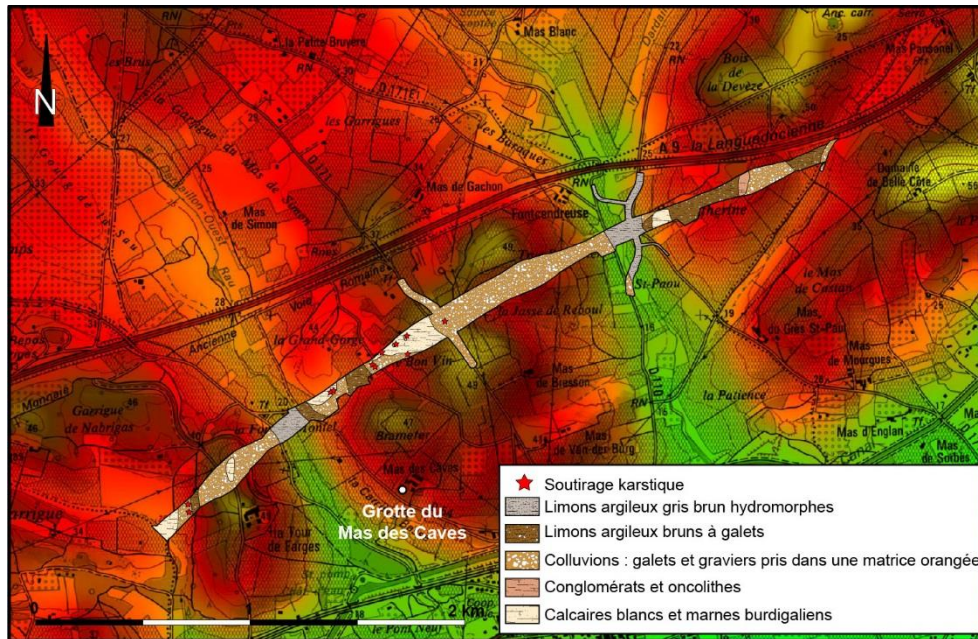


Figure 3 : Carte des formations superficielles observées lors du diagnostic archéologie du tronçon 11 de la LGV (Raux et al., 2012 ; SIG et DAO : L. Bruxelles, TRACES).

II.2 – Les colluvions limoneuses de bas de versant

La base des principaux versants est empâtée par des colluvions de nature variable (fig. 3). Elles se présentent sous la forme de limons plus ou moins argileux souvent assez riches en galets. Ces formations ont des épaisseurs variables et on les retrouve notamment au-dessus mais surtout en dessous de la route.

Le plus souvent, ce sont des limons bruns à galets épars. Ils contiennent quelques fragments de terre cuite pouvant aller jusqu'à la période moderne. Ces accumulations brunes sont donc relativement récentes et traduisent l'érosion des sols sur le versant. Ce sont pour l'essentiel des colluvions agricoles générées par le travail des sols.

Néanmoins, localement, nous avons pu recouper des séquences colluviales originales et visiblement plus anciennes. Ainsi, une centaine de mètres au nord de la grotte, toujours en rive gauche du Dardaillon, une épaisse séquence colluviale rougeâtre s'est accumulée en pied de versant. Ces matériaux proviennent de l'érosion des colluvions anciennes qui recouvrent le substrat miocène. La couleur rougeâtre, héritée des anciens sols fersialitiques développés sur les alluvions rhodaniennes, tranche avec les autres colluvions plus brunes. Ici, il s'agit vraisemblablement de colluvions plus anciennes, sans qu'il soit possible d'en donner l'âge. Elles ont livré quelques vestiges paléolithiques probablement déjà en position remaniée (Raux et al., 2012).

II.3 – Le remplissage des vallées

Les séquences observées dans le Dardaillon montrent un fort détritisme. En effet, le remplissage de la partie inférieure de la vallée est constitué de lentilles de galets successives. Ceci est compréhensible puisque cette vallée se rétrécit fortement du fait de la traverse de la cluse et l'hydrodynamique est donc plus marquée à ce niveau.

Au-dessus, les couvertures limoneuses gris brun, hydromorphes, se sont révélées assez peu épaisses et surtout fortement perturbées par les aménagements (routes, bâtiments) et par les labours (fig. 3). Aucun vestige archéologique n'a été découvert dans ces contextes peu favorables à leur préservation

III - Le karst

L'originalité de ce secteur est liée à la présence, de part et d'autre de la vallée du Dardaillon ouest, d'affleurements de calcaires burdigaliens. Ce sont des calcaires blancs, plus ou moins sableux, parfois crayeux, contenant localement de nombreux fossiles. Ces calcaires, relativement impurs, ne sont pas réputés comme étant les plus karstifiables. Pourtant, une grande densité de phénomènes karstiques, dont la grotte du Mas des Caves, est connue dans ce secteur, sans compter les indices révélés par le diagnostic archéologique : grottes, soutirages, effondrements ponctuels. Nos reprenons ici les observations certaines observations que nous avons réalisées lors du diagnostic et qui documentent le contexte karstique de la grotte du Mas des Caves (fig. 4).

III.1 – Les soutirages karstiques

De tailles variables, ils témoignent de l'activité ancienne ou récente du karst qui a piégé les formations superficielles. Ce phénomène s'est développé par crypto-corrosion. Les calcaires ont été progressivement dissouts sous une couverture meuble et plus ou moins perméable. Ici, ce sont les colluvions rougeâtres à galets rhodaniens qui ont joué le rôle d'éponge humide et qui ont contribué à la karstification des calcaires sous-jacents. Ces phénomènes sont localisés en fonction des conditions lithologiques, structurales mais aussi en fonction de l'histoire de cette couverture (Bruxelles, 2001 ; Bruxelles *et al.*, 2004). Ainsi, les bancs calcaires plus purs ou les zones fracturées vont constituer des secteurs de choix pour la mise en place d'un soutirage. La couverture, en concentrant l'eau en surface, contribue également à l'enfouissement concentré des ruissellements et donc au développement de pertes karstiques.

De fait, la présence de phénomènes karstiques n'est pas contingentée aux secteurs où les calcaires sont affleurants. Bien souvent, ces soutirages se sont développés sous couverture, où ils sont difficilement perceptibles. Dans les zones où les calcaires sont à l'affleurement, le remplissage à galets de ces soutirages constitue un témoin de l'ancienne extension de ces couvertures.

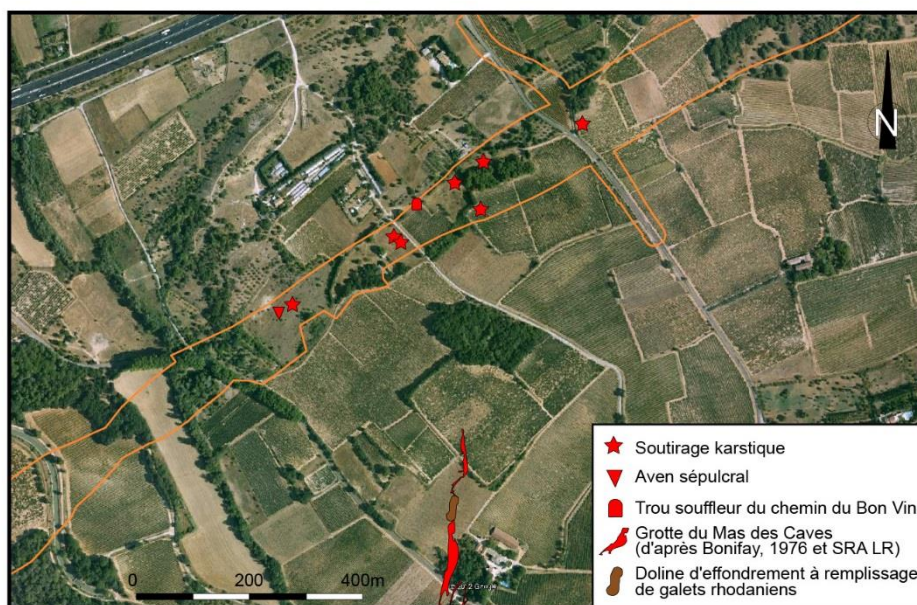


Figure 4 : Indices karstiques relevés lors du diagnostic archéologique du tronçon 11 de la LGV et positionnement par rapport à la grotte du Mas des Caves (Raux et al., 2012 ; SIG et DAO : L. Bruxelles, TRACES).

Plusieurs ensembles de soutirages ont été identifiés sur le versant à la base duquel s'ouvre la grotte du Mas des Caves (fig. 4) :

- **sur le replat situé en rive gauche du Dardaillon ouest**, dans le prolongement de la grotte du Mas des Caves, plusieurs phénomènes ont été identifiés. Un aven sépulcral ainsi qu'un soutirage pléistocène ont été découverts. Ils seront détaillés dans le chapitre suivant car il s'agit ici d'une cavité que nous avons pu ouvrir lors de la phase de diagnostic et qui dépasse le seul cadre des soutirages karstiques.

- **à l'ouest du chemin du Bon Vin**, les calcaires burdigaliens affleurent à très faible profondeur. Son toit, fortement karstifié, se présente sous la forme d'un lapiaz. Les pinacles calcaires sont séparés par des diaclases remplies de galets rhodaniens pris dans une matrice rougeâtre. Quelques petits soutirages de faible ampleur ont été observés et ont permis le piégeage de cette couverture aujourd'hui disparue de ce secteur.

- **à l'est du Chemin du Bon vin**, les calcaires burdigaliens sont aussi à l'affleurement, parfois masqués par une couverture résiduelle de colluvions rougeâtres à galets rhodaniens. Le substrat est également peu profond et un lapiaz s'est développé dans les calcaires plus ou moins altérés. Plusieurs soutirages d'importances variables sont nettement apparus lors du diagnostic archéologique de la LGV. Ils se présentent toujours sous la forme d'entonnoirs développés dans des calcaires parfois assez altérés et remplis de galets rhodaniens rougeâtres. L'un des plus impressionnants a été découvert dans un secteur où les calcaires crayeux blancs sont sub-affleurant. Nous n'avons pu sonder que la bordure de l'entonnoir qui doit mesurer plusieurs mètres à dizaines de mètres de diamètre. A l'intérieur, nous avons recoupé plus de 5 mètres de galets emballés dans une matrice argileuse rougeâtre. La stratigraphie d'origine des dépôts alluviaux était préservée mais elle était inclinée à plus de 45° vers le centre du soutirage. On a certainement ici un reste de la terrasse villafranchienne qui est déformée et piégée dans le soutirage karstique. La présence d'un grand nombre de galets altérés et tendres indique bien qu'il ne s'agit pas ici de colluvions remaniées par le soutirage vers le centre du soutirage.

On retrouve ici le type de dispositif qui a été appelé la doline sur laquelle butte le terminus de la grotte du Mas des Caves. Il s'agit d'un cryptokarst qui a recoupé le conduit karstique et l'a scindé en deux tronçons désormais isolés. Les formations superficielles à galets, ainsi que la faune et l'industrie lithique sont entrées par le terminus de la galerie via la dépression formée en surface.

III.2 – L'aven sépulcral

Lors de la réalisation d'une tranchée de diagnostic (Raux et al., 2012), un amas de blocs de calcaires burdigaliens a été recoupé à faible profondeur dans les dépôts de versant. Emballés dans une matrice limoneuse brune, ces blocs n'avaient aucune raison naturelle d'être ici. La poursuite du sondage a rapidement recoupé trois sépultures néolithiques ainsi que d'autres ossements humains pris entre les blocs.

Pour comprendre les modalités de gisement de ces blocs, nous avons réalisé un sondage profond dans ce remplissage. Vers deux mètres de profondeur, un petit orifice est apparu. Nous l'avons désobstrué et nous avons pu accéder à une cavité basse, fortement colmatée et parcourue par un petit ruissellement temporaire. Large de 2 à 3 mètres, elle était presque entièrement colmatée par des dépôts limono-sableux apportés par la trémie d'entrée. Un demi-bassin humain a été trouvé à la base du talus. Sous ces limons, la cavité est remplie d'argile rouge très fine, comparable à celle que l'on retrouve à la base de la séquence sédimentaire de la grotte du Mas des Caves ou du trou souffleur. Ce sont des argiles karstiques qui ont participé au creusement paragenétique de ces conduits, c'est-à-dire du bas vers le haut, au fur et à mesure que les argiles s'accumulaient au sol.

Enfin, dans la même tranchée, quelques mètres plus à l'est, un petit aven colmaté a été identifié. Le remplissage limoneux rouge était marqué par des structures lamellaires. Ces stigmates de gel indiquent donc que cet aven était déjà rempli au cours de la dernière phase froide du Quaternaire. Il est

fort probable que cet orifice, tout proche de l'aven sépulcral, ait pu jouer le rôle de piège à différentes périodes du Quaternaire, au gré de sa troncature par la surface topographique.

III.3 – Le trou souffleur du chemin du Bon Vin

Lors de la phase de diagnostic archéologique, un petit orifice situé au fond d'une légère dépression a attiré notre attention. Il n'était pas pénétrable mais un courant d'air était assez nettement perceptible. Ce phénomène indique soit une communication avec un autre orifice proche, soit l'existence d'une grande cavité en dessous.

La présence de plusieurs soutirages aux alentours signale l'existence de vides karstiques et de circulations d'eau capables d'exporter le matériel soutiré. En outre, quelques petites galeries sont connues dans des carrières situées plus au nord. Afin de mieux préciser le contexte karstique, nous avons reporté les plans de cette cavité sur nos relevés (fig. 4). Et il apparaît que la galerie du Mas des Caves se dirige en direction du nord, globalement vers le trou souffleur. Cela signifiait donc que, si l'orientation de la galerie restait la même, on pouvait se trouver ici dans le prolongement de cette grande cavité.

A partir de ces constatations et avant d'engager des travaux de recherche plus poussés, nous avons eu recours à plusieurs méthodes afin d'évaluer la nature de cette cavité. De l'imagerie par thermographie aéroportée puis des mesures géophysique (radar, résistivité) nous ont permis de localiser assez précisément la cavité. D'après ces différentes analyses, il apparaissait donc que nous risquions de recouper une galerie à faible profondeur, assez large, du type de celle du Mas des Caves. Enfin, les mesures de résistivité indiquaient qu'elle était en grande partie colmatée par un remplissage à matrice argileuse. Plus qu'un vide spéléologiquement accessible, c'est ce remplissage que nous recherchions et qui pouvait contenir, comme dans la grotte du Mas des Caves, des vestiges archéologiques et paléontologiques.

La voûte calcaire, épaisse d'un mètre, a été rapidement trépanée (fig. 5). Conformément au pendage, elle plonge progressivement en direction du sud. Le sommet de la galerie présentait une morphologie arrondie, signe de sa dissolution par une ancienne circulation d'eau. Un vide de quelques décimètres a été traversé entre le plafond et le remplissage. Parcouru par un courant d'air soufflant (régime hivernal), il a servi de terrier à des animaux fouisseurs.



Figure 5 : Ouverture de la partie supérieure de la cavité (cliché L. Bruxelles)

Le colmatage de la partie supérieure était constitué de limon brun emballant des cailloutis calcaires et des galets, ainsi qu'une grande quantité de reste végétaux (feuilles, branche, glands etc.). Il a été traversé jusqu'à 4 mètres de profondeur puis, assez brutalement, les parois s'élargissent. On passe alors dans des formations argileuses rougeâtres à gros blocs calcaires (fig. 6). A partir de ce moment-là, nous n'avons plus touché les parois de la galerie qui est devenue large de plusieurs mètres. Nous avons sondé son remplissage argileux jusqu'à 6 mètres de profondeur sans pouvoir atteindre le fond de la galerie. On retrouve ici des dimensions comparables à la grotte du Mas des Caves, ce qui renforce l'idée que l'on se trouve bien ici dans son prolongement.

Une coupe stratigraphique synthétique a été relevée tout au long de la désobstruction. De haut en bas, nous avons recoupé la succession suivante (fig. 19) :

- sous la voûte calcaire, nous avons recoupé un vide de faible hauteur. Il variait en général autour de quelques décimètres seulement ;
- puis, nous avons traversé une cinquantaine de centimètres de limons brun foncés. Ils contenaient des blocs calcaires et des galets ainsi qu'une grande quantité de fragments de végétaux apportés par les animaux. Ce niveau était de fait très perturbé par la bioturbation ;
- vers 1,5 m de profondeur, nous avons atteint des limons brun beige. Assez hétérogènes, ils admettaient des passées plus caillouteuses en pente vers le fond de la cavité. D'après le dispositif sédimentaire, ce sont des colluvions qui sont entrées par l'orifice du trou souffleur. Ici aussi, l'action des animaux fouisseurs a dû largement contribuer à l'accumulation de ce dépôt et à sa géométrie ;
- vers 3 de profondeur, la galerie s'élargit brusquement et nous avons recoupé une formation radicalement différente. Tout l'espace entre ce remplissage et la voûte est colmaté par une couche de galets rhodaniens emballés dans une matrice rougeâtre. Epaisse de 20 à 50 cm, les éléments détritiques ne présentent pas d'organisation sédimentaire particulière. Leur mise en place s'est visiblement réalisée par colluvionnement depuis un point de soutirage. Ces matériaux proviennent de la couverture de colluvions anciennes qui n'existe plus aujourd'hui autour du trou souffleur. C'est donc un dépôt ancien qui découle d'une autre étape de l'histoire du paysage ;
- enfin, entre 3,5 et 4 mètres de profondeur, nous sommes passés dans des argiles rougeâtres, très compactes, emballant des blocs arrondis de calcaire. La mise en place de ce remplissage est contemporaine du fonctionnement de la cavité. Ce sont des argiles de décantation qui témoignent d'une hydrodynamique relativement faible dans cette partie de la cavité. Les blocs, arrondis et assez altérés, proviennent de l'effondrement de la voûte. Ils ont été dégagés par la dissolution lorsqu'ils baignaient dans l'eau qui remplissait la partie supérieure de la grotte. C'est pour cela qu'ils ont une morphologie arrondie. Ensuite, ils ont subi une altération au sein des argiles, ce qui a accentué l'aspect arrondi et a produit une auréole crayeuse blanche autour de tous ces blocs.



Figure 6 : Vers 4 m de profondeur, la galerie s'est brutalement élargie et nous avons sondé un épais remplissage argileux rougeâtre comparable à celui de la grotte du Mas des Caves (cliché : L. Bruxelles/Inrap).

Bibliographie

ANTEA GROUP, 2012. – Projet ferroviaire de Contournement Nîmes Montpellier. Recherche d'indices karstiques par méthode géophysique sur le secteur de Lunel-Viel (34). – Rapport d'expertise, ARKOGEOS, Labège, 37 p.

BONNET A., BEL F., DREYFUS M., MATTAUER M., PUECH J. – 1969. – Notice de la carte géologique de la France au 1/50000, n° 991, feuille de Lunel, 20 p.

BONIFAY E. 1976. Grotte du Mas des Caves (Lunel-Viel, Hérault). In UISPP IX^e congress. Nice Parc Valrose de l'Université de Nice, 13-18 sept. 1976. Livret-guide de l'excursion C2, Provence et Languedoc méditerranéen sites paléolithiques et néolithiques. GAP : Impr. Louis Jean, p. 197-204.

BRUXELLES L., 2001 – Dépôts et altérites des plateaux du Larzac central : causses de l'Hospitalet et de Campestre (Aveyron, Gard, Hérault). Evolution morphogénique, conséquences géologiques et implications pour l'aménagement, Thèse 3^{ème}, Université de Provence, *Document du BRGM*, n°304, Orléans, 2004, 266 p. + 5 cartes couleur.

BRUXELLES L., 2002 – Dépôts et formations superficielles du Larzac central : Rôle morphologique et intérêt pour la reconstitution des paléo-paysages, *Karstologia*, n°38, p. 15-28.

BRUXELLES L. – 2011. – Diagnostic archéologique et géomorphologie en Midi-Pyrénées : réflexions méthodologiques concernant la recherche de vestiges paléolithiques. In : DEPAEPE (Pascal), SEARA (F.). – *Le diagnostic des sites paléolithiques et mésolithiques : séminaire méthodologique de l'Inrap*. Paris, Les cahiers de l'INRAP, n°3, p. 88-95.

BRUXELLES L., CAMUS H. et GALANT Ph. – 2010. – Approche intégrée de l'archéologie et de la dynamique du karst. – In : Grottes et karsts de France. *Karstologia Mémoires*, n° 19, Association française de karstologie, p. 96-97.

RAUX A. et al. – 2012 – Ligne Grande Vitesse Contournement de Nîmes et Montpellier : Secteur 11. Tomes 1, DFS, Inrap, 2012, 75 p.

Perspectives de reconstitution des dynamiques morphosédimentaires du site du Mas des Caves (Lunel Viel)

Phase 1 : premiers tests par analyses élémentaire (pXRF) et spectrorimétrie afin d'identification des sources et dynamiques sédimentaires des séquences de la cavité

Vincent Ollivier (UMR 7269 LAMPEA) et Naïs Sirdeys (UM 34 CEREGE & UMR 7269 LAMPEA)

Introduction et objectifs :

Outre sa richesse paléontologique et archéologique, La grotte I du Mas des Caves à Lunel Viel constitue un ensemble de cavités surprenantes, élaborées sous des conditions de types karstiques dans un contexte de molasse miocène du Burdigalien.

Les observations sur site et les données géologiques régionales fournissent de nombreux indices, à approfondir, sur l'origine de la cavité et de son remplissage. L'existence d'une tectonique quaternaire est prouvée par les rejeux de la faille de Vauvert et de la flexure post-villafranchienne de Lunel, responsable du pendage qui affecte d'ailleurs la vieille nappe alluviale rhodanienne (cartes et notices BRGM du Grau du Roi et de Lunel). En observant les parois de la cavité du Mas des Caves, une importante dissymétrie des encoches visibles sur les murs peut être notée. Ces encoches, rectilignes et observables sur la longueur de la cavité, ne semblent concerner que la paroi au Nord-Est (photo 1). En observant le pendage affectant la molasse burdigalienne on pourrait croire que chacune d'entre elles constitue le témoin du basculement progressif de l'ensemble sous le jeu de la flexuration post-Villafranchienne ou Quaternaire... Avec un cadrage chronologique adéquat (mesures métriques et méthodes par les cosmonucléides sur le matériel allogène), il serait possible de mesurer la vitesse et la durée du basculement sous la contrainte flexurale et préciser ainsi la néotectonique régionale (et les risques associés ?). Ceci restant bien entendu à approfondir et infirmer ou confirmer par des études plus précises de l'origine des encoches observées et de la structuration géologique de la cavité.



Photo 1, vue générale des encoches et parois de la cavité

En divers points de la région, le long de cette même flexure, la dénivellation créée par ce mouvement tectonique a provoqué une reprise active de l'érosion au détriment de la nappe villafranchienne dont des lambeaux sont conservés au niveau de buttes témoins comme celle de Lunel. De nombreux matériaux issus de cette nappe alluviale constituent un stock sédimentaire hérité qui semble s'être redéposé, sous une forme remaniée, dans la cavité. Le creusement de la galerie et les circulations qui la caractérisent (écoulements, sédimentations et premières vidanges et érosions) pourraient donc être attribué au début du Pléistocène. Les remplissages sédimentaires fossilifères, quant à eux, peuvent être considérés comme les témoins d'une période de diminution de l'érosion et de l'activité hydrologique dans la cavité, amorcée depuis les stades isotopiques 11 à 7 (chronologie des séquences attribuée dans les différentes études publiées). Reste à en déterminer les causes précises.

Loin d'être anecdotiques ces considérations tectoniques et morphosédimentaires revêtent un caractère important dans notre démarche dont l'objectif principal est la caractérisation précise des sources sédimentaires et des dynamiques de dépôts constituant les séquences du Mas des Caves. Le caractère complexe des transferts sédimentaires en surface et au travers des réseaux karstifiés permet d'envisager d'autres types d'apports qu'ils soient d'origine *in situ* (internes à la cavité) ou provenant d'autres types de drainages affectant la lithologie et les affleurements environnant. Ainsi, de nombreuses autres lithologies doivent être considérées dans la fourniture sédimentaire disponible comme par exemple les marnes, les grès à quartz roses et les sables jaunes éocènes, ou encore les faciès sableux du Miocène. Cette caractérisation de la diversité et de la nature des sédiments nourrissant et constituant les dépôts fossilifères du Mas des Caves est une démarche nécessaire afin d'en dégager les dynamiques et d'en comprendre l'organisation.

Dans le cadre de cette première intervention, le choix a été fait de prélever quelques échantillons témoins et d'y réaliser les premiers tests en géochimie élémentaire et spectrocolumétrie. Ces différentes méthodes permettent de mettre en évidence des parentés de faciès, de couleur et de composition élémentaire (ou des critères de discrimination) entre les différents dépôts sédimentaires en présence et leurs sources présumées ou à rechercher. Ces méthodes affichent une excellente fiabilité et une très bonne complémentarité sur la base de mesures physiques et géochimiques éprouvées, s'appuyant sur les derniers standards en vigueur.

Les premières méthodes employées :

L'ensemble des premiers tests réalisés ont été effectués sur la nouvelle plateforme de sédimentologie et de géochimie [PlaSédO \(Plateforme de Sédimentologie Opérationnelle\)](#) de l'UMR 7269 LAMPEA.

- L'analyse par fluorescence X des sédiments

La spectrométrie de fluorescence des rayons X (XRF pour X-ray fluorescence) est une technique d'analyse chimique utilisant une propriété physique de la matière, la fluorescence de rayons X. Lorsque l'on bombarde de la matière avec des rayons X, la matière réémet de l'énergie sous la forme, entre autres, de rayons X ; c'est la fluorescence X, ou émission secondaire de rayons X. Le spectre des rayons X émis par la matière est caractéristique de la composition de l'échantillon, en analysant ce spectre, on peut en déduire la composition élémentaire, c'est-à-dire les concentrations massiques en éléments. L'analyse élémentaire a été effectuée à l'aide d'une unité de fluorescence X portable (pXRF) Olympus Vanta série C, utilisant la fluorescence X à dispersion d'énergie (ED-XRF) avec étalonnage géochimique en mode « sol » à 2 faisceaux, mesurant le Mg, Al, Si, Ca, S, P, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, W, Zn, Hg, As, Pb, Bi, Se, Th, U, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Sn et Sb.

- La spectrocolumétrie-spectrophotométrie

Cette méthode mesure la couleur d'un matériau donné et renseigne ainsi sur ses paramètres trichromatiques (teinte, saturation, luminance ou réflectance), sa courbe spectrale et le métamérisme. Ceux-ci sont replacés dans un espace tridimensionnel de représentation des couleurs. Les applications

sont : la mesure (envisageable sur tous matériaux, poudres, solides...) de la couleur d'un échantillon, son évolution, test de blancheur etc., et la comparaison des paramètres mesurés par rapport à des nuanciers de couleurs étalons (NCS peintures, Munsell sols). Son application en sédimentologie et en pédologie permet de connaître les sources sédimentaires, une partie des évolutions subies, et les milieux de sédimentation (gley de zone humide, eutrophisation, altération, fersiallisation, ferralitisation...). Les analyses ont été effectuées par l'intermédiaire du spectrophotomètre Konica-Minolta CMd 700 à lampe au xénon pulsé (avec filtre UV), détecteur à double barrette de photodiodes au silicium (2 x 36 éléments) sur une gamme spectrale de 400 nm à 700 nm et une résolution spectrale de 10 nm.

Les premiers résultats succincts des tests effectués sur trois niveaux caractéristiques pris dans les séquences de la cavité :

Sept échantillons qui vont de LVI 20/01 à LVI 20/07 (SED 1 à SED 7) ont été prélevés. Cinq dans la coupe présente dans la tranchée M. de Serres. Trois échantillons ont été sélectionnés dans les deux premiers tiers de cette séquence stratigraphique d'ensemble (à partir de la base) pour ces premiers tests : LVI 20/01 SED 1, LVI 20/02 SED 2 et LVI 20/03 SED 3 (Photo 2). Chacun d'entre eux présente des caractéristiques faciologiques initiales permettant d'être considérées comme des références au niveau des différentes compositions des séquences sédimentaires du site.

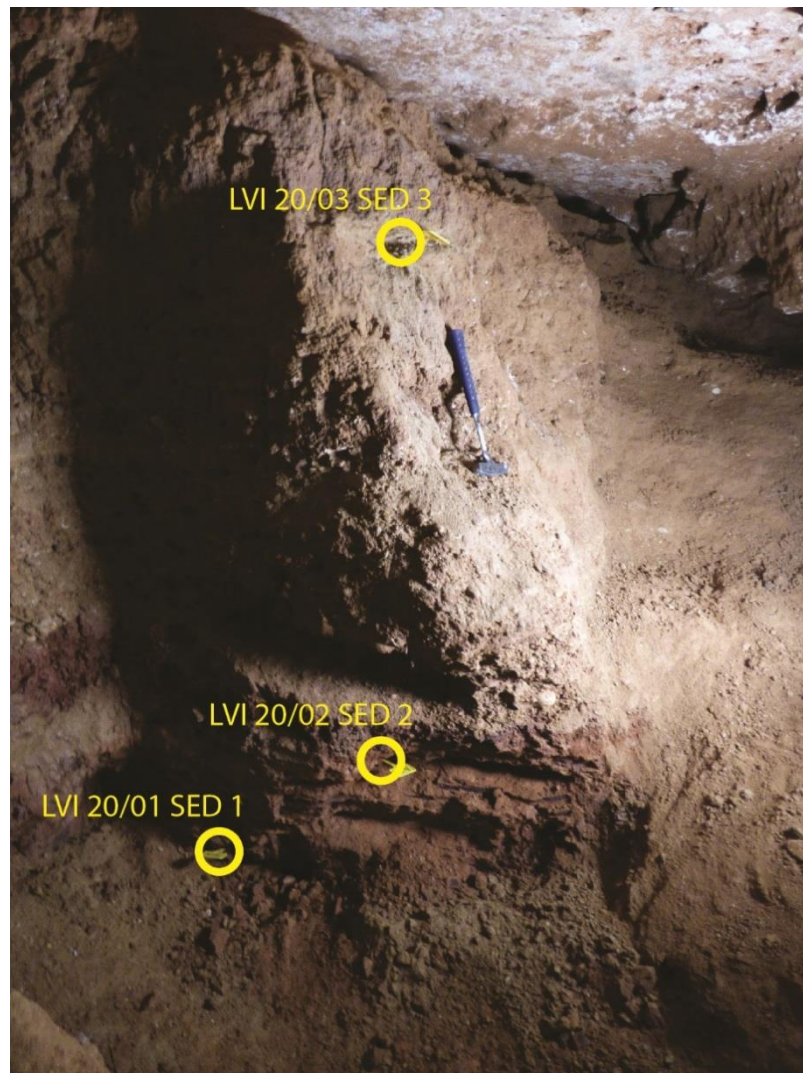


Photo 2, position des échantillons testés (coupe tranchée M. de Serres)

L'échantillon LVI 20/01 SED 1 présente un faciès très argileux brun rouge à structure litée et oxydations mangano-ferriques brunes.

L'échantillon LVI 20/02 SED 2 présente un faciès mixte limono-sableux à argilo-sableux rougeâtre.

L'échantillon LVI 20/03 SED 3 présente un faciès sableux à légèrement sablo-limoneux, de couleur beige-vert olive, vraisemblablement produit par la désagrégation de la molasse burdigalienne.

Spectrocolorimétrie

Pour chacun des échantillons, une mesure spectrocolorimétrique a été réalisée (figures 1, 2 et 3). Une présentation de l'ensemble pour comparaison est réalisée sur la figure 4. L'espace chromatique $L^*a^*b^*$ CIELAB utilisé, est un espace de couleur particulièrement adapté pour la caractérisation des couleurs de surface.

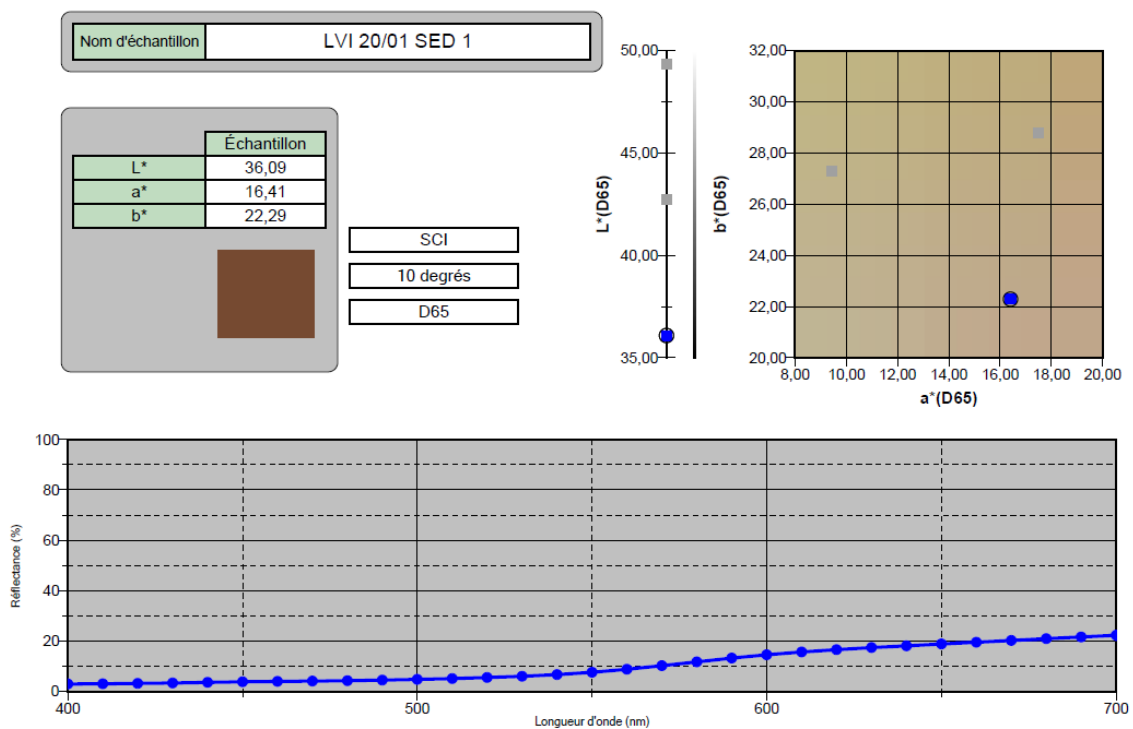


Figure 1, caractéristiques spectrocolorimétriques de l'échantillon LVI 20/01 SED 1

L'échantillon LVI 20/01 SED 1 (figure 1) affiche des paramètres de colorimétrie de faible clarté et relativement foncé démontrant la forte altération du sédiment d'origine (décalcification et oxydo-réduction). Sa réflectance est de 10% à 21% du jaune vers le rouge (de 580 nm à 700 nm).

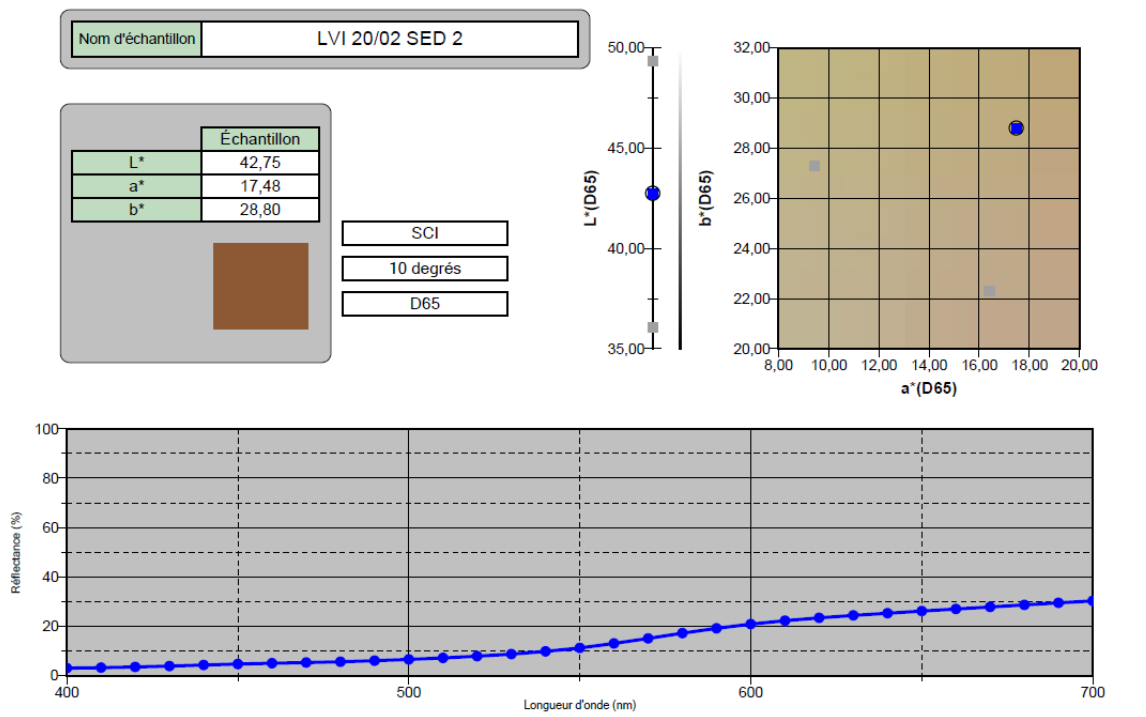


Figure 2, caractéristiques spectrocolorimétriques de l'échantillon LVI 20/02 SED 2

L'échantillon LVI 20/02 SED 2 (figure 2) affiche des paramètres de colorimétrie de plus grande clarté et relativement plus positionné vers le jaune et le rouge (oxydation plus marquée et apports allogènes). Sa réflectance est également supérieure du jaune vers le rouge et va de 18% à 30% de 580 nm à 700 nm.

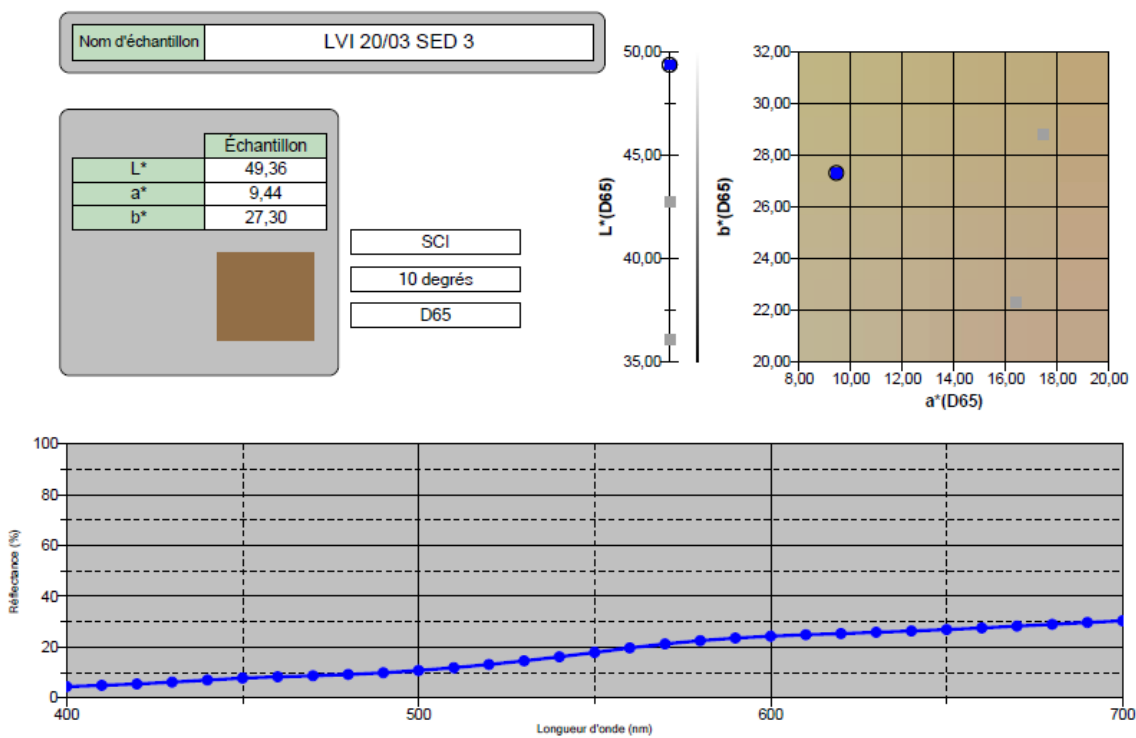


Figure 3, caractéristiques spectrocolorimétriques de l'échantillon LVI 20/03 SED 3

L'échantillon LVI 20/03 SED 3 (figure 3) affiche des paramètres de colorimétrie de nettement plus forte clarté toujours positionné vers le jaune et plus nettement orienté vers le vert (apports allogènes par rapport aux échantillons précédant). Sa réflectance est également supérieure du jaune vers le rouge et va de 20% à 30% de 580 nm à 700 nm .

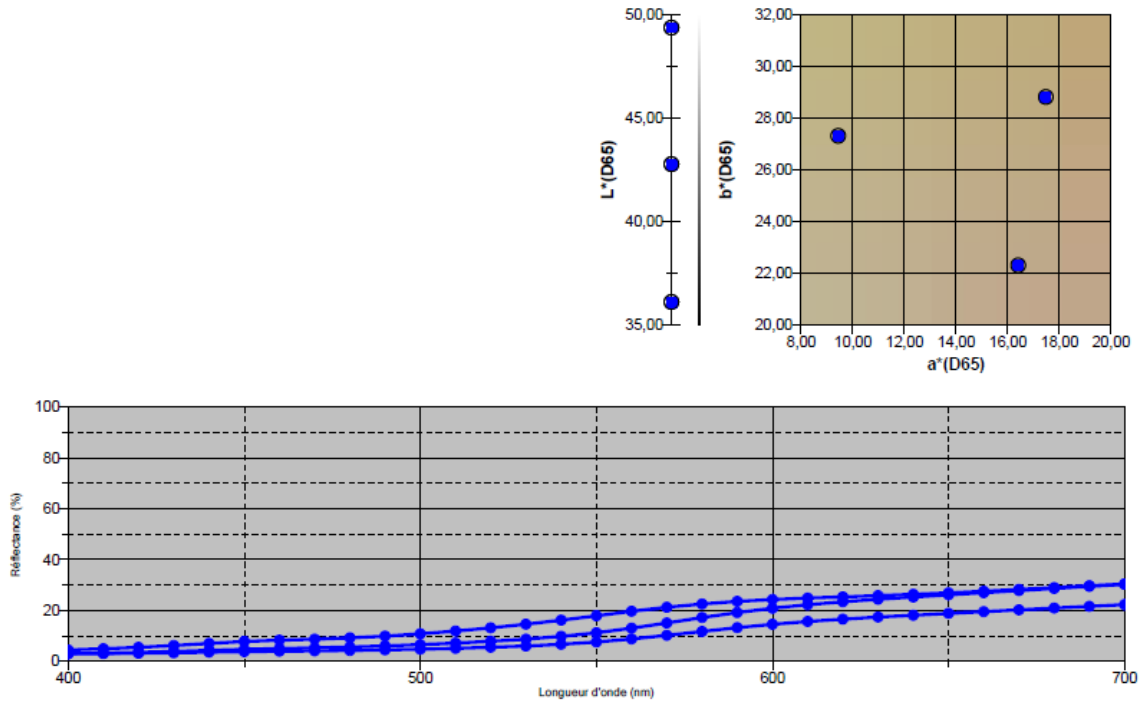


Figure 4, caractéristiques spectrocolorimétriques comparées des différents échantillons

D'une manière synthétique, la comparaison en spectrocolorimétrie de ces trois échantillons (figure 4) indique clairement un apport de sédiment de type sables molassiques (LVI 20/03 SED 3) dans l'échantillon LVI 20/02 SED 2 qui apparait alors remanié par rapport à LVI 20/01 SED 1 considéré comme référence dans le cas de ce test. Cette constatation, bien évidemment visible en stratigraphie, trouve toutefois ici une expression par des mesures absolues qui permettront à terme de pouvoir caractériser les sources et d'aider à quantifier dans la précision leurs apports respectifs au sein des niveaux stratigraphiques du site.

L'analyse par fluorescence X

Les mêmes échantillons ont été respectivement soumis à la spectrométrie de fluorescence des rayons X afin d'en dégager dans le détail les caractéristiques élémentaires. Les éléments dominants sont la silice (Si), le fer (Fe), l'aluminium (Al), le calcium (Ca) et le potassium (K) dans certains cas. Les éléments en proportion moindres (manganèse Mn, titane, Ti) peuvent aussi être pris en compte sur certains échantillons.

-Les données RX de l'échantillon LVI 20/01 SED 1 (figures 5 et 6)

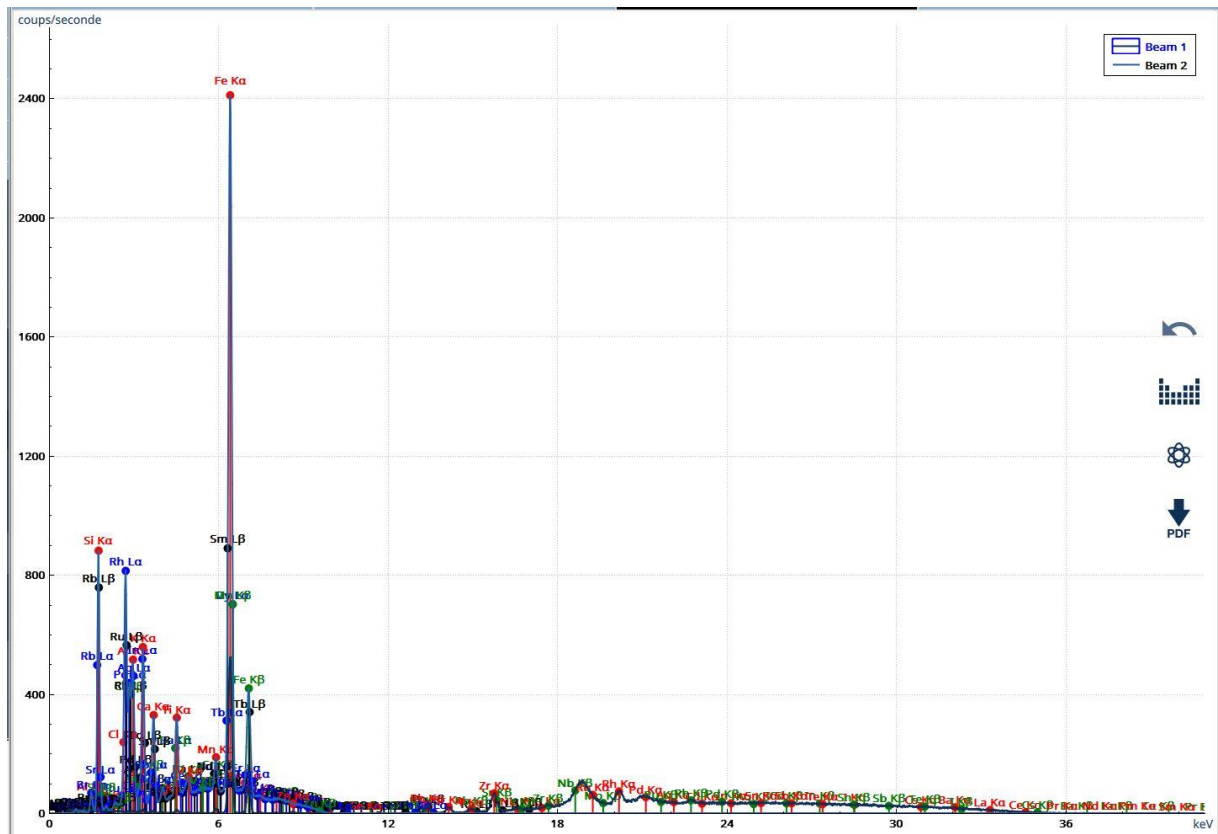


Figure 5, spectre RX de l'échantillon LVI 20/01 SED 1

El	PPM	+/- 3σ
LE	67.73%	0.60
Si	21.16%	0.40
Al	5.98%	0.29
Fe	2.937%	0.067
K	1.240%	0.029
Ti	3890	540
Ca	2760	130
Mn	1260	130
P	490	180
S	320	130
Zr	197	9
Rb	103	7
Cr	99	80
Zn	81	15
Sr	74	6
V	63	54
Ni	40	22
Y	29	6
Nb	26	6
Pb	24	9

Figure 6, tableau semi quantitatif des éléments de l'échantillon LVI 20/01 SED 1

-Les données RX de l'échantillon LVI 20/02 SED 2 (figures 7 et 8)

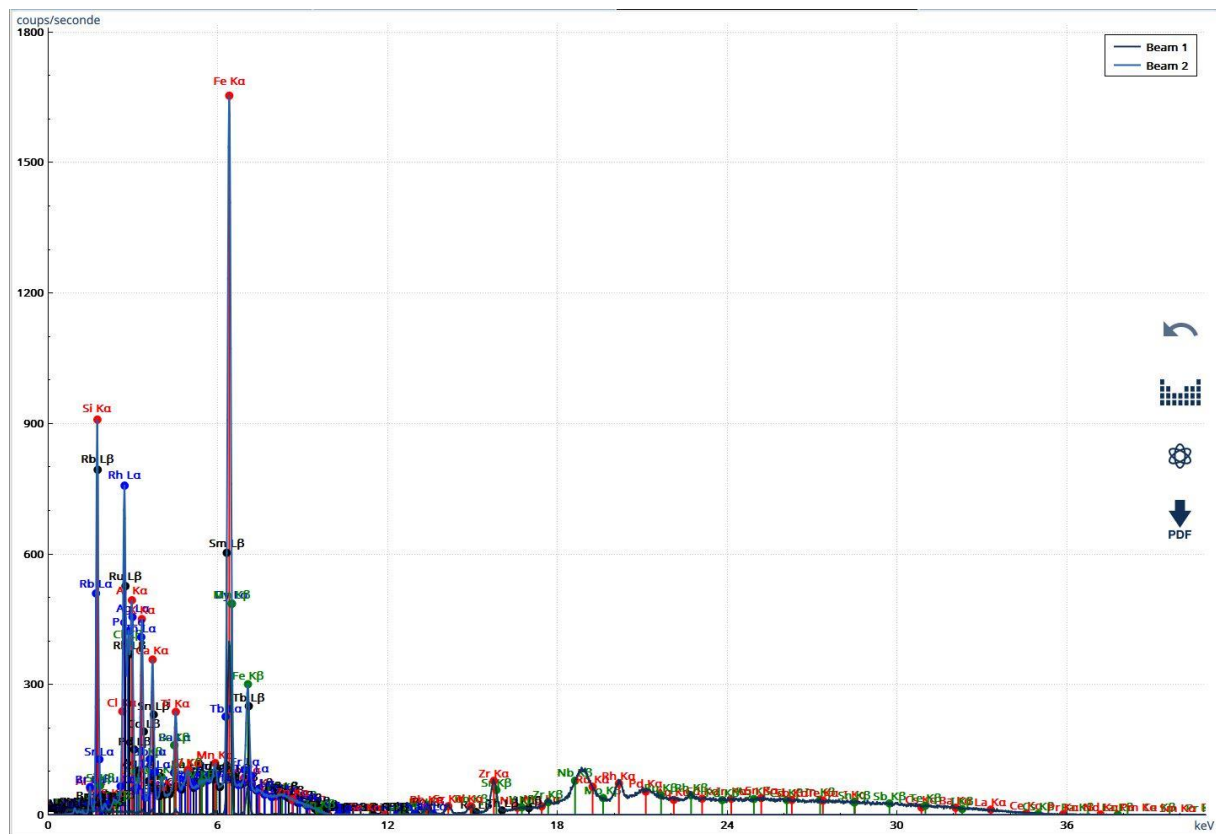


Figure 7, spectre RX de l'échantillon LVI 20/02 SED 2

El	PPM	+/- 3σ
LE	67.76%	0.59
Si	22.41%	0.42
Al	5.66%	0.29
Fe	2.299%	0.057
K	9790	260
Ca	3450	140
Ti	3310	530
Mn	720	110
P	640	190
S	260	140
Zr	234	10
Sr	74	6
Rb	62	6
Zn	52	13
Y	48	6
Ni	31	21
Pb	17	8
As	13	6
Nb	12	6

Figure 8, tableau semi quantitatif des éléments de l'échantillon LVI 20/02 SED 2

-Les données RX de l'échantillon LVI 20/03 SED 3 (figures 9 et 10)

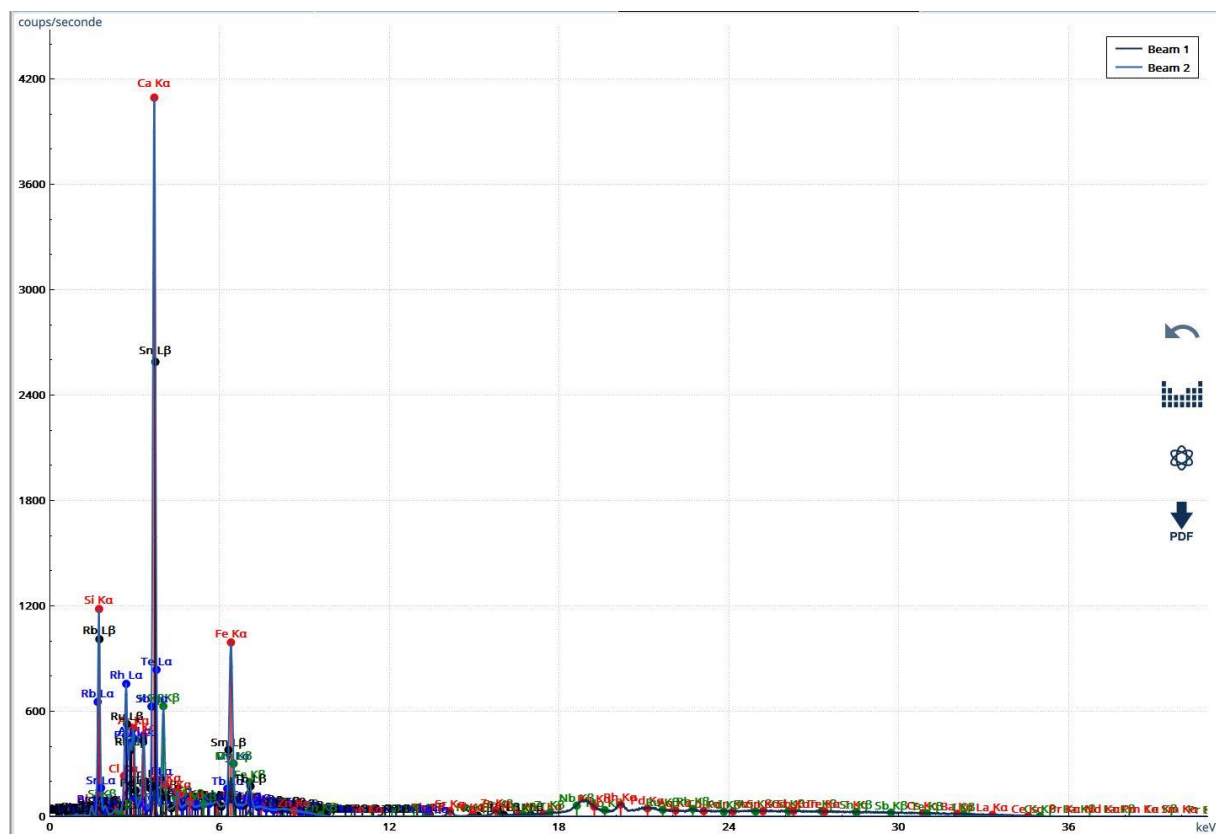


Figure 9, spectre RX de l'échantillon LVI 20/03 SED 3

El	PPM	+/- 3σ
LE	60.63%	0.66
Si	24.91%	0.44
Ca	7.51%	0.13
Al	4.07%	0.25
Fe	1.534%	0.045
K	9380	240
Ti	1760	490
P	1360	240
Mn	259	84
S	200	140
Sr	138	8
Zr	90	8
V	60	57
Rb	53	6
Zn	43	13
Y	18	5
Pb	13	8

Figure 10, tableau semi quantitatif des éléments de l'échantillon LVI 20/03 SED 3

Bilan synthétique des analyses élémentaires (figures 5 à 10) des échantillons LVI 20/01 SED 1, LVI 20/02 SED 2, et LVI 20/03 SED 3

L'échantillon LVI 20/01 SED 1, considéré comme référence de notre test, contient la plus forte proportion de fer (Fe=2.937%) suivit par LVI 20/02 SED 2 (Fe=2.299%). Ceci confirme les caractéristiques chromatiques des deux échantillons reflétant la décarbonatation (faibles taux de Ca pour les deux, respectivement 2760 ppm et 3450 ppm) et l'oxydation du sédiment. Des traces de manganèse sont visibles à l'œil nu et se retrouvent en élément pour LVI 20/01 SED 1 (1260 ppm) soulignant les légers phénomènes de battement de nappe qui ont affecté cette unité sédimentaire. Les autres échantillons ne disposent que de quelques traces de cet élément (<750 ppm) ce qui semble cohérent avec leur faciès. Silice (Si) et aluminium (Al) se retrouvent dans des quantités assez proches dans l'ensemble des éléments, reflétant les apports des nappes villafranchiennes environnantes (cortège pétrographique varié et limons argileux décarbonatés). La silice présente dans l'échantillon LVI 20/03 SED 3 est aussi à rapprocher de son origine (sables marins issus de l'érosion continentale). Pour ce même échantillon, la plus grande présence de carbonates (Ca=7.51%) indique vraisemblablement l'absence de décarbonatation (détritisme sans altération chimique marquée) et la part de biodétritisme constituant ce dépôt. Enfin, la plus grande part de potassium (K=1.240%) dans l'échantillon LVI 20/01 SED 1 reflète certainement le milieu de sédimentation sous une tranche d'eau (structure litée du sédiment) et la granulométrie argileuse du dépôt qui le contient plus facilement et retarde sa libération dans le système. Le titane, présent en plus grande teneur dans les échantillons LVI 20/01 SED 1 et LVI 20/02 SED 2 (Ti= 3890 ppm et 3310 ppm) reflète le caractère plus continental d'origine de ces deux dépôts et peut également être considéré comme marqueur d'érosion des bassins versants.

L'ensemble des analyses élémentaires permet donc d'obtenir des précisions importantes sur l'origine et la constitution des corps sédimentaires étudiés, d'en comprendre l'architecture et l'organisation au sein de la cavité et d'y analyser les caractéristiques de transports solides. A ce titre, l'analyse élémentaire couplée à la spectrocoulométrie permet de confirmer, dans notre test, que l'échantillon LVI 20/02 SED 2 résulte bien du mélange de sédiments du même type que ceux déterminés pour LVI 20/01 SED 1 et LVI 20/03 SED 3 dont il représente le remaniement par érosion et re-déposition.

Les perspectives et nouvelles méthodes qui seront employées

Ces premiers résultats issus de mesures géochimiques et physiques démontrent, si besoin était, le potentiel analytique des séquences sédimentaires du Mas des Caves et des possibilités de traçage des sources sédimentaires et de compréhension de leur mise en place au sein de la dynamique néotectonique, bioclimatique et environnementale du Pléistocène moyen en contexte de cavité soumise à des processus de karstification.

Afin de préciser dans le détail les résultats préliminairement obtenus, des analyses calcimétriques (calcimétrie digitale), sédimentologiques et morphométriques des grains (granulométrie automatisée et image sizing) et de micromorphologie (en lumière polarisée analysée) pourront être entreprises sur de plus nombreuses unités stratigraphiques caractéristiques. Les sources sédimentaires potentielles, liées à l'érosion et à la désagrégation des substratum et formations superficielles ciblées dans l'environnement proche de surface et de subsurface de la cavité, devront également être investies et replacées au sein de la dynamique morphosédimentaire mise en évidence à partir des séquences sédimentaires des ensembles fossilifères du Mas des Caves.

MESURES de PROPRIETES MAGNETIQUES REALISEES DANS LA GROTTTE DU MAS DES CAVES, LUNEL-VIEL

Méthodes, résultats et interprétations

Nicolas THOUVENY, Jean Philip BRUGAL, Ulrike THOUVENY

Notre journée d'analyse dans la grotte du Mas des Caves, Lunel Viel, a eu lieu le samedi 24 octobre 2020. L'accès par la galerie a été précédé d'une analyse/discussion sur les conditions de mesures et d'échantillonnage des surfaces fouillées et des niveaux stratigraphiques. Les échantillonnages pour le paléomagnétisme ont été préparés (perçage de cubes de plastique standard marque Caubère 2x2x2 cm) mais aucun prélèvement n'a été réalisé sur cette courte mission, à la fois pour des raisons de temps et de nécessité de préparation des surfaces et des coupes. En effet, à ce stade, il s'est avéré que seuls les niveaux d'argiles rouges de la base du remplissage étaient « échantillonnables » sans un aménagement assez chronophage.

L'alimentation en électricité 220 V n'étant aujourd'hui plus assurée, les mesures de champ magnétique au moyen du magnétomètre triaxe fonctionnant sur le secteur ou sur batterie véhicule 12 V ont dû être reportées à une mission ultérieure.

Les mesures de susceptibilité magnétique (fig. 3), conditionnant la faisabilité des études magnétiques et paléomagnétiques, elles ont été réalisées en toute priorité.

I - Méthodes

La susceptibilité magnétique K est une propriété intrinsèque des matériaux. C'est le quotient de l'aimantation induite, M , acquise par un matériau par l'intensité du champ, H , qui lui est appliqué. Dans la relation : $K = M/H$, le numérateur et le dénominateur étant exprimés dans les mêmes unités : Ampère / Mètre, le ratio est sans unité, nommée « unité du système international (SI) ».

Le principe de la mesure est le suivant: un champ alternatif de très faible magnitude (0,1 milliTesla ou mT) est engendré par circulation d'un courant alternatif faible dans bobine primaire. La réaction du matériau à ce champ est l'acquisition d'une aimantation induite faible qui interagit avec le champ alternatif en changeant la phase du signal proportionnellement à son intensité. Cet effet est enregistré par une bobine secondaire qui transmet sa réaction sous-forme d'un courant de retour, dont le signal est traduit en terme de susceptibilité magnétique. Les valeurs de susceptibilité affichées sur l'écran des instruments sont exprimées en fraction d'unité SI (10^{-3} ou 10^{-5}).

Deux instruments ont été utilisés :

- Suceptibilimètre BARTINGTON MS2C, muni d'une sonde contact MS2 F <https://www.bartington.com/magnetic-susceptibility/>. La sonde MS2F est connectée au boîtier de l'électronique par un câble isolé de 2 m de long. Sa partie active est de forme cylindrique et la zone de mesure est un disque de 2,5 cm de diamètre qui est mis en contact avec la surface du matériau. Cet appareil nécessite un temps de chauffe de quelques minutes, en mesure continue, suivie de mesures à vide et de mise à zéro, au terme duquel la stabilité est atteinte, caractérisée par une dérive temporelle nulle. La sensibilité est de 10^{-6} unité SI sur le mode x1 et de 10^{-7} unités sur le mode x10. L'affichage de la susceptibilité est exprimé en 10^{-5} unité SI. Cet instrument a été utilisé pour tester les mesures réalisées avec l'instrument décrit ci-après, plus maniable et rapide.

- Susceptibilimètre SM30 ZH instruments (Tchéquie) <http://www.zhinstruments.com/assets/sm-30-manual.pdf>. L'instrument consiste en un petit boîtier (10 x 6,5 x 2,5 cm) dont la zone de sensibilité, de quelques cm² est placée au contact du matériau. Le « mode 2 », intitulé « extrapolation avec correction de dérive » qui a été utilisé pour cette étude permet d'obtenir une sensibilité maximum de 10⁻⁷ SI units. La mesure prend quelques secondes. L'affichage de la valeur est en 10⁻³ unité SI. Les valeurs indiquées sur les tableaux et plans sont donc en 10⁻³ Unités. Toute mesure réalisée avec d'autres instruments devront donc être traduites dans les mêmes unités avant toute comparaison.

II - Signification

La susceptibilité en champ faible, K, des minéraux ferri-et ferromagnétiques étant 100 à 1000 fois supérieure à celle des minéraux antiferro- et paramagnétiques (cf tableau 2), et la (Ti-)magnétite étant le minéral ferrimagnétique le plus répandu à la surface de la Terre, les variations de susceptibilité dans les environnements sédimentaires sont donc principalement influencées par la concentration en (Ti-)magnétite. La taille des grains est aussi déterminante. En présence de Ti-magnétite, la susceptibilité des sédiments dépend surtout de la concentration en (Ti-)magnétite de grande taille (i.e. polydomaine).

Dans le cas où la concentration en minéraux ferrimagnétiques est faible k peut être fortement influencée par la susceptibilité des minéraux anti-ferromagnétiques (hématite, goethite) et éventuellement des minéraux paramagnétiques présents (silicates de fer, dont argiles).

Les sédiments consistent en une matrice argilo-silteuse issue de l'érosion continentale, constituée de silicates, de minéraux argileux et d'oxydes (dont Ti-magnétite), de carbonates détritiques. Cette matrice est plus ou moins enrichie en matériel biogénique (carbonates et matière organique) issue de la biomasse terrestre ou aquatique.

K doit donc être considéré comme la somme des différentes contributions positives ferrimagnétiques (fortes), paramagnétiques (faibles) et négative diamagnétique (faible). Elle est très fortement influencée par la fraction lithogénique terrigène.

Dans le cas des sédiments de grotte, la susceptibilité magnétique mesurée sur des surfaces et/ou en stratigraphie varie en fonction de changements temporels et/ou spatiaux, de nature et de concentration en minéraux détritiques ferrimagnétiques, ou en minéraux néoformés par diagenèse ou authigenèse, voire par des modifications de la densité des « sédiments » par la compaction du sol (fouillage) ou par l'augmentation de porosité (mixage par terriers..).

III - Résultats

Les résultats des mesures effectuées au centre des carrés de fouilles ou de façon plus précise dans des zones supposées porter des signatures particulières sont consignés dans le tableau 1 et figure 1.

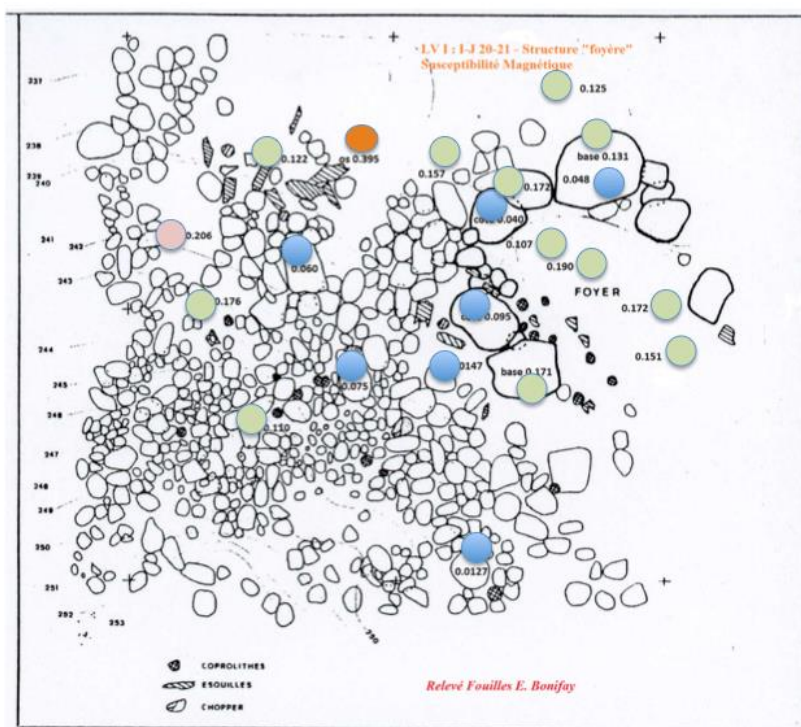
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Mesures de Susceptibilité magnétique															
2																
3	Paroi mollasse: 'galet'=0,009; ciment=0,0145															
4	Secteur III								Secteur IV							
5	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
6	0,28	0,166										0,198	0,313	0,197*	0,25	
7	0,266	0,175	0,38						0,257							
8	0,225	0,321	0,311	0,322		0,331	0,195								0,301	
9	0,284	0,34	0,287			0,265 μ		0,205				0,224	0,159	0,341		
10	Secteur II, 'sol' 6-10 cm de moins que autres carrés						μ copro: 0,0210		* coupe P18: niveau limoneux = 0,114 & 0,133; niv. grossier = 0,03							
11															0,206	-0,01
12																
13														0,23		\$
14																
15																
16																
17																
18																

< 0,1 milliSI ● 0,1 à 0,2 milli SI ● 0,2 à 0,3 milliSI ● > 0,3 milli SI ●

Tableau 1 : valeurs de susceptibilité (10⁻³ ou milli Si Units) mesurées au centre des carrés de la fouille dans plusieurs secteurs. Le rectangle orange est représenté en détail dans la figure 1 ci-dessous.

Les valeurs de susceptibilités mesurées dans le secteur II, à l'intérieur de la structure (de 0,1 à 0,19 unité SI) ne sont pas significativement différentes de celles mesurées sur les surfaces de sols mesurées hors de la structure. Les valeurs les plus faibles (< 0,1 unité SI) caractérisent les petits et moyens galets de « quartzite » situés hors de la « structure », ce qui est cohérent avec le fait que le quartzite composé de quartz qui est diamagnétique (susceptibilité négative) ou légèrement paramagnétique s'il contient des impuretés.

Les valeurs mesurées dans le secteur II sont inférieures à celles des secteurs III et IV (qui atteignent 0,3 unité SI) (tableau 1). Il s'agit certes de niveaux stratigraphiques différents, mais cela confirme que le sol dans la structure subcirculaire ne possède pas une signature de susceptibilité magnétique particulièrement remarquable, par rapport au reste des surfaces étudiées.



< 0,1 milli SI ● 0,1 à 0,2 milli SI ● 0,2 à 0,3 milli SI ● 0,2 à 0,3 milli SI ●

Figure 1: résultats des mesures de susceptibilité magnétique réalisées autour de la structure « subcirculaire » constituée de gros galets de molasse (interprétée comme un foyer par E.B.). Les surfaces de sols sont plus ou moins couvertes de galets de différentes dimensions et de compositions variées issus des nappes alluviales présentes sur le plateau de molasse miocène (quartzite ? à vérifier).

IV - Interprétation des résultats préliminaires de mesures de la susceptibilité

Parmi les processus authigéniques les plus efficaces et puissants en sites archéologiques, la chauffe des matériaux par les activités de combustion (notamment dans de potentiels foyers qui peuvent être ainsi détectés ou testés par les mesures magnétiques in situ ou sur spécimens (susceptibilité, aimantations, champ). Des articles plus ou moins récents présentent des exemples d'applications possibles menées sur différents matériaux (carbonates, sols, résidus ferrifères...). Si les résultats doivent évidemment être interprétés en fonction des contextes lithologiques et minéraux, la chauffe intense (à des températures de plusieurs centaines de degrés) unique ou répétée de sols argilo-silteux, homogènes ou composés de classes granulométriques et lithologiques variées, produit de fortes augmentations de la susceptibilité magnétique et de l'aimantations des « terres cuites » qui en résultent, par rapport à celles des matériaux initiaux avant chauffe. Cette augmentation est liée à la formation, lors de la chauffe et du refroidissement en milieu oxique, de minéraux ferromagnétiques (Magnétite, Maghémite, Goethite), à partir de la fraction paramagnétique initiale (silicates ou carbonates de fer) (argile, sidérite ; ...).

Or les mesures, même préliminaires, présentées ici suggèrent que la structure subcirculaire ne présente pas « d'enrichissement magnétique » qui pourrait témoigner de chauffes telles qu'imposées par des feux intentionnels répétés.

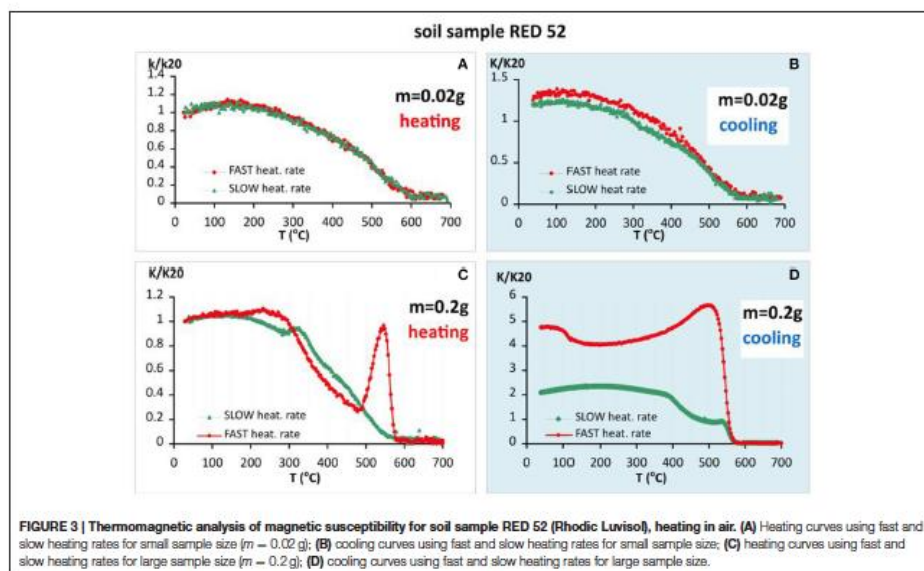
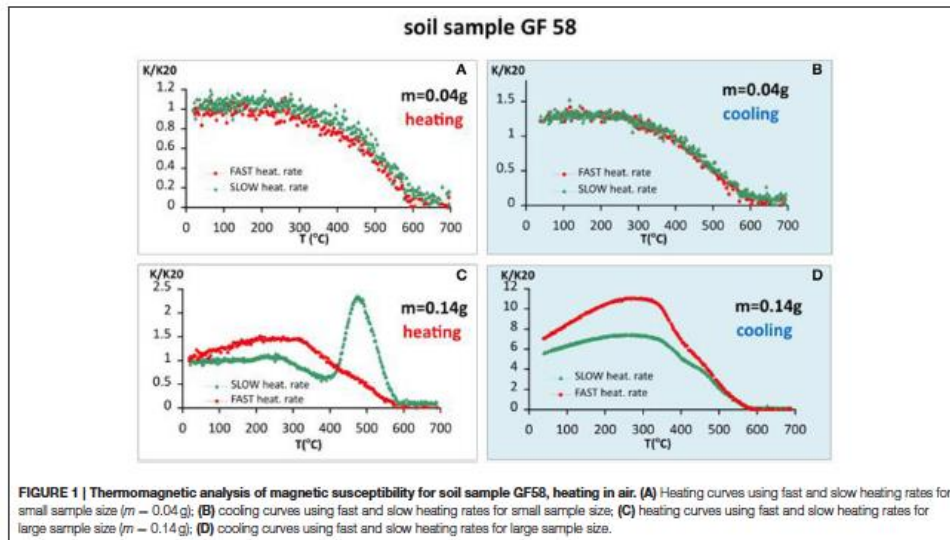


Figure 2 : Exemple de mesures thermomagnétiques sur des échantillons de luvisols (chauffé en présence d'oxygène de l'air (Jordana and Jordana, 2016). Noter la dépendance des résultats vis-à-vis de deux paramètres expérimentaux : vitesse de chauffe et taille/masse des échantillons.

Dans le cas d'étude de la grotte du Mas des Caves, la dimension des échantillons est plutôt macroscopique : ce sont donc les figures 1d et 3d qui apportent une information sur la multiplication de la susceptibilité par des facteurs de 2 à 10 occasionnés par des chauffes et refroidissements imposés par des utilisations de feu intentionnel dans le(s) supposé(s) foyer(s).

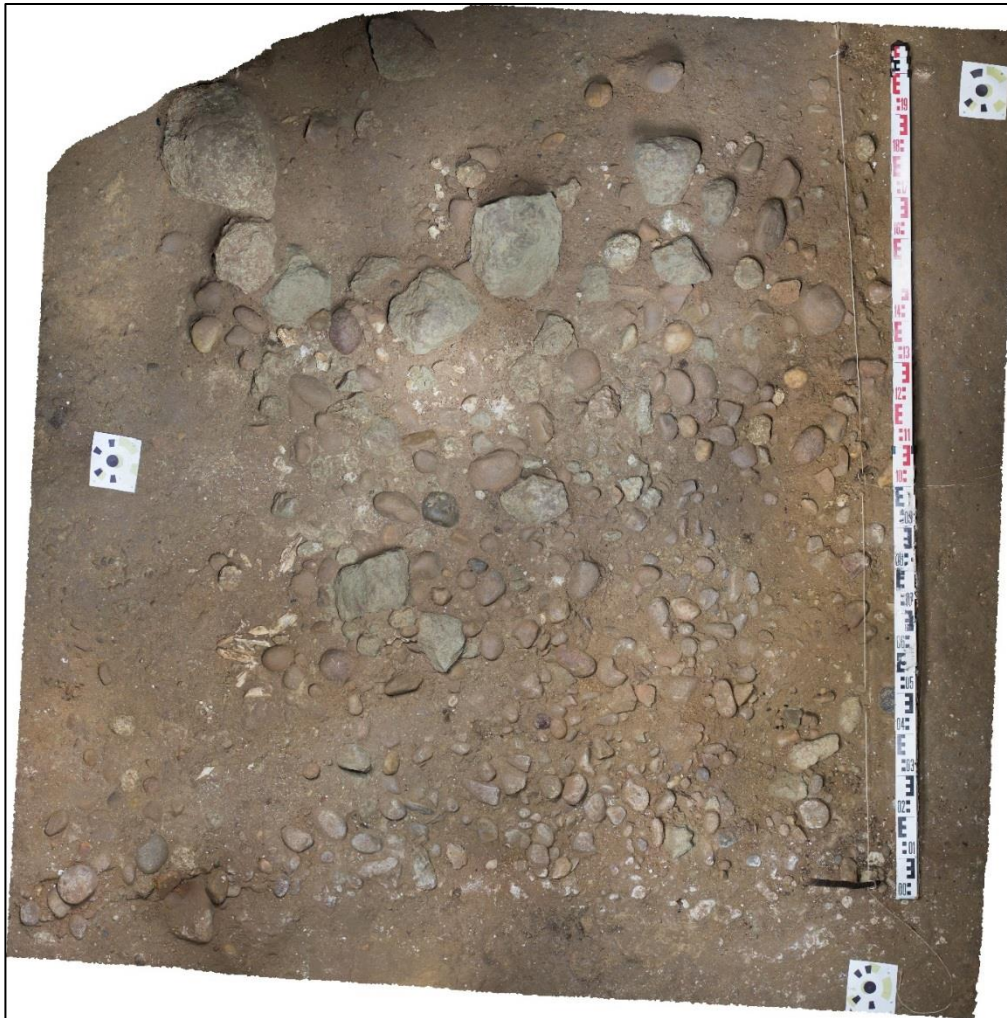


Figure 3 : Orthomosaïque de la zone "foyer" © L. Pascal

V - Conclusion et Perspectives

La première application de cette brève étude préliminaire permet de conclure que la structure, interprétée comme un foyer intentionnel (figure 3), aujourd'hui encore en place (car non évacuée lors des fouilles successives), ne présente pas la signature magnétique attendue de matériaux limono-silto-argileux chauffés par du feu. Il sera d'ailleurs envisageable de montrer expérimentalement l'effet du feu sur ces matériaux par des mesures thermomagnétiques.

La suite de l'étude portera sur les rares niveaux dont la fabrique sédimentaire est appropriée à l'acquisition d'une aimantation détritique (niveaux silto-argileux dénués de galets) qui sont accessibles sur les coupes existantes, notamment sur les argiles rouges de la base du remplissage, en vue de déterminer la polarité du champ magnétique ambiant lors du dépôt de ces niveaux archéologiques et des restes paléontologiques.

Brèves Références bibliographiques

- Jordana D. and Jordana N. 2016, *Frontiers in Earth Science*
- Herrejon Lagunilla, et al. 2019, *PLos One*
- Extraits de Cours de magnétisme et paléomagnétisme Licence et Master Aix-Marseille Université (Thouveny N.)



Fig. 3 – Etalonnage et mesure de la susceptibilité magnétique par N. Thouveny, à LV I (Oct. 2020)

Cadrage stratigraphique : premier essai & « images »

Jean-Philip Brugal, Guy André, Carla Guiliani
UMR 7269 LAMPEA

Lors des fouilles E. Bonifay, celui-ci avait reconnu 14 couches ou niveaux (cf. rapport Guiliani & Brugal), dont 12 fossilifères (figure 1) sur près de 5 mètres de puissance. Ces couches ont été investiguées plus ou moins suivant les secteurs de la cavité (voir fig.3b, rapport CG & JPB) et ont livré un matériel abondant, en particulier pour les restes fossiles de vertébrés. Ces couches ont des épaisseurs variables d'ordre décimétrique (ex. c. 1, 5 ou 9) à centimétrique (ex. c.4 ou 8), et une certaine cyclicité a déjà été notée (voir rapport 2019). Par ailleurs le travail de thèse d'Y. Legrand (1994) avait permis de tester l'intégrité de ces couches ; elle a mis en évidence via un certain nombre de remontages lithiques et osseux notamment, d'une vision plus complexe de la dynamique et mise en place des mobiliers. Les raccords inter-couches sont démontrés. Un cadre plus global peut être défini en un ensemble supérieur (c.1-5) et un ensemble inférieur (c.6-12). Un autre point concerne l'existence d'un pendage depuis l'entrée ('doline') et son amortissement, mais peut aussi dans le sens latéral/largeur de la cavité.

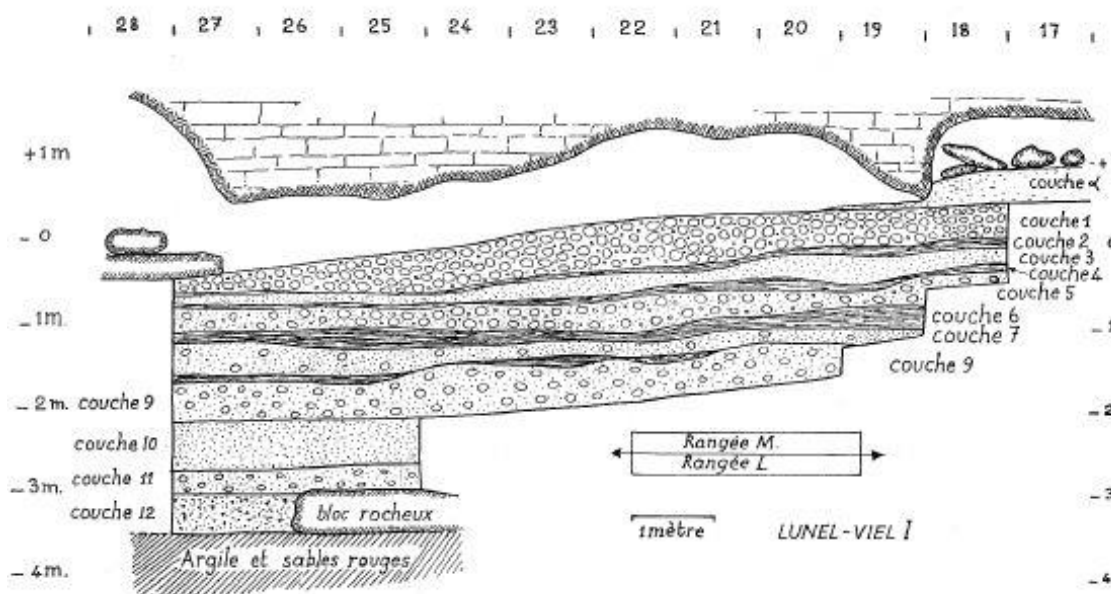


Figure 1 – Coupe stratigraphique suivant le grand axe de la cavité, depuis l'entrée de la doline (carré 17) vers l'intérieur (carré 28) ; document et relevé E. Bonifay.

Il est clair qu'un de nos challenges sera de préciser les dynamiques sédimentaires et taphonomiques de ces dépôts, avec la nécessité de raccorder les anciennes données avec les nôtres, et à venir. Il s'agit d'une cavité assez atypique sous la forme d'une longue cavité, également très large, dont les mouvements *s.l.* (écoulement, gravitaire, soutirage, piétinement,...) ont pu induire des variations (longitudinales et latérales) importantes dans cet espace souterrain particulier, en relation avec des énergies plurielles d'ordre climatique ou biologique.

Seule une démarche de spatialisation des données, intégrant la sédimentologie et les contenus, pourra à terme apporter des éléments de réponse dans la résolution de l'origine des assemblages, et *in fine* dans la compréhension des activités et des comportements sous-jacents qui président et commandent la structure et la composition de ces assemblages. L'action anthropique constitue ici une problématique majeure de nos travaux de recherche à Lunel-Viel, et nécessitera la mise en œuvre d'approches variées.

Une de ces approches sera dans l'utilisation des images numériques 3D, et nous avons systématiquement relevé toutes les coupes en l'état (voir & Photogrammétrie), ainsi que les sols visibles (fin des fouilles EB). Ces données serviront de support aux études géo-stratigraphiques (cf. L. Bruxelles ; V. Ollivier) ; ces relevés seront poursuivis suivant nos propres travaux de fouilles. Par ailleurs, la campagne 2021 aura pour objectif de raviver certaines coupes majeures (parfois occultées par un voile grisâtre) afin d'obtenir de meilleures images avec encore une meilleure définition. Des vues classiques, 2D, ne seront pas négligées également, et nous souhaitons pouvoir disposer d'un photographe professionnel (cf. devis déposé auprès du SRA pour T. Vergoz), pouvant aussi intervenir sur des vestiges (figure 2).



Figure 2 – Photographies de © T. Vergoz : noter la haute résolution/définition des images faites par ce professionnel. En bas, à gauche : rotule de Proboscidiens (secteur 5).

L'exemple de la Bande P

Cette zone de fouille concerne les carrés P17 à P20 fouillés en 2020 (appelée ici Bande P). Les vestiges lithiques et fauniques ont été enregistrés avec le tachéomètre alors que les galets et mollasses ont été cartographiés et coordonnés avec un trépied classique, en prenant systématiquement les Z inf et sup de chaque pièce. L'ensemble a été remis à la même élévation, dans une même base par rapport au Z0 de la grotte (qui est aussi celui d'EB) (figure 3), et comparés à la projection de cette Bande P en intégrant les données des fouilles EB (figure 4).

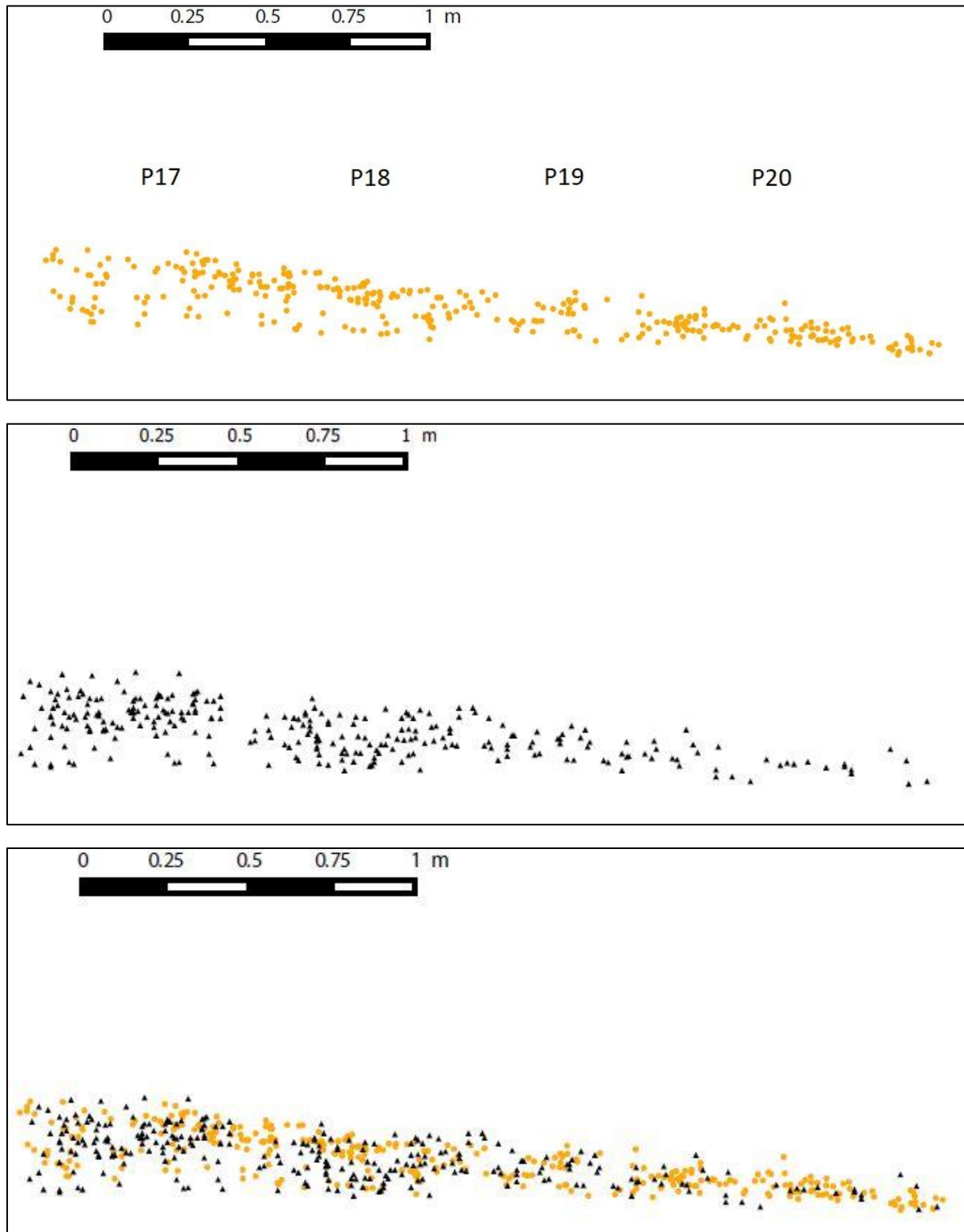


Figure 3 - Projection (Haut) des restes coordonnés (os, lithique, coprolithes) selon la Bande P, fouilles 2020, (Milieu) des galets et mollasses, (Bas) des deux groupes de vestiges

D'après la figure 3, on peut souligner une certaine homogénéité globale dans la distribution des restes, ainsi qu'un pendage depuis l'entrée (coté doline en P17) jusque vers l'intérieur (carré P20). Il serait possible de visualiser deux sous-niveaux au niveau des carrés P17 et P18, dans la répartition des restes osseux et des coprolithes, peu évident sur l'ensemble des vestiges (figure 3, bas), et plus de 'pierres' (ie, galets et molasses en P17 et P18).

Nous avons comparé cette projection avec celle des vestiges des données EB pour l'ensemble de la Bande P, depuis P17 jusque P32, soit 16 mètres linéaires selon le grand axe de la cavité (figure 4). Il semble ainsi possible de rattacher, en première 'vision', les vestiges 2020 plutôt à la couche 9 d'EB.

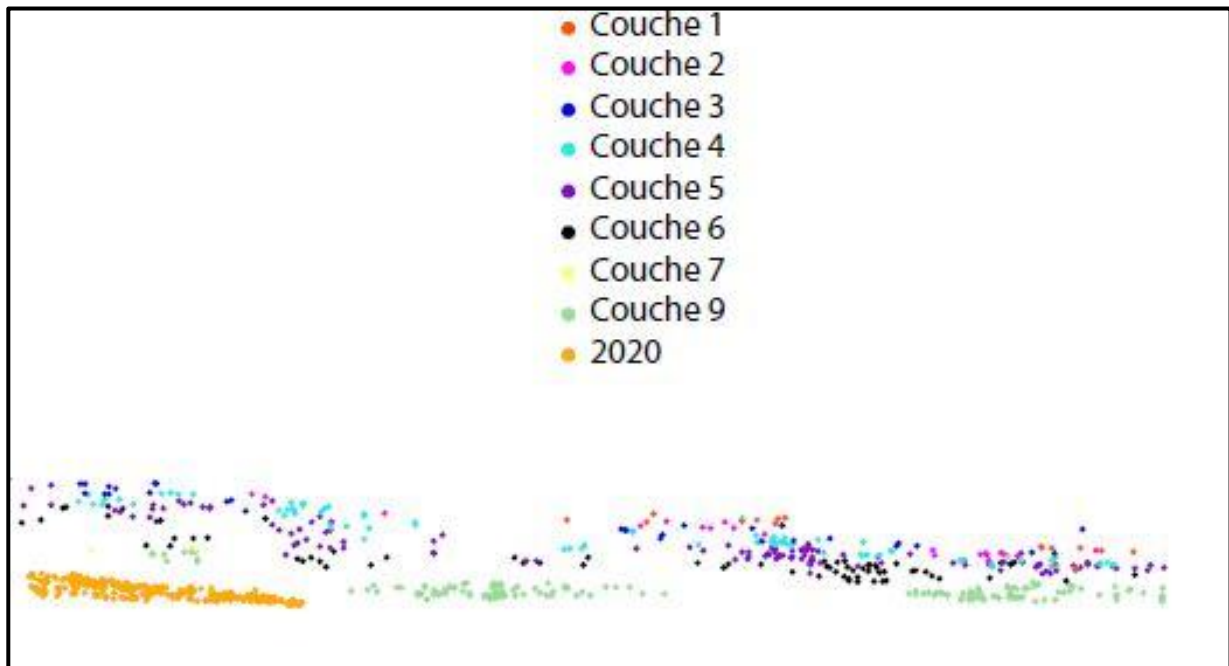


Figure 4 – Projection globale de la Bande P, données par couche d'EB et de 2020 (en orange) (voir plan fig. 5)

Ces projections ont été étendues en ajoutant les données du Secteur 5 (figure 5 pour le plan, et figure 6 pour les projections).

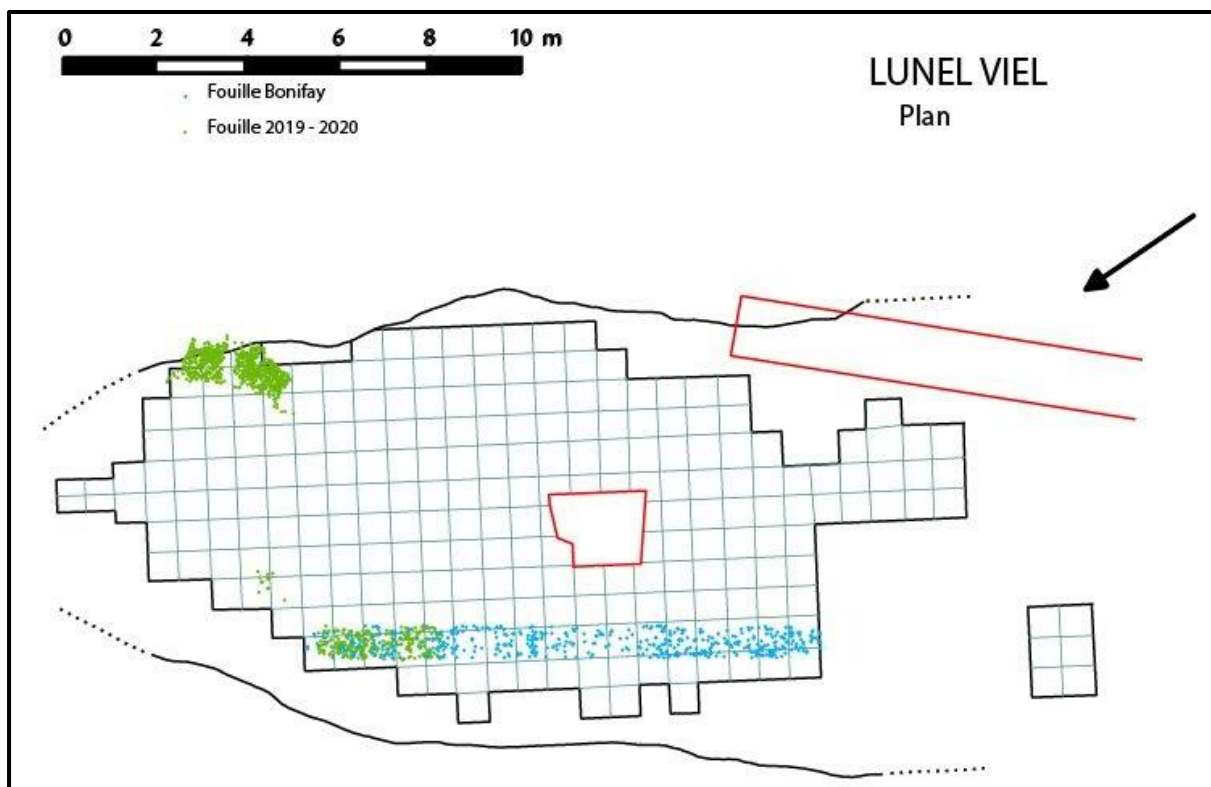


Figure 5 – Plan de la cavité avec les vestiges coordonnés de la Bande P et du Secteur 5 (2019+2020, en vert) et les données d’EB (en bleu).

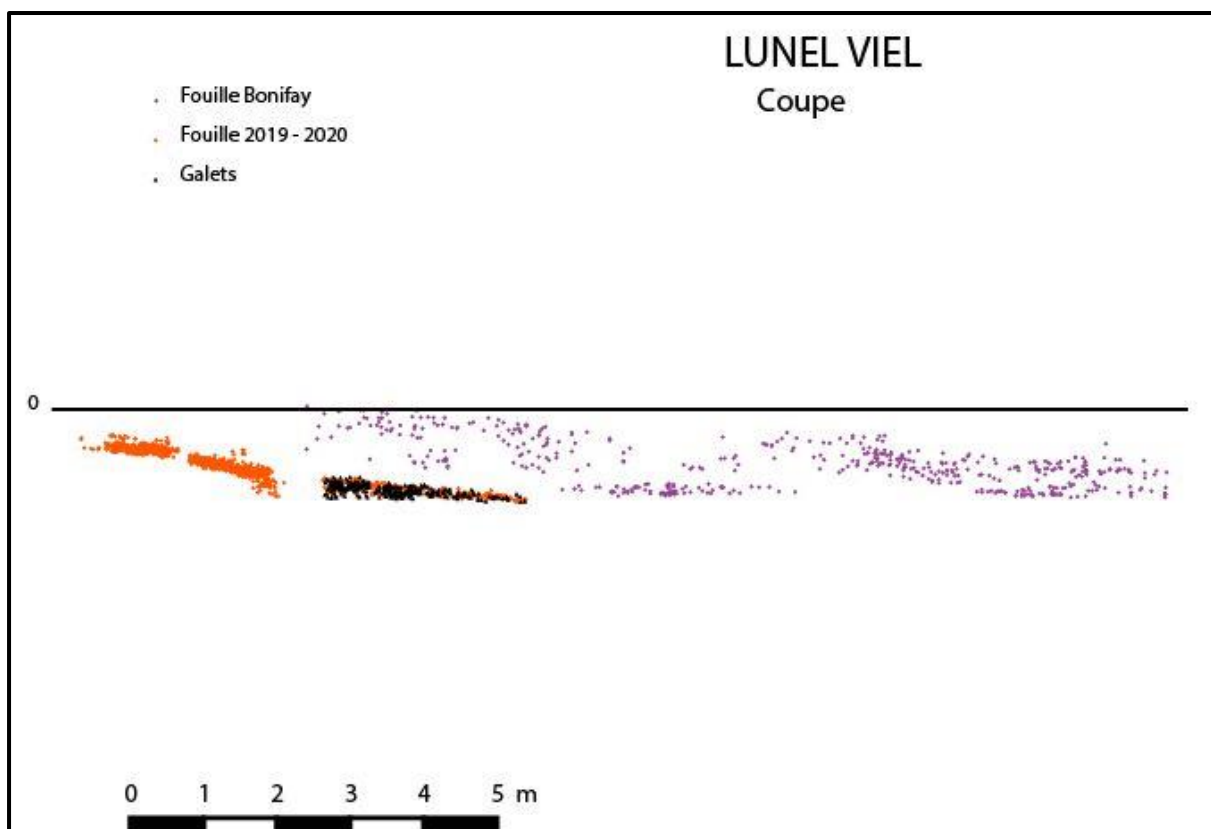


Figure 6 – Projection générale de nos données (2019+2020, Bande P et Secteur 5) avec ceux de la Bande P d’EB

Cette figure 6 révèle, malgré un léger décalage en hauteur, et surtout une position dans la cavité assez différente (ie. Bande P vers la paroi ouest et Secteur 5 vers paroi Est) d'une possible continuité et synchronicité dans ces deux zones/dépôts respectifs. Il pourrait correspondre à une même période d'occupation, plus ou moins proche de la couche 9 d'EB, bien que la composition des assemblages osseux soit assez différente entre ces deux zones :

- Secteur 5 : os longs et quelques tarsiens entiers, souvent en amas et alignés, portant des traces d'actions de carnivores, très peu de lithiques et relativement peu de coprolithes, présence de charbons dont certains très gros ;

- Bande P : beaucoup d'esquilles et quasiment pas d'éléments entiers, très dispersés, restes ingérés de carnivores (os digérés, éclats osseux, vomissure), un peu plus de lithique et de coprolithes, présence de nombreux charbons de petite taille.

Si ces deux zones et dépôts sont contemporains (qu'il restera à vérifier : fouilles entre les deux), ils indiquent des zones d'activité différenciées de la part de prédateurs, humains et non-humains.

Les résultats présentés restent largement préliminaires, et ces hypothèses ont pour intérêt d'envisager des stratégies de fouilles à venir, et les approches méthodologiques à engager. Il reste ainsi prématuré d'en tirer des conclusions, si ce n'est que ces zones de fouilles portent sur les couches les plus inférieures du remplissage. Leurs avantages sont de se placer proche de l'entrée originelle de la cavité, certainement plus riche en éléments grossiers mais aussi en restes osseux et lithiques, pouvant à terme mieux définir la dynamique de ces dépôts dans une vision spatiale et géométrique (figure 7).



Figure 7 – Vue générale depuis l'entrée artificielle et zones de fouilles en fond, vers l'entrée originelle (sur la gauche : Bande P)

DATATIONS

(GÉOCHRONOLOGIE)

Datation de dents d'herbivores par les méthodes de la résonance de spin électronique et du déséquilibre dans les familles de l'uranium combinées (ESR/U-Th)

Christophe Falguères, Jean-Jacques Bahain, Olivier Tombret

Département Homme et Environnement, Muséum national d'histoire naturelle, UMR7194, CNRS, UPVD, Sorbonne Université, 1, rue René Panhard, 75013, Paris, France

Afin de préciser l'âge des niveaux archéologiques du site de Lunel Viel I, des dents d'herbivores nous ont été confiés (cf. liste ci-dessous) en vue d'analyses par les méthodes de la résonance de spin électronique et du déséquilibre dans les familles de l'uranium combinées (ESR/U-Th).

La datation par résonance de spin électronique / uranium-thorium (ESR/U-Th) est une méthode qui utilise les échantillons comme des dosimètres naturels, c'est-à-dire que l'âge géologique du fossile peut être déterminé à partir de la dose totale de radiation qu'il a reçue depuis la mort de l'animal. Cette méthode permet de dater des échantillons dont l'âge est compris entre 2 Ma et environ 20 000 ans et elle est d'autant plus intéressante qu'elle s'adresse à divers types d'échantillons comme les carbonates, le quartz et l'émail fossile des dents de grands herbivores (Falguères et Bahain, 2002 ; Bahain et al., 2007).

Lors de la fossilisation, l'uranium, soluble sous sa forme hexavalente, s'incorpore dans les différents tissus dentaires à partir des eaux de circulation. Par la suite, il se désintègre pour donner naissance successivement à d'autres éléments radioactifs, notamment au thorium (^{230}Th) et au radon (^{222}Rn). Sous l'effet de cette radioactivité naturelle, des électrons vont être libérés dans l'échantillon (ionisation) et une partie d'entre eux vont être piégés dans des défauts du système cristallin de l'émail dentaire. Le nombre total d'électrons piégés est alors proportionnel à la dose totale de radiation reçue par l'échantillon au cours du temps ou paléodose (en grays, Gy) et à la dose naturelle de radiation reçue par l'échantillon au cours d'une année ou dose annuelle (en $\mu\text{Gy}/\text{an}$), cette dernière variant au cours du temps en fonction de l'évolution de la teneur en radioéléments de l'échantillon et de son environnement.

Le calcul de l'âge ESR/U-Th d'un échantillon se décompose en deux parties : d'une part la détermination de la paléodose, d'autre part celle de la dose annuelle (Ikeya, 1993). Cette dernière est calculée à partir des teneurs en radioéléments de l'échantillon et de son environnement immédiat et de la position géographique du gisement étudié. Pour cela, chaque tissu est analysé par les séries de l'uranium (Ivanovich et Harmon, 1992), par différentes méthodes (ICP-Q-MS et spectrométrie gamma). La paléodose est pour sa part déterminée par la méthode dite «de l'addition». Différentes aliquotes d'un même échantillon sont "vieillies" artificiellement par irradiation; à chaque dose d'irradiation appliquée correspond une valeur particulière de l'intensité ESR du signal utilisé. Une courbe théorique de croissance de l'intensité ESR en fonction de la dose ajoutée est ainsi obtenue. L'extrapolation de cette courbe à une intensité nulle donne la valeur de la paléodose de l'échantillon considéré (Figure 1).

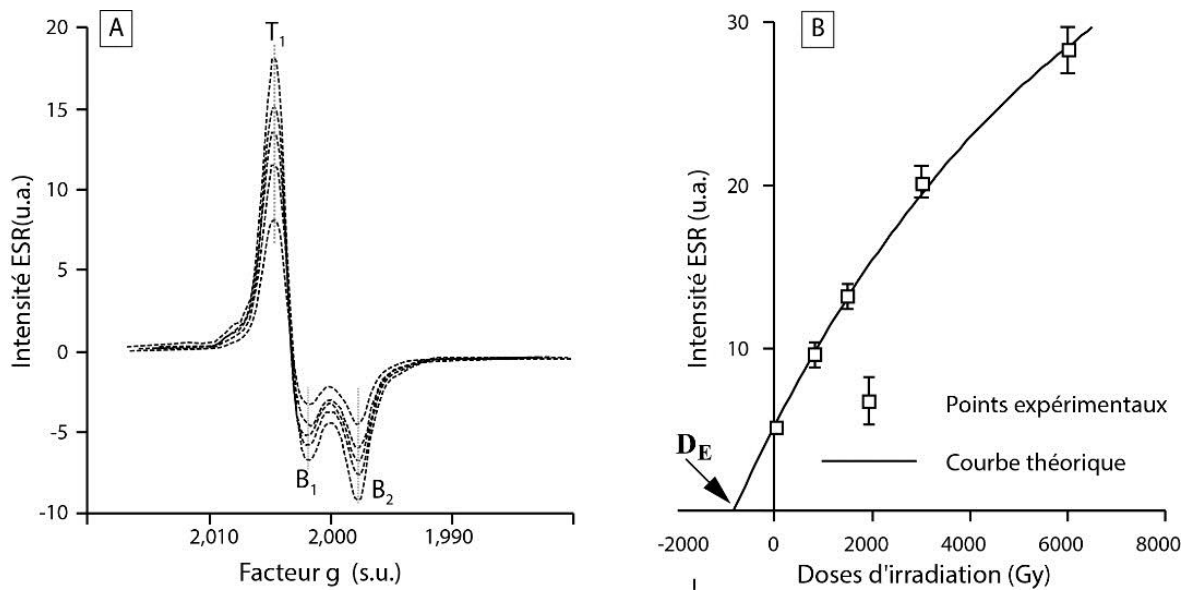


Figure 1 : A) Signal d'hydroxyapatite observé et mesuré entre la base de B2 et le sommet de T1. B) Courbe de croissance permettant de déterminer la paléodose par extrapolation de cette courbe.

Pour dater un échantillon, il faut modéliser la cinétique d'incorporation de l'uranium dans les différents tissus dentaires et osseux au cours de la fossilisation car celle-ci impacte la dose annuelle qui varie au cours du temps. Un modèle combinant données U-Th et ESR a été proposé (*Uranium-Series, US*) (Grün et al., 1988), mais il ne peut être appliqué que si aucune perte d'uranium (lessivage) ne s'est produite après l'incorporation. Récemment, un nouveau modèle de calcul d'âge combinant U-Th et ESR, nommé modèle d'incorporation à vitesse croissante (*Accelerating Uptake, AU*), a été proposé (Shao et al., 2012). L'incorporation est alors décrite comme un processus accélérant au cours du temps et est définie par deux paramètres : le taux d'incorporation initial, f , et l'accélération de ce taux, a . Pour les calculs, un paramètre supplémentaire, $n = a/f$, permet de décrire l'évolution de la teneur en uranium dans le tissu considéré.

Etat actuel des analyses

Parmi les dents que nous avons reçues, sept d'entre elles ont été préparées. Les tissus dentaires ont été séparés. L'émail a été extrait puis nettoyé au moyen d'une fraise de dentiste afin d'éliminer toute contamination par du sédiment, de la dentine ou du ciment. Ce nettoyage permet d'éliminer la contribution des rayons alpha « externes » à l'échantillon à savoir qui ne viennent pas de l'émail.

Le planning des analyses doit se faire selon un ordre précis à savoir

- Mesure par spectrométrie gamma à bas bruit de fond et à haute résolution de tous les tissus dentaires et des sédiments associés.
- Mesure par ICPQMS des dentines et ciments.
- Préparation et irradiation artificielle des fractions d'émail comprises entre 100 et 200 micromètres.
- Mesure par ESR des émail irradiés.
- Mesure par ICPQMS des émail.

Une mesure in situ des sédiments environnant les échantillons sera faite en 2021.

Références

Bahain J.J., Falguères C., Voinchet P., Duval M., Dolo J.M., Despriée J., Garcia T. Tissoux H. (2007). Electron Spin Resonance (ESR) dating of some European late Lower Pleistocene sites. *Quaternaire*, 18, 175-186.

Falguères C., Bahain J.J. (2002). La datation par résonance paramagnétique électronique (RPE). In : *Géologie de la Préhistoire., Méthodes, techniques, applications*, J.-C. Miskovsky ed... Géopré, Seconde édition, 1273-1296.

Ikeya M. (1993). *New applications of Electron Spin Resonance: Dating, dosimetry and microscopy*. World Scientific, Singapore, 500 pages.

Ivanovich M., Harmon R.S. (1992). *Uranium-series disequilibrium: Applications to Earth, Marine and Environmental Sciences*, Clarendon Press, Oxford, 910 pages.

Grün R., Schwarcz H.P., Chadam J., (1988). ESR dating of tooth enamel: coupled correction for U-uptake and U-series disequilibrium. *Nuclear Tracks*, 14, 237-241.

Shao Q., Bahain J.J., Falguères C., Dolo J.M., Garcia T. (2012). A new U-uptake model for combined ESR/U-series dating of tooth enamel. *Quaternary Geochronology*, 10, 406-411.

Prélèvement ESR / U-Th du Mas des Caves, grotte n° 1, Lunel-Viel (Hérault) = LV I

Fouilles J.P. Brugal

Pour C. Falguères, J.J. Bahain, IPH

Liste matériel (dents isolées + env 100 g sédiment associés)

2019 – G14 # 45 M sup Cervid*

2019 – G14 # 46 M sup Cervid*

*probablement même individu

2020 – G14 #491 M inf Bovid

2020 – 19/09 R20 #A4 M sup (lactéale ?) Bovid

2020 – G14 #555 M2 sup D Bovid

2020 – 21/09 P17 #732 moitié de M sup Bovid

2020 G14#512 fgt dent Bovid

2020 G16#885 M3 inf D Equid, ad +

Résultats préliminaires sur les prélèvements pour datage OSL, de Lunel-Viel I

Christelle Lahaye, Brice Lebrun, Nicolas Frerebeau
IRAMAT-CRP2A, UMR 5060 Université Bordeaux Montaigne - CNRS

Neuf échantillons de sédiment ont été prélevés en vue de leur datation par les méthodes de la luminescence, au cours de l'opération de terrain de l'automne 2019. L'année 2020 a permis de réaliser les premières mesures relatives à ces échantillons, malgré des ralentissements certains dans les processus liés aux fermetures du laboratoire pour cause de confinement. Les premiers âges devraient cependant pouvoir être obtenus mi-janvier 2021, pour au moins deux échantillons.

I - Rappels sur les méthodes de datation par luminescence

Les méthodes de datation par luminescence reposent sur l'évaluation de deux grandeurs : la dose équivalente à la dose totale d'irradiation reçue depuis la dernière remise à zéro (D_e), d'une part, et le débit de dose des irradiations reçues au fil du temps (D_r), grandeurs présentes respectivement au numérateur et au dénominateur de l'équation d'âge ($\text{âge} = D_e/D_r$) (Aitken, 1985 ; 1998).

Les échantillons prélevés fin 2019 ont été préparés mécaniquement et chimiquement au cours de l'année 2020, afin de sélectionner les minéraux (quartz / feldspaths) et les fractions granulométriques (180-250 μm et 20-40 μm + 40-60 μm) de notre intérêt.

II - Mesures du débit de dose (D_r)

Les parties des sédiments recueillies en surface des prélèvements, qui ont été exposées à la lumière du jour au cours des opérations archéologiques précédentes, ont été préparées mécaniquement et mesurées par spectrométrie à bas bruit de fond et haute résolution au CRP2A (HPLB Ge) (Guibert et Schvoerer, 1991). Les teneurs en radioéléments (^{40}K , et séries de ^{235}U , ^{238}U et ^{232}Th) ont ainsi pu être mesurées au cours de l'année 2020. Ces valeurs permettent de déterminer les contributions de courte portée (alpha et beta) au débit de dose D_r , pour chaque échantillon prélevé. Les résultats ne peuvent pas encore être communiqués car l'analyse des données n'a pas encore pu être effectuée.

Au moment des prélèvements en 2019, neuf dosimètres (tubes contenant chacun trois pastilles d'alumine, $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{C}$) ont été positionnés dans les coupes, à l'emplacement de chaque prélèvement sédimentaire. Ces dosimètres ont été retirés au cours de l'opération 2020 et la dose qu'ils ont accumulée pendant environ une année a été mesurée, par des mesures de luminescence stimulée optiquement, au laboratoire. Cette dose mesurée correspond à la contribution environnementale (Gamma et cosmiques) du débit de dose D_r .

Grâce à l'ensemble de ces mesures, les débits de dose de chaque échantillon de sédiment sont donc désormais mesurés. L'analyse complète des données pourra avoir lieu dès la réouverture des laboratoires, en janvier 2021.

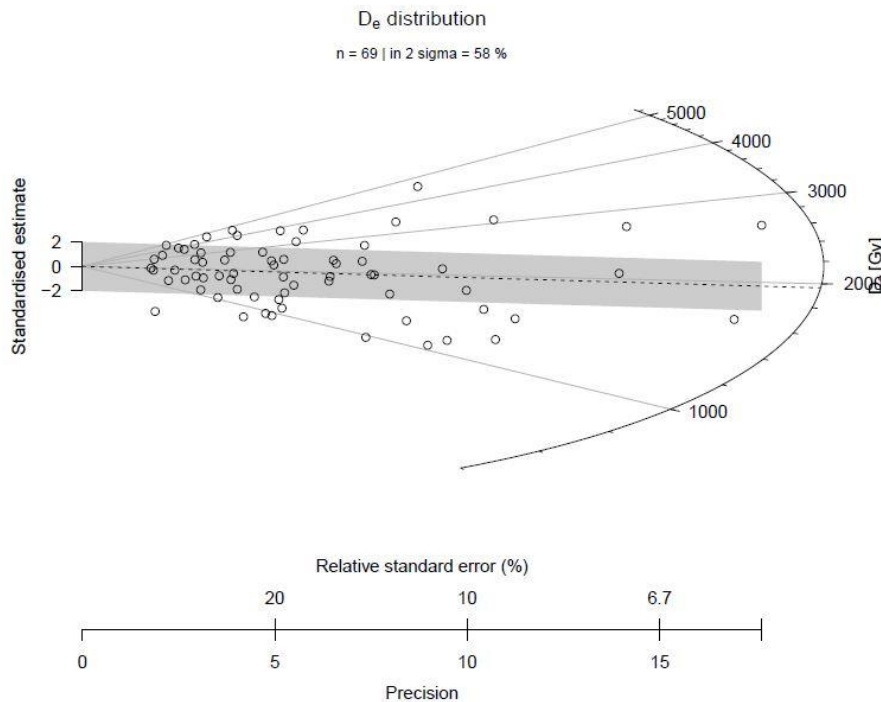
III - Mesures de la dose équivalente (D_e)

Les premières mesures par OSL effectuées à partir des cristaux de quartz de tailles comprises entre 180 et 250 μm (mesures de 3 aliquotes par échantillon), selon le protocole multi-grains, ont montré une grande dispersion des valeurs de D_e au sein de chaque échantillon. La plupart des aliquotes mesurées (20 sur 27) semblent présenter des signaux saturés ou très proches de la saturation.

Seuls les échantillons LV19-08 et LV19-09 pourraient être datables par l'OSL, selon les protocoles classiques. Notre attention s'est donc tout d'abord portée principalement sur ces deux échantillons, afin de vérifier la faisabilité de leur datation. Pour cela, un test des paramètres de préchauffe (plateau de préchauffe) a été effectué pour l'échantillon LV19-09. Un test de recouvrement de la dose (*Dose Recovery Test*) a ensuite pu être effectué pour ce même échantillon. Ces deux tests ayant pu être effectués, des mesures de D_e en mode mono-grain ont ensuite été entreprises. Elles montrent que les échantillons pourront être datés en OSL (Single-grain).

L'échantillon MV19-09 a été mesuré entièrement. Sur 800 grains mesurés lors de la première expérience en mode mono-grain (ou single-grain) 70 ont passé les tests de qualité et sont retenus pour la détermination de la D_e . L'analyse de la distribution de grains, présentées dans la figure 1 ci-dessous, ne montre pas de problèmes de répartition très significative. La valeur d'overdispersion (critère utilisé dans le cadre du modèle dit d'âge central, ou Central Age Model, Galbraith *et al.*, 1999) est d'un ordre de grandeur similaire à ce que l'on peut attendre dans ce type de gisement. Une première valeur de D_e a donc pu être obtenue pour ce premier échantillon.

Parallèlement à ces tentatives de datation OSL sur les deux échantillons LV19-08 et LV19-09, nous avons entrepris des mesures d'IRSL, à partir des feldspaths potassiques. Ces mesures devraient être effectuées en début d'année 2021.



Bibliographie

Aitken M. J 1985. Thermoluminescence dating, *Academic Press, London*, 359pp.

Aitken M.J., 1998. An introduction to optical dating – the dating of quaternary sediments by the use of photon-stimulated luminescence. *Oxford University Press*, 266pp.

Galbraith, R.F., Roberts, R.G., Laslett, G.M., Yoshida, H., Olley, J.M., 1999. Optical dating of single and multiple grains of quartz from Jinnium rock shelter, northern Australia: Part I, experimental design and statistical models. *Archaeometry* 41, 339-364.

Guibert, P., & Schvoerer, M. (1991). TL dating: low background gamma spectrometry as a tool for the determination of the annual dose. *Nuclear Tracks and Radiation Measurements*, 18, 231–238.

Wintle, A.G., 1997. Luminescence dating: laboratory procedures and protocols. *Radiation Measurements* 27, 769-817.

Approche chronologique du remplissage sédimentaire de la Grotte du Mas des caves de Lunel-Viel par la méthode U/Pb sur zircons détritiques

Jean Louis Poidevin & Jean Louis Paquette

I – Introduction

Depuis plusieurs années un programme de datations des remplissages karstiques du Languedoc oriental (départements du Gard et de l'Hérault) a été développé au sein du Laboratoire magmas et volcans de Clermont-Ferrand. Il fait suite à la découverte de zircons volcaniques dans les sédiments fossilifères provenant de la grotte des Demoiselles. Par la suite, plus de 50 cavités ont été échantillonnées et 90% des échantillons contiennent des minéraux volcaniques (amphibole brune, clinopyroxène vert denticulé, sphène, apatite et zircon). L'approche utilisée est celle dite du « système U/Th/Pb sur zircon détritique ». Les âges obtenus se situent entre 9 Ma et 0,4 Ma et permettent de caractériser plus de 20 périodes d'arrivée de nuages cendro-ponceux sur le Languedoc.

Dans un premier temps, nous espérons pouvoir intégrer à notre échantillonnage les sédiments de la Grotte du Mas des Caves de Lunel -Viel. En effet, cette cavité présente des caractéristiques exceptionnelles pour la région :

- Elle est creusée dans une molasse carbonatée Miocène, alors que la quasi-totalité des très nombreuses cavités de la région se développent dans calcaires du Jurassique ou du Crétacé ce qui impose une karstification récente, ayant débutée tout au plus durant le Miocène supérieur,
- Elle se trouve à basse altitude, environ 50 m au-dessus de la mer ce qui suppose un creusement de la cavité lors d'une période de forte régression marine (épisode Messinien ?, glaciations plio-quadernaires ?),
- Elle contient d'importants dépôts archéologiques (faune de grands mammifères et artefacts anthropiques).

La grotte étant fermée et les démarches administratives ayant peu de chances d'aboutir, nous avons rapidement renoncé à effectuer des prélèvements dans cette cavité. La reprise des travaux dans cette cavité, sous la direction de J.-Ph. Brugal, nous donne enfin l'opportunité d'échantillonner les sédiments présents dans cette cavité. Le but de notre intervention est de dater par la méthode du zircon détritique les premiers remplissages intra-karstiques (argiles rouges) mais aussi préciser l'âge des dépôts archéologiques.

II - Principe de la méthode

La datation par la méthode du zircon détritique est basée sur la désintégration de l'Uranium et du Thorium. Ces minéraux radioactifs se désintègrent progressivement au cours du temps pour donner, après de multiples stades intermédiaires, *in fine* des plombs radiogéniques ($^{238}\text{U} \Rightarrow ^{206}\text{Pb}$, $^{235}\text{U} \Rightarrow ^{207}\text{Pb}$ et $^{232}\text{Th} \Rightarrow ^{208}\text{Pb}$).

La vitesse de désintégration de chacune de ces lignées est parfaitement connue et caractérisée par la demi-période qui est le temps nécessaire pour que la moitié de l'élément père (Uranium ou Thorium) se transforme en plomb (élément fils). La demi-période des isotopes de l'Uranium et du Thorium est de plusieurs milliards d'années (et dépasse largement l'âge de la terre). En mesurant la quantité restante d'élément père et la quantité produite d'élément fils on peut calculer le moment ou l'horloge atomique s'est mise en marche en d'autres termes, obtenir l'âge de cristallisation du minéral contenant l'Uranium et le Thorium.

En théorie, cette approche est applicable à tous les matériaux terrestres. En fait, il est limité, d'une part aux minéraux contenant une quantité notable d'Uranium et Thorium (quelques centaines de ppm) et d'autre part, aux minéraux qui présentent une structure compacte interdisant ou réduisant les pertes ou les apports d'Uranium, Thorium ou de plomb après la cristallisation du minéral. Enfin, il faut

aussi considérer que la quantité de plomb radiogénique (éléments fils) soit suffisamment élevée pour être détectée et quantifiée correctement. La technologie ayant fait récemment des avancées considérables, désormais, seuls les matériaux plus récents que 250 à 300 000 ans ne sont pas datables par cette méthode. Ces contraintes réduisent considérablement le nombre de minéraux utilisables.

Le zircon, $Zr(SiO_4)$, s'avère être l'un des minéraux le plus apte à être daté par cette approche U/Th/Pb. Il se présente généralement en prismes terminés par des pyramides, le plus souvent incolores, roses ou rouges. Le rayon atomique du zirconium est proche de ceux de l'Uranium et du Thorium ce qui autorise un remplacement partiel de zirconium par ces éléments radioactifs (de quelques dizaines à quelques milliers de ppm). La structure cristalline très compacte interdit tout échange chimique avec l'extérieur après la cristallisation. Enfin, sa densité (4.7) et sa dureté (7.5) font qu'il résiste très bien à l'érosion et à l'altération chimique.

Le zircon cristallise dans les roches magmatiques et métamorphiques, jamais dans les roches sédimentaires. Il est normalement absent des roches volcaniques basiques tel que le basalte (SiO_2 de l'ordre de 48-52%). Il ne cristallise que dans les roches magmatiques riches en silice (SiO_2 supérieur à 55 %). Une phase de différenciation magmatique est nécessaire pour que le magma s'enrichisse en silice et pour que le zircon puisse cristalliser. Cette différenciation magmatique a lieu dans une chambre magmatique située à l'interface manteau-croûte ou dans la croûte (généralement entre 50 et 5 km en dessous de la surface terrestre). Une telle chambre magmatique est généralement associée à des stratovolcans de grandes dimensions et de longue durée d'activité.

En s'enrichissant en silice, le magma de fluide devient pâteux. Les gaz magmatiques ne peuvent plus s'échapper et s'accumulent dans la chambre magmatique, la pression monte et une explosion brutale entraîne la formation d'un panache volcanique qui peut atteindre des hauteurs plurikilométriques (jusqu'à 20 ou 30 kms). Il est composé, outre les gaz, de fragments de roches de taille variable, de ponces, de minéraux libres et de cendres dont le diamètre des grains n'est que de quelques microns. Les blocs retombent dans les environs immédiats du volcan. Par contre, les ponces vacuolaires et légères, les cendres constituées de micro-fragments de verre magmatique et les minéraux libres ayant cristallisés dans la chambre magmatique ou durant l'éruption, sont transportés par les puissants vents stratosphériques. Les distances parcourues par ces produits avant qu'ils ne retombent au sol sont considérables ; elles dépassent couramment la centaine de kilomètres et peuvent atteindre plusieurs milliers de kilomètres, voire faire plusieurs fois le tour de la terre dans le cas d'explosions de puissance exceptionnelle comme dans le cas du Pinatubo.

Une fois retombés au sol les éléments volcaniques fins, dont les zircons, constituent des niveaux de téphra dans les lacs ou sont transportés par les eaux courantes, pour finalement être incorporés aux sédiments fluviaux. Dans les domaines karstiques où les sols sont peu profonds et où le substratum rocheux affleure largement, ces produits volcaniques s'enfoncent dans les fissures et sont finalement incorporés aux sédiments intra-karstiques.

Le transport éolien est de l'ordre de quelques heures à quelques jours. La reprise par les eaux courantes est également très courte, de quelques heures à quelques années. L'éruption volcanique et la formation des roches détritiques ayant incorporé les minéraux volcaniques sont donc sensiblement synchrones et indissociables à l'échelle des temps géologiques.

Les roches sédimentaires détritiques, même, si elles peuvent contenir une fraction variable de minéraux néoformés, tels que la calcite ou les argiles, sont essentiellement des produits anciens « recyclés ». Parmi ces derniers peuvent figurer des matériaux volcaniques et donc des zircons. Le dépôt d'une roche sédimentaire détritique est obligatoirement plus récent que les éléments figurés qu'elle contient. Les zircons volcaniques incorporés dans une roche sédimentaire seront contemporains à légèrement plus anciens que le dépôt de l'unité sédimentaire et approchent donc, au mieux, l'âge de la mise en place de la formation sédimentaire. Ceci est d'autant plus vrai que l'activité volcanique est intense. Dans la région considérée (centre-sud de la France), le stock de minéraux lourds volcaniques aurait changé tous les 10 000 ans environ (Pastre, 1987).

Les roches magmatiques intrusives tels que les granites et des roches métamorphiques comportent également des minéraux lourds dont des zircons. Ce n'est que lorsque ces roches arrivent à l'affleurement que les minéraux qu'elles contiennent seront libérés et pourront être incorporés aux

formations détritiques fluviatiles. Le laps de temps entre la cristallisation des zircons et leur libération par érosion et altération a une durée extrêmement variable et peut atteindre plusieurs centaines de millions d'années, voir quelques milliard d'années (présence de zircons archéens dans les remplissages karstiques néogènes du Languedoc). Ces zircons ne peuvent donc en aucun cas être utilisés pour dater les roches sédimentaires détritiques qui les contiennent.

En France, l'activité volcanique néogène (plus récente que 23 Ma) est essentiellement concentrée dans le Massif Central (ie., Cantal, Cézallier, Sançy / Mont-Dore, chaîne des Puys, Forez, Velay oriental, Aubrac) ou à sa périphérie immédiate (cas de l'Escandorgue en Languedoc). De nombreuses provinces volcaniques du Massif central sont exclusivement constituées d'épanchements basaltiques. Seuls les stratovolcans auvergnats du Cantal, Cézallier, Sançy / Mont-Dore et du Velay Oriental comportent des roches volcaniques différenciées (trachytes, rhyolites téphrites, phonolites pour l'essentiel), sources potentielles de zircons volcaniques. La chaîne des Puys comporte des roches différenciées ; mais elles sont trop récentes pour être datées par cette méthode (environ 11 000 ans !)

III - Séparation des zircons

Nous utilisons les méthodes classiques de séparation des minéraux par lavage-tamassage de sédiments et concentration des minéraux lourds afin d'isoler les grains de zircons.

Les sédiments sont lavés sur des tamis de 4 mm, 2 mm, 700, 400 et 250 microns. En général, seule la fraction la plus fine est susceptible de contenir des zircons. Si le sédiment comporte une fraction argileuse importante, il peut être nécessaire de répéter deux fois cette succession d'opérations.

La séparation des minéraux lourds est effectuée à l'aide d'une batée ; ce qui évite l'utilisation de liqueurs denses dangereuses à inhaler et fort onéreuses à l'achat. Pour récupérer le maximum de minéraux lourds une même fraction de sédiment est passée deux fois à la batée. Lorsque le sédiment est argileux, comme c'est le cas pour l'essentiel des échantillons traités, le concentré de minéraux lourds est inférieur à 1 gramme par kilo de sédiment.

L'utilisation d'un séparateur électromagnétique permet de séparer les zircons des autres minéraux lourds. En effet, le zircon n'est pas attirable à l'électro-aimant contrairement à la grande majorité des autres minéraux lourds (grenats, amphiboles, pyroxènes, micas, sphènes, ...).

Les zircons sont enfin piqués grain après grain à l'aiguille emmanchée dans la fraction résiduelle qui se limite généralement à quelques milligrammes.

Pour pouvoir être analysés, les grains de zircons sont montés sur un plot de résine synthétique, puis grossièrement polis. Il est nécessaire de disposer de plus de 30 grains de plus de 60 microns pour réaliser une « bonne » datation.

IV – Techniques analytiques

Les données isotopiques *in situ* sont réalisées par J.L. Paquette, ingénieur C.N.R.S., au laboratoire « Magmas et Volcans (LMV) » de l'université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand. Les techniques analytiques sont détaillées dans la publication de J.L. Paquette, J.S.F. Barbosa, S. Rohais, S.C.P. Cruz, P. Goncalves, J.J. Peucate, A.B.M. Leal, M. Santos-Pintof, H. Martina. The geological roots of South America : 4.1 Ga and 3.7 Ga zircon crystals discovered in N.E. Brazil and N.W. Argentina :

« In situ U–Th–Pb isotopic data were obtained by laser ablation–inductively coupled plasma spectro-metry (LA-ICP-MS). The analyses involved the ablation of minerals with a Resonetics Resolution M-50 powered by an ultra-short-pulse (<4 ns) ATL Atlex Excimer laser system operating at a wavelength of 193 nm (detailed description in Müller et al., 2009). Spot diameters of 15 and 26 microns were used, associated with repetition rates of 3Hz and a laser energy of 4mJ producing a fluence of 6J/cm². The ablated material was carried by helium and then mixed with nitrogen and argon before injection into the plasma source of an Agilent 7500 cs ICP- MS equipped with a dual pumping system to enhance sensitivity (Paquette et al., 2014). The alignment of the instrument and mass calibration were performed before every analytical session using the NIST SRM 612 reference glass, by inspecting the signal of ²³⁸U and by minimizing the ThO⁺ /Th⁺ ratio (<1%). The analytical method for isotope dating is similar to that developed and reported in Paquette and Tiepolo (2007) and detailed in

Hurai et al. (2010). The signal of $^{204}\text{Pb}+\text{Hg}$, ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb , ^{232}Th and ^{238}U masses were acquired. The occurrence of common Pb in the sample can be monitored by the evolution of the $^{204}\text{Pb}+\text{Hg}$ signal intensity, but no common Pb correction was applied owing to the large isobaric interference from Hg. The ^{235}U signal was calculated from ^{238}U on the basis of the ratio $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}=137.88$. Single analyses consisted of 30 s of background integration with the laser off, followed by 60 s integration with the laser firing and a 20 s delay to wash out the previous sample and prepare for the next analysis.

Data were corrected for U–Pb fractionation occurring during laser sampling and for instrumental mass discrimination (mass bias) by standard bracketing with repeated measurements of the GJ-1 zircon standard (Jackson et al., 2004). Repeated analyses of the Harward 91500 zircon standard (Wiedenbeck et al., 1995), treated as an unknown, independently control the reproducibility and accuracy of the corrections. Data reduction was carried out with the software package GLITTER® from Macquarie Research Ltd (Van Achterbergh et al., 2001; Jackson et al., 2004). For each analysis, the time resolved signals of single isotopes and isotope ratios were monitored and carefully inspected to verify the presence of perturbations related to inclusions, fractures, mixing of different age domains or common Pb. Calculated ratios were exported and concordia ages and diagrams were generated using the Isoplot/Ex v. 2.49 software package of Ludwig (2001). The concentrations of U–Th–Pb were calibrated relative to the values of the GJ-1 zircon standard ».

IV - Premiers résultats

Lors d'une première visite (par J.L. Poidevin, fig.1) dans la grotte du Mas des caves de Lunel-Viel, fin septembre 2020, un premier échantillonnage a été réalisé. Cinq échantillons de 6 à 7 kilos, ont été prélevés dans les niveaux sédimentaires à l'affleurement.

* L'échantillon 1, prélevé dans la tranchée Marcel de Serres, vers la base de la coupe (juste au-dessus des argiles rouges), consiste en un sable à graviers relativement pauvre en matrice argileuse.

* Les échantillons 2 et 3 proviennent également de la tranchée de Marcel de Serres. Le n°2, prélevé 40 centimètres au-dessus du précédent, est un sable à matrice argileuse abondante et repose sur une passée d'argile rouge. L'échantillon 3 se place environ 40 cm, au-dessus du précédent et consiste en un sable à graviers et relativement pauvre en matrice argileuse. Ces deux échantillons sont pris au même niveau que les prélèvements OSL L1 et L2.



Fig.1 – Prélèvement en cours de J.L. Poidevin dans la tranchée M. de Serres (noter les argiles rouges à la base)

* Les échantillons 4 et 5 proviennent des niveaux supérieurs. Le n° 4 est un sable à matrice argileuse assez abondante (dans coupe N-M 34 du Secteur 2) ; le n°5, dans le Secteur 5, un sable à gravillons, provient du toit des dépôts archéo-paléontologiques (20 cm dessous du plafond de la cavité – coupe O-N 13 : point JPL5 avec tachéomètre).

Les cinq échantillons ont été traités selon la procédure décrite dans le paragraphe III.

Le tri de la fraction 2 mm - 0,7 mm des sédiments a permis recueillir de rares dents de micromammifères (rongeurs, lagomorphes et chiroptères) et de reptiles (lézard ?). Elles doivent être partie intégrante de la faune pléistocène reconnue dans ces niveaux.

Les éléments légers tels que galets, graviers, quartz, glauconite, argile et fragments de fossiles d'organismes invertébrés (lamellibranches, échinodermes, coraux, bryozoaires, gastéropodes, etc.) constituent l'essentiel du sédiment. Les fossiles proviennent très certainement de l'érosion de la molasse calcaire dans laquelle la grotte est creusée.

Les cinq concentrés de minéraux lourds contiennent tous des minéraux d'origine volcaniques : zircon, sphène, amphiboles brunes et magnétites. Il semble que les échantillons 2, 3, 4 contiennent uniquement des zircons roses d'assez petite taille (inférieurs à 160 microns) alors que les échantillons 1 et 5 contiennent également quelques zircons incolores de dimensions un peu plus importante (supérieurs à 160 microns).

Le passage au séparateur électromagnétique permettra à terme de préciser ces observations préliminaires et facilitera grandement le tri des zircons. Dans l'immédiat, le laboratoire magmas et volcans, où se trouve cet appareil, est fermé pour cause de Covid et de confinement.

V – Perspectives

L'échantillonnage réalisé cette année prouve la présence de zircons dans les niveaux archéo-paléontologiques. S'ils ne sont pas trop récents ces zircons devraient pouvoir être datés. De plus, le contexte géologique semble montrer que l'essentiel des matériaux des niveaux fossilifères provient du remaniement d'une terrasse fluviale sus-jacente attribuée au Villafranchien et notée FV sur la carte géologique de Lunel. Il est possible que les zircons présents dans niveaux archéologiques fassent partie des matériaux villafranchiens remaniés. Si c'est cas, l'âge zircon serait celui de la terrasse fluviale et s'avérerait bien plus ancien que l'unité archéologique !

Les travaux anciens ont démontré la présence sous les niveaux fossilifères d'une puissante unité d'argiles rouges. Apparemment cette unité n'affleure pas actuellement dans la cavité (mais visible en coupes). Il est pourtant essentiel d'échantillonner cette formation si l'on veut essayer de déterminer l'âge de la karstification. Prévoir un sondage serait nécessaire afin de préciser la stratigraphie des dépôts ; et, il permettrait en outre de toucher la base de ce remplissage, et estimer sa puissance.

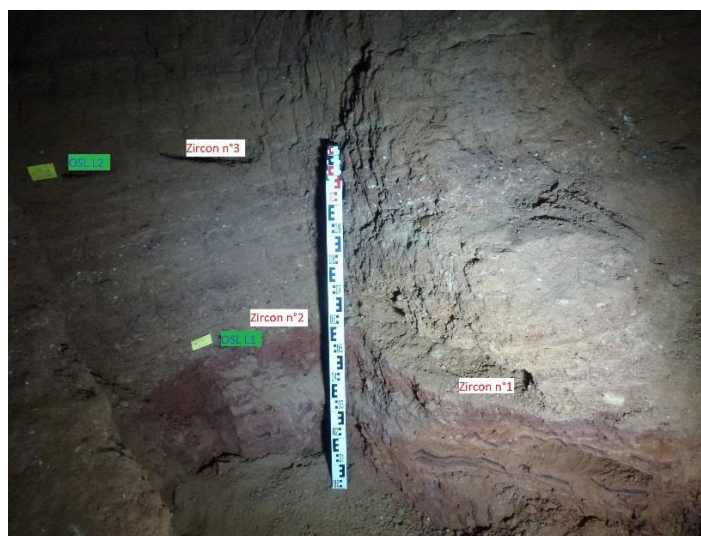


Fig. 2 – Coupe Tranchée M. de Serres et emplacement des prélèvements OSL et Zircon

Amino Acid Racemization (AAR): Test on Equid teeth from Lunel-Viel I (Hérault)

Trinidad de Torres Pérez-Hildago
E.T.S.I. de Minas et Energia, Madrid

Introduction

The AAR analyses can be taken in two different ways: aminostratigraphy and aminochronology

Aminostratigraphy: if you have a numerical age calibrated model for the same climatic zones you can establish if one locality or bed is younger, older or of the same age than another. You can use this also if you do not have a very strong faith on this method.

Aminochronology: you need a previous method calibration (ESR, 14C and... others) and we have this calibration for the Iberian Peninsula and, in my own opinion, can be exported to Lunel Viel because their thermal histories do not seem to differ very much from the Iberian Peninsula ones.

In fact when archaeologists do not agree with AAR dates is because they appear to be older than expected, linked to any kind of heating (cooking, burning, fire places even a middle age lime kiln). Then it is the site 'expert who must take the final opinion. In AAR dating a CV of 25% is not very high (CV= std. desv/average in %). Unfortunately AAR dating is far of being as precise as a radiometrical techniques-based method but in almost all cases is "the only one", one is better than nothing.

Samples

The samples come from the E. Bonifay excavations, collection stored at the *Musée National de Préhistoire* (Les Eyzies-de-Tayac), and was selected by P. Fosse and J.P. Brugal, thanks to the staff of this museum (especially S. Madelaine). The first set of samples consisted of 13 teeth of big sized *Equus* from Lunel-Viel site (France) (Table 1). The second set of samples are 19 teeth of *Equus* (Table 2). The series was returned to MNP after analysis.

Table 1. References of first samples studied from Lunel-Viel site. (# and level)

LEB reference	Sample reference
LEB-12742	809 (1)
LEB-12743	813 (6)
LEB-12744	1535 (5)
LEB-12745	2243 (9)
LEB-12746	4191 (3)
LEB-12747	4765 (4)
LEB-12748	4900 (3)
LEB-12749	2042 (6)
LEB-12750	5076 (10)
LEB-12751	7152 (9)
LEB-12752	13828 (V)
LEB-12753	14656 (V)
LEB-12754	17155 (4)

Table 2. References of second samples studied from Lunel-Viel site. (# and level)

LEB reference	Sample reference
LEB-12916	13039 (3)
LEB-12917	16005 (C3)
LEB-12918	602 (C4)
LEB-12919	984 (C4)
LEB-12920	5038 (C4)
LEB-12921	13919 (IV)
LEB-12922	14703 (IV)
LEB-12923	3971 (C5)
LEB-12924	20548 (C5)
LEB-12925	3806 (C6)
LEB-12926	9785 (C6)
LEB-12927	17609/1 (C7)
LEB-12928	17609/2 (C7)
LEB-12929	619 (C9)
LEB-12930	1544 (C9)
LEB-12931	7666 (C9)
LEB-12932	3096 (C10base)
LEB-12933	3377 (C11)
LEB-12934	3618 (C9)

Methodology

Amino acid racemization

Collagen samples were obtained via drilling the bones with a dental diamond drill. A hole 1 mm in diameter was drilled in the occlusal area, obtaining between 7.5 and 28.1 mg (fig.1). To avoid contamination, powder from the outermost 1-2 mm part was rejected.



Figure 1 – Left P3,4/ *Equus* showing hole drill in the occlusal surface (right) – LVI-6#2042

Before protein hydrolysis and amino acid derivatization, the samples were treated to eliminate free amino acids (dialysis). With this process we aimed to remove foreign amino acids and to obtain a homogeneous “collagen extract”. For this purpose we used a modification of the method proposed by Marzin (1990), which is described in Torres *et al.* (1999). The powder sample (8-46.8 mg) was dissolved in 1 ml of 2N hydrochloric acid and sonicated. Following the addition of 5 ml of PBS buffer, the sample was dialyzed at 3500 Dalton (Spectra/Por mnco 3500 membrane) for a period of 24 h in a buffered solution with magnetic stirring at room temperature.

Amino acid concentrations and ratios were quantified using HPLC following the sample preparation protocol described in Kaufman and Manley (1998) and Kaufman (2000). This procedure involves hydrolysis, which was performed under N₂ atmosphere in 7 µl of 6M HCl for 20 h at 100°C. The hydrolysates were evaporated to dryness in *vacuo*, and then rehydrated in 7 µl 0.01 M HCl with 1.5 mM sodium azide and 0.03 mM L-*homo*-arginine (internal standard).

Samples were injected into an Agilent HPLC-1100, equipped with a fluorescence detector. Excitation and emission wavelengths were programmed at 335 nm and 445, respectively. A Hypersil BDS C18 reverse-phase column (5 µm; 250 x 4 mm i.d.) was used for the analysis.

The derivatization takes place before injection by mixing the sample (2 µl) with the pre-column derivatization reagent (2.2 µl), which comprised 260 mM isobutyryl-L-cysteine (chiral thiol) and 170 mM o-phthalaldehyde, dissolved in 1.0 M potassium borate buffer solution at pH 10.4. Eluent A consisted of 23 mM sodium acetate with 1.5 mM sodium azide and 1.3 micro M EDTA, adjusted to pH 6.00 with 10 M sodium hydroxide and 10% acetic acid. Eluent B was HPLC-grade methanol and eluent C consisted of HPLC-grade acetonitrile. A linear gradient was performed at 1.0 ml/min and 25°C, from 95% eluent A and 5% eluent B upon injection to 76.6 eluent A, 23% eluent B, and 0.4% eluent C at min 31.

Results and discussion

According to Goodfriend (1991), the analysis of more than one amino acid provides largely redundant information on sample age. However, to establish the aminostratigraphy of the archaeological samples we used only the aspartic acid it is the one that faster racemize. The D/L ratios of other amino acids are not provided because in many cases the D enantiomers could not be identified in the chromatograms, or appeared in such low amounts that D/L ratios were not suitable to differentiate between samples (e.g. leucine and isoleucine).

The mean aspartic acid ratios of the *Equus* samples from Lunel-Viel are shown in Tables 3 to 6.

Samples	LEB 12742 (1)	LEB 12743 (6)	LEB 12744 (5)	LEB 12745 (9)	LEB 12746 (3)	LEB 12747 (4)	LEB 12748 (3)
Inventory Number	809	813	1535	2243	4191	4765	4900
Weight (mg)	26.5	16	23.3	25.4	24.6	25	23.2
D Asp	6.98	9.74	9.88	6.74	5.45	6.77	5.74
L Asp	35.61	55.73	48.31	39.13	25.85	34.14	34.67
D/L Asp	0.196	0.175	0.205	0.172	0.211	0.198	0.166
D Glu	4.27	5.18	6.57	4.49	3.28	3.68	3.52
L Glut	46.05	66.91	61.93	50.70	31.74	41.52	53.43
D/L Glu	0.093	0.077	0.106	0.089	0.103	0.089	0.066
D Ser	1.88	2.04	2.37	2.45	1.64	1.15	2.17
L Ser	50.27	69.30	52.32	54.24	33.68	48.52	55.39
D/L Ser	0.037	0.029	0.045	0.045	0.049	0.024	0.039
Age (ka)	159.8	141.4	167.2	139.1	172.8	161.9	133.3

Table 3. Amino acid enantiomers concentration, racemization ratios and calculated ages obtained in the samples from Lunel-Viel (1).

Samples	LEB 12749 (6)	LEB 12750 (10)	LEB 12751 (9)	LEB 12752 (V)	LEB 12753 (V)	LEB 12754 (4)
Sample #	2042	5076	7152	13828	14656	17155
Weight (mg)	26.4	23.3	21.5	25.1	28.1	23.5
D Asp	8.64	5.08	8.36	4.16	8.80	9.66
L Asp	44.10	36.61	34.50	25.95	106.12	33.87
D/LAsp	0.196	0.139	0.242	0.160	0.083	0.285
D Glu	4.30	3.57	4.11	3.34	7.83	5.10
L Glu	47.79	44.23	32.74	34.69	193.70	42.82
D/L Glu	0.090	0.081	0.126	0.096	0.040	0.119
D Ser	1.55	1.80	1.56	1.37	2.14	1.44
L Ser	48.28	60.41	29.15	38.02	183.09	35.24
D/L Ser	0.032	0.030	0.053	0.036	0.012	0.041
Age (ka)	159.7	110.1	199.9	128.9	-	237.3

Table 4. Amino acid enantiomers concentration, racemization ratios and calculated ages obtained in the samples from Lunel-Viel (2).

Samples	LEB 12916	LEB 12917	LEB 12918	LEB 12919	LEB 12920	LEB 12921	LEB 12922	LEB 12923	LEB 12924
Inventory Number	13039 (3)	16005 (C3)	602 (C4)	984 (C4)	5038 (C4)	13919 (IV)	14703 (IV)	3971 (C5)	20548 (C5)
Weight (mg)	24.5	20.6	24	22.4	22.5	21.4	25.0	21.8	21.8
D Asp	3.82	26.15	8.55	8.15	2.96	2.13	2.30	2.72	4.64
L Asp	28.62	188.35	49.17	37.58	13.46	12.12	13.80	19.24	24.08
D/LAsp	0.133	0.139	0.174	0.217	0.220	0.176	0.167	0.141	0.193
D Glu	2.48	19.89	7.86	6.69	2.10	2.66	1.69	1.51	3.37
L Glut	24.49	119.36	47.02	56.21	23.15	17.18	17.79	21.42	36.53
D/L Glu	0.101	0.167	0.167	0.119	0.091	0.155	0.095	0.071	0.092
D Ser	6.99	77.94	20.98	4.44	2.65	3.24	3.93	2.07	3.19
L Ser	42.08	255.34	63.51	46.32	18.55	19.65	24.46	29.31	37.12
D/L Ser	0.166	0.305	0.330	0.096	0.143	0.165	0.161	0.071	0.086
Age (ka)	105.5	110.2	140.6	178.0	180.3	142.1	134.5	112.3	156.9

Table 5. Amino acid enantiomers concentration, racemization ratios and calculated ages obtained in the samples from Lunel-Viel (3).

Samples	LEB	LEB	LEB	LEB	LEB	LEB	LEB	LEB	LEB	LEB
	12925	12926	12927	12928	12929	12930	12931	12932	12933	12934
Inventory Number	3806 (C6)	9785 (C6)	17609 /1 (C7)	17609 /2 (C7)	619 (C9)	1544 (C9)	7666 (C9)	3096 (C10base)	3377 (C11)	3618 (C9)
Weight (mg)	22.6	20.4	22	22.2	23.1	22.5	26.2	7.5	22.3	17.2
D Asp	2.15	3.75	2.43	2.24	3.34	1.77	3.38	1.64	2.80	1.99
L Asp	21.88	25.73	17.13	19.10	20.36	15.89	17.76	15.01	9.85	15.63
D/L Asp	0.098	0.146	0.142	0.117	0.164	0.111	0.191	0.109	0.284	0.127
D Glu	2.68	2.84	2.05	2.03	3.13	1.77	1.84	1.77	2.17	2.69
L Glut	49.63	34.96	25.83	31.12	34.71	22.49	21.31	24.37	16.62	24.81
D/L Glu	0.054	0.081	0.079	0.065	0.090	0.079	0.086	0.073	0.130	0.109
D Ser	4.08	3.06	2.82	2.77	3.29	1.09	1.05	0.62	0.99	1.31
L Ser	63.78	43.74	30.42	34.05	33.73	25.48	26.51	31.95	12.17	26.25
D/L Ser	0.064	0.070	0.093	0.081	0.098	0.043	0.040	0.020	0.081	0.050
Age (ka)	-	116.0	113.0	91.6	132.0	86.4	155.0	-	236.2	100.1

Table 6. Amino acid enantiomers concentration, racemization ratios and calculated ages obtained in the samples from Lunel-Viel (4).

It is noticeable the low amounts of amino acids in all the samples studied. Nevertheless we were able to establish the age of this site, although they should be considered with caution. Numerical dating was done by introducing the D/L Asp ratios into the algorithm established for the collagen of fossils bears from Iberian Peninsula (*Ursus deningeri* and *Ursus spelaeus*), (Torres et al., in press, modified from Torres *et al.*, 2002). Although amino acid racemization depends of the taxon considered, we used these algorithms on the assumption that collagen racemization rates are not affected by genus. The age is the average of the numerical dates obtained for the D/L Asp ratios measured in that locality (Tables 3 to 6). The age uncertainty of a site is the standard deviation of all the values obtained.

Sample LEB-12753, was not considered for the age calculation as L-Ser is much higher than L-Asp, which can be produced by the contamination of recent amino acids, although in all cases the values of the L-Ser/L-Asp ratio is higher than 1, indicating certain contamination by recent amino acids (Hearty et al., 2004).

The mean ages of the different levels inferred from the whole set of samples are in Table 7.

Level	Mean D/L Asp	Age (ka)
1 (1)	0.196	159
C3 (4)	0.162±0.035	130.4±30.7
C4 (5)	0.219±0.041	179.6±35.9
IV (2)	0.171±0.006	138.3±5.3
C5 (4)*	0.175±0.029	141.3±25.2
C6 (3)**	0.172±0.025	139.0±21.9
C7 (2)	0.130±0.017	102.3±15.1
C9 (6)	0.168±0.047	135.4±40.5
(4) (***)	0.192±0.035	156.5±30.5
Base C10 (****)	-	-
C11	0.284	236.2

(*) One sample (LEB-12753) was not considered for the age calculation, as L-Ser was much higher than L-Asp;

(**) One sample (LEB-12925) was not considered for the age calculation, as L-Ser was much higher than L-Asp;

(***) After eliminating 2 samples with low Asp D/L values;

(****) Samples LEB-12932 and LEB-12750 were not considered for the age calculation, as L-Ser was much higher than L-Asp

Table 7. Mean D/L Asp values and ages of the different levels of Lunel-Viel site. In bracket, the number of samples considered for the age calculation

Commentaires (par J.-Ph. Brugal)

D'après les résultats obtenus par AAR, les dates se placent dans une fourchette chronologique (sur la base des moyennes obtenues) entre 102,3 et 236.2 ka, soit une période comprise entre les stades isotopiques 7 à 5. Nous nous trouvons très éloignés des estimations fournies par E. Bonifay qui donnait un âge de l'interglaciaire Mindel-Riss, entre 400 et 550 000 ans au remplissage fossilifère de Lunel-Viel I (Bonifay, 1976), bien que d'autres estimations aient été données par la suite, avec une association faunique rapportée sans conteste à la fin du Pléistocène moyen, soit autour de 300-350 000 ans (M.F. Bonifay, comm. pers.). On rappellera que l'attribution/corrélation de l'ancienne chronologie alpine à des stades isotopiques, serait le stade 11 (427-364 ka) pour le « Mindel-Riss »,

Les données sur les faunes en effet, par la présence d'espèces archaïques et le degré évolutif atteint par certains taxons nous indiquent : 1) elles sont clairement de la fin du Pléistocène moyen, et 2) une association clairement tempérée, de type interglaciaire donc. Sur ces bases, on peut formuler une attribution (provisoire !) au dépôt de cette grotte aux stades isotopiques 9 (334-301 ka) ou 7 (242-186 ka). Pour les mêmes raisons, l'attribution au dernier interglaciaire (stade 5) pourrait être écartée. Les résultats AAR pencheraient alors pour le stade 7... Les autres datages par d'autres méthodes (en cours) permettront- nous l'espérons - d'apporter des données supplémentaires à cette hypothèse, ou fourniront d'autres résultats...

References

- Bonifay, E. (1976). Grottes du Mas des Caves (Lunel-Viel, Hérault) livret-guide de l'excursion C2 Provence et Languedoc méditerranéen. Sites paléolithiques et néolithiques, UISPP IX ème Congrès NICE p. 197-204
- Hearty, P.J., O'Leary, M.J., Kaufman, D.S., Page, M., Bright, J. (2004). Amino acid geochronology of individual foraminifer (*Pulleniatina obliquiloculata*) tests, north Queensland margin, Australia: a new approach to correlating and dating Quaternary tropical marine sediment cores. *Paleoceanography* 19, PA4022, doi: 10.1029/2004PA001059.
- Kaufman, D.S. (2000). Amino acid racemization in ostracodes. In: Goodfriend, G.A., Collins, M.J., Fogel, M.L., Macko, S.A., Wehmiller, J.F. (Eds.), *Perspectives in Amino Acids and Protein Geochemistry*. Oxford University Press, New York, pp. 145-160.
- Kaufman, D.S., Manley, W.F. (1998). A new procedure for determining DL amino acid ratios in fossils using reverse phase liquid chromatography. *Quaternary Geochronology* 17, 987-1000.
- Marzin, E. (1990) Essai de normalisation du protocole d'analyse des taux de racémisation des acides aminés: applications à la datation d'ossements fossiles. *Trav du LAPMO*: 167-178
- Torres, T., Llamas F.J., Canoira, L., García Alonso, P. (1999). Aspartic Acid racemization in the dentine of bears (*Ursus etruscus* G. Cuvier, *Ursus prearctos* Boule, *Ursus deningeri* von Reichenau and *Ursus spelaeus* Rosenmüller-Heinroth). Tooth dentine amino acids versus Mollusca amino acids, in *Advances in Biochirality* (Eds. G. Pályi, C. Zucchi and L. Caglioti), pp 247-256. Elsevier, Oxford.
- Torres, T., Ortiz, J.E., Llamas, F.J., Canoira, L., Juliá, R., García-Martínez, M.J. (2002). Bear Dentine Aspartic Acid Racemization Analysis, Proxy for Pleistocene Cave Infills Dating. *Archeometry* 44 (3), 417-426.
- Torres, T., Ortiz, J.E., Fernández, E., Arroyo-Pardo, E., Grün, R., Pérez-González, A. (in press). Aspartic acid racemization as a dating tool for dentine: a reality. *Quaternary Geochronology*.

ARCHEOLOGIE

Le matériel lithique taillé issu de la campagne de fouilles 2020

Cyrielle Mathias Chercheuse associée, UMR 7194 HNHP

Lors de la campagne de fouilles 2020, 23 pièces lithiques taillées ont été mises au jour. A ce matériel indubitablement taillé viennent s'ajouter 12 pièces dont l'anthropocité ne peut être formellement attestée, comme des éclats entièrement corticaux en silex à patine couvrante ou des fragments de quartz de dimensions réduites (7 pièces en silex, trois en quartz et deux en grès quartzite). Si cette seconde catégorie n'est pas prise en compte dans l'étude qui suit, elle est en revanche conservée dans la perspective de remontages à la suite des prochaines campagnes.

Le matériel a été analysé selon une approche techno-typologique communément utilisée, visant à mettre en évidence les principaux systèmes de productions lithiques employés sur un site (Boëda *et al.*, 1990 ; Inizan *et al.*, 1995). Les pièces proviennent de plusieurs zones de fouilles, correspondant donc à des niveaux archéologiques distincts. Etant donné le peu de matériel mis au jour, nous le présenterons dans sa globalité. Ces données seront, à la suite des futures campagnes, réparties et interprétées selon les ensembles stratigraphiques.

Matériaux identifiés

Les silex *sensu largo* dominent le matériel mis au jour (16 pièces sur les 23). Certaines pièces, à l'instar de l'éclat allongé présenté dans le rapport 2019 (Igreja *in* Brugal *et al.*, 2019), sont presque exemptes de patine. Les cortex alluviaux, avec la présence de nombreux chocs en coups d'ongle plus ou moins profonds dominent et une zonation sous-corticale (fig. 1). Un éclat a été produit dans un matériau siliceux très poreux sous forme de galet, faisant penser à un chert qu'il conviendra de mieux déterminer (fig.1). Des quartz, quartzites et grès-quartzites complètent la série (tabl. 1).

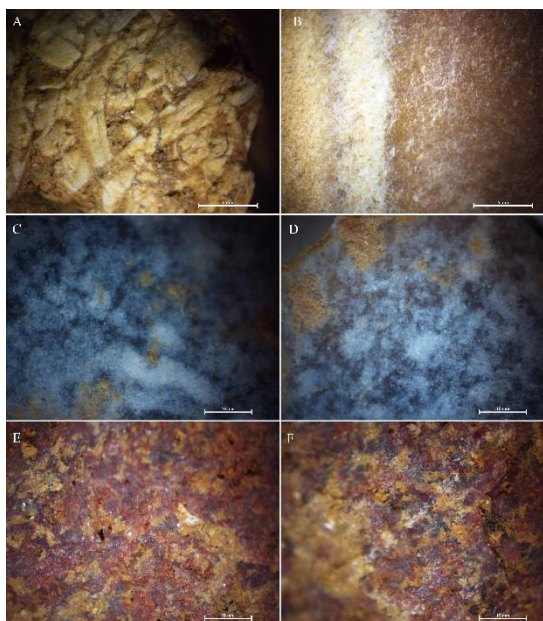


Figure 1 : Observation à la loupe binoculaire des silex. A : cortex à chocs en coup d'ongle altéré ; B : liseré sous-cortical parallèle développé ; C et D : patine peu couvrante et détails de la surface ; E et F : porosités et rubéfaction du matériau siliceux (chert ?).

Il est fort probable que tous les matériaux aient été récoltés dans les alluvions de la Durance et du Rhône, directement au niveau du site. Les silex présents dans ces alluvions correspondraient aux silex dits des Costières du Gard (ou de Nîmes).

Les silex des Costières du Gard ont été utilisés durant tout le Paléolithique en Languedoc-Roussillon (Bazile, 1976 ; Grégoire et Bazile, 2005, 2009). Les alluvions des Costières, dépôts d'âges plio-pléistocènes, sont le résultat d'un apport principal de la Durance et ponctuellement du Rhône (notamment pour les quartzites alpins, cf. Grégoire et Bazile, 2005). Ces silex présentent des colorations et des textures variées et sont souvent très homogènes. Ils sont reconnaissables essentiellement par leur cortex : siliceux, avec la présence de micro-géodes de quartz et la présence de chocs en coups d'angle ; ainsi que par leurs zonations sous-corticales parallèles (Grégoire et Bazile, 2005).

Une analyse pétro-archéologique fine (macroscopique, microscopique), permettrait de mettre en évidence si différents faciès sont présents, et notamment des faciès exogènes (silex de Salinelles, silex lutétiens de Saint-Martin-de-Londres, etc.), traduisant les territoires exploités par les groupes humains et les modalités d'introduction des matériaux.

Principales caractéristiques identifiées

Sur les 23 pièces taillées, 22 sont des produits de débitage (éclats, éclats fracturés). Peu sont diagnostiques d'un mode de production et ils sont les témoins de différentes étapes des chaînes opératoires. Ainsi, on retrouve des éclats corticaux/semi-corticaux montrant les phases d'ouverture des blocs ainsi que des éclats de plein débitage (tabl.1; fig. 2 et 3). L'orientation principale des négatifs sur la face supérieure des éclats, même pour les rares issus de phases de plein débitage, est unipolaire (fig. 3). Les séquences de débitage illustrées sont courtes : les négatifs d'enlèvements (hors abrasion de corniches et autres préparations) sont compris entre 1 et 3. Les talons montrent la quasi absence de préparation des plans de frappe : ils sont le plus souvent corticaux et ce quel que soit le matériau (N=10), lisses (N=4) et de manière anecdotique facetés ou dièdres (respectivement N=2 et N=1).

A noter, la présence d'un éclat issu d'une méthode Kombewa récurrente (fig. 4), présentant une double patine. Un éclat brûlé pourrait également être issu d'une méthode Levallois récurrente (fig. 5).

Catégorie techno-typologique	Silex <i>s.l.</i>	Quartz	Quartzite	Grès-quartzite	Total
Eclats corticaux	1	2	1	1	5
Eclats semi-corticaux	1	1	1	1	4
Eclats à cortex résiduel	8	-	-	-	8
Eclats sans cortex	4	-	-	-	4
Nucléus	1	-	-	-	1
Outils sur éclat	1	-	-	-	1
Total	16	3	2	2	23

Tabl. 1 – Décompte Lithique et matières premières – Lunel-Viel I 2020

Un nucléus en silex a été mis au jour (fig. 6 et 7). Il présente deux surfaces de débitage hiérarchisées dont le plan de frappe a été aménagé. Des enlèvements envahissants sont visibles sur une des deux surfaces de débitage. Ce nucléus pourrait être rattaché au Levallois atypique identifié par Yveline Le Grand au cours de sa thèse (Le Grand, 1994).

Une seule pièce retouchée a été identifiée, provenant de la tranchée Marcel de Serres. Il s'agit d'un éclat de silex sur lequel a été aménagé un typo-bec par une retouche alterne bifaciale en partie proximale, ainsi qu'un dos abattu (fig. 8).

Perspectives

L'échantillon lithique mis au jour en 2020 est trop faible pour identifier clairement des concepts de débitage ou de façonnage caractéristiques d'un techno-complexe en particulier. La prise en compte des données chrono-stratigraphiques et la reprise des anciennes collections des fouilles d'E. Bonifay conservées au Musée National de Préhistoire des Eyzies-de-Tayac sont nécessaires à une meilleure caractérisation des assemblages lithiques de la grotte I du Mas des Caves. Il est important de revenir plus particulièrement sur la caractérisation du concept Levallois utilisé ainsi que sur l'association avec les galets aménagés « atypiques » (Bonifay, 1968 ; Le Grand, 1994).

Ces nouvelles études, couplées à des analyses taphonomiques (voir Viallet, ce rapport), nous permettront alors de mieux caractériser et appréhender les comportements techniques des occupants de la grotte I de Lunel-Viel. Rappelons que peu d'assemblages lithiques sont attribués à la fin du Pléistocène moyen en France, ils sont encore plus rarement associés à des restes fauniques. Il s'agit pourtant d'une période charnière, où plusieurs techno-complexes attribués au Paléolithique inférieur et moyen ancien coexistent dans le Sud de l'Europe (Hérisson *et al.*, 2016 ; Santonja *et al.*, 2016 ; Mathias *et al.*, 2020). Les assemblages lithiques de la grotte de Lunel-Viel devraient ainsi apporter des éléments de compréhensions d'importance.

Références bibliographiques :

- Bazile F., 1976. *Le Paléolithique de la Costière méridionale dans son contexte géologique*. Thèse de doctorat, USTL, Montpellier, 209 p.
- Boëda E., Geneste J.-M., Meignen L. (1990) Identification des chaînes opératoires lithiques du Paléolithique ancien et moyen. *Paléo*, 2, 1, p. 43–80.
- Bonifay E., 1968. « Stratigraphie et industries lithiques de la grotte n°1 du Mas des Caves à Lunel-Viel (Hérault) ». In : *La Préhistoire, problèmes et tendances*, Editions du CNRS : pp. 37-46.
- Brugal J.-Ph. (dir.), *Rapport de fouilles programmée annuelle 2019, grotte du Mas des Caves n°1 (ou I), Lunel-Viel (Hérault). Hommes et Environnements au Pléistocène moyen*. Rapport d'opération, 59 p.
- Grégoire S., Bazile F., 2005. La diffusion des silex des Costières du Gard au Paléolithique supérieur. *Comptes Rendus Palevol*, 4, 5, p. 413-419. <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2005.03.005>
- Grégoire S., Bazile F., 2009. « La lithothèque matières premières siliceuses en Languedoc-Roussillon. Un outil pour la reconstitution des territoires ». In : Fullola J.-M., Valdeyron N., Langlais M. (dir.), *Les Pyrénées et leurs marges durant le Tardiglaciaire. Mutations et filiations techno-culturelles, évolutions paléo-environnementales*, Actes du XIVème colloque international d'archéologie de Puigcerda, novembre 2006, Hommages à Georges Laplace, Institut d'Estudis Ceretans, pp. 227-238.
- Hérisson D., Brenet M., Cliquet D., Moncel M.-H., Richter J., Scott B., Van Baelen A., Di Modica K., De Loecker D., Ashton N., Bourguignon L., Delagnes A., Faivre J.-Ph., Folgado-Lopez M., Locht J.-L., Pope M., Raynal J.-P., Roebroeks W., Santagata C., Turq A., Van Peer P. 2016. The emergence of the Middle Palaeolithic in northwestern Europe and its southern fringes. *Quaternary International*, 411, p. 233–283. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.02.049>
- Inizan M.-L., Reduron M., Roche H., Tixier J., 1995 *Technologie de la pierre taillée. Préhistoire de la pierre taillée*. Tome 4, C.R.E.P.
- Le Grand Y., 1994. *Approche méthodologique et technologique d'un site d'habitat du Pléistocène moyen: la grotte n° 1 du Mas des Caves (Lunel-Viel, Hérault)*. Thèse de doctorat, Université de Provence, Aix-Marseille 1, 2 vol., 269 p.
- Mathias C., Bourguignon L., Brenet M., Grégoire S., Moncel M. ;-H., 2020. Between new and inherited technical behaviours: a case study from the Early Middle Palaeolithic from Southern France. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 12, 146, p. 1-39. <https://doi.org/10.1007/s12520-020-01114-1>
- Santonja M., Pérez-González A., Panera J., Rubio-Jara S., Méndez-Quintas E. (2016) The coexistence of Acheulean and ancient Middle Palaeolithic techno-complexes in the Middle Pleistocene of the Iberian Peninsula. *Quaternary International*, 411, B, p. 348–377. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.04.056>

Légendes figures :

Figure 1 : observation à la loupe binoculaire des silex. A : cortex à chocs en coup d'ongle altéré ; B : liseré sous-cortical parallèle développé ; C et D : patine peu couvrante et détails de la surface ; E et F : porosités et rubéfaction du matériau siliceux (chert ?).

Figure 2 : Eclat en silex à face supérieure presque entièrement corticale, un seul négatif antérieur.

Figure 3 : éclat sans cortex témoignant d'un débitage unipolaire.

Figure 4 : éclat Kombewa, double patine.

Figure 5 : éclat brûlé, possiblement Levallois.

Figure 6 : photographie du nucléus à surfaces hiérarchisées (Levallois cf. Le Grand, 1994 ?)

Figure 7 : dessin du nucléus à surfaces hiérarchisées (Levallois cf. Le Grand, 1994 ?)

Figure 8 : éclat retouché, typo-bec et bord abattu provenant de la tranchée Marcel de Serres.

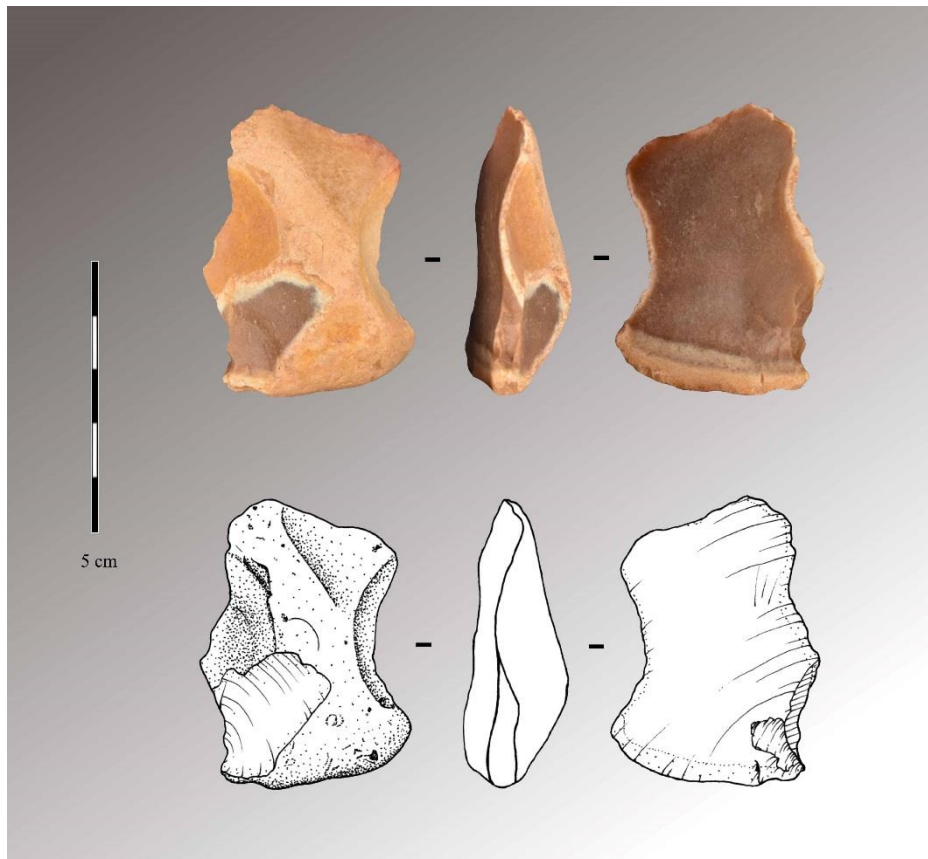


Figure 2 : Eclat en silex à face supérieure presque entièrement corticale, un seul négatif antérieur.

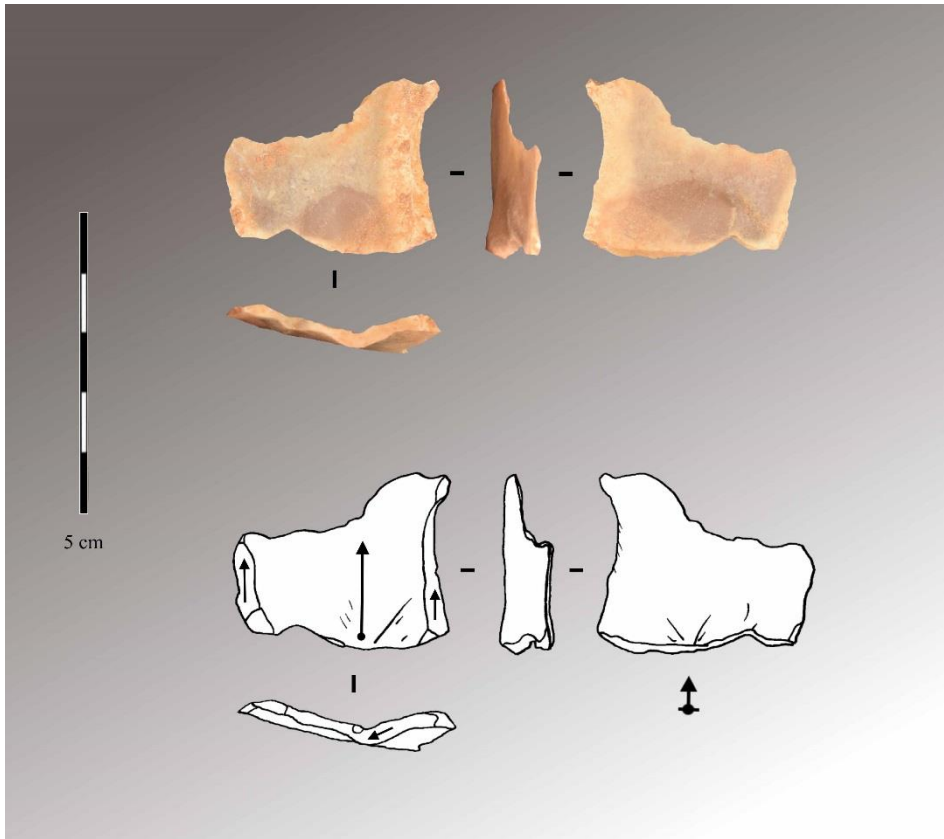


Figure 3 : éclat sans cortex témoignant d'un débitage unipolaire.

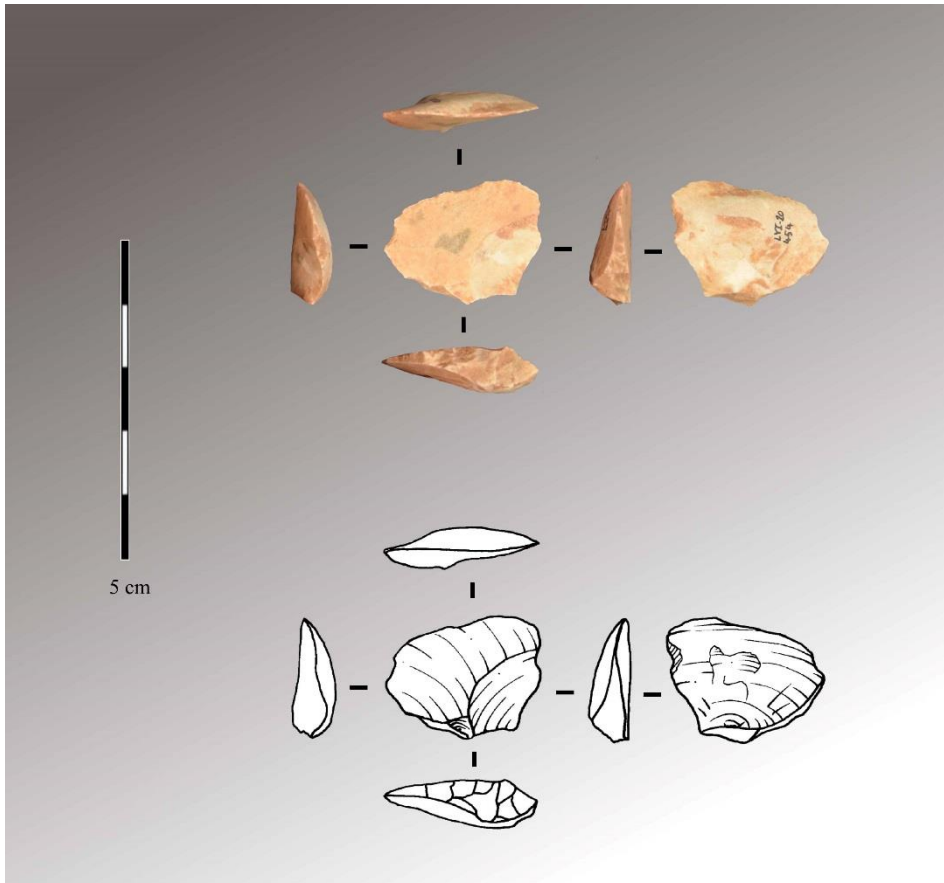


Figure 4 : éclat Kombewa, double patine.

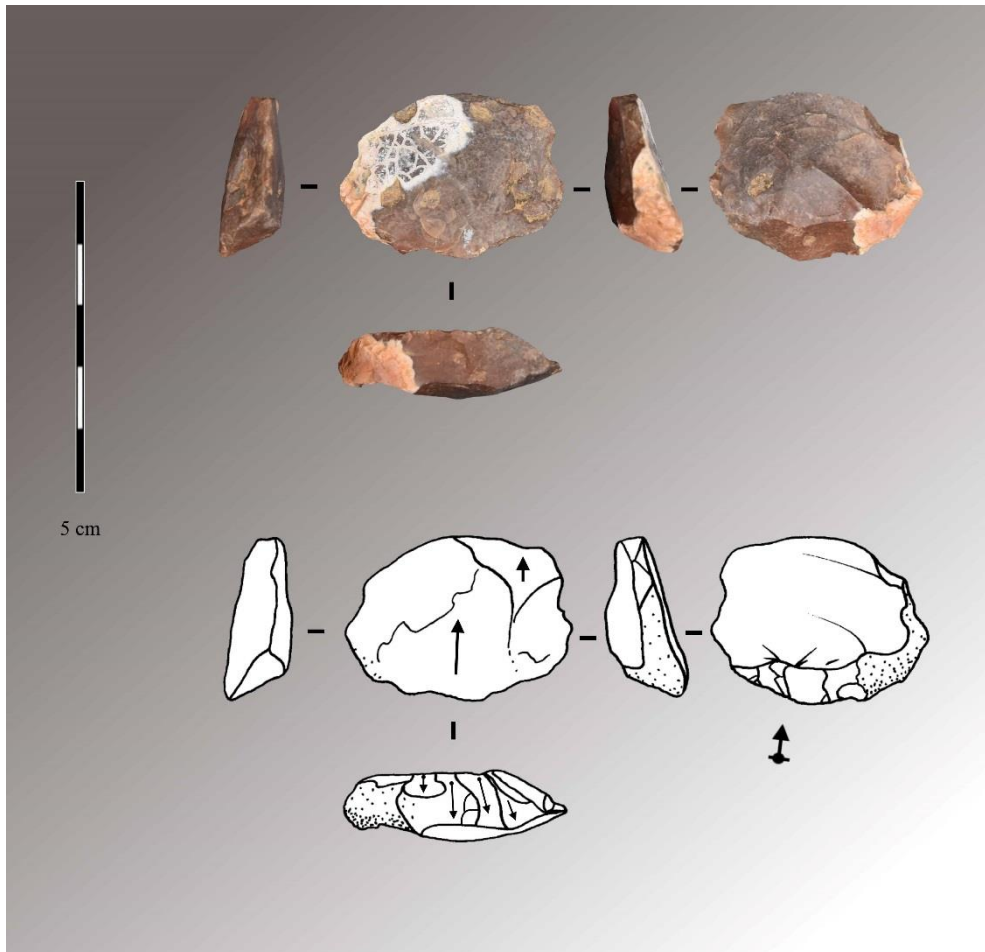


Figure 5 : éclat brûlé, possiblement Levallois.

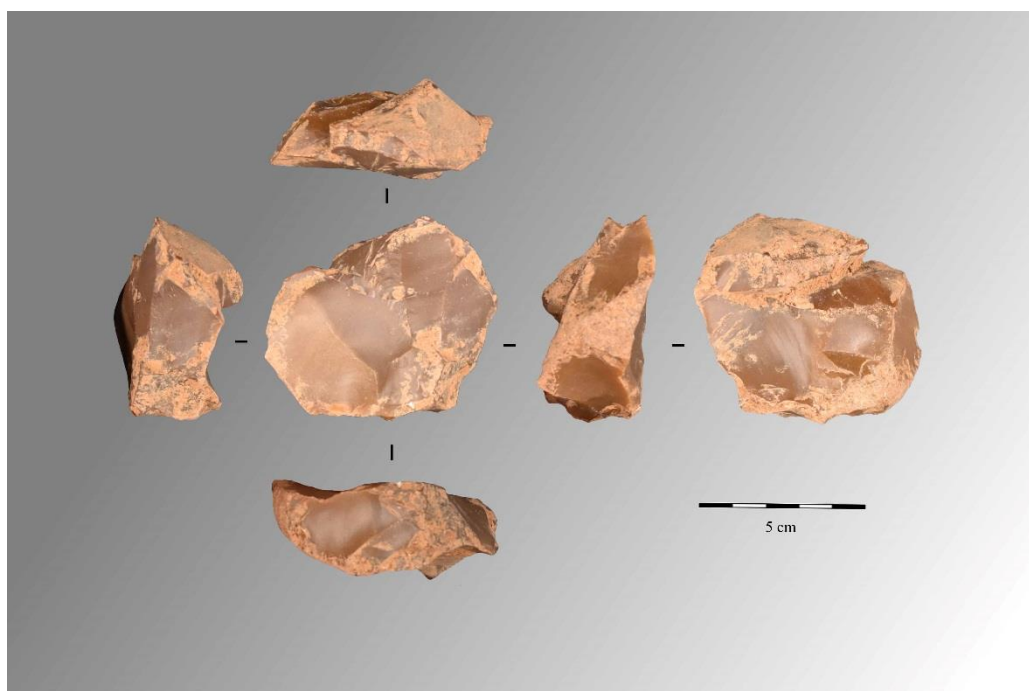


Figure 6 : photographie du nucléus à surfaces hiérarchisées (Levallois cf. Le Grand, 1994 ?)

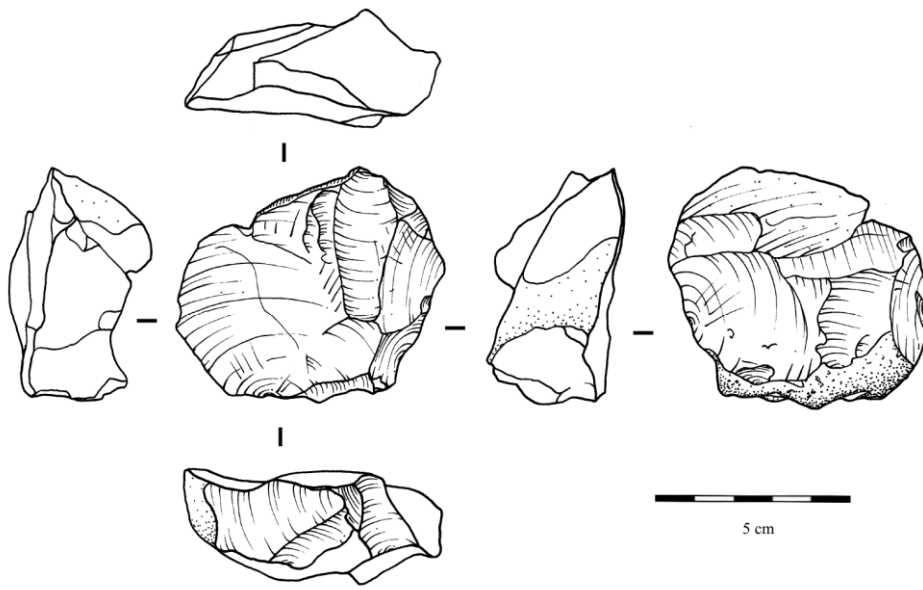


Figure 7 : dessin du nucléus à surfaces hiérarchisées (Levallois cf. Le Grand, 1994 ?)

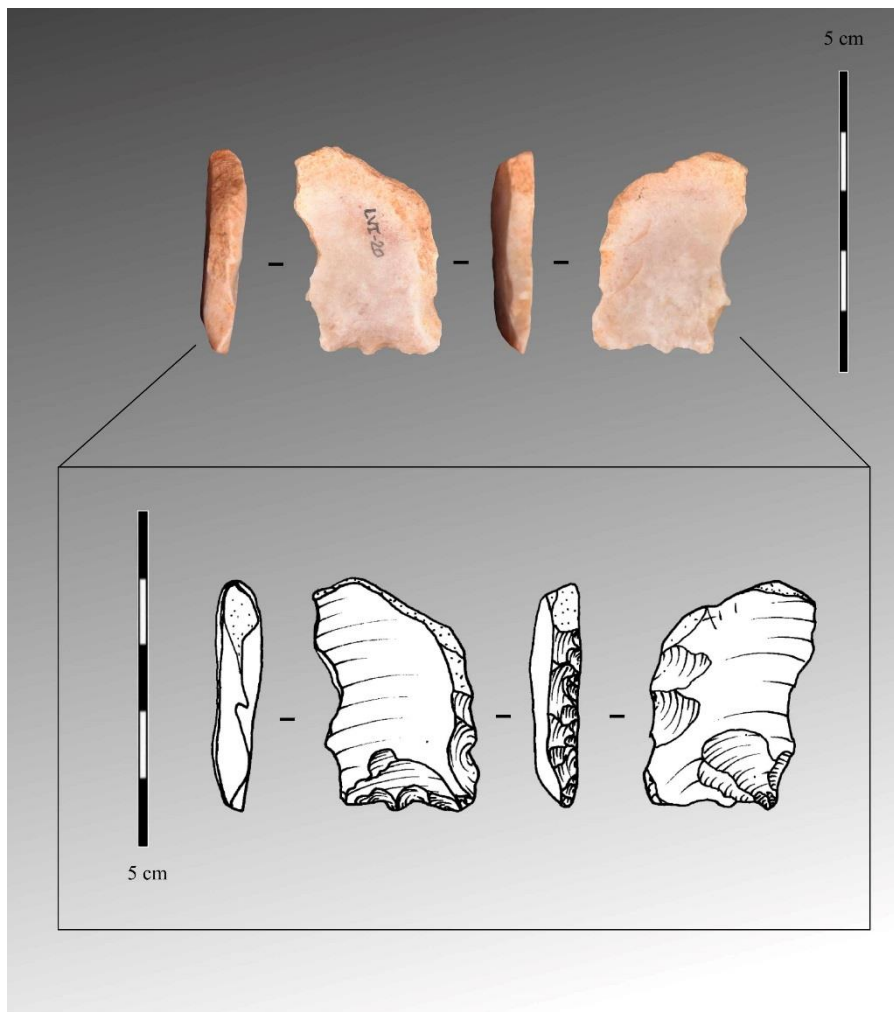


Figure 8 : éclat retouché, typo-bec et bord abattu provenant de la tranchée Marcel de Serres.

Premières observations taphonomiques du matériel lithique

Cyril Viallet Chargé d'étude, Paléotime

Chercheur associé, UMR 7194 – Histoire Naturelle de l'Homme Préhistorique

Le matériel lithique exhumé à proximité d'une riche faune du Pléistocène moyen dans la grotte 1 de Lunel-Viel soulève des problématiques de recherche à développer. Notamment, la faible quantité d'éléments taillés aux côtés de galets bruts plus nombreux dans les zones de fouille à proximité de la doline, questionne sur l'importance de la part anthropique liée à l'accumulation faunique. Par ailleurs, une part de la mise en place des dépôts de Lunel-Viel est liée à la formation d'une doline et quelques prospections sommaires dans les terrasses surplombant la cavité permettent d'identifier du matériel archéologique, même rare, en surface.

Ainsi deux questions se posent par rapport au taux d'anthropisation de l'accumulation paléontologique de Lunel-Viel 1 :

- Le matériel lithique taillé est-il systématiquement contemporain des carcasses ? Ou une part provient-elle des terrasses sus-jacentes par gravité ?
- Les traces de chauffe présentes à la surface du matériel lithique, taillé ou brut, sont-elles forcément corrélables à des feux anthropiques ?

La résolution de ces problématiques nécessite de procéder à une analyse exhaustive des états de surfaces, que ce soit des artefacts ou des galets bruts mis au jour sur le site (Buroni *et al.*, 2002 ; Fernandes, 2002). Cette analyse est par ailleurs un préalable et un complément aux analyses technologiques et tracéologiques avec lesquelles elle s'articule. En raison de la crise sanitaire et de l'impossibilité d'accès aux équipements optiques nécessaires pour l'observation macro, méso et microscopique, cette analyse des états de surfaces sera réalisée à partir du mois de janvier 2021 et portera également sur le matériel des fouilles d'E. Bonifay.

Quelques photographies (réalisées au DinoLite) nous permettent toutefois d'estimer le potentiel d'une telle étude et d'illustrer la diversité des états de surfaces en primo-observation (fig.1) :

- La photographie A illustre un état de surface « frais » d'un silex de la costière du Gard, sans émoussé des arêtes ou des bords, sans traces de choc et sans patine ;
- Les photographies B et C montrent le développement quasi complet d'une patine plane sur les deux faces d'un même éclat de retouche, portant en outre des fractures non anthropiques sur un bord (C) ;
- Les photographies D, E et F présentent différentes marques d'altérations thermiques : rougissement, cupules et desquamations, sur un même éclat ;
- Les photographies G, H et I décrivent un éclat avec une polarité de patine (totale en face inférieure (H) partielle en face supérieure (G)), des arêtes émoussées sur les deux faces ainsi que des écailles non-anthropiques sur un bord en face inférieure (I).

Ces quelques éléments illustrent l'importance de la prise en compte des états de surfaces pour la compréhension des activités anthropiques sur le site et la nécessité d'appliquer cette étude à l'ensemble du matériel.

Références bibliographiques :

Buroni D., Donahue R.E., Pollard M., Mussi M., 2002. The Surface Alteration Features of Flint Artefacts as a Record of Environmental Processes. *Journal of Archaeological Sciences*, 29, p. 1277-1287. <https://doi:10.1006/jasc.2001.0771>

Fernandes P., 2012. *Itinéraires et transformations du silex : une pétroarchéologie refondée, application au Paléolithique moyen*. Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux I, 2 vol.

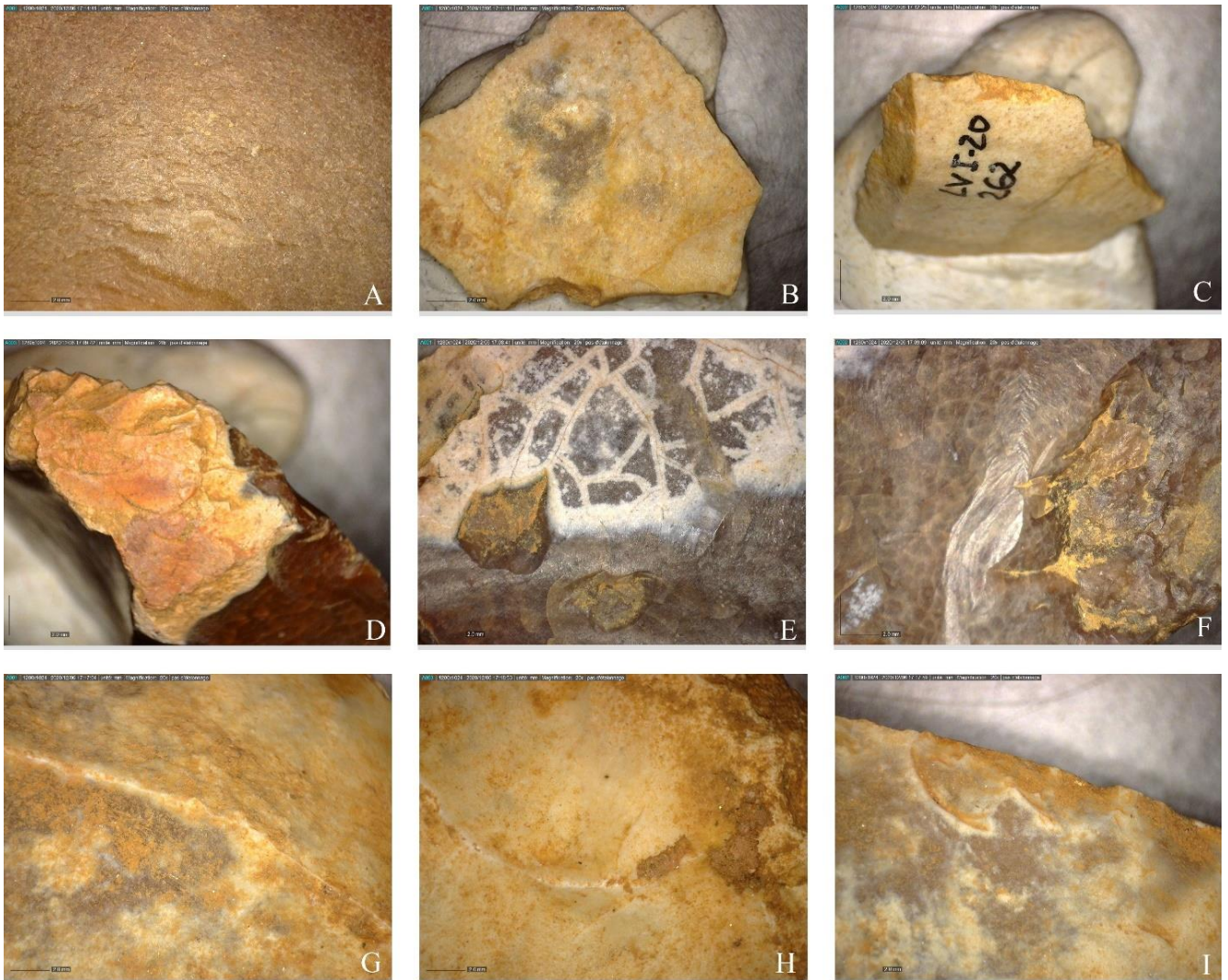


Figure 1 : état de surface du matériel lithique de la campagne 2020 de Lunel-Viel I ; observation au DinoLite. A : état de surface « frais » ; B et C : développement d'une patine blanche ; D, E et F : altérations thermiques ; G et H : éclat présentant une polarité de patine ; I : même éclat, écailles non-anthropiques sur un bord.

FAUNES

Analyse de la base de données issue des fouilles d'E. Bonifay : premiers résultats et perspectives

Carla Giuliani, Jean-Philip Brugal

Le travail réalisé à partir de la base de données issue des fouilles de E. Bonifay (BdD_EB), saisie par R. Panattoni (ex. IR CNRS et participant/acteur des fouilles EB) et récupérée par JPB dans les documents déposés au MNP (Les Eyzies). Cette BdD permet de proposer un état des lieux du matériel EB en effectuant une série de décomptes des différents types de vestiges par couches et par carrés et d'observer certaines tendances dans le remplissage (distribution spatiale). Cette première étape est essentielle afin de pouvoir raccorder au mieux les données de terrain des fouilles actuelles.

Nous avons tout d'abord du reprendre les informations enregistrées (à partir des carnets de fouilles EB) et définir des nouvelles normes d'enregistrement des données. Ce travail, basé sur les objets coordonnés, a été réalisé dans le but de vérifier les informations enregistrées et à terme de quantifier la collection et de réaliser des projections des vestiges selon leur géoréférencement au sein de la cavité. Nous avons suivi ici les dénominations d'EB sur le découpage stratigraphique en 14 couches (mais c.13 et 14 très pauvres en restes). Il devra être enrichi lorsque nous pourrons reprendre l'étude des collections anciennes (en intégrant notamment le non-coordonné), avec des compléments d'observations d'ordre anatomique, taxinomique ou taphonomique.

1. Décompte des vestiges archéologiques

1.1. Identification des problèmes dans la base de données

Les informations de la BdD_EB ont été confrontées à celles renseignées dans les carnets de fouille pour identifier les erreurs de saisies. Un certain nombre de problèmes dans la transcription des carnets de fouilles ont ainsi été mis en évidence. D'abord on constate que tous les numéros présents dans les carnets de fouilles ne sont pas présents dans la base de données. Un travail de reprise des carnets pour ajouter les enregistrements manquants est donc envisagé.

Un total de 7898 vestiges (lithique, coprolithes, faune, divers) est documenté dans la base de données, répartis selon les couches et les catégories dans le tableau 1. La numérotation de ces vestiges n'est pas continue et couvre les n° 301 à 23191 (ceci serait réel, 'normal' d'après R. Panattoni, comm. or.). Dans son travail de thèse, Y. Le Grand (1994) indique un total de 14393 vestiges coordonnés. Si on se fie à ces décomptes (réalisés à partir des carnets de fouilles pour les ossements et la catégorie « divers », et à partir de ses déterminations pour les artefacts lithiques ; Le Grand, 1994), il manquerait alors 6 495 enregistrements dans la base de données. Il est donc impératif de reprendre l'étude de la collection des fouilles EB pour mettre à jour cette base de données et contrôler/compléter les informations qui y figurent déjà.

Une mission dédiée à la reprise des anciennes collections devait se dérouler au Musée National de Préhistoire des Eyzies-de-Tayac en novembre 2020 mais a été reportée en raison de la situation sanitaire.

1.2. Les différents types de vestiges et leur représentation dans le remplissage

Malgré l'absence d'un nombre important d'enregistrements dans la base de données, les différents types de vestiges ont été identifiés et comptés (Tableau 1). Plusieurs types de vestiges ont été définis, à savoir : les artefacts lithiques (éclats, outils, nucléus...), la faune (ossements déterminés, esquilles...), les coprolithes, et les objets « divers » (moulages de branchages, galets, débris, charbon...). Les restes fauniques sont les vestiges les plus représentés au sein de la séquence stratigraphique, avec 3339 ossements déterminables et 2493 esquilles osseuses (soit près de 74%). La catégorie « divers » est artificiellement bien représentée car l'essentiel des vestiges appartenant à cette catégorie est contenu

dans la couche 9, soit la couche qui présentait ce qui a été interprété comme des structures d'habitat intentionnelles. Ces structures consistaient, entre autres, en des négatifs de branchages au sol qui ont été moulés (i.e., lors des fouilles EB, dès l'apparition de 'trous', une injection d'un élastomère était effectué). Ces moulages ont été enregistrés dans la BdD, et nous les avons placés dans une catégorie « divers ». On constate également la présence de 654 coprolithes (8.3%) et de 556 artefacts lithiques (7%) dans le remplissage. Enfin, d'après ces données, la couche 10 serait uniquement composée de coprolithes (!). Cependant, plusieurs auteurs signalent la présence de vestiges fauniques et d'industries lithiques dans cette couche (Le Grand, 1994 : fig. 4, p.21 ; Fosse, 1994 : fig. 4.7, p.136), ce qui confirme les problèmes d'enregistrements déjà identifiés.

Couche	Divers*	Coprolithes	Esquilles	Os det.	Lithique	Total
1	29		14	37	97	177
2	16	1	33	108	55	213
3	31	8	36	282	86	443
4	27	42	115	492	58	734
5	81	104	217	553	105	1060
6	47	87	314	575	45	1068
7	58	80	469	512	34	1153
8	2	3	20	61	2	88
9	530	135	1120	425	41	2251
10		100				100
11	30	73	143	215	25	486
12	5	16	11	60	7	99
Autres**		5	1	19	1	1
Total	856	654	2493	3339	556	7898

Tableau 1 : Décompte des différents types d'objets par couches. *La catégorie "divers" concerne les enregistrements suivants : charbons, graines, moulages de branchages, géofacts (galets non taillés). ** Les autres couches correspondent aux couches 0 (remplissage fissures parois), 13 et 14 qui contiennent très peu de vestiges et n'ont été fouillées que partiellement.

1.3. Relations entre artefacts lithiques et restes fauniques

Comme nous l'avons vu, les vestiges fauniques sont les éléments les plus rencontrés dans le remplissage de la grotte 1 du Mas des Caves. La reprise des fouilles de Lunel-Viel est notamment motivée par la nécessité d'évaluer l'action de l'Homme dans cette cavité, et d'évaluer son rôle dans l'accumulation ou modification des assemblages osseux. La présence d'industrie lithique est indiscutable mais son lien avec les ossements n'est pas encore très clair (mais voir rapport 2019 : M. Igreja). En observant les proportions d'ossements et d'artefacts lithiques suivant les différentes couches (Figure 1), il est possible de remarquer certaines tendances. Les industries lithiques sont plus nombreuses que les vestiges fauniques au sommet du remplissage, en particulier dans la couche 1. Cependant, Y. Le Grand signale que ces résultats sont probablement biaisés car lors de la première période de la fouille « *seuls les ossements déterminables et les artefacts lithiques furent relevés* » (Le Grand, 1994 : p.21) ; l'objectif était alors essentiellement stratigraphique et archéo-paléontologique. On observe cependant une réduction du nombre de lithique lorsque l'on atteint les couches inférieures. A l'inverse, le nombre de vestiges fauniques semble augmenter de la couche 1 à 9. On aurait donc une inversion de proportion de ces deux types de vestiges : plus il y a des industries lithiques moins il y a de vestiges fauniques, et vice versa.

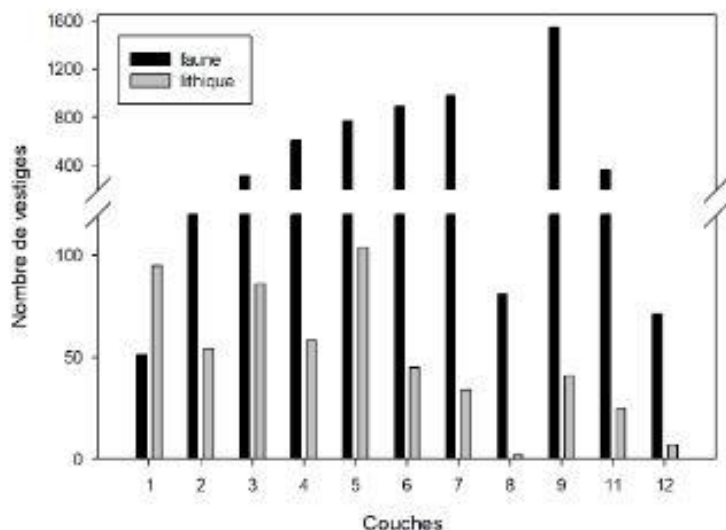


Figure 1 : Nombre de vestiges fauniques et d'industries lithiques par couches.

2. Répartition des vestiges dans le remplissage

[Nota : sectorisation de la cavité : voir début de rapport/campagne 2020, et rapport 2019]

2.1. Par couches

Des différences de densité de vestiges sont observés suivant les couches (Figure 2a). La couche 9 avait déjà été identifiée comme étant la couche la plus riche du remplissage, ce qui semble confirmé lorsqu'on observe le nombre de vestiges qu'elle contient. Cependant, toutes les unités stratigraphiques n'ont pas été fouillées sur la même surface et cela peut artificiellement influencer les densités par couches (Figure 2b). Le test de corrélation de Spearman indique une forte corrélation positive ($p_value = 4,6 \times 10^{-5}$; $\rho = 0,907$) entre la surface fouillée (en m^2) et le nombre de vestiges (Figure 2b). La répartition des vestiges au sein du remplissage est donc en relation directe avec la surface fouillée. Toutefois, ce seul paramètre n'explique pas entièrement les différences de densité, et la couche 9 sort en particulier du lot avec plus de 2000 vestiges enregistrés.

Lorsqu'on observe la répartition de toutes les catégories de vestiges, toutes couches confondues (1 à 14), on remarque que le secteur 3-Ouest enregistre les plus fortes densités (Figure 3a). Ce secteur a été fouillé jusqu'à la couche 9 (Figure 3b) ; cette dernière est la plus riche et pourrait expliquer les plus fortes densités sur ce secteur. En effet, nous verrons plus loin que la totalité des enregistrements dans la Bdd_EB pour la couche 9 sont localisés dans ce secteur (Figures 4 et 5). On note également l'absence de données pour la majorité des carrés dans les secteurs 3 et 4 Est, cependant ces zones ont été fouillées jusqu'aux couches 13/14 et nous devrions donc disposer d'enregistrements pour ces secteurs. Cela met de nouveau en évidence certaines lacunes dans cette base de données : il sera donc nécessaire de reprendre la transcription des carnets de fouilles pour ajouter les enregistrements manquants.

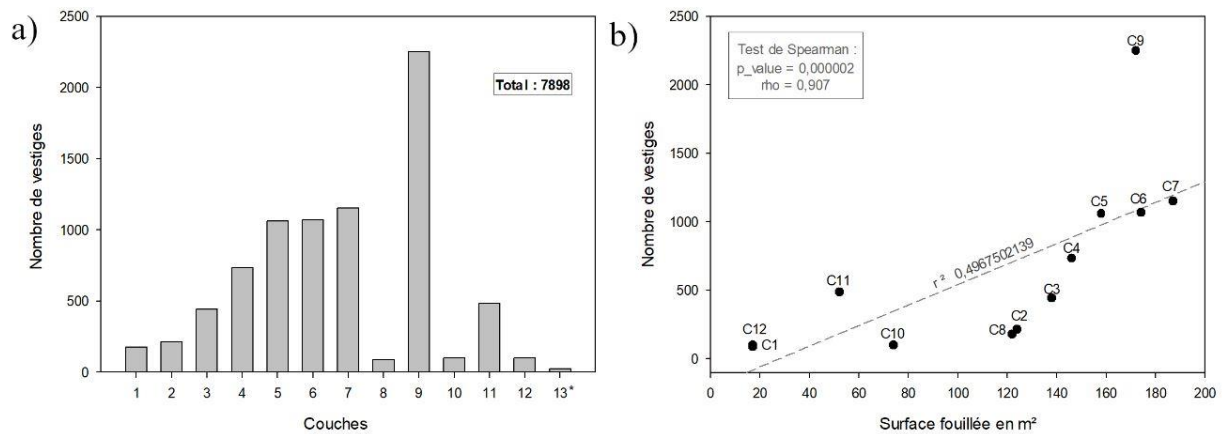


Figure 2 : a) Nombre de vestiges par couches, *couche 13-14 ; b) Nombre de vestiges par couche par rapport à la surface fouillée et résultats du test de corrélation de Spearman

2.2. Par carrés et par types d'objets

2.2.1. La faune

2.2.1.1. Les ossements et esquilles

La répartition des restes fauniques (esquilles osseuses et ossements déterminés) n'est pas identique selon les couches (Figure 4). On peut remarquer que, jusqu'à la couche 6, ces restes sont essentiellement concentré dans la bande Ouest. Au contraire dans la couche 7, ces derniers se situent essentiellement dans la partie Est de la grotte. Enfin, comme mentionné précédemment, les vestiges fauniques de la couche 9 sont exclusivement localisés dans les secteurs 3 et 4 Ouest. Dans les couches 11 et 12, les restes sont localisés dans le secteur 4-Est car c'est le seul secteur dans lequel ces couches ont été atteintes (Figure 3b).

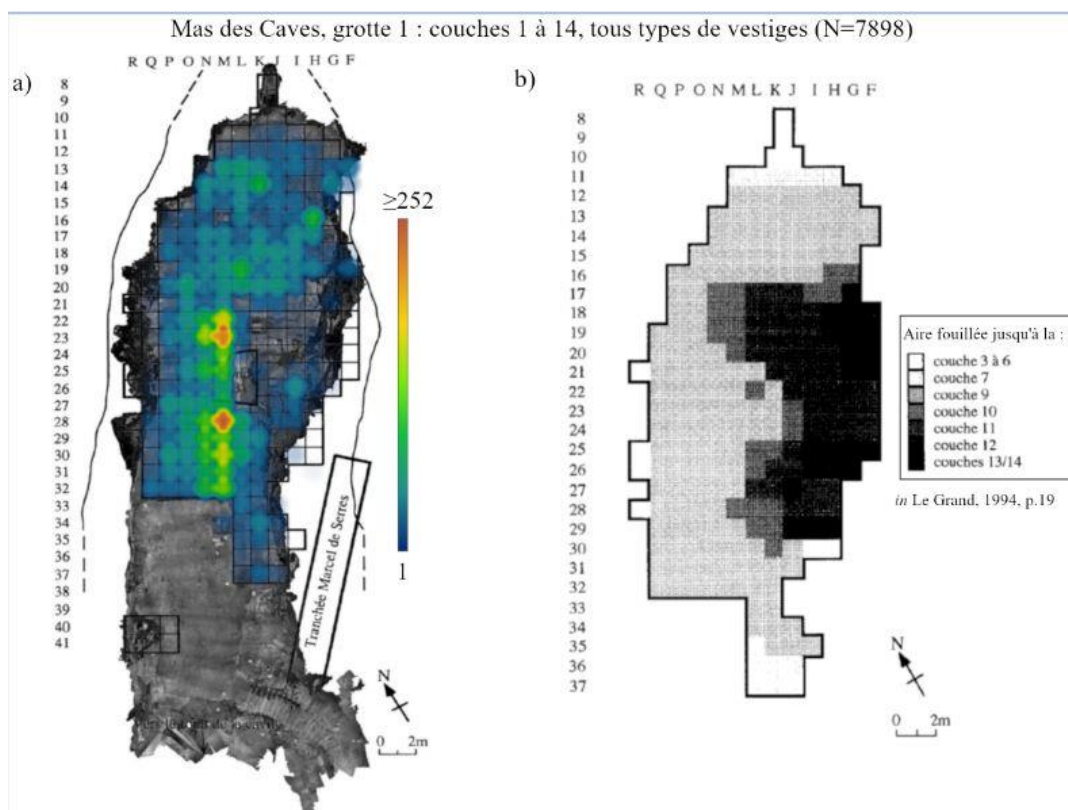


Figure 3 : a) Carte de répartition des vestiges toutes couches confondues ; b) Couches atteintes suivant la zone, d'après Le Grand, 1994, p.19

2.2.1.2. Les coprolithes

Lorsqu'on s'intéresse à la répartition des coprolithes dans le remplissage de la grotte, toutes couches confondues (Figure 5a), on observe une forte concentration dans le secteur 4-Est. Le secteur 3-Ouest enregistre également une densité notable par rapport au reste de la cavité. Pour affiner ces observations, il convient d'envisager le détail de la répartition selon les différentes couches. Seules les couches contenant plus de 100 coprolithes ont été prises en considération, soit les couches 5, 9 et 10. Dans la couche 5 (Figure 5b), les coprolithes sont majoritairement répartis sur la bande Ouest alors qu'ils sont quasi exclusivement localisés au niveau de la bande Est dans la couche 9 (Figure 5c). Dans la couche 10 (Figure 5d), qui ne contiendrait que des coprolithes selon la base de données (ce qui ne correspond pas aux données présentes dans la littérature car P. Fosse et Y. Le Grand indiquent des remontages lithiques et fauniques dans cette couche), ces derniers sont en majorité concentrés dans le secteur 4-Est, avec également une concentration plus faible au niveau du secteur 3-Est. La distribution des coprolithes ne semble donc pas être la même tout au long du remplissage.

2.2.2. Le lithique

L'industrie lithique (hors débris) paraît essentiellement localisée dans les secteurs 4 et 5 Ouest (Figure 6). Cette remarque est valable pour un ensemble dit supérieur (couches 1 à 5), puis leur quantité diminue (cf. supra) en étant très dispersée dans la grotte. Comme pour les vestiges fauniques, les outils et produits de la taille se trouvent exclusivement dans les secteurs 3 et 4 Ouest. Il sera, ici encore, nécessaire de reprendre l'étude des artefacts issus des fouilles anciennes et de vérifier que tous les enregistrements figurant dans la base de données (étude en cours par C. Mathias).

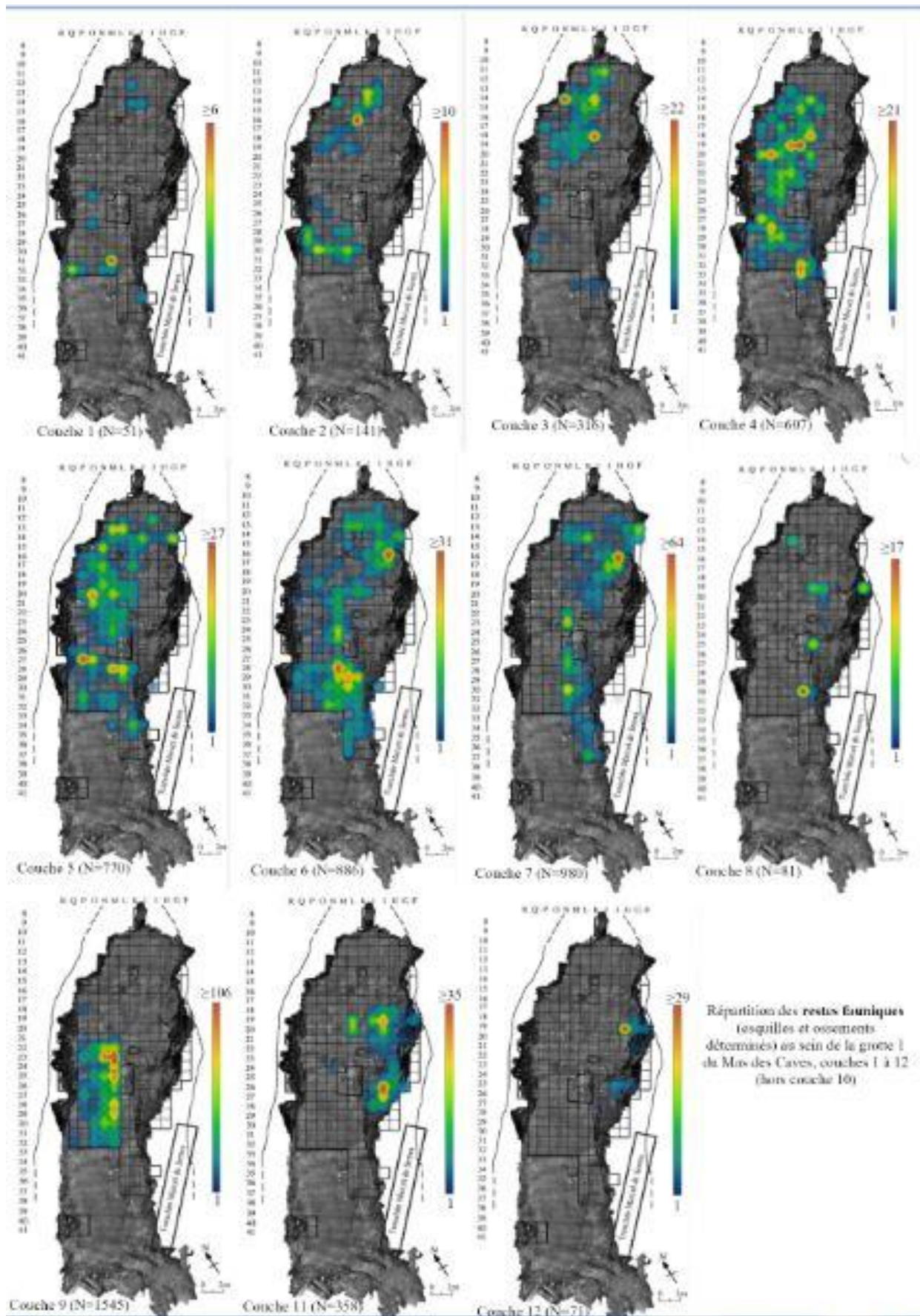


Figure 4 : Carte de répartition des restes fauniques (esquilles et ossements déterminés) de la couche 1 à 12 (hors couche 10)

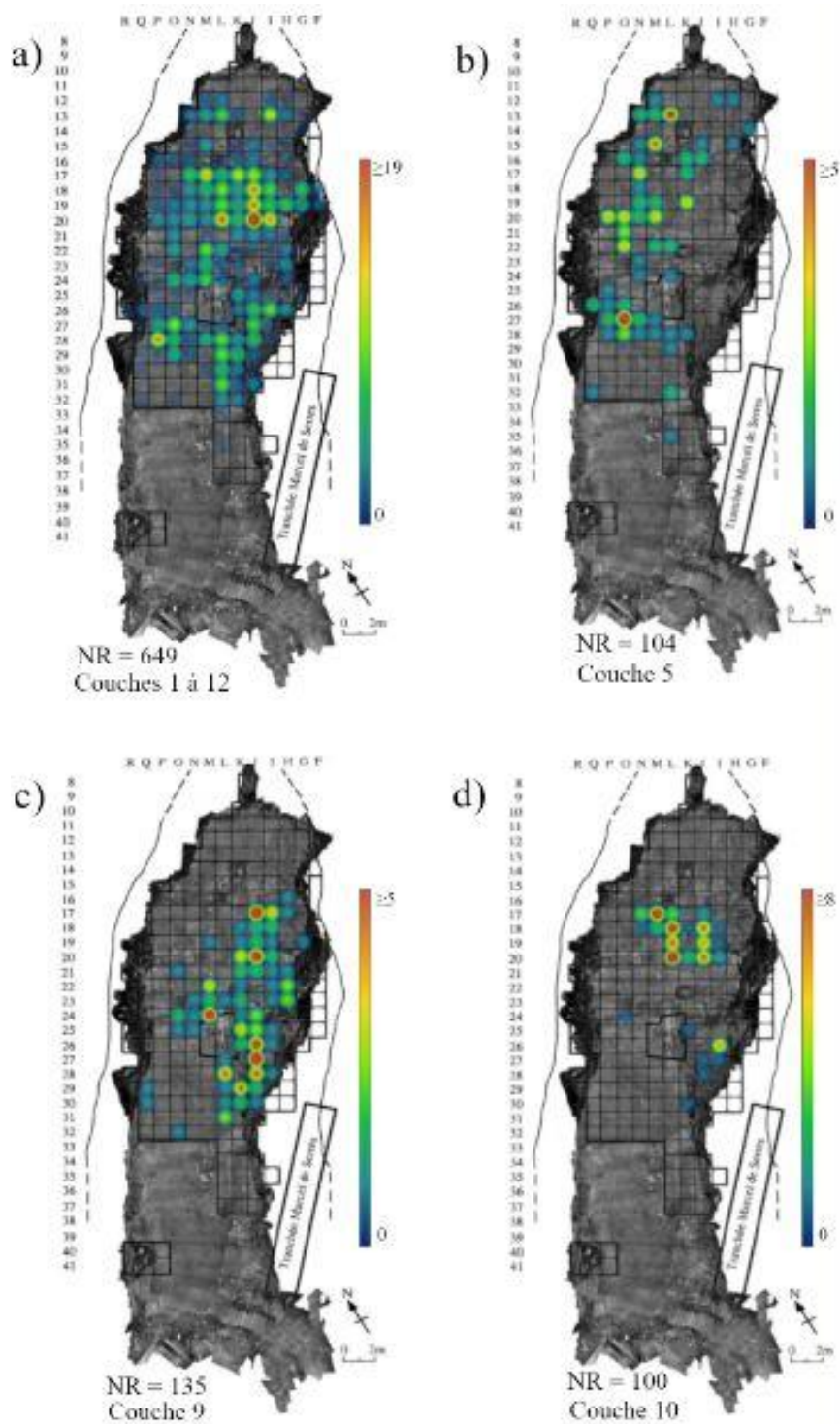


Figure 5 : Carte de répartition des coprolithes ; a) toutes couches confondues, b) couche 5, c) couche 9 et d) couche 10.

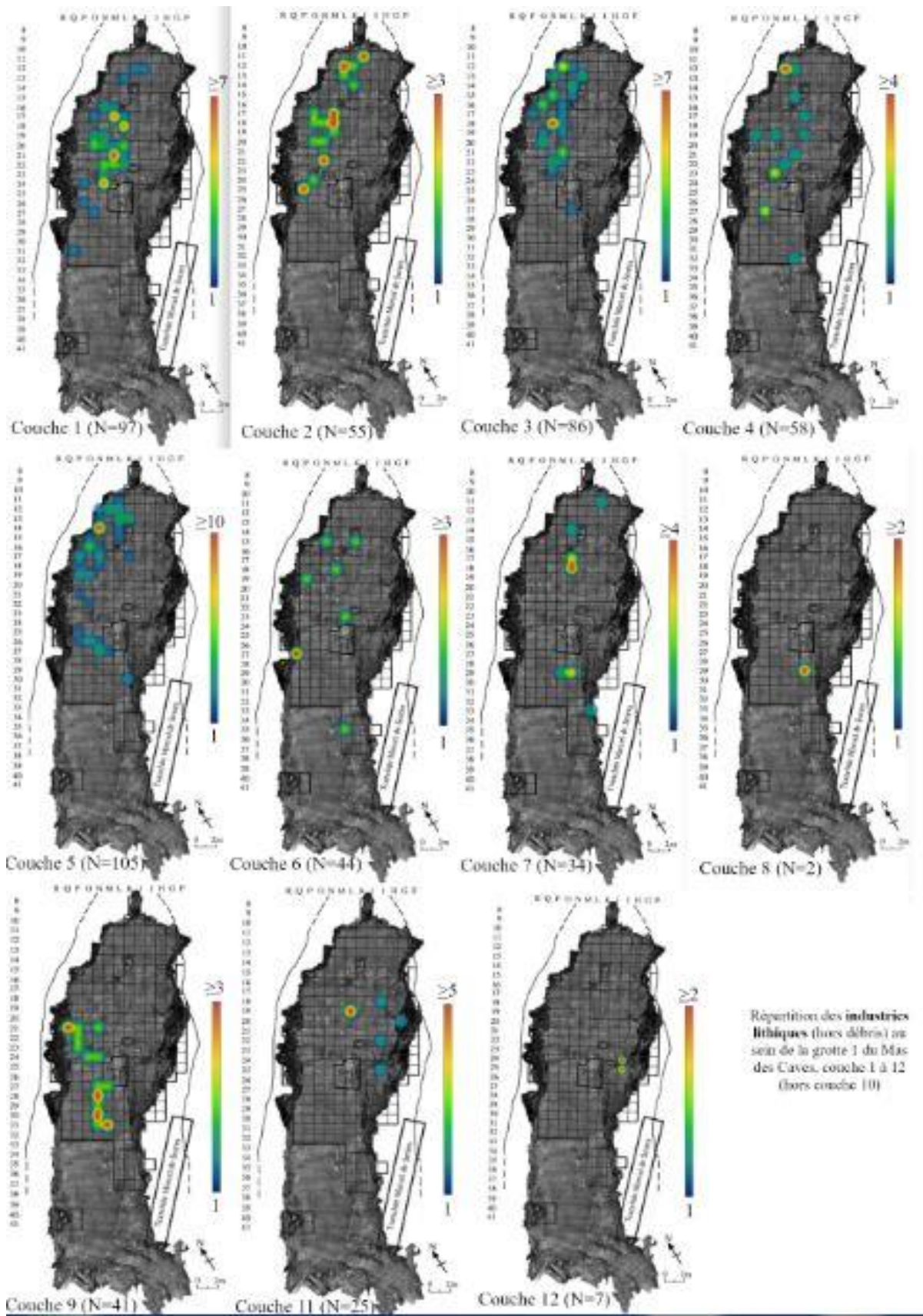


Figure 6 : Carte de répartition des industries lithiques (hors débris) de la couche 1 à 12 (hors couche 10)

3. La faune

3.1. Par taxons

Les déterminations taxinomiques figuraient *a minima* dans la BdD-EB et elles ont été traitées telles quelles. Un travail d'analyse du matériel faunique issu des fouilles anciennes sera réalisé dans le but de confirmer ou d'infirmer ces identifications anatomiques et taxinomiques. D'après les données dont nous disposons, les Cervidés dominent largement l'assemblage osseux avec 951 restes, suivis par les Reptiles (essentiellement de la tortue) et les Bovinés. Les restes de Hyénidés sont également très nombreux, avec 377 restes. Il est signalé deux restes dentaires de Pinnipèdes (respectivement M17c.3#3280 et Q20c.9#4309) dans cet inventaire, mais après demande au MNP, ce matériel ne semble pas exister ! (une 'recherche' s'impose dans la collection...).

Les couches livrant le plus de restes osseux/dentaires concernent les couches 9 et 7, ensembles fauniques également largement dominés par les Cervidés et les Bovinés chez les herbivores et les Hyénidés chez les carnivores.

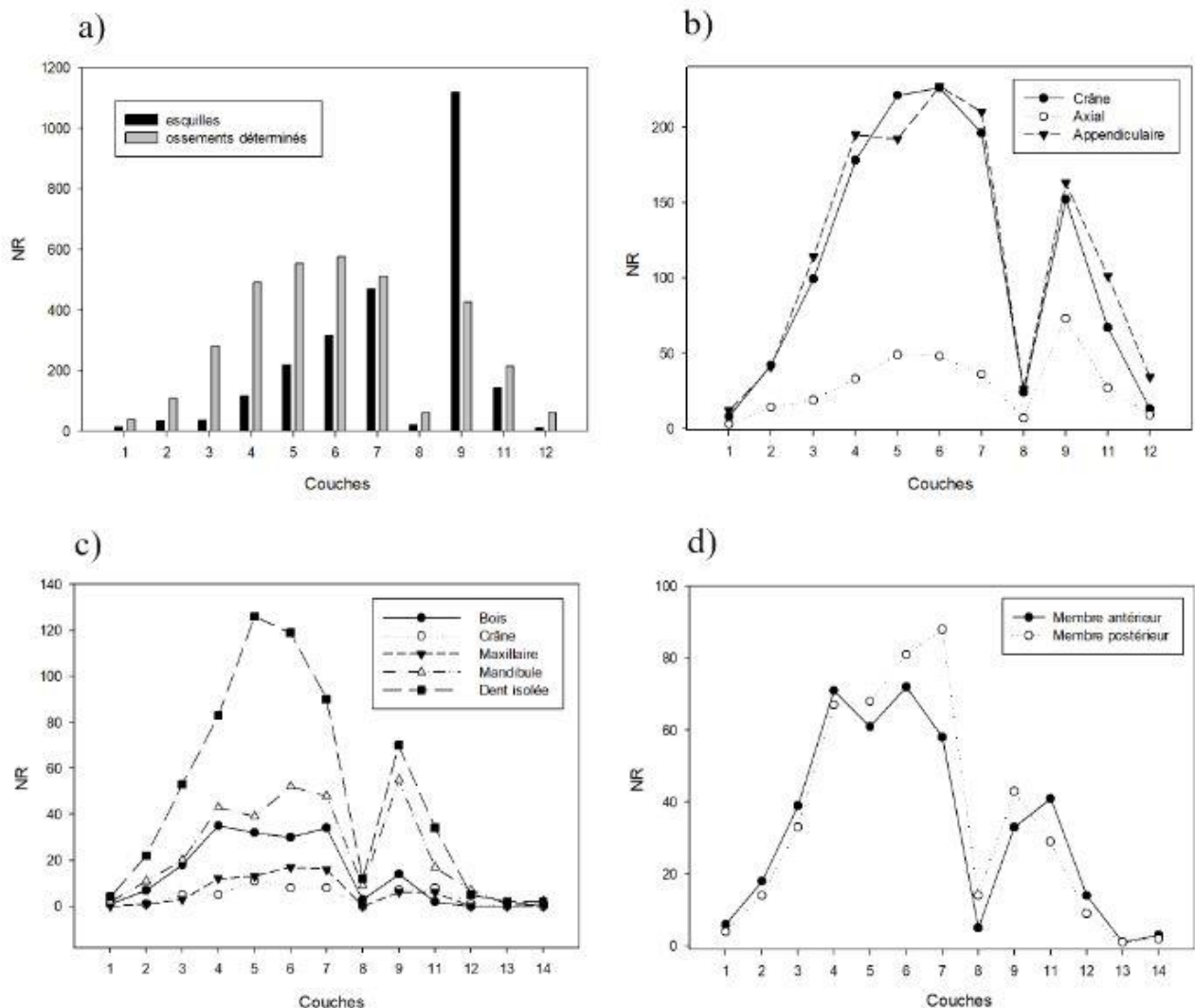


Figure 7 : a) Nombre d'esquilles et d'ossements déterminés par couches ; b) Représentations squelettiques par couches ; c) Représentation du matériel crânien par couches ; d) Représentation du membre antérieur et postérieur par couches.

3.2. Représentations squelettiques (tabl. 2)

On remarque que bien que la couche 9 soit la plus riche en vestiges fauniques, ces éléments consistent essentiellement dans des esquilles ou par du matériel non déterminable anatomiquement et/ou taxinomiquement (Figure 7a). Il semble que la proportion d'esquilles augmente de la couche 1 à la couche 9. Cependant, comme mentionné précédemment, Y. Le Grand (1994) signale que lors des premiers temps de la fouille, les esquilles n'étaient pas récupérées, ce qui peut expliquer la sous-représentation artificielle de ces dernières dans les couches supérieures du remplissage.

Les parties anatomiques les mieux représentés quelle que soit la couche archéologique sont les éléments crâniens (crânes, bois, mandibules, maxillaires et dents isolées) et les éléments du squelette appendiculaire (membre antérieur et postérieur) (Figure 7b). La sous-représentation du squelette axial (vertèbres et côtes) semble constante tout au long de la séquence, bien que ces éléments soient un peu plus nombreux dans la couche 9. Concernant le matériel céphalique (Figure 7c), les éléments que l'on rencontre le plus fréquemment sont les dents isolées. Les mandibules et bois de Cervidés sont également bien représentés, quelle que soit la couche archéologique, à l'exception de la couche 9 dans laquelle les bois de cervidés sont moins fréquents. Les maxillaires et les crânes sont moins représentés que les mandibules dans la séquence. Concernant le squelette appendiculaire (Figure 7c), on observe que les os des membres antérieur et postérieur sont également présents de la couche 1 à 4, puis les ossements du membre postérieur deviennent mieux représentés de la couche 5 à 9. Ce rapport s'inverse dans la couche 11. Il n'est pas possible à ce stade de l'analyse d'interpréter ces représentations squelettiques.

		Couches														Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Herbivores	Cervidés	5	29	81	132	140	160	180	25	101		68	18	2	10	951
	Bovidés	3	12	29	67	67	82	67	6	48		11				392
	Equidés	2	9	27	59	54	47	39	2	17		22	1			279
	Rhinocerotidés	1	2	3	7	2	2	1	1			3				22
	Suidés		2	1	3	6	1	2	1			1	2			19
	Indéterminés					3						1				4
Carnivores	Canidés		3	18	12	8	29	17	1	24		12	3			125
	Félidés		1	2	2		11	10	2	4		1	3	1	2	39
	Mustélidés	1		3	4		2								2	12
	Hyénidés	5	13	33	47	81	70	37	8	60		19	4			377
	Ursidés					1										1
	Pinnipèdes			1						1						2
	Indéterminés	3	3	7	7	13	8	7	1	3		8	1	2		63
Autres	Oiseaux			1	3	2	6	4		2		1				19
	Rongeurs						2			4		1				7
	Reptiles	13	11	49	81	90	60	62	2	28		14	4			414
	Insectivores		1	3	2	3	8	1		1			1			20
	Lagomorphes					2	1	2		5						10
	Coprolithes	1	1	8	42	105	87	79	3	135	103	73	16	3	1	657
Esquilles/indéterminés	18	55	60	181	289	401	552	32	1246		197	34		1	3066	
Total	52	142	326	649	866	977	1060	84	1679	103	432	87	8	16	6481	

Tableau 2 : Décompte des vestiges fauniques par couches

Remarques conclusives

Il nous semblait absolument nécessaire d'établir un état des lieux concernant le matériel issu des fouilles d'E. Bonifay, notamment pour relier nos propres données récentes de terrain aux anciennes, en terme de stratigraphie mais aussi de représentation et densité (voir le & concernant cette articulation pour la fouille 2020 de la Bande P, ce rapport). Cela représente un point essentiel qui peut nous aider et orienter à l'avenir nos travaux de terrain.

A ce stade, il n'est pas possible d'interpréter les observations faites sur la BDD_EB, si ce n'est la forte nécessité de compléter ces données par un retour sur les collections. Ces observations sont donc préliminaires et il est important de vérifier les déterminations anatomiques et taxinomiques, de compléter la BDD mais aussi de documenter les facteurs taphonomiques (type de fractures, âge, marques, etc.) ; ce travail sera donc précisé ultérieurement*. Il est toutefois possible d'observer certaines tendances et, bien que nous soyons conscients qu'il manque une grande partie du matériel, cela apparaît statistiquement informatif. La spatialisation des données constitue un objectif déterminant dans les analyses et études future sur ce remplissage archéo-paléontologique.

* Une mission au Musée National de Préhistoire des Eyzies-de-Tayac est d'ores et déjà programmée en Janvier 2021.

Bibliographie

FOSSE P., 1994, *Taphonomie paléolithique : les grands mammifères de Soleilhac (Haute-Loire) et de Lunel-Viel 1 (Hérault)*, Université Aix-Marseille, Thèse de doctorat, 257 p.

LE GRAND Y., 1994, *Approche méthodologique et technologique d'un site d'habitat du Pléistocène moyen : la grotte n° 1 du Mas des Caves (Lunel-Viel, Hérault)*, Aix-en-Provence, Université Aix-Marseille, Thèse de doctorat, 2 vol., 269 p.

Légendes Figures

Figure 1 : Nombre de vestiges fauniques et d'industries lithiques par couches.

Figure 2 : a) Nombre de vestiges par couches, *couche 13-14 ; b) Nombre de vestiges par couche par rapport à la surface fouillée et résultats du test de corrélation de Spearman.

Figure 3 : a) Carte de répartition des vestiges toutes couches confondues ; b) Couches atteintes suivant la zone, d'après Le Grand, 1994, p.19.

Figure 4 : Carte de répartition des restes fauniques (esquilles et ossements déterminés) de la couche 1 à 12 (hors couche 10)

Figure 5 : Carte de répartition des coprolithes ; a) toutes couches confondues, b) couche 5, c) couche 9 et d) couche 10.

Figure 6 : Carte de répartition des industries lithiques (hors débris) de la couche 1 à 12 (hors couche 10)

Figure 7 : a) Nombre d'esquilles et d'ossements déterminés par couches ; b) Représentations squelettiques par couches ; c) Représentation du matériel crânien par couches ; d) Représentation du membre antérieur et postérieur par couches.

Les Carnivores de la grotte Lunel-Viel I (campagne 2020) : données paléontologiques et taphonomiques

Philippe Fosse, Jean-Baptiste Fourvel

CNRS, AMU, MCC, UMR7269 LAMPEA, MMSH, Aix-en-Provence, France

La campagne de terrain dans la grotte de Lunel-Viel en septembre 2020 a livré un important matériel paléontologique parmi lequel ont été identifiés des restes dentaires et post-céphaliques de Carnivores (Hyénidés, Félidés, Canidés). D'un point de vue taphonomique, les premières observations des surfaces osseuses après nettoyage révèlent l'omniprésence de l'action des hyènes tachetées fossiles sur les restes déterminables ou fragmentés, par consommation (rongements, mâchonnements, perforations) et ingestion (régurgitation, digestion, coprolithes).

Matériel

Parmi les restes identifiés de Carnivores (2019+2020), figurent une mandibule gauche de loup (carré R20-A13) portant p3-m2, un maxillaire droit avec D3 (SIV Ext banquette) et une m1 droite (G15-590) d'hyène tachetée, une mandibule gauche concrétionnée d'hyène rayée (S21-A23), un maxillaire droit portant I3, C, P3-M1 (G13-565), une canine supérieure (F12-44), une ulna presque complète (R21-566) de lynx des cavernes ainsi qu'une canine inférieure droite de léopard (F12-43). Ces pièces sont illustrées dans la Figure 1. Les données ci-après portent sur une présentation sommaire de ces échantillons, intégrés dans un corpus ostéométrique pour les autres éléments similaires recueillis dans la grotte lors des fouilles antérieures (principalement fouilles E. et M.F. Bonifay, collections au Musée National de Préhistoire, Les Eyzies ; fouilles M. de Serres *in* Bonifay, 1971 ; Fosse & Fourvel, obs. pers.) ou pour d'autres gisements de France et/ou d'Europe.

La reprise de fouilles à LVI a d'ores et déjà livré de belles pièces paléontologiques (rangées dentaires sub-complètes, dents complètes, os longs complets, os des articulations (carpiens, tarsiens), phalanges ...). La préservation remarquable du matériel osseux d'un point de vue paléontologique (Carnivores et Herbivores, coprolithes) et anatomique (surfaces osseuses) constitue l'une des caractéristiques de ce gisement.

Globalement, les découvertes de 2020 confirment la représentativité des espèces au sein du cortège faunique connu (hyène tachetée, loup) mais apporte d'intéressants échantillons, plutôt rares dans les collections disponibles/étudiées (fouilles de Serres et Bonifay cumulées), en particulier pour l'hyène rayée, le lynx pardelle fossile ou le léopard.

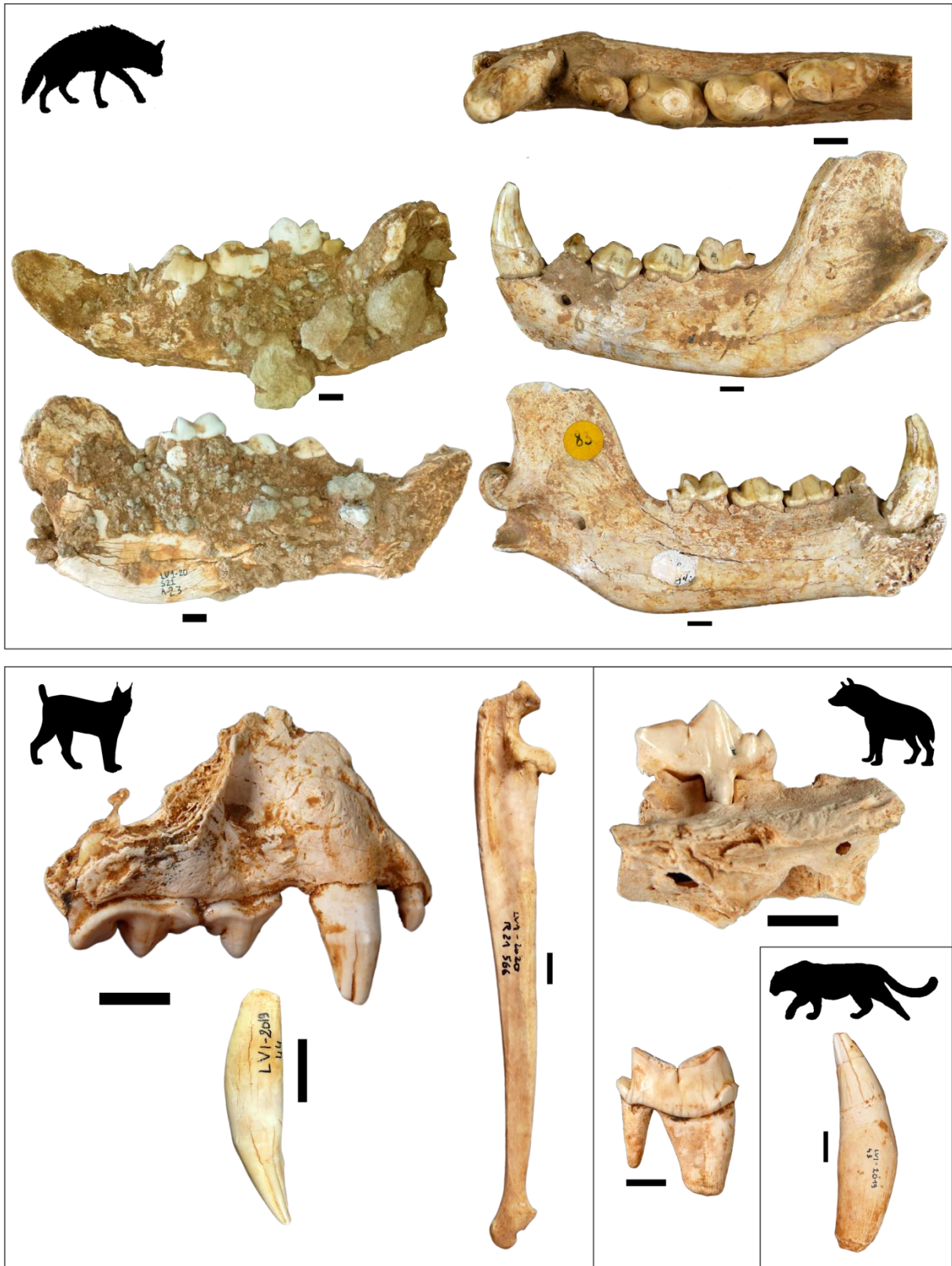


Figure 1 – Principaux restes dentaires et post-céphaliques de grands Carnivores recueillis en 2020 ou 2019 (sauf holotype *H. prisca*) dans la grotte de Lunel-Viel 1. Echelle (barre noire) = 1cm ; toutes photos Ph. Fosse sauf mandibule *H. prisca* LV1-20 S21-A23 : J.Ph. Brugal.

Canis lupus

Une mandibule gauche sub-complète de loup a été recueillie dans le carré R20. La branche montante est préservée. Les mesures prises sur la p4 (13,8 x 7,3mm) et la m1 (24,6 x 10,4mm) sont proches des autres échantillons de Lunel-Viel (Bonifay, 1971 ; Boudadi-Maligne, 2010 et références/comparaisons dans ces travaux...) et traduisent un loup d'assez petite taille (Figure 2), typiques des phases interstadiaires, attribué à *C. lupus lunellensis*, sous-espèce décrite pour la première fois à Lunel-Viel.

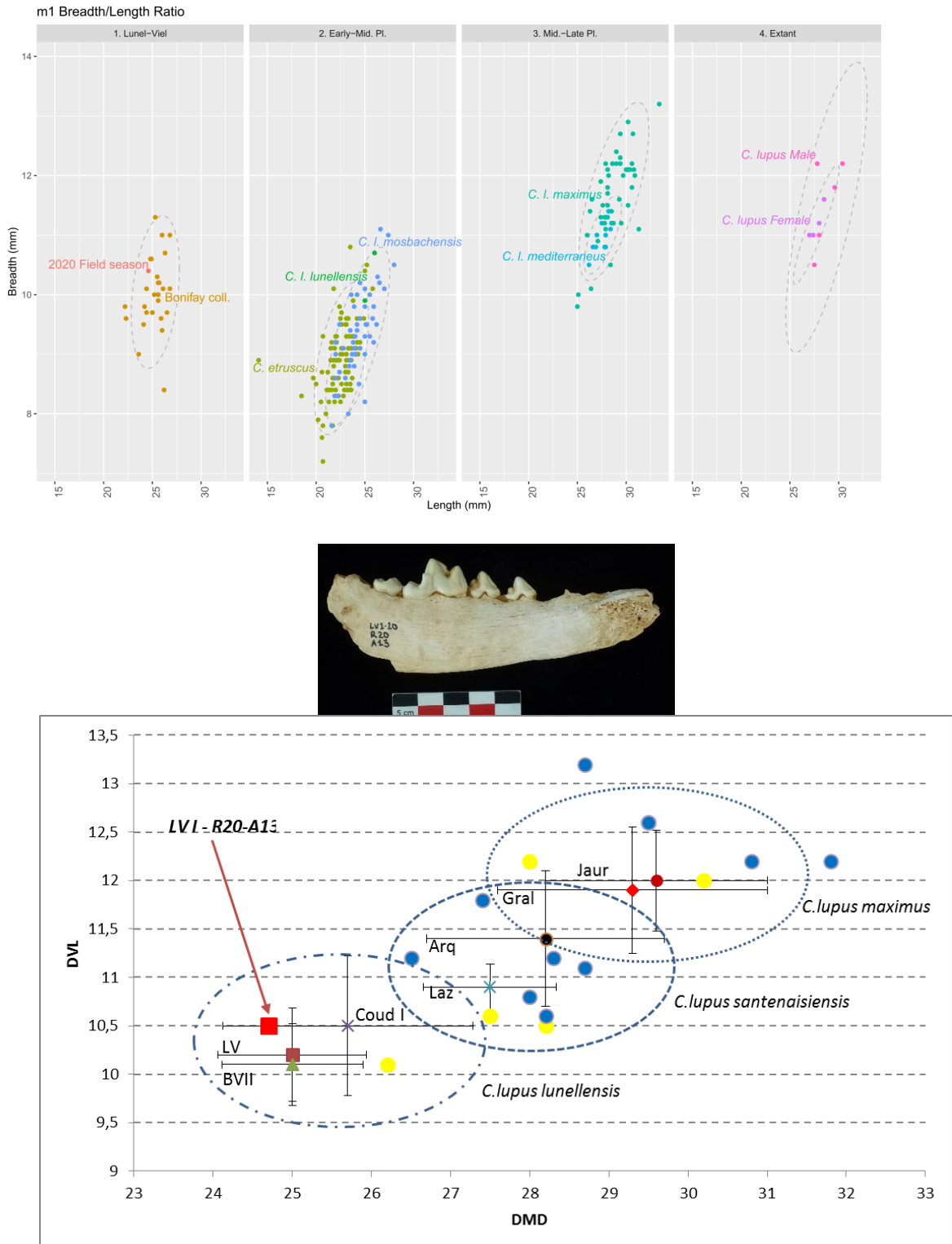


Figure 2 – Carnassières inférieures (m1) de loup de Lunel-Viel ; comparaisons avec d'autres chrono-populations d'Europe

Lynx pardinus spelaeus

Les restes de lynx recueillis sont, comparativement aux collections MNP (NRD=35), importants (NRD=3) avec notamment une canine supérieure, un maxillaire droit et une ulna quasi-complète (rongement sur l'extrémité de l'olécrâne, caractéristique de l'action de l'hyène des cavernes sur ce type d'os dans ce gisement). Les mesures relevées sur les dents indiquent la présence seule du lynx des cavernes (= lynx pardelle fossile). Les mesures (DMD x DVL) sur la canine supérieure isolée (8,0 x 6,9mm) ou sur les dents du maxillaire (C : 7,7 x 6,5mm ; P3 : 11,7 x 5,7mm ; P4 : 16,7 x 8,4mm) traduisent un lynx de petite taille, caractéristique des échantillons du Pléistocène moyen et/ou supérieur (Figure 3). Tous les lynx de l'arc méditerranéen appartiennent à cette espèce, le lynx boréal n'arrivant dans le sud de la France qu'à la fin du Tardiglaciaire. L'échantillon actuel de lynx des cavernes à Lunel-Viel (collections MNP et fouilles JPB) est de 38 pièces pour 5 individus. Ce dénombrement est conséquent pour une série de la fin du Pléistocène moyen mais est nettement inférieur aux séries du Pléistocène supérieur régionales. L'espèce a constitué une proie occasionnelle de l'hyène des cavernes (ulna rongée qui s'ajoute aux ulna et tibia perforés des collections MNP ainsi qu'à une phalange 1 digérée). Sur le maxillaire, la canine est bien utilisée, traduisant un individu adulte plutôt âgé.

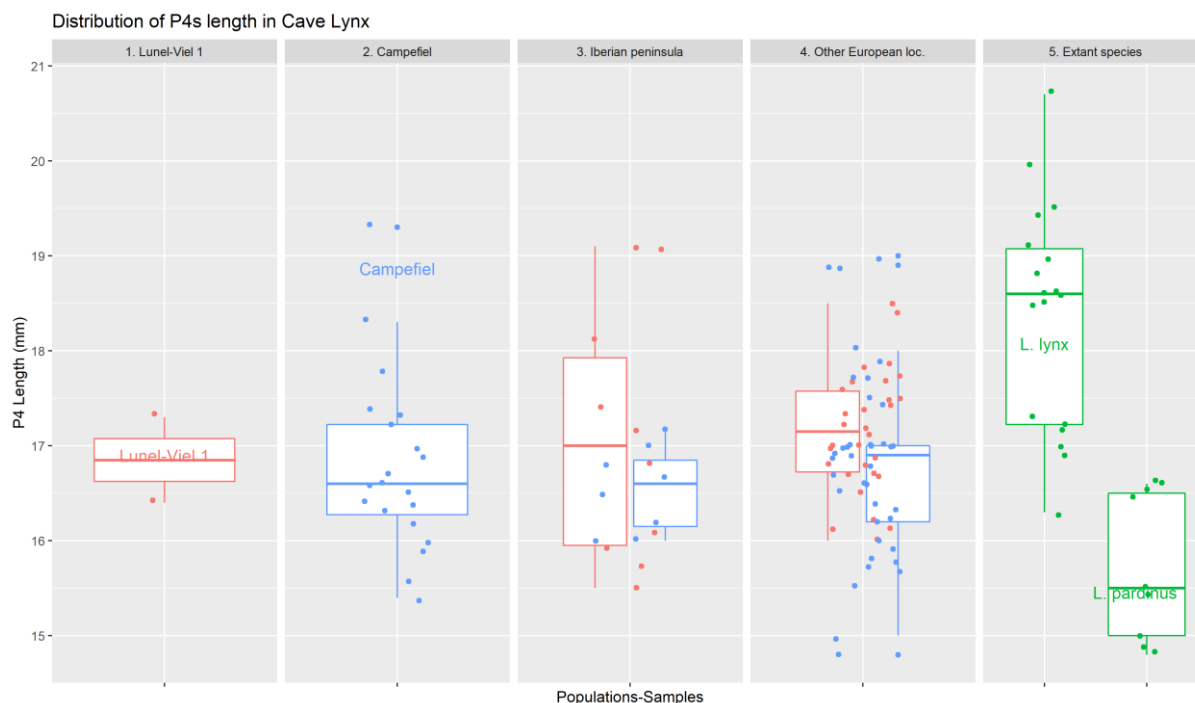


Figure 3 – Comparaisons odontométriques des carnassières supérieures (P4) de lynx des cavernes de Lunel-Viel 1 avec d'autres chrono-populations d'Europe occidentale.

Panthera pardus

Le léopard (ou panthère) est le grand félin le plus rare du registre paléontologique pléistocène d'Europe. A ce jour, 16 restes dentaires et postcrâniens de cette ont été identifiés dans la grotte de Lunel-Viel (Bonifay, 1971 ; révision des collections MNP : Fosse, pers.). La découverte d'une canine lors de la reprise des fouilles est donc importante. La canine a une couronne peu usée et une racine modérément globuleuse ; les dimensions (15,8 x 12,9mm) s'intègrent bien dans le corpus des différents échantillons comparatif du Pléistocène moyen et supérieur d'Europe (Figure 4). Eu égard au corpus peu abondant pour l'ensemble des éléments squelettiques, l'espèce est considérée monophylétique et homogène en taille tout au long du Pléistocène.

Crocota crocota spelaea

Une portion de maxillaire droit portant la carnassière lactéale (D3) a été recueillie dans la banquette SIV Ext (*cf.* Figure 1). La présence de dents lactéales d'hyène est un critère discriminant pour attribuer la fonction de tanière à un gisement. Cet échantillon constitue la 25^{ème} carnassière lactéale supérieure d'hyène des cavernes identifiée (collections MNP, ? collections ISEM) et permet d'augmenter le nombre minimal de hyénons à 12 individus (NMI de fréquence d'après les D3 dext). Les dimensions (20,0 x 12,0 mm) s'accordent bien avec les autres exemplaires de Lunel-Viel et ou d'autres grottes-tanières où les jeunes sujets sont abondants (cueva de las Hienas, Fouvent, Gerde, Teufeslucken ...Fosse & Fourvel, base de données pers.). La dent, peu usée et par comparaison avec la charte ontogénique connue, permet d'estimer l'âge individuel à moins de 8 mois (Mills, 1982), soit par équivalence à la classe 2 de croissance établie à partir des dentures inférieures (Brugal *et al.*, 1997).

Une carnassière définitive inférieure a été recueillie en G15 (*cf.* Figure 1). Cette dent, particulièrement robuste et abondante dans les grottes-tanières présentent des dimensions (30,6 x 17,9mm) plutôt petites comparativement aux séries du Pléistocène supérieur (Figure 5) mais s'accorde bien avec les autres exemplaires mesurés/publicés pour Lunel-Viel, d'âge interstadaire (Bonifay, 1971 ; Clot, 1980).

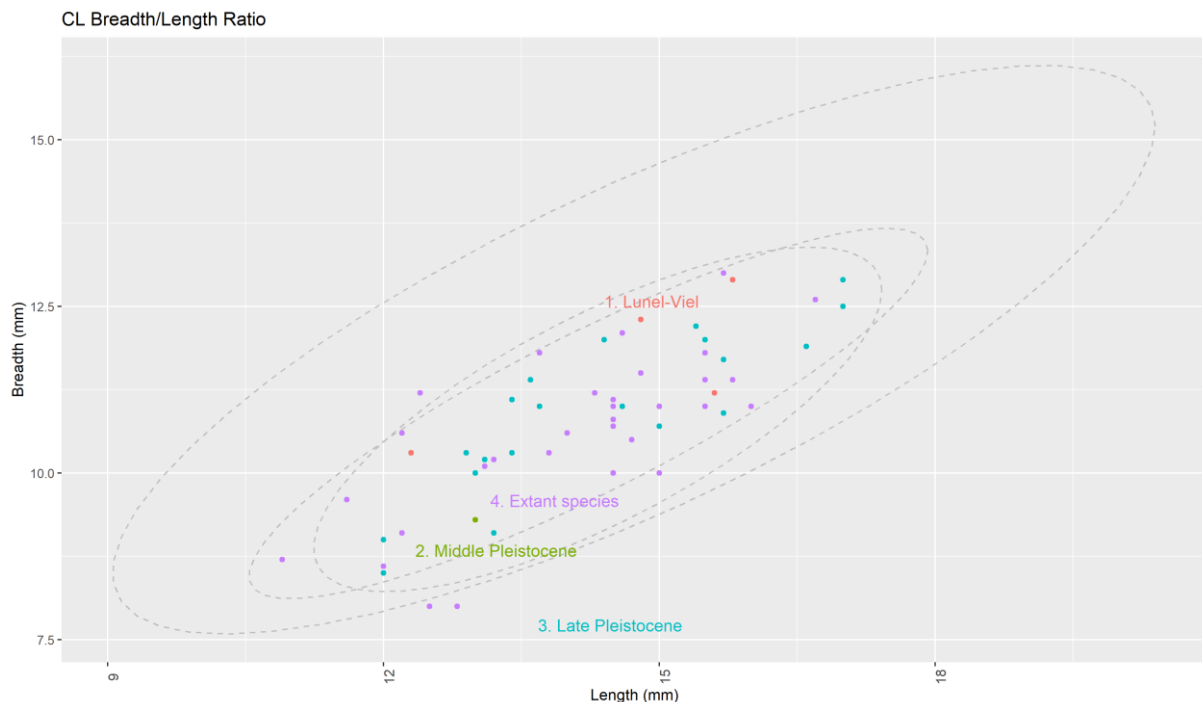


Figure 4 – Comparaisons odontométriques de la canine supérieure de léopard de Lunel-Viel 1 avec d'autres chrono-populations d'Europe occidentale.

Le genre *Crocota* Kaup, 1828 est celui qui rassemble la plus grande diversité (sous)spécifique d'hyènes plio-pléistocènes. On retrouve ses représentants aussi bien en Afrique, qu'Europe et jusqu'en Extrême Orient. En raison de fortes variations morphologiques et des liens phylogénétiques observés, l'ensemble des espèces fossiles et modernes issues du genre *Crocota* est placé en synonymie (Kurtén, 1956 ; Werdelin & Solounias, 1991 ; Rohland *et al.*, 2005 ; Turner *et al.*, 2008). En conséquence, la majeure partie des taxons définis passent du rang d'espèce à celui de sous-espèce (*e.g.* *Crocota crocota praespelaea*, *Crocota crocota ultra*, *Crocota crocota spelaea*, *Crocota crocota crocota*). *Crocota crocota* semble trouver ses origines au coeur du continent africain vers 3,5 à 4 Ma. La lignée évolutive européenne de *Crocota* se caractérise par d'importantes fluctuations de taille rapportées aux variations

climatiques (Kurtén, 1958 ; Kurtén & Poulianos, 1977 ; Klein & Scott, 1989). Ces fluctuations sont en partie à l'origine de la définition des sous-espèces d'hyène tachetée pléistocènes : *Crocota crocota praespelaea* Schütt, 1971, *Crocota crocota intermedia* (De Serres, 1828), *Crocota crocota spelaea* (Goldfuss, 1832). La présence récurrente de l'hyène tachetée tout au long du Pléistocène en Afrique et jusqu'en Europe et en Asie en fait un sujet d'étude important. La présence en Europe, en très grand nombre au sein de cavités karstiques, de l'hyène des cavernes associée à des coprolithes et des restes d'ongulés portant des traces de consommations font de ce prédateur l'un des sujets d'analyse taphonomique essentiel depuis le début du XIX^{ème} siècle (e.g. Buckland, 1822 ; Nodot, 1858-1859). L'hyène des cavernes est encore actuellement très largement étudiée (e.g. Beauval, 1997 ; Letourneux, 2003 ; Beauval, 2005 ; Bourdillat, 2008 ; Fourvel, 2008 ; Discamps, 2011a ; Mangano, 2011). L'abondance de ces gisements, la quantité de matériel osseux accumulé, le taux important de fragmentation et la pression de compétition induite par la présence de très nombreux autres prédateurs (dont le loup, le dhole, le lion, le léopard, l'ours en Europe) ont souvent contribué au fait que l'on assimile l'hyène tachetée fossile à un charognard strict. *C. c. spelaea* est proche de la forme actuelle *C. crocota* à la différence près que cette dernière est moins grande et robuste. L'évolution de la lignée semble se caractériser par une réduction progressive du talonide de la M/1 et un allongement du trigonide. La denture se différencie nettement des genres *Hyaena*, *Parahyaena*, *Pachycrocota*, *Pliocrocota* et *Chasmaporthetes*. On notera à ce titre l'absence de denticule mésial sur les P2 et P3 ainsi qu'un métacône proportionnellement plus long sur la P4/. La M1/, typique chez *Hyaena*, est le plus souvent absente chez *Crocota* ou réduite à sa plus simple expression (Kurtén, 1956 . Galiano & Frailey, 1977). Les jugales inférieures sont puissantes et adaptées au broyage : P/2 et P/3 sont bien plus robustes chez *Crocota* que chez *Hyaena*. Cependant la P/4 est proportionnellement plus petite et plus mince. La M/1 est caractérisée par un talonide unicuspidé réduit/ La présence d'un métaconide est attestée mais inconstante (Kurtén, 1956). Ce-dernier fait l'objet de nombreuses discussions quant à la valeur à lui accorder (e.g., Kurtén, 1963 ; Bonifay, 1971 ; Clot, 1980 ; Testu, 2006 ; Barycka, 2008). Selon certains auteurs, la diminution de la fréquence du métaconide et l'épaississement des jugales distinguent la forme spéléenne de la forme dite *intermedia* typique de Lunel-Viel, et des formes plus anciennes (e.g., Kurtén, 1963 ; Balleisio, 1979).

Hyaena prisca

Dès les premières fouilles, quelques pièces (crâne, mandibule, os longs) complètes appartenant à un hyénidé différent de l'hyène tachetée ont été trouvées (de Serres *et al.*, 1828). Ces éléments (cf. Figure 1 en haut à droite, mandibule n°83) ont été attribués à l'hyène rayée fossile, plutôt caractéristique de la seconde moitié du Pléistocène moyen de l'Europe méditerranéenne (cf. *infra*). La fouille de 2020 a livré une mandibule gauche sub-complète mais encroûtée (cf. Figure 1). Cette pièce constitue la quatrième mandibule de *H. prisca* trouvée dans ce gisement (n°83 fouilles M. de Serres, LV1 5-3617 et Limons rouges 10010 fouilles Bonifay) et mérite d'être présentée plus en détail :

Hyaena prisca De Serres, 1828

Matériel – Mandibule gauche sub-entière portant p3, p4 et m1 (LV1-20-S21-A23).

Description – Le spécimen LV1-20-S21-A23 est une mandibule gauche portant encore certaines jugales. Il s'agit plus particulièrement d'une portion de branche horizontale courant de la symphyse mandibulaire jusqu'à la base du lobe sub-angulaire. Nous retrouvons une partie de l'alvéole de la canine alors que les alvéoles de la seconde prémolaire n'ont pas été préservés (dégradation de la portion mandibulaire). Seules les p3, p4 et m1 sont conservées.

Bien que le spécimen, de forte taille, semble à priori bien préservé, une large part des surfaces et traits morphologiques (en particulier concernant la branche horizontale) ne peut être observée en raison d'une gangue de brèche recouvrant la pièce. Nous pouvons néanmoins avancer quelques éléments de morphologie.

A propos de la branche horizontale, il apparaît que le bord inférieur présente un aspect relativement rectiligne. Le foramen mentonnier, de forte taille et de forme sub-circulaire, est situé à mi-hauteur du corps mandibulaire, en face vestibulaire, sous la place qu'aurait dû occuper la p2. Enfin, bien

que difficilement observable en raison de la brèche, la fosse massétérique est marquée et semble aboutir nettement en arrière du bord mésial de la m1.

Le niveau d'usure observable sur les dents jugales préservées atteste d'un animal relativement âgé. Les p3 et p4 ont une morphologie typique des hyénidés « broyeur d'os » avec un protoconide robuste et de section quasi circulaire. La m1, qui semble avoir été délogée de ces alvéoles avant d'être soudée à la pièce grâce à la brèche, présente un ensemble de caractères morphologiques diagnostiques. En effet, la carnassière est courte et large. Le trigonide occupe les trois quarts de la longueur totale de la couronne. Le protoconide est flanqué d'un métaconide bien net et d'une hauteur similaire au protoconide. Le talonide, bien que partiellement préservé, est large et semble être composé d'au moins deux petites cuspidés (entoconide et hypoconide). L'ensemble des traits morphologiques présentés ci-dessus sont diagnostiques d'un hyénidé. La morphologie dentaire en particulier plaide en faveur d'une attribution à l'hyène rayée fossile *Hyaena prisca*, espèce déjà reconnue à Lunel-Viel, gisement renfermant par ailleurs le spécimen type décrit par Marcel de Serres.

Comparaison – En raison de l'état de préservation de la mandibule, il ne nous a pas été possible d'enregistrer les différentes variables odontométriques. Un traitement de la brèche devra être envisagé afin d'affiner nos observations et de procéder à des mesures physiques. En revanche, nous présentons ici une analyse odontométrique comparée des hyénidés de Lunel-Viel vis-à-vis d'autres populations européennes (Figure 5).

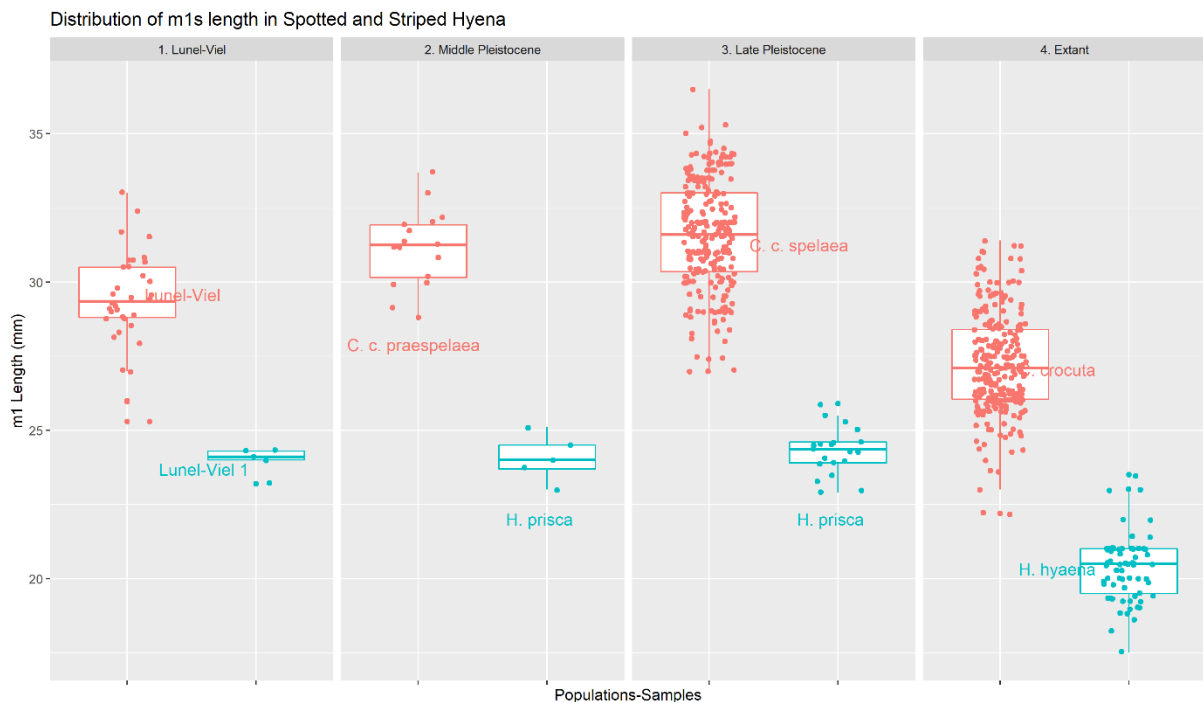


Figure 5 - Projection univariée – boîte à moustache – des longueurs des m1s chez *Crocuta* spp. et *Hyaena* spp.

Si l'on considère les longueurs des carnassières inférieures chez les hyènes rayées modernes et fossiles, on observe une nette homogénéité entre les populations du Pléistocène moyen (dont Lunel-Viel 1, L'Escale ou Aldène) et celle du Pléistocène supérieur (Furninha). En revanche les populations fossiles eurasiatiques diffèrent des populations modernes par des proportions globalement plus importantes.

Discussion – *Hyaena prisca* de Serres, 1828 a été définie à partir du matériel osseux de la grotte de Lunel-Viel. *H. prisca* se caractérise par des traits morphologiques dentaires tout à fait discriminants (Figure 6). La série jugale supérieure présente systématiquement une M1/ résiduelle. La mandibule dispose de tous les caractères typiques des hyènes « vraies » : série jugale composée de trois prémolaires robustes et une molaire sécante, branche horizontale épaisse et fosse massétérique profonde et marquée.

Hormis des prémolaires légèrement moins épaisses que chez *Crocuta*, la M/1 de *Hyaena* se distingue clairement de l'autre genre par : i) le talonide, réduit chez les hyénidés, est plus marqué, ii) le trigonide (paraconide et protoconide) est proportionnellement plus court (Kurtén, 1956), iii) la M/1 porte en arrière du protoconide en face linguale un métaconide vestigial proéminent. Les caractères crâniens de cette espèce semblent correspondre à une *Hyaena hyaena* de forte taille (de Serres et al., 1839 ; Bonifay, 1971).

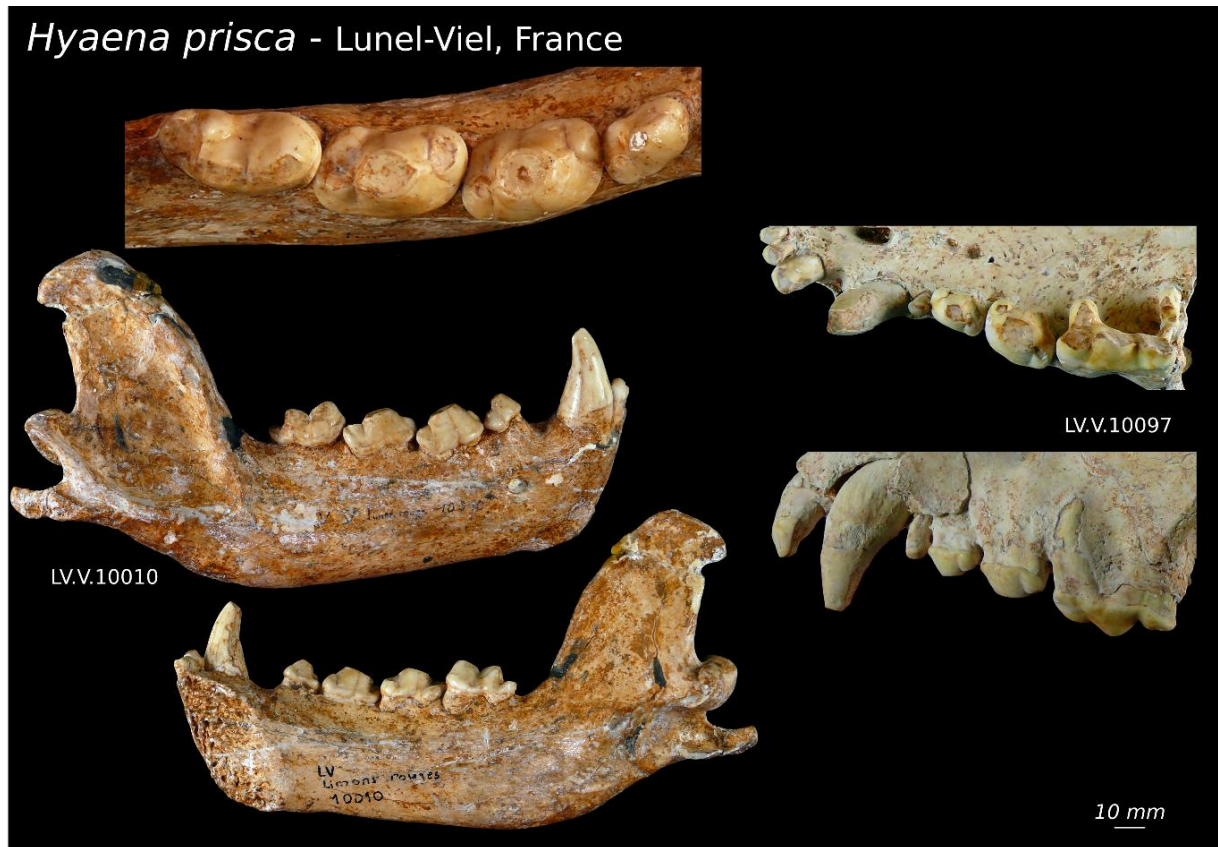


Figure 6 - Principaux traits de la morphologie dentaire de l'hyène rayée fossile de Lunel-Viel. Photos : J.B. Fourvel.

La mandibule de *H. prisca* présente sur sa branche horizontale un bord inférieur relativement droit, contrairement au genre *Crocuta* où ce même bord adopte un angle plus arqué. La M/1 est flanquée d'un métaconide bien développé et dissocié du protoconide tout comme on l'observe chez la forme moderne. Par ailleurs, cette dent apparaît relativement fine et courte en comparaison de la massivité des prémolaires (Bonifay, *op. cit.* ; Clot & Duranthon, 1990). *H. prisca*, parfois décrite comme sous-espèce de l'hyène rayée *Hyaena hyaena prisca*, apparaît en Europe au cours du Mindel. On la retrouve dans de nombreux sites du Pléistocène moyen : L'Escale, Es-Taliens, Montsaunès, Lunel-Viel, Montmaurin en France (Bonifay, 1971 ; Clot & Duranthon, 1990), Hollabrunn en Autriche (Thenius, 1965). L'espèce semble disparaître de nos contrées au cours du Riss : quelques restes lui sont attribués à Verzé (Argant, 1991). Elle perdure cependant jusqu'au Pléistocène supérieur dans des zones refuges du Sud : elle est attestée au Portugal dans le site de Furninha (Cardoso, 1996) où l'environnement tempéré semble plus propice à sa survie. *H. prisca* se distingue de *Crocuta* par d'importantes différences ostéologiques et morphologiques. D'une manière générale, le squelette post-crânien de l'hyène rayée (moderne et fossile) est plus gracile que chez l'hyène tachetée (Crégut-Bonnoure *in* Guérin & Patou, 1996). Les orbites sont, à l'inverse de *Crocuta*, nettement plus fermées vers l'arrière chez *Hyaena* (Buckland-Wright, 1969 ; Bonifay, 1971 ; Heptner & Sludskii, 1992 ; Arribas & Garrido, 2008). Les liens phylogéniques qui unissent *H. prisca* aux autres *Hyaenidae* ne sont pas clairs. Les longueurs relatives du matériel dentaire et leur morphologie permettent de ranger l'espèce dans la lignée de *H. hyaena* (Kurtén, 1968). En

revanche, certains auteurs s'accordent à la rapprocher de *H. donnezani* Viret, 1954 (= *P. pyrenaica*) (Bonifay, 1971) et de *P. perrieri* (Werdelin & Solounias, 1991 ; Turner, 1990 ; Turner *et al.*, 2008), alors que d'autres considèrent que cette dernière disparaît sans descendance (Crégut-Bonnoure *in* Guérin & Patou, 1996). A l'inverse, d'autres distinguent nettement l'espèce de la lignée *Pliocrocota* pour la rapporter uniquement à *Hyaena* sur la base de caractères morphologiques distinctifs comme la morphologie du métaconide (Kurtén, 1956 ; Howell & Petter, 1980). Comme le souligne Bonifay (1971) la définition de la notion de métaconide qui semble distinguer les espèces et genres entre eux (*Pliocrocota* = métaconide peu développé ; *Hyaena* = métaconide proéminent) doit être précisée afin de répondre au problème de la synonymie des différentes espèces du genre *Pliocrocota*. Actuellement, on estime que le genre *Hyaena* trouve ses origines dans le Pliocène africain avec la sous-espèce *Hyaena hyaena makapani* de Makapansgat en Afrique du Sud et dans les sites du Pliocène supérieur éthiopien d'Usno et Shungura (Randall, 1981 ; Boaz *et al.*, 1982 *in* Olive, 2006 ; Werdelin & Solounias, *op. cit.*). *Hyaena prisca* (de Serres, 1828) (ou *Hyaena hyaena prisca*) est le seul représentant fossile du genre en Europe dont les affinités avec les genres *Pliocrocota* et *Leecyaena* sont discutées (Turner, 1990 ; Turner *et al.*, 2008).

Taphonomie

L'apport incontestable de la campagne de fouilles 2020 réside, pour la taphonomie, en la présence d'os consommés par l'hyène des cavernes, dans tous les carrés fouillés. Particulièrement bien illustrée à partir des riches collections du MNP, l'action de l'hyène des cavernes sur l'ensemble des restes crâniens et postcrâniens pour toutes les espèces identifiées dans le site peut également être observée sur les échantillons recueillis lors des fouilles de septembre 2020. Si le fond commun avec le matériel ancien est la présence d'os longs ou fragments diaphysaires mâchonnés et des os des articulations/extrémités complets ingérés (Figure 7), une différence importante est la présence d'esquilles osseuses millimétriques recueillies en assez grande quantité (Figure 8). Ce type de fragments est connu dans les tanières pléistocènes fouillées méthodiquement (Zapfe, 1938 ; Villa & Bartram, 1990 ; Bourdillat, 2008 ...) mais faisait globalement défaut (eu égard à l'importance numérique de l'échantillon paléontologique global) à Lunel-Viel. Les 2 grands secteurs de fouilles (globalement bandes G, H et bandes O,P,R) apparaissent différentes dans la configuration des dépôts puisque dans le 1^{er} secteur (reprise des amas anciens laissés *in situ*) les os longs complets se retrouvent concentrés et enchevêtrés alors que dans le deuxième secteur, les pièces de plus petite taille, sont plus éparpillées (épandage ?). Le « bonebed » des secteurs G et H s'inscrit dans amas de gros blocs / galets qui a conditionné l'orientation et l'articulation des dépôts alors que dans les secteurs O, P, Q et R les os sont davantage dilués dans des contextes sédimentaires plus fins (cailloutis, galets isolés, passées sableuses stériles) sans jamais présenter une densité spatiale et stratigraphique aussi forte que dans le premier secteur.

En revanche, dans les bandes O, P et Q, les coprolithes et les esquilles digérées (désagrégation de coprolithes ?) sont nettement plus nombreux que dans les bandes G et H.

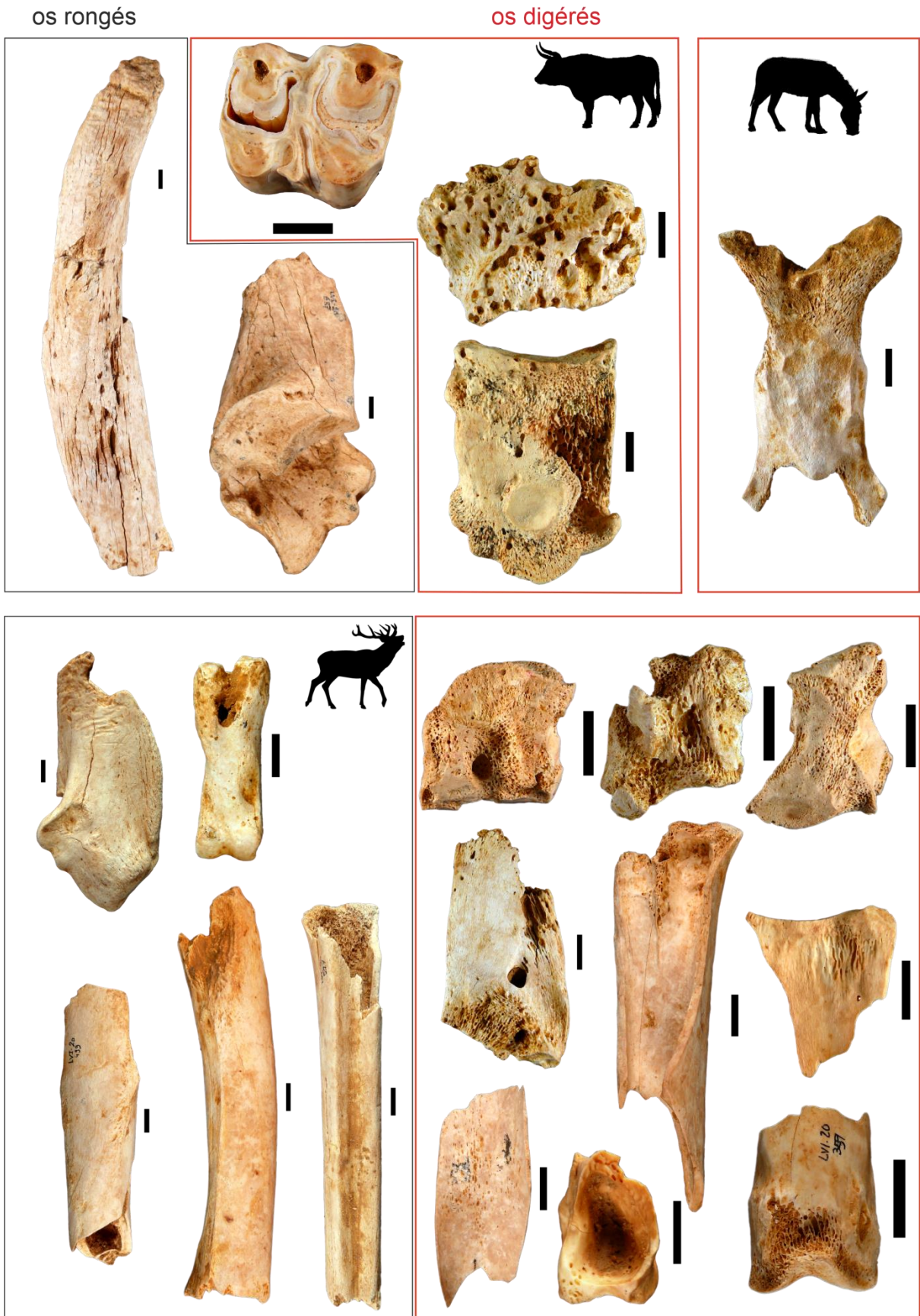


Figure 7 – Os d’ongulés rongés et digérés par l’hyène des cavernes, recueillis lors de la campagne de 2020. Echelle (barre noire) = 1cm ; photos Ph. Fosse.

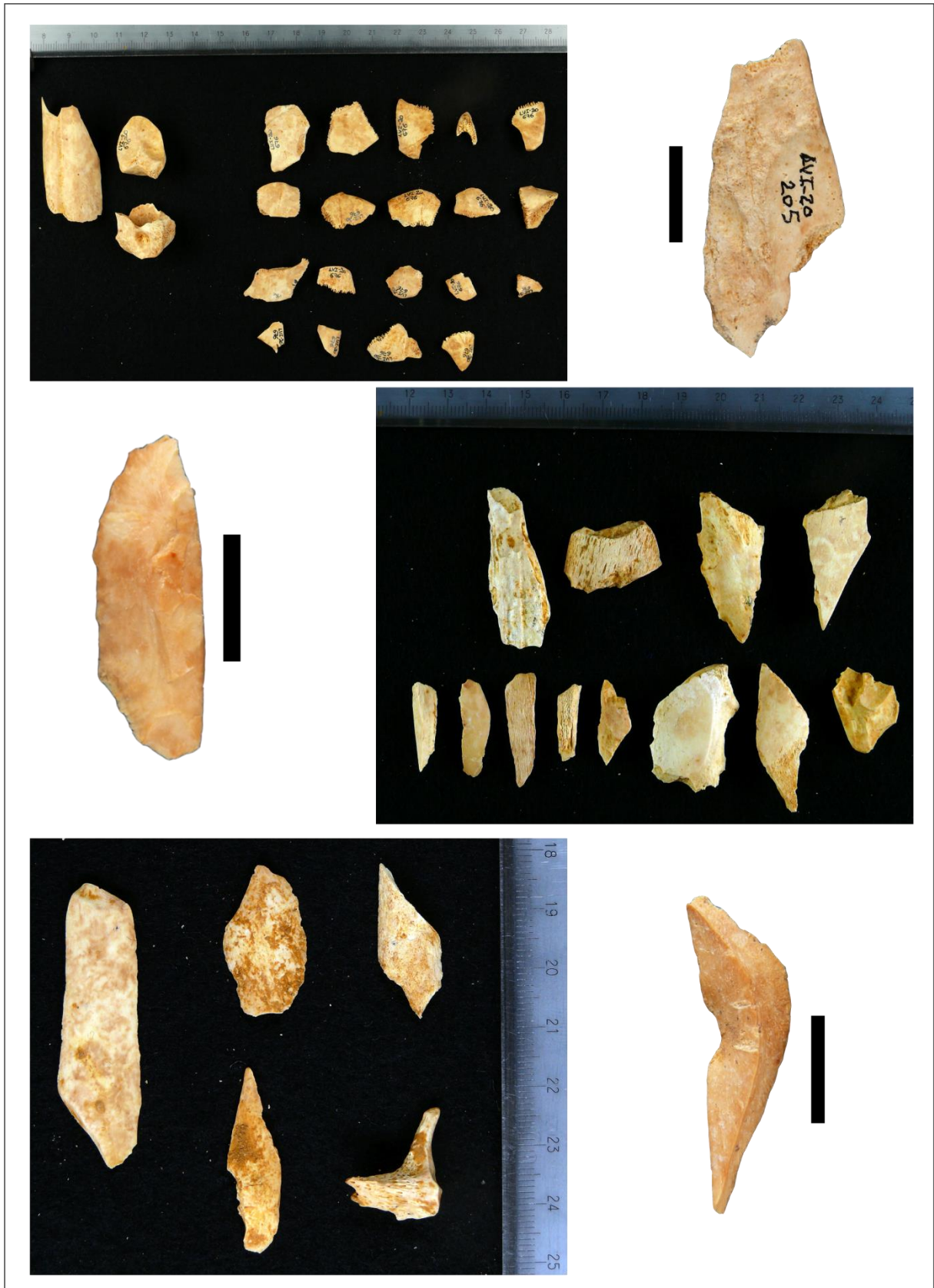


Figure 8 – Esquilles osseuses résultant de l’ingestion par l’hyène des cavernes, recueillies lors de la campagne de 2020. Echelle (barre noire) = 1cm ; photos Ph. Fosse.

Bien qu'aucune connexion squelettique stricte n'a été retrouvée au cours des fouilles de 2020, des transports de segments appendiculaires ((tibias)-métatarses-tarses grands bovidés, équidés) sont probables en raison de la proximité et de leur latéralisation similaire (secteurs G,H, I). Des réajustements articulaires (talus-tarse équidés) ont été effectués, comparables à ceux réalisés pour les séries provenant des collections (Fosse, 1994). D'une manière générale, les modes de consommation des os longs caractérisant un repaire (enlèvement des (épi)condyles, têtes, trochlées, cylindres diaphysaires) ont été retrouvés pour les os longs des cervidés et grands bovidés (Figure 7). La fracturation des cylindres en fragments longitudinaux est également fréquente (cervidés, équidés, grands bovidés), avec de nombreuses traces de mâchonnements aux extrémités. Les métapodes complets (équidés, grands bovidés), conformes aux données des tanières modernes et pléistocènes, ont été retrouvés en relative abondance. Pour les os des articulations (calcaneum), les extrémités proximales (*sustentaculi*) ont systématiquement été rongées (cervidés, grands bovidés ; Figure 7). Suite à un travail d'identification, d'inventaire et de caractérisation des os ingérés pour ce site (Fosse *et al.*, inédit), la reconnaissance à la fouille de petits os corrodés par l'effet des sucs gastriques d'hyène a été facilitée. L'échantillon de 2020 est numériquement important et complète les données antérieures, soit par l'identification de nouveaux éléments ingérés (lunatum de cerf, phalange 1 d'hydruntin), soit par des observations plus précises. L'ingestion se décline en 2 gradients distincts de taille et de degré de destruction : les éléments volumineux sont régurgités à l'état isolé (dents, calcaneus, carpiens et tarsiens des grands bovidés et équidés ; éclats diaphysaires de métapodes de cervidés), les os plus petits vraisemblablement avalés encore articulés (capitatus-lunatus-scaphoïdes droits, phalanges 1 et 2 de cerf). Les segments appendiculaires distaux (moitié inférieures des métapodes – sabots) sont fréquemment avalés entiers et articulés par les hyènes tachetées actuelles (Figure 9).



Figure 9 – Consommation et ingestion d'un bas de patte de cerf par une hyène tachetée captive. Expérimentations Ph. Fosse & J.B. Fourvel. Captures photos Ph. Fosse.

Les éléments ingérés présentent des surfaces polies, avec des cupules dues à la dissolution gastrique (fragments diaphysaires, phalange d'hydruntin). Les surfaces articulaires sont fortement émoussées, l'os cortical perforé par des dépressions circulaires uniques et/ou régulières, profondes atteignant les zones spongieuses (Figure 7) compliquant souvent la reconnaissance anatomique (identification des os) ou la latéralité. Les os longs peuvent être de taille décimétrique (métapodes de cerf ; Figure 7) et les effets de l'ingestion sont remarquables par le lustrage des surfaces corticales et l'amincissement très net des arêtes de cassure. La campagne de 2020 a livré au moins un exemplaire de chaque carpien/tarsien pour les artiodactyles. Les phalanges sont souvent réduites à leur portion distale, la diaphyse totalement évidée avec des bords lisses et fortement amincis.

Les nouvelles fouilles ont livré d'importantes esquilles de petite dimension résultant soit de la régurgitation et plus, probablement de la désagrégation de paléofèces. Un cas unique de régurgitation a été identifié à partir d'une concentration d'éléments centimétriques (Figure 8) : une trentaine de pièces (1 éclat diaphysaire de métatarse, 1 partie proximale et 1 partie distale de phalange 2 de cerf, avec plus de 25 petits fragments de carapace de tortue). Les autres petits fragments osseux, pluri-millimétriques ont été retrouvés à l'état isolé ; certaines pièces sont identifiables par leur texture (bois de cerf) mais l'essentiel présente une perte osseuse importante n'autorisant que constats des états de surface (multi perforations, effeuillage des os). Ces fragments souvent reconnus dans les tanières fouillées récemment sont donc également présents dans la grotte de Lunel-Viel 1.

Conclusions – perspectives

La reprise des fouilles apporte des informations paléontologiques et taphonomiques importantes pour la compréhension de la formation des dépôts ossifères. Dans tous les carrés ouverts, l'action de l'hyène des cavernes est omniprésente ; la question sur l'origine biologique des dépôts, invariablement remobilisés par les courants d'eau ou de dépôts *pro parte* naturels (doline ?) charognés par les hyènes des cavernes reste clairement posée en raison de l'uniformité apparente des secteurs partiellement fouillés. Par la présence de restes paléontologiques et de nombreux coprolithes, l'hyène des cavernes demeure le prédateur principal du cortège faunique, ayant accumulé d'importantes quantités d'ossements. Toutes les autres espèces identifiées sont à considérer comme proies, les os étant rongés ou ingérés. La reprise de l'étude taphonomique permet de relier du point de vue trophique la diète des hyènes tachetées fossiles dans ce site, en complément des nombreux ossements digérés (dents isolées, carpiens, tarsiens, phalanges) présents dans les collections du MNP (cervidés, bovidés, équidés, lynx, lion ...). La présence d'os digérés de petites dimensions (millimétriques) en quantités importantes, dans tous les carrés ré-ouverts, souligne également l'occupation globale de la cavité par les hyènes. La question de l'interaction (spatiale, chronologique) avec les fréquentations humaines demeure posée ; si le matériel lithique reflète une présence indubitable de groupes humains dans la cavité, les découvertes de septembre 2020 confirment la récurrence des occupations animales (hyènes) dans tous les secteurs fouillés (fouilles vers la doline, prospection au fond de la tranchée M. de Serres).

Des fragments avec encoche(s) ont été recueillis très ponctuellement. La poursuite des recherches de terrain a pour objectif de préciser :

- 1) le rôle (intensité, finalité) des activités humaines dans la grotte (charognage, diachronie avec les occupations animales, caractérisation des espaces domestiques),
- 2) participer à la compréhension des dynamiques de dépôts par la répartition spatiale des ossements (remontages, ré-articulations),
- 3) caractériser une paléosurface d'origine carnivore (tanière) à partir de l'état de dispersion des os et des modifications osseuses,
- 4) évaluer l'évolution de la fonction du site tout au long du remplissage (stratigraphie).

La campagne de terrain de septembre 2020 a livré d'importants restes paléontologiques de grands Carnivores. L'étude de ces éléments, assortie de la révision des collections « historiques » permet de consigner des observations d'ordre phylétique, morphométrique, ostéométrique et biochronologique pour les Carnivores de Lunel-Viel. Des premières observations d'ordre taphonomique ont également pu être effectuées.

La grotte de Lunel-Viel demeure à ce jour l'un des plus riches sites paléontologiques d'Europe méditerranéenne mais aussi l'un des plus complexes (fonction, biochronologie) en raison de l'ancienneté et l'hétérogénéité de la documentation enregistrée. Une réflexion collective et pluridisciplinaire sera rapidement engagée afin de sélectionner judicieusement les orientations de recherche à mener pour la campagne de 2021.

Références bibliographiques

- Argant, A.** 1991. Carnivores quaternaires de Bourgoigne. 301 p. Département des Sciences de la Terre. Université Claude-Bernard. Lyon 1, Lyon
- Arribas, A. & Garrido, G.** 2008. Hiénidos (*Pachycrocuta brevirostris* (Aymard, 1846) y *Hyaena brunnea* Thunberg, 1820) del yacimiento de Fonelas P-1 (Cuenca de Gaudix, Ganada). Pp 201-230. In: Arribas, A. (ed) Vertebrados del Plioceno superior terminal en el suroeste de Europa: Fonelas P-1 y el Proyecto Fonelas.
- Ballesio, R.** 1979. Le gisement pléistocène supérieur de la grotte de Jaurens à Nespouls, Corrèze, France. Les Carnivores (*Mammalia, Carnivora*). I : *Canidae* et *Hyaenidae*. Nouvelles Archives du Muséum d'Histoire naturel de Lyon 17: 25-55.
- Barycka, E.** 2008. Middle and late Pleistocene Felidae and Hyaenidae of Poland. 228 p.
- Beauval, C.** 1997. Le repaire d'Hyènes des Plumettes (Lussac-Les-Châteaux, Vienne) : Etude paléontologique et observations taphonomiques. DEA d'Anthropologie option Préhistoire Université Bordeaux 1, Bordeaux.
- Beauval, C.** 2005. Difficile cohabitation entre hyènes des cavernes et hommes de Néandertal il y a 40 000 ans / A late Neandertal femur from Les Rochers-de-Villeneuve, France. Médecine sciences 21(11): 901-902
- Boaz, N.T., Howell, F.C. & McCrown, M.T.** 1982. Faunal age of the Usno, Shungura B and Hadar formation, Ethiopia. Nature 300: 633-635.
- Bonifay, M.-F.** 1971. Carnivores Quaternaires du Sud-Est de la France. 377p. Mémoire du Muséum National d'Histoire naturelle.
- Bourdillat, V.** 2008. Hommes - Carnivores? Caractériser l'action de l'hyène des cavernes : De l'utilisation des données fossiles pour l'interprétation des sites mixtes. Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, Paris.
- Buckland, W.** 1822. Account of an Assemblage of Fossil Teeth and Bones of Elephant, Rhinoceros, Hippopotamus, Bear, Tiger, and Hyaena, and Sixteen Other Animals; Discovered in a Cave at Kirkdale, Yorkshire, in the Year 1821: With a Comparative View of Five Similar Caverns in Various Parts of England, and Others on the Continent. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 112: 171-236.
- Buckland-Wright, J.C.** 1969. Craniological observations on *Hyaena* and *Crocuta* (Mammalia). Journal of Zoology, London 159: 17-29. Cardoso, 1996
- Clot, A.** 1980. La grotte de la Carrière (Gerde, Haute-Pyrénées, France). Stratigraphie et Paléontologie des Carnivores. 239p. Université Paul Sabatier, Toulouse.
- Clot, A. & Duranthon, F.** 1990. Les mammifères fossiles du Quaternaires dans les Pyrénées. 159 p., Toulouse.
- De Serres, M., Dubreuil & Jeanjean** 1839. Recherches sur les ossements humains des cavernes de Lunel-Viel. 275p., Montpellier.
- Fourvel, J.-B.** 2008. Etude paléontologique et taphonomique des vestiges osseux d'une tanière l'hyène tachetée fossile (*Crocuta crocuta spelaea*) du Pléistocène Supérieur : Conives (Indre, France). 135p. Université de Toulouse, Toulouse.
- Galiano, H. & Frailey, D.** 1977. *Chasmaporthetes kani*, New Species from China, With Remarks on Phylogenetic Relationship of Genera within the Hyaenidae (Mammalia, Carnivora). American Museum Novitates 2632: 1-16.
- Guérin, C. & Patou-Mathis, M.** 1996. Les grands mammifères Plio-Pléistocènes d'Europe. Masson ed. 291 p., Paris.
- Heptner, V.G. & Sludskii, A.A.** 1992. Family HYAENIDAE Gray, 1869. p 2-47. In: Hoffmann, R.S. (ed) Mammals of the Soviet Union : Carnivora (Hyaenas and Cats) Smithsonian Institution Libraries, The National Science Foundation, Washington.
- Howell, F.C. & Petter, G.** 1980. The *Pachycrocuta* and *Hyaena* lineages (Plio-Pleistocene and extant species of the Hyaenidae). Their relationships with Miocene Ictitheres: *Palhyaena* and *Hyaenictitherium*. Geobios 13: 579-623.
- Klein, R.G. & Scott, K.** 1989. Glacial/Interglacial Size Variation in Fossil Spotted Hyenas (*Crocuta crocuta*) from Britain. Quaternary Research 32: 88-95.
- Kurtén, B.** 1956. The Status and Affinities of *Hyaena sinensis* Owen and *Hyaena ultima* Matsumoto. American Museum Novitates 1764: 1-48.
- Kurtén, B.** 1958. The bears and hyaenas of the interglacials. Quaternaria 4: 69-81.
- Kurtén, B.** 1963. The Cave Hyena, an essay in statistical analysis. p 224-234. In: Morothwell, D. & Higgs, E. (eds) Science in Archaeology.
- Kurtén, B.** 1968. Pleistocene Mammals of Europe. 317 p., New Brunswick, London.
- Kurtén, B. & Poulianos, A.N.** 1977. New stratigraphic and faunal material from Petralona cave, with special reference to the Carnivora. Anthropos 4: 47-130.
- Letourneux, C.** 2003. Devine qui est venu diner à Brassempouy? Approches taphonomiques pour une interprétation archéozoologique des vestiges osseux de l'Aurignacien ancien de la grotte des Hyènes (Brassempouy, Landes). 319p. UFR d'Histoire de l'Art et d'Archéologie Université de Paris I, Paris.

- Mangano, G.** 2011. An exclusively hyena-collected bone assemblage in the Late Pleistocene of Sicily: taphonomy and stratigraphic context of the large mammal remains from San Teodoro Cave (North-Eastern Sicily, Italy). *Journal of Archaeological Science* 38: 3584-3595.
- Nodot, L.** 1858. Une visite à la grotte de Fouvent (Haute-Saône) : ossements fossiles et débris de l'industrie humaine. *Comptes Rendus des séances de l'Académie des Sciences 2ème Série, t.VII*: 113-142.
- Randall, R.M.** 1981. Fossil Hyaenidae from the Makapansgat lime works deposits, South Africa. *Paleontologia Africana* 24: 75-85.
- Rohland, N., Pollack, J.L., Nagel, D., Beauval, C., Airvaux, J., Pääbo, S. & Hofreiter, M.** 2005. The Population History of Extant and Extinct Hyenas. *Molecular Biology and Evolution* 22(12): 2435-2443.
- Testu, A.** 2006. Etude paléontologique et biostratigraphique des Felidae et Hyaenidae pléistocènes de l'Europe méditerranéenne. (sites de la Caune de l'Arago, Orgnac 3, le Portel-Ouest, Bize-Tournal, l'Hortus, la Cruzade en France, la Cova de l'Arbreda en Espagne, Karain E en Turquie). 359p. Faculté des Lettres et Sciences Humaines Université de Perpignan.
- Thenius, E.** 1965. Über das Vorkommen von Streifenhyänen (Carnivora, Mammalia) im Pleistozän Niederösterreichs. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien* 68: 263-268.
- Turner, A.** 1990. The evolution of the guild of large terrestrial carnivores during the Plio Pleistocene. *Geobios* 23: 349-368.
- Turner, A., Anton, M. & Werdelin, L.** 2008. Taxonomy and evolutionary patterns in the fossil Hyaenidae of Europe. *Geobios* 41: 677-687.
- Werdelin, L. & Solounias, N.** 1991. *The Hyaenidae : taxonomy, systematics and evolution.* Oslo.

Etude du matériel équin mis à jour lors de l'opération 2020 dans la grotte 1 du Mas des Caves à Lunel-Viel (Hérault, France)

Barthélemy Derville et Antigone Uzunidis, UMR 7269 LAMPEA

Cette contribution traitera des ossements issus de différents *loci* de la grotte I du Mas des Caves à Lunel-Viel (LVI), mis au jour lors de la dernière campagne de septembre 2020.

I -État de l'Art

La reprise des opérations de fouilles de la grotte I du Mas des caves a été motivée par la nécessité de mieux connaître un des plus importants gisements paléontologiques du Pléistocène moyen de l'Ouest de l'Europe. Les équidés présents dans ce site ont été attribués aux espèces *Equus hydruntinus* (Regalia, 1907) et *Equus mosbachensis palustris* par M.F. Bonifay (1980) qui reconnaît à Lunel-Viel une sous-espèce caballine distincte, confirmé par A. Uzunidis-Boutillier (2017).

A partir du matériel issu des fouilles de 2020, seuls des ossements attribuables à un cheval caballin ont été reconnus ainsi nous nous concentrerons sur ce dernier. L'espèce *E. mosbachensis*, décrite en 1915 par Von Reichenau (Von Reichenau, 1915), occupait quasiment toute l'Europe dans des biomes variés (Guadelli & Prat, 1995; Rivals & Lister, 2016; Uzunidis et al., 2017) jusqu'à la fin du Pléistocène Moyen (Uzunidis-Boutillier, 2017). La distribution géographique associée à la large extension chronologique et la plasticité phénotypique des équidés ont favorisé une grande variabilité morphologique et ostéométrique des populations d'*E. mosbachensis*. Plusieurs sous-espèces ont été décrites, avec notamment les chevaux de la Caune de l'Arago : *Equus mosbachensis tautavelensis* (MIS 12 ; Pyrénées-Orientales ; Cregut, 1980), *Equus mosbachensis campdepeyri* de Camp de Peyre (MIS 12 ; Lot et Garonne; Guadelli & Prat, 1995) et *Equus mosbachensis micoquii* de la Micoque (MIS 10 et 8 ; Dordogne ; Langlois, 2005).

Le cheval de Lunel-Viel I, *Equus mosbachensis palustris*, a également été reconnu à Rigabe (MIS 6, Var, Uzunidis-Boutillier, 2017). Cette sous-espèce diffère de l'holotype décrit à Mosbach (MIS 14, Allemagne) par de nombreux points morphologiques et des caractéristiques biométriques. De taille plutôt réduite, il est néanmoins très robuste et présente de très nombreux caractères archaïques (*i.e.*, sténoniens) associés à d'autres plus évolués (*i.e.*, caballins). La robustesse des membres du cheval de Lunel-Viel a été interprétée comme une adaptation à un environnement marécageux par M.-F. Bonifay en 1980. Il est néanmoins très probable que l'environnement autour du site bien que très humide ne correspondait pas à des marais (Uzunidis-Boutillier, 2019, 2020). Enfin, en 1980 M.-F. Bonifay observait une diminution du volume des métapodes du cheval de Lunel-Viel depuis la grotte IV, puis les niveaux supérieurs (4 à 1), moyens (5, 6 et 7) et inférieurs (9 et en-deça). Cette différence n'a cependant pas été observée statistiquement entre les niveaux supérieurs (1 à 5) et inférieurs (6 à 11) (Fosse, 1994, 1996; Uzunidis-Boutillier, 2017)

II - Liste du matériel, quantifications et représentation squelettique (voir annexe, photos)

Le matériel équin présenté ici est issu de plusieurs loci au sein de la grotte I du Mas des Caves à Lunel-Viel : de l'amas osseux des carrés G-F-H (Secteur 5) et un unique élément de la bande P (Secteur 4). L'inventaire comporte 21 restes avec 11 éléments anatomiques représentés, 2 métacarpiens III (complets), 1 reste d'humérus d'un individu juvénile, 1 tête fémorale, 1 tibia (extrémité distale) 3

calcanéums (dont 1 complet), 4 talus (3 complets), 2 métatarsiens III (complets), 3 stylets (métacarpiens II et IV), 1 petit et 1 grand cunéiforme, ainsi qu'un sacrum et un fragment d'os long non identifiable, qui n'appartient peut-être pas à un équidé (Tableau, 1). Ces restes correspondent à un minimum de 5 individus (NMI) basé sur les talus qui sont tous latéralisés à gauche et qui appartiennent à des adultes, ainsi que l'humérus d'un individu juvénile. Trois restes crâniens/dentaires ont également été mis au jour lors de la campagne 2020 (dont une mandibule, cf. présentation campagne 2020), mais nécessitant une restauration et pas accessible (au labo) dans les conditions sanitaires. Les os des membres sont les plus représentés, notamment le membre postérieur (13 restes) suivi du membre antérieur (6 restes), le matériel crânien et dentaire est relativement peu abondant et le squelette axial est quasi absent (Figure, 1). Les tentatives de remontage ont permis de faire correspondre un calcanéum (492_G14_LV1-20) avec un talus (531_G15_LV1-20), éléments issus de carrés de fouilles contigus (G14 et 15).

Site-Année	Numéro individuel	Carré de fouille	Identification anatomique	Latéralité
LV1-20	492	G14	Calcaneum	G
LV1-20	460	G14	Calcaneum	G
LV1-20	277	G12	Calcaneum	G
LV1-20	531	G15	Talus	G
LV1-20	761	G16	Talus	G
LV1-20	283	G13	Talus	G
LV1-20	723	F15	Talus	G
LV1-20	?	R21	Fémur	D
LV1-20	823	G12	Tibia	G
LV1-20	713	G15	MTT III	G
LV1-20	800	P18	MTT III	G
LV1-20	853	H16	MTC III	D
LV1-20	463	G14	MTC III	G
LV1-20	639	G16	MTC IV	G
LV1-20	850	G16	MTC IV	D
LV1-20	532	G15	MTC IV	D
LV1-20	281	G13	PTC	G
LV1-20	282	G13	GRC	G
LV1-20	632	G16	Humérus	D
LV1-20	580	G14	Indet	
LV1-20	459	G13	Sacrum	

Tableau 1 : Inventaire LV1_20

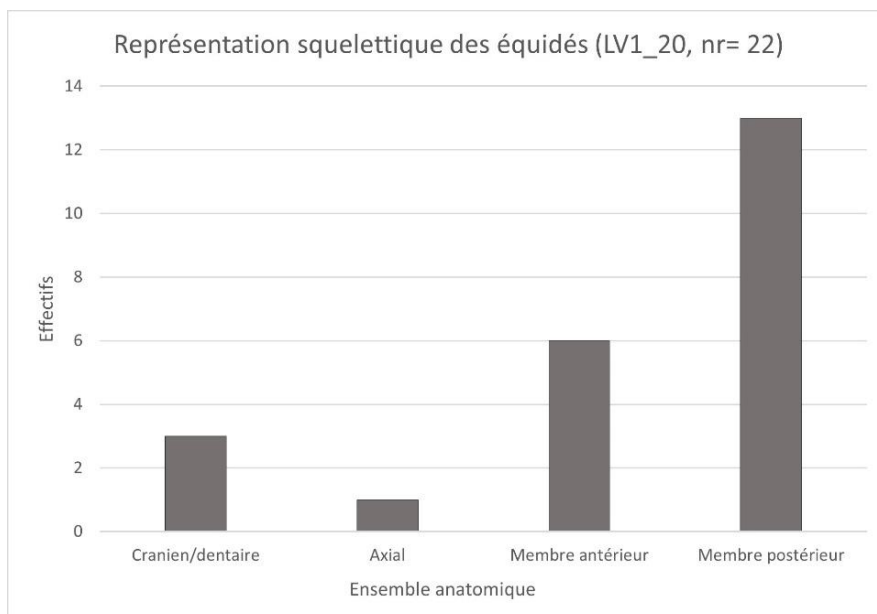


Figure 1 : Représentation squelettique des équidés (LV1_20)

III - Taphonomie (voir annexe, photos)

La grotte I du Mas des Caves à Lunel-Viel a été interprétée comme un repaire d'hyène (Fosse, 1996) ; la présence de nombreux taxons carnivores y est avérée. Les traces de ces derniers sur les grands mammifères herbivores sont nombreuses et peuvent se décliner sous plusieurs formes ; ponctuations, perforations, mâchonnage ou encore digestion (Villa et al., 2004). Les traces de leur action sont particulièrement présentes à LVI (Fosse, 1994, 1996; et voir ce rapport), visibles sur le matériel 2020 (Photographie 1,2,4). On retrouve ces signatures taphonomiques caractéristiques sur 17 des 21 restes osseux équins. Les éléments les moins impactés sont les métacarpiens II et IV. Cependant le second métacarpien en connexion anatomique avec le troisième métacarpien (853-H16-LV1_20, photographie, 3) ne comporte pas de traces. Il est possible que cet élément anatomique soit moins souvent marqué mais cela n'exclut pas que l'individu ait quand même été consommé par un carnivore ; cela pourrait être le cas pour les 3 autres métacarpiens II et IV de cet inventaire. Le fragment d'ossement non déterminé (580-G14) comporte des stries ou sillons dues à du charriage ; l'observation de ces traces sur une plus grande partie du matériel permettrait d'évaluer par densité les zones où les ossements ont subi le plus de mobilité.

IV - Morphologie

Les métapodes équins de cette campagne de fouilles partagent la diversité morphologique déjà observée, tels que des traits archaïques comme le creusement de la face palmaire sur la portion distale de la diaphyse (que l'on retrouve ici de manière modérée sur les quatre métapodiens III), ou encore le creusement au-dessus du tenon articulaire distal sur la face dorsale (visible sur 1 des 2 métacarpiens III et sur les deux métatarsiens III). De plus, un métacarpien II est soudé au métacarpe III (853-H16-LVI_20) et un métatarsien (MTC) II au III (713-G15-LVI_20). Ce caractère, redondant à LVI est interprété comme archaïque (Bonifay, 1980). La présence de la facette articulaire pour le trapézoïde sur les MTC III est typique des formes caballines : elle est observée sur un des deux métarques. On peut également noter que sur le talus 531_G15 la facette articulaire postérieure pour le naviculaire est séparée de la facette antérieure pour le naviculaire par un léger sillon.

V - Morphométrie (voir annexe, tableaux de mesures)

L'étude morphométrique est réalisée avec le système de mesures préconisées par V. Eisenmann (1979) qui est le plus répandu et répond actuellement au mieux aux besoins pour différencier les populations. Des données précédemment collectées sur LVI (Eisenmann *in* Bellai, 1998 ; Uzunidis-Boutillier, 2017) ont été reprises afin de les comparer à l'échantillon issu de la campagne 2020, ainsi que d'autres populations équines du Pléistocène Moyen et Supérieur (moyenne des séries), classées par couleurs selon leur description spécifique : (des plus récents aux plus anciens) bleu = *E. gallicus*, vert = *E. germanicus*, jaune = *E. achenheimensis*, gris = *E. taubachensis* et rouge = *E. mosbachensis* (Figure 2). L'indice de robustesse (IR ou Slenderness Index : Alberdi, Ortiz-Jaureguizar, & Prado, 1998) mis en relation avec la longueur maximale du métacarpe III permet une observation rapide de ces populations (Figure 2). Les deux métapodes de LV1_20 ont un très fort indice de robustesse (170 et 190). M.F. Bonifay obtenait les mêmes conclusions en comparant l'indice de robustesse de ces derniers à ceux des chevaux plus récents (*E. germanicus*, *E. gallicus*), cependant les longueurs brutes des deux individus de LVI sont supérieures à celles des chevaux du Pléistocène supérieur. Néanmoins, le n°463 est bien plus court que le n°853 tout en présentant le même diamètre au niveau de la diaphyse. L'indice de robustesse du n°463 est donc bien plus fort et témoigne de la variabilité morphométrique des ossements de chevaux au sein d'un même ensemble (ici l'amas osseux G-F-H).

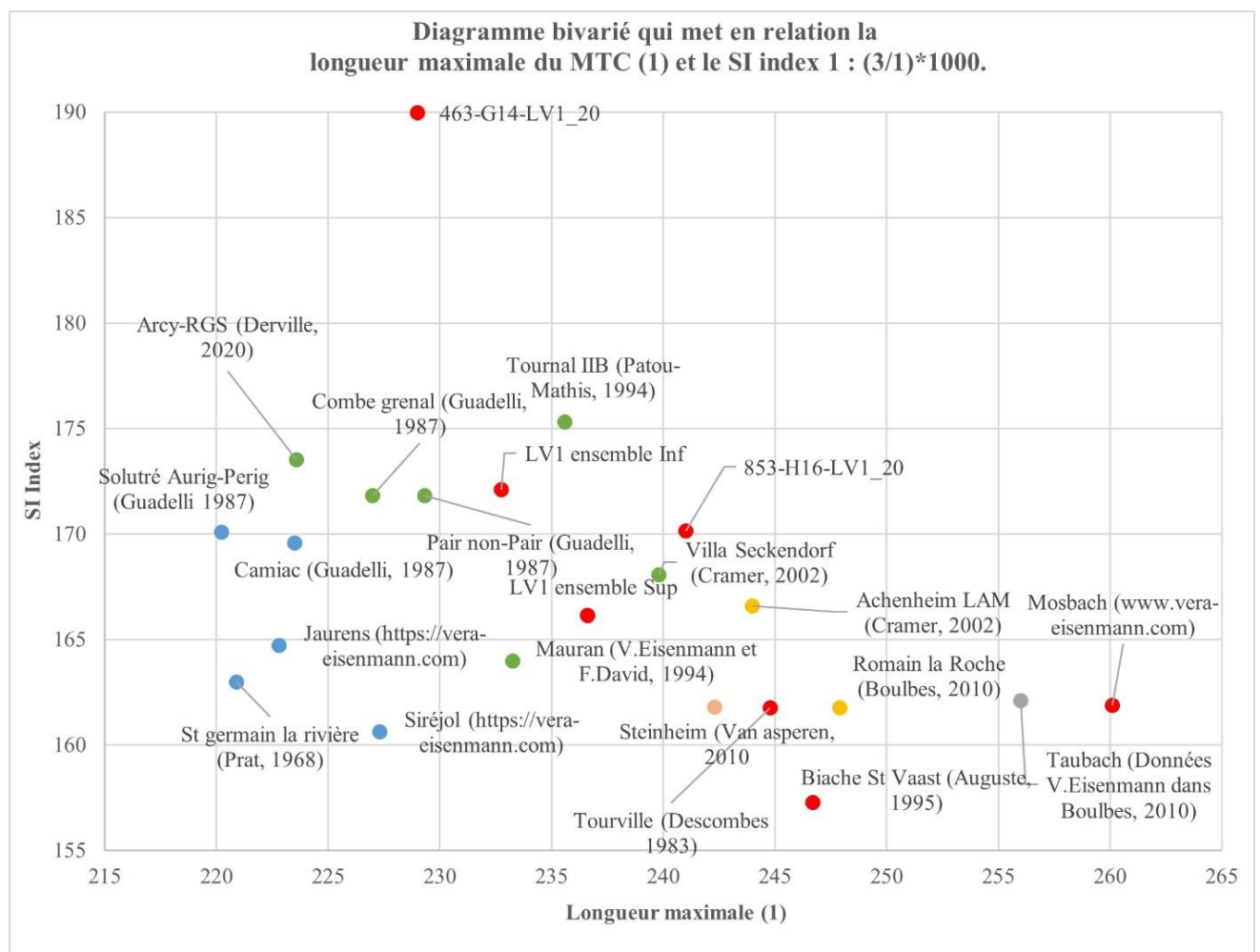


Figure 2 : Diagramme bivarié de la longueur maximale des MTC III et de l'indice de robustesse (Les valeurs ici comparées sont des moyennes à l'exception des deux individus de LV1_20)

Les diagrammes de rapports (Simpson, 1941) permettent une bonne visualisation de la variabilité de taille et proportion des ossements ; ils permettent de comparer des populations à une population de référence, dans notre cas *Equus przewalskii* (www.vera.eisenmann.com) qui est la population la plus utilisée pour comparer les équidés caballins fossiles (Boulbes & Van Asperen, 2019). Elle représente la ligne 0 sur les figures (Figure 3 et 4). Les deux métacarpiens issus de la campagne 2020 sont plutôt courts (mesure 1) et proportionnellement très robustes (mesures 3-4), ils possèdent également un fort diamètre antéro-postérieur pour leur extrémité proximale (mesure 6) (Figure 3). Les dimensions des extrémités distales rentrent dans la moyenne des populations observées. Les deux métacarpiens III de LVI (provenant de l'amas osseux G-F-H) présentent des proportions différentes (voir mesures 1, 3 et 4) mais ils sont métriquement similaires. Les métatarsiens III sont également très robustes proportionnellement à leur taille (mesures 1 et 3) (Figure 4), les dimensions de leurs extrémités distales sont par contre plus réduites que les autres populations de comparaison. Les deux spécimens sont issus de deux loci différents ; n°800 est issu de la bande P tandis que le n°713 provient de l'ensemble osseux G-F-H. Ils se différencient majoritairement par les variables prises sur la partie distale ; le spécimen de l'ensemble inférieur est bien plus gracile dans sa partie distale. Les deux métatarsiens III présentent des proportions similaires mais ils sont métriquement plus distants l'un de l'autre que les métacarpiens III.

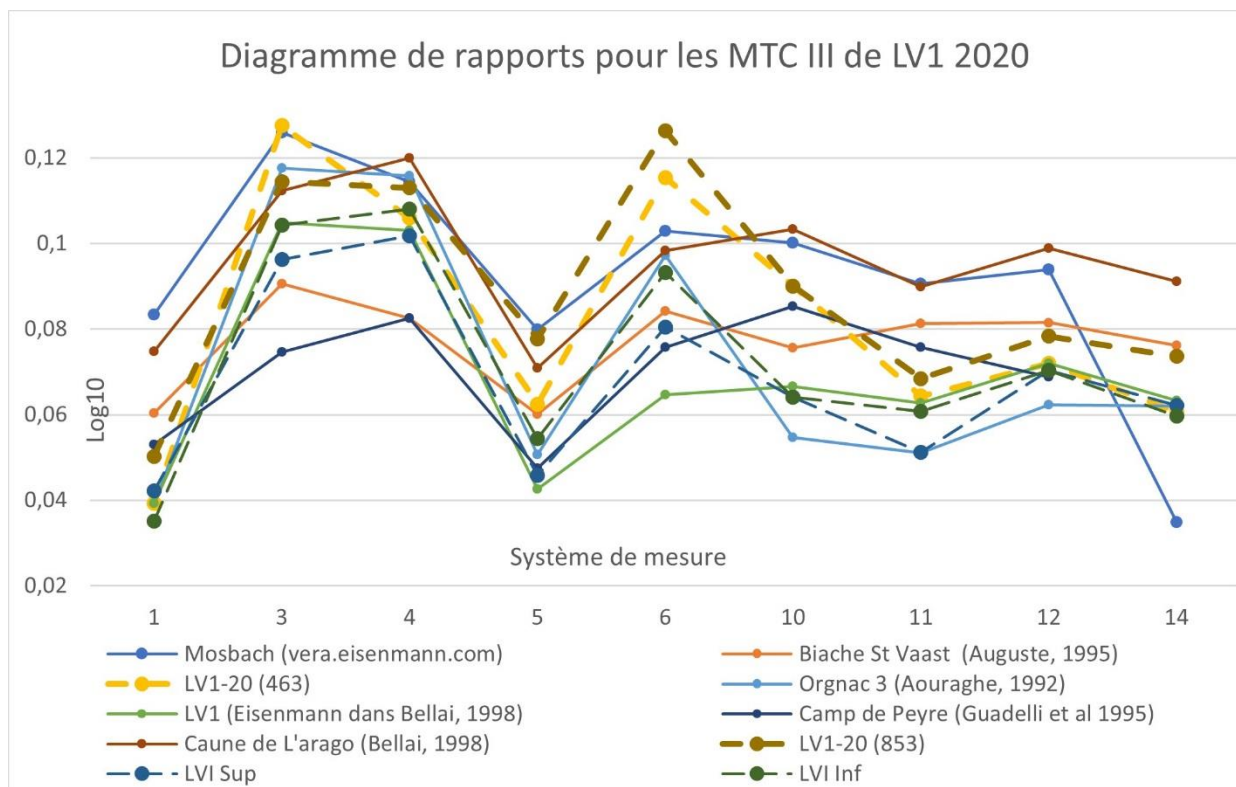


Figure 3 : Diagramme de rapports pour les MTC III équins de LV1_2020 (Les valeurs comparées sont des moyennes à l'exception des deux individus de LV1_20)

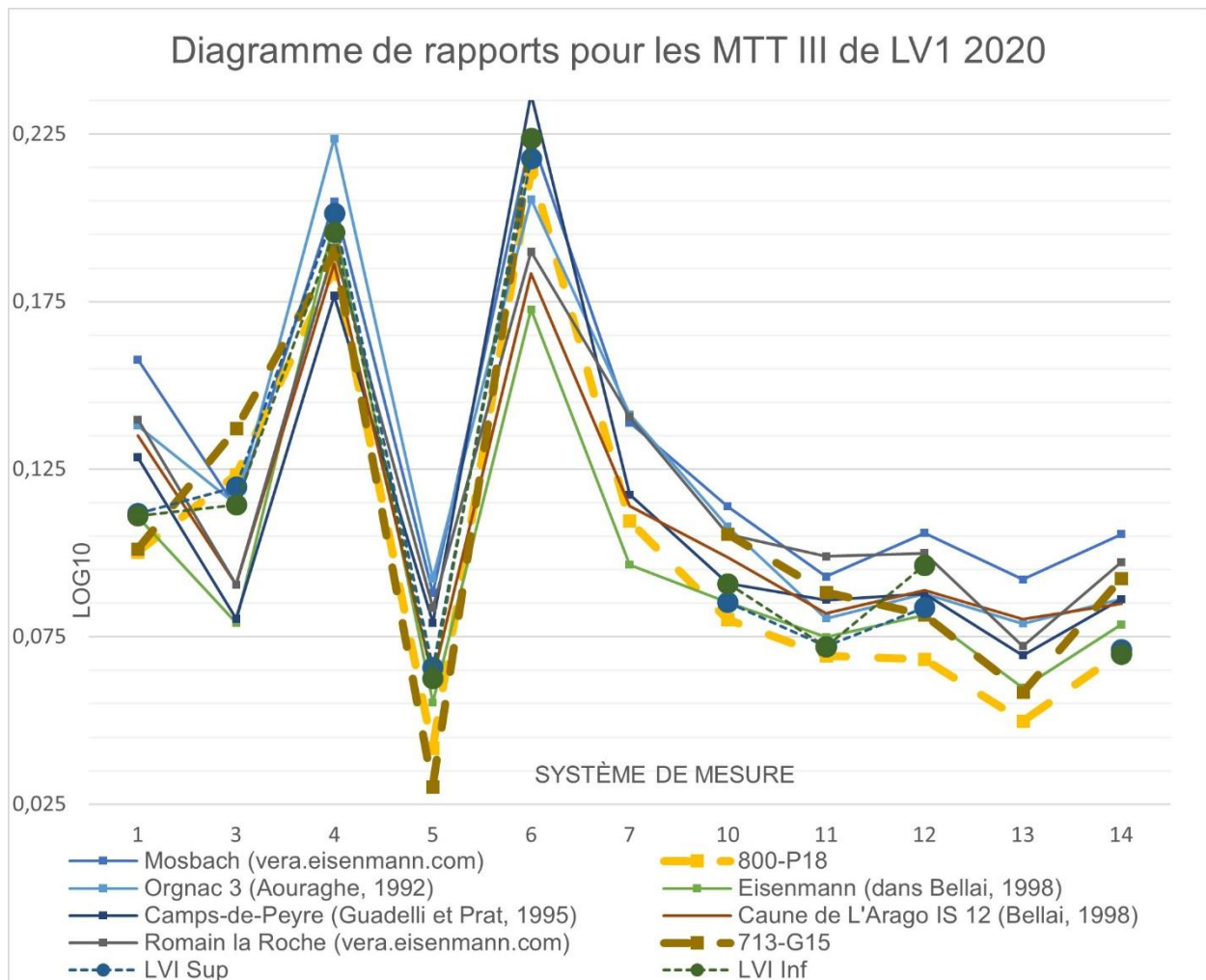


Figure 4 : Diagramme de rapports pour les MTT III équins de LV1_2020 (Les valeurs comparées sont des moyennes à l'exception des deux individus de LV1_20)

VI - Conclusion et perspectives

Ces premières constatations morphométriques auraient besoin d'être étoffées, en augmentant l'effectif, afin de mieux décrire cette population équine et la comparer avec plus de sûreté à d'autres. Si les caractéristiques morphométriques, notamment des métapodes de la campagne de 2020, montrent que ces individus s'insèrent bien dans la variabilité déjà décrite par M.-F. Bonifay (1980) et A. Uzunidis-Boutillier (2017), la poursuite des fouilles avec la découverte de plus matériel dans un contexte stratigraphique mieux cerné pourrait permettre de distinguer une ou plusieurs populations paléontologiques. Des méthodes plus récentes, et performantes, comme la morphologie géométrique pourraient être employées pour cela. Au niveau taphonomique, quasiment tous les ossements observés portaient des traces d'activités de carnivores (hyènes), à la fois dans l'amas d'ossements et dans la bande P. Ces premières données vont dans le sens de l'étude de P. Fosse (1994, 1996) qui attribue la majorité de l'accumulation aux hyènes. Là encore, la poursuite des fouilles permettra de mieux définir le fonctionnement de la cavité, et l'origine des accumulations osseuse et modifications.

Bibliographie

- Alberdi, M. T., Ortiz-Jaureguizar, E., & Prado, J. L. (1998). A quantitative review of European stenonoid horses. *Journal of Paleontology*, 72, 371–387.
- Bellai, D. (1998). Le cheval du gisement pléistocène moyen de la Caune de l'Arago (Tautavel, Pyrénées Orientales, France). *Quaternaire*, 9, 325–335.
- Bonifay, M.-F. (1980). Le Cheval du Pléistocène moyen des grottes de Lunel-Viel (Hérault). *Gallia Préhistoire*, 23, 233–281.
- Boulbes, N., & Van Asperen, E.-N. (2019). Biostratigraphy and Palaeoecology of European Equus. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7.
- Cregut, E. (1980). *Equus mosbachensis tautavelensis* nov. subsp., un nouvel Equidae (Mammalia, Perissodactyla) du gisement pleistocene moyen ante-rissien de la Caune de l'Arago (Tautavel, Pyrenees Orientales, France). *Geobios*, 13, 121–127.
- Eisenmann, V. (1979). Les métapodes d'*Equus sensu lato* (Mammalia, Périssodactyla). *Geobios*, 12, 863–886.
- Fosse, P. (1994). Taphonomie paléolithique : les grands mammifères de Soleilhac (Haute-Loire) et de Lunel-Viel (Hérault) (These de doctorat). Aix-Marseille 1.
- Fosse, P. (1996). La grotte n° 1 de Lunel-Viel (Hérault, France) : Repaire d'hyènes du Pléistocène moyen. *Etude taphonomique du matériel osseux. Paléo*, 8, 47–79.
- Guadelli, J.-L., & Prat, F. (1995). Le cheval du gisement pléistocène moyen de Camp-de-Peyre (Sauveterre-la-Lémance, Lot-et-Garonne) : *Equus mosbachensis campdepeyri* nov. ssp. *Paléo*, 7, 85–121.
- Langlois, A. (2005). Le Cheval du gisement Pléistocène moyen de La Micoque (Les Eyzies-de-Tayac, Dordogne) : *Equus mosbachensis micoquii* nov. ssp. *PALEO*, 73–110.
- Patou-Mathis, M. (1994). Archéozoologie des niveaux moustériens et aurignaciens de la grotte Tournal à Bize (Aude). *Gallia préhistoire*, 36, 1–64.
- Rivals, F., & Lister, A., M. (2016). Dietary flexibility and niche partitioning of large herbivores through the Pleistocene of Britain. *Quaternary Science Reviews*, 146, 116–133.
- Simpson, G.-G. (1941). Large Pleistocene Felines of North America. *American Museum Novitates*, 1–27.
- Uzunidis, A. (2020). Dental wear analyses of Middle Pleistocene site of Lunel-Viel (Hérault, France): Did Equus and Bos live in a wetland? *Quaternary International*, 557, 39–46.
- Uzunidis, A., Rivals, F., & Brugal, J.-P. (2017). Relation between morphology and dietary traits in horse jugal upper teeth during the middle pleistocene in Southern France. *Quaternaire*: 303–312.
- Uzunidis-Boutillier, A. (2017). Grands herbivores de la fin du Pléistocène moyen au début du Pléistocène supérieur dans le sud de la France. Implications anthropologiques pour la lignée néandertalienne. (Thèse de doctorat). Aix Marseille Université, Aix-en-Provence.
- Uzunidis, A. (2019). Lunel-Viel. Rapport de l'étude de l'usure dentaire, Rapport de fouilles programmées (p. 11).
- Villa, P., Castel, J.-C., Beauval, C., Bourdillat, V., & Goldberg, P. (2004). Human and carnivore sites in the European Middle and Upper Paleolithic : Similarities and differences in bone modification and fragmentation. *Revue de Paléobiologie*, 23, 705–730.
- Von Reichenau, W. (1915). Beiträge zur näheren Kenntnis fossiler Pferde aus Deutschem Pleistozän, insbesondere über die Entwicklung und die Abkaustadien des Gebisses vom Hochterrassenpferd (*Equus mosbachensis* v. R). Darmstadt, Germany: Grossherzoglich Hessische Geologische Landesanstalt zu Darmstadt.

Annexe - Tableaux de mesure (en mm)

Mesure/indice	Mesure/calcul	853-H16	463-G14
1	Longueur maximale	241	229
2	Longueur externe	230	225
3	Largeur au milieu de la diaphyse	41	43,5
10	DT sus-articulaire distal	55	55
4	DAP au milieu de la diaphyse	31	30
11	DT articulaire distal	53,5	52,5
12	DAP de la quille articulaire	41,2	40
13	DAP minimal du condyle interne	31,8	31
14	DAP maximal du condyle interne	34	32
5	DT articulaire proximal	58	54
6	DAP articulaire proximal	40	38
7	Diamètre de la facette articulaire pour le magnum	48,2	44
8	Diamètre de la facette articulaires pour l'unciforme	18	15
9	Diamètre de la facette articulaire pour le trapézoïde	-	-
Indice de robustesse	(3*1000)/1	170,124481	189,956332
Indice caballin	(10*100)/11	102,803738	104,761905

Tableau 2 : Dimensions des métacarpiens de LV1_20

Mesure/indice	Mesure/calcul	713-G15	800-P18
1	Longueur maximale	271	270
2	Longueur externe	268,5	267
3	Largeur au milieu de la diaphyse	43,2	40,5
10	DT sus-articulaire distal	57	50,5
4	DAP au milieu de la diaphyse	37	36,2
11	DT articulaire distal	56	51,2
12	DAP de la quille articulaire	41,5	39
13	DAP minimal du condyle interne	31	29,8
14	DAP maximal du condyle interne	35,5	32
5	DT articulaire proximal	52	54,8
6	DAP articulaire proximal	50	48
7	Diamètre de la facette articulaire pour le grand cunéiforme		50,2
8	Diamètre de la facette articulaires pour le cuboïde		12,2
9	Diamètre de la facette articulaire pour le petit cunéiforme	-	-
Indice de robustesse	(3*1000)/1	159,40959	150
Indice caballin	(10*100)/11	101,78571	98,632813

Tableau 3 : Dimensions des métatarsiens de LV1_20

N° mesure	Mesure	531-G15	761-G16	283-G13	723-F15
1	Longueur maximale	66,2	65	65	-
1'	Longueur oblique	82	81	82	-
2	Diamètre du condyle interne	68,5	70	67	-
3	Largeur maximale	70	71,5	69	-
4	Largeur de la trochlée	33	31	32	31
5	Largeur articulaire inférieure	59	60	58,5	-
6	Épaisseur articulaire intérieure	39,5	40	39	-
7	Épaisseur maximale interne	65	68	62	-

Tableau 4 : Dimensions des talus de LV1_20

N° Mesure	Mesure	492-G14	277-G12	277-G122
1	Longueur Maximale	-	-	117
2	Longueur de la partie proximale	-	-	-
3	Largeur minimale	26	0,35355339	26,5
4	Largeur proximale	-	-	39
5	Epaisseur proximale	-	-	61
6	Epaisseur distale	63,2	0,56568542	64
7	Largeur distale	71,5	0,35355339	72
8	Max DT du sustentaculum tali	40	1,41421356	42
9	Dt articulaire du sustentaculum tali	38,2	1,97989899	41

Tableau 5 : Dimensions des calcanéums de LV1_20

Annexe - Illustrations / Photos



Photo 1 - Talus 531-G15-LV1_20 (noter les marques/sillons de dents de carnivores) (face dorsale)



Photo 2 - Calcaneum 277-G12-LV1_20 (noter les marques/sillons de dents de carnivores) (face plantaire à gauche et face médiale à droite)



Photo 3 - Métacarpiens II et III trouvés en connexion (853-H16-LV1_20) (face palmaire à gauche, face dorsale à droite)



Photo 4 - Métatarsien III (713-G15-LV1_20) (face palmaire à gauche, face dorsale à droite)

Rapport sur l'usure dentaire des cervidés de Lunel-Viel

Antigone Uzunidis, UMR 7269 LAMPEA

I - Introduction

Plusieurs espèces de cervidés sont connues à Lunel-Viel à partir des fouilles d'Eugène Bonifay (Fosse, 1994 ; 1996 ; Noury, 2005). Le cerf élaphe (*Cervus elaphus*) et l'Haploidoceros (*Haploidoceros mediterraneus*) sont les taxons les plus abondants toutes espèces confondues (NMI = 158 individus, Fosse, 1996) tandis que les deux autres espèces, le chevreuil (*Capreolus cf. süssenbornensis*) et le mégacéros (*Megaloceros sp.*) ne sont connus que de façon anecdotique à travers très peu de restes. La présence de quatre espèces de cervidés dans les mêmes niveaux interroge sur leurs relations (complémentarité ? compétition ?) et les préférences écologiques de chacun. Cette dernière question est particulièrement prégnante pour *Haploidoceros*. En effet, ce cervidé est encore très mal connu. Jusqu'à présent, après avoir été découvert à Lunel-Viel, il a été signalé dans trois autres sites en France (Igue des Rameaux) et en Espagne (Cova del Rhinoceront et Preresá) (Croitor et al., 2018). Ainsi, pour le moment, son aire géographique est limitée au sud de la France et au nord de l'Espagne et sa période chronologique s'étend du stade isotopique 11/9 (Igue des Rameaux) au stade 5 (Cova del Rhinoceront, Preresá). Ainsi, déterminer les préférences écologiques d'*Haploidoceros* pourrait permettre de comprendre sa rapide et éphémère spéciation. Quelle niche écologique a-t-il occupé ? Quelle est sa place par rapport aux autres cervidés de Lunel-Viel ?

II - Matériel et méthode

II.1 Matériel

Un total de 123 dents de cervidés a été étudié : 86 dents d'*Haploidoceros*, 36 dents de *Cervus* et 1 dent de *Megaloceros*. Une seule dent d'*Haploidoceros* provient de la grotte V, 20 de la grotte IV, 23 de l'ensemble supérieur (cf. Fosse, 1994 ; 1996) et 42 de l'ensemble inférieur. 15 dents de *Cervus* proviennent de la grotte IV, 4 de l'ensemble supérieur et 17 de l'ensemble inférieur. La dent de *Megaloceros* provient de l'ensemble inférieur (couche 9).

II.2 Méthode

Méso-usure dentaire

La méso-usure dentaire est une méthode basée sur l'observation de l'usure des cuspides molaires des ongulés qui indique le régime alimentaire d'un individu (Fortelius et Solounias, 2000, Rivals et al., 2007). La morphologie des cuspides est corrélée avec l'usure dentaire relative à l'attrition et à l'abrasion. Ainsi, une alimentation avec une faible abrasion (et une forte attrition) présente des cuspides très pointues et, au contraire, une alimentation avec une forte abrasion se traduira par des cuspides arrondies et émoussées. La relation entre le régime alimentaire et la forme de la cuspide est renforcée par des travaux récents qui montrent qu'un niveau élevé d'abrasion est plus probablement dû à la consommation d'herbe siliceuse qu'à l'ingestion de terre ou de poussière (Saarinen et Lister, 2016).

J'ai exclu de l'analyse les dents cassées et non usées (ou légèrement usées) ainsi que les dents extrêmement usées à la suite de Fortelius et Solounias, 2000 ; Rivals et al., 2007 ; 2009. J'ai observé de préférence sur le paracône de la deuxième molaire supérieure comme le recommandent Fortelius et Solounias (2000).

Dans cette étude, j'ai utilisé la méthode standardisée proposée par Mihlbachler et al. (2011) et modifiée par Rivals et al. (2013), déjà utilisée dans d'autres travaux (ex. Rivals et al., 2017 ; Uzunidis et al., 2017). Cette méthode classe l'usure dentaire en sept groupes (numérotés de 0 à 6), en fonction de leur forme et de leur topographie (0 = haute et nette ; 6 = émoussée sans relief). La valeur moyenne des données de méso-usure d'un seul échantillon correspond au " score de méso-usure " noté ici " MWS " (Mihlbachler et al., 2011).

Micro-usure dentaire

L'étude d'analyse des micro-usures suit le protocole établi par Solounias et Semprebon, 2002 et Semprebon et al. (2004). La surface occlusale de chaque dent a été nettoyée à l'aide d'acétone puis d'alcool à 96 %. Ensuite, la surface a été moulée avec du silicone à haute résolution (vinylpolysiloxane) et des moulages ont été faits en utilisant une résine époxy transparente. Les moulages transparents ont ensuite été observés au stéréomicroscope à un grossissement de x35. Les observations ont été limitées à une surface standard de 0,16 mm² (en utilisant un réticule oculaire), localisée de préférence sur le paracône de la dent supérieure et le protoconide de la dent inférieure.

Nous avons sélectionné des molaires d'adultes (à l'exclusion de P2 et P3) car la variation interdentaire n'est pas significative (Xafis et al., 2017). Les échantillons présentant un émail mal conservé ou des défauts taphonomiques ont été exclus de l'analyse (King et al., 1999).

Les microtraces, les rayures et les ponctuations observées en particulier sont laissées sur les surfaces occlusales pendant la mastication (Walker et al., 1978). La variabilité de la densité de ces traces est révélatrice des différents régimes alimentaires : brouteur, mangeurs-mixtes et pisseurs. J'ai observé plusieurs caractères suivant la classification de Solounias et Semprebon (2002) et Semprebon et al. (2004) : des ponctuations (petites et grandes), des rayures (fines, larges et hyper-larges) et des cratères. Le score de la largeur des rayures (SWS) a été calculé avec un score de " 0 " pour les dents présentant des rayures principalement fines par surface de dent, " 1 " pour celles présentant des rayures mixtes fines et larges sur la surface de dent, et " 2 " pour celles présentant des rayures principalement larges.

III - Résultats

L'analyse de méso-usure dentaire (Fig. 1) montre d'importantes différences entre *H. mediterraneus* d'une part et *C. elaphus* et *Megaloceros* sp. d'autre part. L'indice de méso-usure dentaire d'*H. mediterraneus* est très homogène d'un ensemble sédimentaire/grotte à l'autre (MWS : LVIV = 1,33 ; LVI ens. sup. = 1,59 ; LVI ens. inf. = 1,61) (Tabl. 1). Cet indice est très faible et les place dans la variabilité des brouteurs ou des mangeurs-mixtes à tendance brouteurs. Chez *C. elaphus*, cet indice est plus important (MWS : LVIV = 2,3 ; LVI ens. sup. = 2,83 ; LVI ens. inf. = 2,38) mais toujours très homogène pour ce taxon entre les différents ensembles. Toujours assez faible, cet indice correspond à celui des mangeurs-mixtes actuels ou bien à la limite inférieure des pisseurs. Enfin, la seule dent disponible de *Megaloceros* sp. a un mesowear score égal à 3, c'est-à-dire légèrement supérieure à la moyenne des *C. elaphus* tout en restant compris dans leur variabilité.

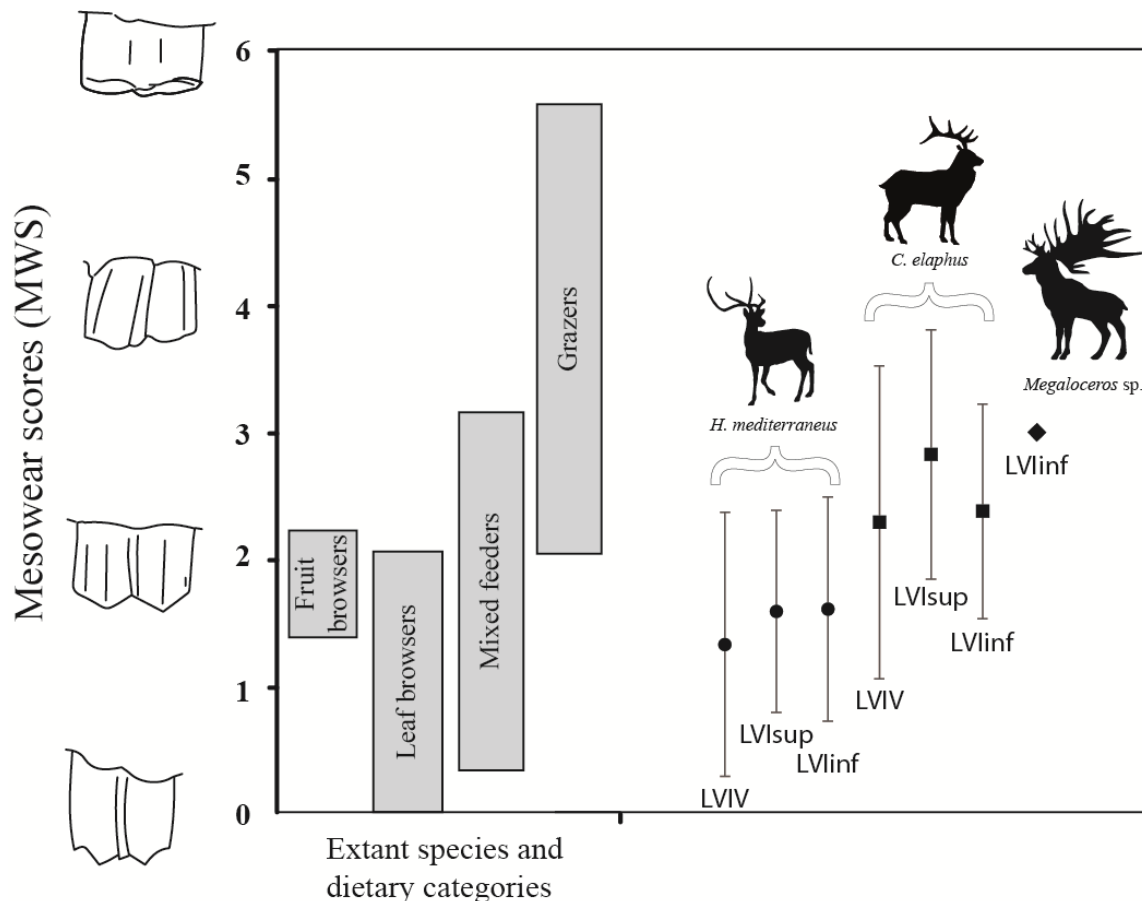


Figure 3 : Résultats de méso-usure dentaire pour les cervidés de Lunel-Viel (cette étude) et d'ongulés actuels (data : Fortelius et Solounias (2000), Solounias et Sempredon (2002), Rivals et al. (2010, 2014)).

En terme de micro-usure dentaire, les différences entre *H. mediterraneus* et les deux autres cervidés sont également présentes (Fig. 2). Le nombre de rayures et de ponctuations de *C. elaphus* sont ici aussi, très homogènes entre les ensembles. Avec un nombre moyen de rayures compris entre 16,67 et 17,25 (NS = LVIV = 16,67 ; LVI ens. sup. = 17,25 ; LVI ens. inf. = 16,70) (Tabl. 1), les cerfs élaphe correspondent à des mangeurs-mixtes, c'est-à-dire qu'ils ont consommé à la fois des essences monocotylédones et dicotylédones. Le mégacéros (NS = 18,5) a un nombre important de rayures qui le rapproche des pousseurs mais il reste dans la variabilité alimentaire du cerf élaphe. L'*Haploidoceros* est très distinct des autres cervidés sur la base du nombre de rayures. La moyenne des trois ensembles (inférieur, supérieur et grotte 4) se place parmi la tendance des brouteurs actuels en raison du très faible nombre de rayures. A l'inverse du cerf, il est intéressant de noter qu'en ce qui concerne la micro-usure dentaire, il y a une claire distinction entre le nombre de ponctuation de l'ensemble inférieur et celui de l'ensemble supérieur. Ces derniers en ont plus ce qui indiquerait qu'ils ont consommé des aliments plus poussiéreux que les individus de l'ensemble inférieur.

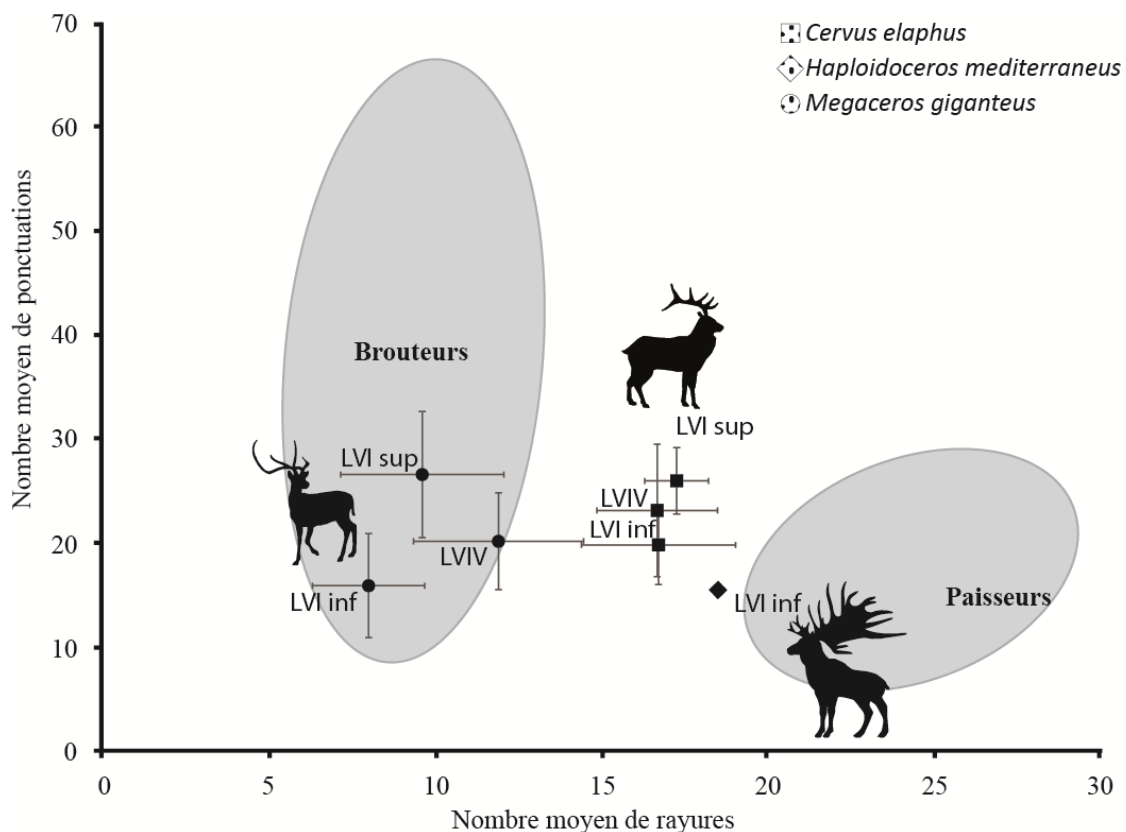


Figure 4 : Nuage de point du nombre moyen de rayures et de ponctuations des cervidés de Lunel-Viel et de la Tour-du-Valat. Les barres d'erreur correspondent à l'écart-type (± 1 SD). Les ellipses correspondent aux ellipses de confiance gaussiennes ($p = .95$) du barycentre pour les paisseurs et brouteurs actuels publiés par Solounias et Semprebon (2002).

IV - Quelques remarques conclusives

En faisant la synthèse des données de méso- et de micro-usure dentaire, on constate que l'alimentation des cervidés de Lunel-Viel est constante au cours du temps. Les *Haploidoceros* sont brouteurs à l'année et au moment de leur mort, *Cervus elaphus* et *Megaloceros* sp. sont des mangeurs-mixtes à tendance paiseuse tout au long de l'année et au moment de leur mort. Ainsi, à Lunel-Viel, les deux cervidés majoritaires : *Haploidoceros* et *Cervus* n'ont jamais occupé les mêmes niches écologiques et ont pu cohabiter sans compétition pour les mêmes ressources alimentaires.

Il faut tout de même noter le caractère spécialisé de l'alimentation de l'*Haploidoceros* de Lunel-Viel alors que les caractéristiques morphologiques de son crâne et de ces dents suggère qu'il a pu être un cervidé très flexible d'un point de vue écologique (Croitor et al., 2018). Aussi, à Cova del Rhinoceront, *Haploidoceros* est un mangeur-mixte similaire au cerf de Lunel-Viel (Rivals et al., 2016). Le caractère « très brouteur » de l'*Haploidoceros* de Lunel-Viel serait-il une conséquence d'une difficulté d'accès aux graminées, consommées notamment par les cerfs, mégacéros et les chevaux (cf. rapport précédent et Uzunidis, 2020) ?

En ce qui concerne *Haploidoceros*, l'étude exhaustive de tous les cervidés de chacun des quatre sites dans lesquels il a été décrit sera nécessaire pour mieux comprendre leur écologie. En ce qui concerne Lunel-Viel en général, il est encore nécessaire de poursuivre cette étude d'usure dentaire sur l'intégralité des herbivores présents avant de proposer une reconstitution intégrée, paléoenvironnementale, du gisement.

Bibliographie

- Croitor, R., Sanz, M., Daura, J., 2018. The endemic deer *Haploidoceros mediterraneus* (Bonifay) (Cervidae, Mammalia) from the Late Pleistocene of Cova del Rinoceront (Iberian Peninsula): origin, ecomorphology, and paleobiology. *Historical Biology* 32, 409–427. doi:10.1080/08912963.2018.1499018
- Fortelius, M., Solounias, N., 2000. Functional characterization of ungulate molars using the abrasion-attrition wear gradient: a new method for reconstructing paleodiets. *American Museum Novitates* 1–36.
- Fosse, P., 1994. Taphonomie Paléolithique : les grands mammifères de Soleilhac (Haute-Loire) et de Lunel-Viel 1 (Hérault) (Thèse de doctorat). Université de Provence, Aix-Marseille I.
- Fosse, P., 1996. La grotte n° 1 de Lunel-Viel (Hérault, France) : Repaire d'hyènes du Pléistocène moyen. Etude taphonomique du matériel osseux. *Paléo* 8, 47–79. doi:10.3406/pal.1996.906
- Mihlbachler, M.C., Rivals, F., Solounias, N., Semprebon, G.M., 2011. Dietary change and evolution of horses in North America. *Science (New York, N.Y.)* 331, 1178–1181. doi:10.1126/science.1196166
- Noury, F., 2005. Analyse et distinction des Cervidés du Pléistocène moyen de la grotte I du Mas des Caves (Lunel-Viel, Hérault, France) (Diplômes d'Etudes approfondies Anthropologie option Préhistoire). Université Bordeaux I - Institut de Préhistoire et de Géologie du Quaternaire.
- Rivals, F., Solounias, N., Mihlbachler, M.C., 2007. Evidence for geographic variation in the diets of late Pleistocene and early Holocene Bison in North America, and differences from the diets of recent Bison. *Quaternary Research* 338–346.
- Rivals, F., Moncel, M.-H., Patou-Mathis, M., 2009. Seasonality and intra-site variation of Neanderthal occupations in the Middle Palaeolithic locality of Payre (Ardèche, France) using dental wear analyses. *Journal of Archaeological Science* 36, 1070–1078. doi:10.1016/j.jas.2008.12.009
- Rivals, F., Rindel, D., Belardi, J.B., 2013. Dietary ecology of extant guanaco (*Lama guanicoe*) from Southern Patagonia: seasonal leaf browsing and its archaeological implications. *Journal of Archaeological Science* 40, 2971–2980. doi:10.1016/j.jas.2013.03.005
- Rivals, F., Uzunidis, A., Sanz, M., Daura, J., 2017. Faunal dietary response to the Heinrich Event 4 in southwestern Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 473, 123–130. doi:10.1016/j.palaeo.2017.02.033
- Rivals, F., Sanz, M., Daura, J., 2016. First reconstruction of the dietary traits of the Mediterranean deer (*Haploidoceros mediterraneus*) from the Cova del Rinoceront (NE Iberian Peninsula). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 449, 101–107. doi:10.1016/j.palaeo.2016.02.014
- Saarinen, J., Lister, A.M., 2016. Dental mesowear reflects local vegetation and niche separation in Pleistocene proboscideans from Britain. *Journal of Quaternary Science* 31, 799–808. doi:10.1002/jqs.2906
- Semprebon, G., Godfrey, L.R., Solounias, N., Sutherland, M.R., Jungers, W.L., 2004. Can low-magnification stereomicroscopy reveal diet? *Journal of Human Evolution* 115–144.
- Solounias, N., Semprebon, G., 2002. Advances in the reconstruction of ungulate ecomorphology with application to early fossil equids. *American museum novitates* 3366, 49.
- Uzunidis, A., Rivals, F., Brugal, J.-P., 2017. Relation between morphology and dietary traits in horse jugal upper teeth during the middle pleistocene in Southern France. *Quaternaire. Revue de l'Association française pour l'étude du Quaternaire* 28, 303–312. doi:10.4000/quaternaire.8256
- Uzunidis, A., 2020. Dental wear analyses of Middle Pleistocene site of Lunel-Viel (Hérault, France): Did Equus and Bos live in a wetland? *Quaternary International*. doi:10.1016/j.quaint.2020.04.011
- Xafis, A., Nagel, D., Bastl, K., 2017. Which tooth to sample? A methodological study of the utility of premolar/non-carnassial teeth in the microwear analysis of mammals. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 487, 229–240. doi:10.1016/j.palaeo.2017.09.003
- Walker, A., Hoeck, H.N., Perez, L., 1978. Microwear of mammalian teeth as an indicator of diet. *Science (New York, N.Y.)* 201, 908–910.

Site	Mesowear		Microwear								
	N	MWS	N	NP	NS	%LP	%G	SWS	%HC	%XS	
H. mediterraneus Grotte V SD	M	1	0	1	12	9	0	0	1	0	0
H. mediterraneus Grotte IVSD	M	36 1,04	1,33	20 4,65	20,2 2,55	11,9	35	0	0,55	0	85
H. mediterraneus Grotte I ens. Sup.	M	27	1,59	23	26,61	9,61	56,52	0	0,65	0	78,26
H. mediterraneus Grotte I ens. Inf.	SD		0,80		6,05	2,44					
C. elaphus Grotte IVSD	M	108	1,61	42	15,94	8	33,33	0	0,59	0	92,68
C. elaphus Grotte I ens. Sup.	SD		0,88		4,99	1,68					
C. elaphus Grotte I ens. Inf.	M	27	2,30	15	23,16	16,67	6,67	0	1	0	60
Megaloceros sp. Grotte I ens. Inf.	M	6	2,83	4	26	17,25	25	0	1	0	100
	SD		0,98		3,19	0,95					
	M	39	2,38	17	19,85	16,70	17,64	0	1	0	100
	SD		0,84		3,82	2,31					

Tableau 1 : Résumé des données de méso- et micro-usure dentaire des cervidés de Lunel-Viel. Abréviations : N=nombre de spécimens ; MWS= score de Méso-usure dentaire ; NP= nombre moyen de ponctuations ; NS= Nombre moyen de rayures ; %LP= pourcentage de spécimens présentant des grosses ponctuations ; %G= pourcentage des spécimens avec des cratères ; SWS= score de largeur des rayures ; %XS = pourcentage de spécimens avec des rayures croisées ; M=moyenne ; SD = écartype.

Les séries mandibulaires de cervidés du Mas des Caves (Lunel-Viel I, Hérault)

Pierre Magniez, Carla Giuliani

Aix Marseille Univ., CNRS, Minist. Culture, LAMPEA, Aix-en-Provence, France

Dans le cadre de la reprise des fouilles au Mas des Caves, à Lunel-Viel, nous avons engagé une nouvelle étude des riches collections mises au jour pendant les campagnes précédentes sous la direction d'E. Bonifay, dans les années 1970/1980. En particulier, suivant les problématiques de recherche que nous développons, nous nous intéressons aux deux taxons de cervidés très bien représentés : le Cerf (*Cervus elaphus*) et une espèce de taille moyenne récemment décrite (notamment à partir des séries de Lunel-Viel) : *Haploidoceros mediterraneus* (Croitor *et al.*, 2008).

L'étude en cours ne permet pas encore de décrire des résultats solides. Par conséquent, nous précisons dans ce rapport les problématiques de recherche suivies, les méthodes appliquées et le matériel déjà analysé (matériel du MNP, Les Eyzies). Les rapports des années suivantes détailleront les résultats paléontologiques, paléoécologiques et taphonomiques des séries de cervidés observés sur les campagnes de fouilles anciennes et récentes.

Objectif de ce rapport

Etablir une première évaluation de la structure de mortalité des séries fossiles de cervidés et estimer la saisonnalité.

I- Méthodes

La restitution de l'âge au décès des animaux est évaluée en appliquant les grilles de lecture des séquences d'éruption/remplacement dentaire et d'abrasion des surfaces occlusales (*e.g.* Chapman et Chapman, 1970 ; Riglet, 1977 ; Brown et Chapman, 1991a, 1991b et 1991c ; Magniez, 2010 ; Bowen *et al.*, 2016 pour les cervidés). En particulier, suivant la représentation du matériel de cerf de Lunel-Viel, les séries mandibulaires sont réparties en 6 classes d'âges : J1 pour les individus de première année ; J2 pour les individus de deuxième année ; A1 pour les individus entre e.30 et 60 mois ; A2 pour les individus entre e. 60 et 80 mois ; Adultes âgés (AA) pour les individus entre 80 et 120 mois et enfin Adultes très âgés (ATA) pour les individus de plus de 120 mois.

II - Matériel étudié et résultats

Cervus elaphus

55 fragments hémi-mandibulaires de *Cervus* ont été étudiés provenant de la grotte I du Mas des Caves, dont 25 portions gauches et 30 droites pour un NMI de 41 (Tabl. 1 et 3). Très inégalement réparties au sein du remplissage, moins de 5 séries mandibulaires ont été mises au jour dans les couches 2 (N=1), 3 (N=2), 4 (N=2), 5 (N=4) et 6 (N=3). Les couches 7 (N=6), 10 (N=9), 11 (N=5) et surtout 9 (N=21) sont plus riches en matériel.

L'étude détaillée des fragments permet de préciser les classes d'âge chez le cerf, notamment des J1, J2 et A1. Nous pouvons les dédoubler pour préciser le Nombre minimum d'individus et la saisonnalité :

- **J1a** : les déciduales sont sorties, pas ou peu abrasées et la couronne de la M1 est formée mais encore incluse dans la loge alvéolaire (ex. LV1_9_21104, Fig. 1) = **Classe d'âge 1 à 3 mois** ;

- **J1b** : les déciduales s'usent, la couronne de la M1 est presque totalement sortie mais n'est pas usée (ex. LV1_9_21799, Fig. 2) = **Classe d'âge 4 à 6 mois** ;
- **J2a** : l'abrasion des déciduales s'accroît, la couronne de la M1 est sortie et le 1^{er} lobe et parfois l'hypoconide montrent des figures d'abrasion (ex. LV1_9_2283, Fig. 3) = **Classe d'âge 10 à 15 mois** ;
- **J2b** : l'abrasion des déciduales s'accroît, toutes les cuspides de la M1 montrent des figures d'abrasion, la couronne de la M2 est sortie (pas d'usure ou seulement le 1^{er} lobe) et la M3 est encore dans sa loge (ex. LV1_11_12952, Fig. 4) = **Classe d'âge 15 à 20 mois** ;
- **A1a** : les prémolaires ont remplacé les déciduales, elles sont peu abrasées, la M3 est en place et peu usée (ex : LV1_9_23037, Fig. 5) = **Classe d'âge entre 30 et 40 mois** ;
- **A1b** : l'usure poursuit sur les prémolaires, la M1 et la M2 ; toutes les cuspides sont usées sur la M3 (ex : LV1_9_2221, Fig. 6) = **Classe d'âge entre 40 et 60 mois**.

La classe A2 (e.60-80 mois) est caractérisée par une abrasion de la couronne des prémolaires et des M2, M3 à **mi-hauteur** ; la M1 ne présente plus que le tiers de la hauteur de couronne originelle (ex : LV1_9_1878, Fig. 7).

La classe AA (e. 80-120 mois) : les prémolaires, M2 et M3 présentent des hauteurs de couronne **au environ du tiers** de la hauteur originelle de la dent. L'abrasion de la couronne de la M1 est (presque) totale (ex : LV1_11_3273, Fig. 8).

La classe ATA (+ de 120 mois) : les prémolaires et la M3 présentent **moins du tiers** de la hauteur de couronne originelle, l'abrasion des M1 et M2 touche la racine (ex : LV1_7_4438, Fig. 9).

Distribution stratigraphique

Dans le détail, la couche 2 n'a livré qu'une hémi-mandibule gauche portant P4 à M3 d'un A2. L'attribution de ce reste à la couche 2 n'est pas certaine. La couche 3 présente 2 hémi-mandibules droites (NMI=2) attribuées à un jeune adulte et un adulte âgé. Deux hémi-mandibules sont issues de la couche 4, appartenant à un jeune de première année (faon) et un adulte âgé (NMI=2). Trois individus sont recensés dans la couche 5, un jeune de deuxième année (daguét), un jeune adulte (deux séries mandibulaires P2 à M3, gauche et droite, pourraient potentiellement s'associer) et un adulte âgé.

De la même manière, trois individus de la couche 6 sont individualisés grâce à la présence de deux portions mandibulaires gauches de jeunes adultes et un individu très âgé. Six restes proviennent de la couche 7, dont un est d'attribution stratigraphique incertaine (LV1_7_?_603). Cela correspondrait à 5 individus, dont le profil de mortalité est orienté vers le modèle « adulte âgé dominant » : un adulte A2, deux adultes âgés et deux adultes très âgés.

La couche 9, la plus riche du site présente 21 fragments mandibulaires correspondant à 15 individus : trois faons, un seul daguét, sept jeunes adultes (dont 3 d'environ 3 ans) et 4 A2. Remarquons l'allure « adulte dominant » du profil de mortalité et l'absence de cerfs âgés. Cinq individus sont représentés dans la couche 10, avec un profil encore une fois orienté vers les adultes : un jeune de deuxième année, deux A1 et deux A2. Enfin, quatre cerfs proviennent de la couche 11, avec un faon, deux daguets ainsi qu'un adulte âgé.

Secteur	Couche	Série md Cervus	G	D	NMI	J1	J2	A1	A2	AA	ATA
LV1	2	1	1		1				1		
LV1	3	2		2	2			1		1	
LV1	4	2	1	1	2	1				1	
LV1	5	4	2	2	3		1	1		1	
LV1	6	3	2	1	3			2			1
LV1	7	6	2	4	5				1	2	2
LV1	9	21	10	11	15	3	1	7	4		
LV1	10	9	4	5	5		1	2	2		
LV1	11	5	2	3	4	1	2			1	
LV1	REMANIE	2	1	1	1			1			
TOTAL		55	25	30	41	5	5	14	8	6	3

Tableau 1 : Inventaire du nombre d'individus recensé chez *C. elaphus* par couche et par classe d'âge.

L'étude de la saisonnalité peut être estimée en analysant les stades d'éruptions/remplacement dentaire chez les jeunes individus par rapport aux référentiels actuels chez le cerf (e.g. Riglet, 1977 ; Brown et Chapman, 1991b, c) et en considérant la période des naissances, relativement synchrone chez les cervidés (fin de printemps/début d'été : mai-juin). Des modèles clairs peuvent être établis. Les faons sont représentés par 2 lots :

- des portions mandibulaires portant les dents de lait parfaitement sorties mais pas ou très peu usées et une M1 encore dans sa loge. Ces derniers avaient entre 1 et 3 mois donc sont morts pendant la période estivale.
- des fragments présentant une usure un peu plus avancée des déciduales avec des premières molaires presque en place correspondent à des faons âgés entre 4 et 6 mois. Leur mort est intervenue durant l'automne.

Par conséquent, à partir de l'inventaire réalisé, nous pouvons pointer la période estivale pour la couche 10, la période automnale dans les couches 4 et 5 et les 2 périodes sont potentiellement repérées dans les couches 9 et 11.

Haploidoceros mediterraneus

Le nombre de série hémi-mandibulaire est près de deux fois plus important chez *Haploidoceros* que chez *Cervus* puisque 100 fragments ont été étudiés, dont un équilibre parfait de 50 portions gauches et 50 droites (Tabl. 2 et 4). Le nombre minimum d'individu total est évalué à 62 sur la séquence. Une disproportion remarquable est enregistrée entre les couches : ainsi, les couches 3 (N=7), 4 (N=6), 5 (N=6), 6 (N=5), 7 (N=8), 8 (N=2), 10 (N=4), 13 (N=1) et 14 (N=2) présentent 8 fragments ou moins. Seule la couche 9 est très riche avec 53 fragments mandibulaires.

Les individus adultes sont surreprésentés par rapport aux jeunes et aux adultes âgés. Contrairement au cerf, les portions mandibulaires des faons et daguets sont rares (3 individus de première année, un seul de deuxième année).

Secteur	Couche	Série md <i>Haploidoceros</i>	G	D	NMI	J1	J2	A1	A2	AA	ATA
LV1	3	7	2	5	5			4	1		
LV1	4	6	3	3	3			2	1		
LV1	5	6	3	3	4			2	1		1
LV1	6	5	2	3	3			1	1	1	
LV1	7	8	2	6	6	1		2	1	2	
LV1	8	2	1	1	2			1		1	
LV1	9	53	29	24	29	2	1	12	6	6	2
LV1	10	4	4		4			4			
LV1	13	1		1	1			1			
LV1	14	2	1	1	1			1			
LV1	autre	3	1	2	2			1	1		
LV1	REMANIE	3	2	1	2					2	
TOTAL		100	50	50	62	3	1	31	12	12	3

Tableau 2 : Inventaire du nombre d'individus recensé chez *H. mediterraneus* par couche et par classe d'âge.

L'étude de la saisonnalité est plus lacunaire que chez le cerf. Dans la couche 7, une hémimandibule droite de faon présente des déciduales peu usées (LV1_7_8881, Fig. 10). La M1 est absente mais la loge alvéolaire suggère que cette dent était en cours d'éruption. L'animal est vraisemblablement mort à la fin de l'été ou au début de l'automne, âgé de 4 à 5 mois.

Dans la couche 9, une hémimandibule gauche de faon porte des déciduales et une M1 peu usées ainsi qu'une M2 avec la couronne formée, toujours dans sa loge mais la composante alvéolaire s'ouvre (LV1_9_21820, Fig. 11). L'individu devait être âgé entre 7 et 9 mois suivant les référentiels établis pour le daim (Chapman et Chapman, 1970 ; Brown et Chapman, 1991a ; Bowen *et al.*, 2016). La période au décès est ainsi évaluée en hiver en considérant une mise bas fin de printemps/début d'été (mai-juin). Le spécimen LV1_9_7471 (Fig. 12) montre des déciduales très usées et une abrasion sur M1 et M2. Les prémolaires étaient sur le point de remplacer les déciduales. Par conséquent, l'âge de l'individu peut être estimé entre 15 et 22 mois. Un autre individu peut être rapporté à cette classe d'âge (LV1_9_12878). Ce résultat est cohérent avec l'âge enregistré chez le faon, décalé d'un an.

Conclusions

L'analyse préliminaire des séries dentaires de *Cervus* et d'*Haploidoceros* démontre que plusieurs dizaines d'individus ont été rapportés dans la cavité, avec respectivement 41 et 62 animaux. Leur fréquence est très inégale dans le remplissage et la majeure partie a été mise au jour dans la couche 9. Dans cette dernière, les profils de mortalité sont très clairement de type « adulte-dominant », compatible potentiellement avec de activités de prédation menées par l'hyène (Kruuk, 1972 *in* Stiner, 1994).

Les estimations de la saisonnalité divergent entre les deux espèces. Ainsi, chez le cerf, deux périodes sont clairement pointées : l'été (c.10) ; l'automne (c.4, 5) voire les deux (c.9, 11). Les faons de l'*Haploidoceros* sont morts pendant la période hivernale mais le matériel est rare. Par conséquent, nous devons nous interroger sur la pertinence des résultats. Sont-ils réellement représentatifs des périodes au décès sachant que le nombre d'observation est tout de même assez faible ? Y a-t-il effectivement un approvisionnement saisonnier ciblé sur certaines proies, en fonction de leur présence potentielle sur le territoire ? S'agit-il d'erreurs de lecture dues par exemple à une mauvaise prise en compte de la variabilité inter-individuelle et/ou de l'amplitude de la période de mise bas intra/inter spécifique ? Quelle est la fiabilité de ces résultats ?

Plusieurs perspectives doivent être envisagées les mois à venir pour répondre à ces questions:

- Etudier les maxillaires et les dents isolées afin de croiser les résultats avec ceux présentés dans ce rapport.
- Travailler sur les remontages intra/inter couche pour préciser les attributions stratigraphiques et le nombre d'individus.
- Compléter l'étude du matériel dentaire avec celle du squelette postcrânien.
- Engager des études de cémento-chronologie pour affiner les estimations directes de l'âge et de la saisonnalité.

Bibliographie

BOWEN F., CARDEN R.F., DAUJAT J., GROUARD S., MILLER H., PERDIKARIS S., SYKES N., 2016 - *Dama* Dentition: a new tooth eruption and wear method for assessing the age of fallow deer (*Dama dama*). *International Journal of Osteoarchaeology*, 26, 1089-1098.

BROWN W. A. & CHAPMAN N. G., 1991a – Age assessment of fallow deer (*Dama dama*) : from a scoring scheme based on radiographs of developing permanent molariform teeth. *Journal of Zoology, London*, 224, 367-379.

BROWN W. A. & CHAPMAN N. G., 1991b – The dentition of red deer (*Cervus elaphus*) : a scoring scheme to assess age from wear of the permanent molariform teeth. *Journal of Zoology, London*, 224, 519-536.

BROWN W. A. & CHAPMAN N. G., 1991c - Age assessment of red deer (*Cervus elaphus*) : from a scoring scheme based on radiographs of developing permanent molariform teeth. *Journal of Zoology, London*, 225, 87-97.

CHAPMAN N.G., CHAPMAN D., 1970 – Fallow Deer: Their history, distribution and biology. Terence Dalton: Lavenham.

MAGNIEZ P. 2010 - *Etude paléontologique des Artiodactyles de la grotte Tournal. Etude taphonomique, archéozoologique et paléoécologique des grands Mammifères dans leur cadre biostratigraphique et paléoenvironnemental*. Perpignan : Université de Perpignan Via Domitia, 2010, 916 p., Thèse.

RIGLET P.H. 1977. *Contribution à l'étude de l'âge du cerf élaphe (Cervus elaphus L.)*. Thèse de l'école nationale vétérinaire de Maison-Alfort, 75 p.

ZONE	COUCHE	NUMERO	Latéralité	Classe Age	DENTS
LV1	3	4195	D	A1b	MDP3 à M2
LV1	3	3171	D	AA	MDP2 à M3
LV1	4	7608	G	AA	MDM3
LV1	4	3233	D	J1b	MDD3 à M1
LV1	5	13208	D	A1b	MDP2 à M3
LV1	5	3599	G	A1b	MDP2 à M3
LV1	5	4511	G	AA	MDP2 à M2
LV1	5	3956	D	J2b	MDD2 à M3
LV1	6	4561	G	A1b	MDM1 à M3
LV1	6	16390	G	A1b	MDM1 à M3
LV1	6	4563	D	ATA	MDM2M3
LV1	7	18010	G	A2	MDM1 à M3
LV1	7	8877	D	AA	MDP2 à P4
LV1	7	4438	D	ATA	MDP2 à M3
LV1	7	4154	D	ATA	MDM1 à M3
LV1	7	13427	G	ATA	MDM1 à M3
LV1	9	17580	D	A1b	MDP2 à M3
LV1	9	2221	D	A1b	MDP3 à M3
LV1	9	2968	D	A1b	MDP4 à M2
LV1	9	13311	D	A1b	MDM2M3
LV1	9	8576	G	A1b	MDP2 à M3
LV1	9	22756	G	A1b	MDP3 à M3
LV1	9	22007	D	A2	MDP2 à M3
LV1	9	25526+25527	D	A2	MDP2 à M3
LV1	9	18008	G	A2	MDP2 à M1
LV1	9	2176	G	A2	MDP2 à M2
LV1	9	1878	G	A2	MDP2 à M3
LV1	9	2051	G	A2	MDP2 à M2
LV1	9	21104	D	J1a	MDD2 à M1
LV1	9	1495	D	J1a	MDD3 à M1
LV1	9	21799	G	J1b	MD(D2)D3 à M1
LV1	9	2283	D	J2a	MDD2 à M1
LV1	9	1969	D	A1a	MDP3 à M3
LV1	9	2109	D	A1a	MDP4 à M3
LV1	9	23037 (ou 28037)	G	A1a	MDP2 à M3
LV1	9	1695	G	A1a	MDP3 à M3
LV1	9	2285	G	A1a	MDM1M2
LV1	10	16695	D	A1b	MDP2 à M3
LV1	10	6245	D	A1b	MDP3P4
LV1	10	4989	D	A1b	MDM1 à M3
LV1	10	7334	G	A1b	MDP3 à M3
LV1	10	5245	D	A2	MDP3 à M3
LV1	10	656	D	A2	MDP3 à M3
LV1	10	4928	G	A2	MDP2 à M3
LV1	10	3673	G	A2	MDP2 à M3
LV1	10	8360	G	J2a	MDD2 à M1
LV1	11	3188	D	AA	MDP2 à M3
LV1	11	3273	G	AA	MDP2 à M3
LV1	11	20481 (ou 80481)	G	J1a	MDD2 à M1
LV1	11	8938	D	J2a	MDD2 à M1
LV1	11	12952	D	J2b	MDD2 à M3
LV1	2?	93	G	A2	MDP4 à M3
LV1	7?	603	D	AA	MDP3 à M2
LV1	REMANIE	16870	D	A1b	MDP2 à M3
LV1	REMANIE	asso avec LV1_4_3233	G	J1b	MDD3 à M1

Tableau 3 : Séries mandibulaires de *Cervus elaphus*, LV1.

ZONE	COUCHE	NUMERO	Latéralité	Classe age	DENTS
LV1	3	16006	D	A1	MDP2àM3
LV1	3	3737	D	A1	MDP4àM3
LV1	3	4508	G	A1	MDP4àM3
LV1	3	4507	D	A1	MDP4àM3
LV1	3	12311	D	A2	MDP3àM3
LV1	3	12182	D	A1	MDP4àM2
LV1	3	3175	G	A2	MDP3àM3
LV1	4	3803	D	A2	MDM1àM3
LV1	4	3790	G	A1	MDP2àM3
LV1	4	9442	D	A1	MDP3àM2
LV1	4	4647	G	A2	MDP4àM3
LV1	4	13199	D	A1	MDP4àM3
LV1	4	3159	G	A1	MDP2àM3
LV1	5	2818	D	ATA	MDP3àM2
LV1	5	8520	D	A2	MDP4àM3
LV1	5	4391	G	A1	MDM1àM3
LV1	5	12115	G	A1	MDP4àM2
LV1	5	4471	G	ATA	MDM1àM3
LV1	5	7349	D	A1	MDP3àM3
LV1	6	8275	D	A2	MDM2M3
LV1	6	446	D	A1	MDP2àM3
LV1	6	4643	D	AA	MDM1àM3
LV1	6	12562	G	A1	MDM1àM3
LV1	6	16938	G	AA	MDP2àM3
LV1	7	4026	D	A1	MDM2M3
LV1	7	12658	G	A2	MDP3àM3
LV1	7	4055	G	A1	MDP4àM3
LV1	7	4300	D	A2	MDP3àM3
LV1	7	4031	D	A1	MDP3àM2
LV1	7	8788	D	AA	MDP2àM3
LV1	7	8881	D	J1	MDD2àD4
LV1	7	5195	D	AA	MDP3àM3
LV1	8	863	D	AA	MDP3àM3
LV1	8	2861	G	A1	MDP3àM3
LV1	9	2892	G	AA	MDM2M3
LV1	9	20862	G	A1	MDP3àM3
LV1	9	17830	D	A1	MDP3àM3
LV1	9	13122	G	ATA	MDM1
LV1	9	22045	D	A2	MDM2M3
LV1	9	1366	G	A2	MDP2àM3
LV1	9	2361	G	A2	MDP4àM2
LV1	9	1685	G	A1	MDM1àM3
LV1	9	1658	G	A1	MDP4àM3
LV1	9	9076	G	A2	MDP2àM3
LV1	9	21381	G	A1	MDP4àM3
LV1	9	20330	D	AA	MDM1àM3
LV1	9	13035	D	ATA	MDP4M1
LV1	9	880	D	AA	MDP2àM3

ZONE	COUCHE	NUMERO	Latéralité	Classe age	DENTS
LV1	9	20632	G	A1	MDP3àM3
LV1	9	12878	G	J2	MDM1M2
LV1	9	1653	D	A1	MDP4àM2
LV1	9	12368	G	AA	MDM3
LV1	9	21468	G	A1	MDP3àM3
LV1	9	1059	G	AA	MDM1àM3
LV1	9	676	G	A2	MDM2M3
LV1	9	932	D	AA	MDP4àM3
LV1	9	1451	D	A1	MDM1
LV1	9	13287	G	A1	MDP2àM1
LV1	9	8945	D	A1	MDM1M2
LV1	9	21152	G	A1	MDP2àM3
LV1	9	1047	G	A1	MDP4àM3
LV1	9	1575	D	A1	MDP2àM3
LV1	9	1196	G	A2	MDP4àM3
LV1	9	22730	G	A2?	MDP2àM3
LV1	9	16067	D	AA	MDM1àM3
LV1	9	1424	G	A1	MDP2àM3
LV1	9	22994	G	AA	MDP2àM3
LV1	9	1300	G	AA	MDP3àM2
LV1	9	617	D	AA	MDM1àM3
LV1	9	25527	D	A1	MDP4àM3
LV1	9	22797	G	AA	MDP2àM3
LV1	9	21820	G	J1	MDD2àM2
LV1	9	1107	D	A2	MDP3àM3
LV1	9	7471	G	J2	MDD3àM2
LV1	9	21990	D	A1	MDP4àM3
LV1	9	1223	D	A2	MDP3àM3
LV1	9	16074	G	A1	MDP3àM3
LV1	9	20979	D	A1	MDM1àM3
LV1	9	7493	G	A1	MDP4àM3
LV1	9	1511	D	A1	MDP2àM3
LV1	9	1273	D	ATA	MDP3àM3
LV1	9	21764	G	ATA	MDP3àM3
LV1	9	1593	D	A2	MDP2P3
LV1	9	13146	D	A1	MDP2àM3
LV1	9	2676	D	A1	MDP2àM3
LV1	9	1709	D	A2	MDP2àM3
LV1	9	18465	D	A1	MDP2àM3
LV1	10	3445	G	A1	MDM2M3
LV1	10	7513	G	A1	MDM2M3
LV1	10	20976	G	A1	MDM1àM3
LV1	10	17823	G	A1	MDP4àM3
LV1	13	7609	D	A1	MDP3
LV1	14	5465	D	A1	MDP3àM3
LV1	14	5464	G	A2	MDP3àM3
LV1	R	804	G	AA	MDM1àM3
LV1	IC1	106	D	A2	MDM1àM3
LV1	Ir2	50	G	A1	MDM2M3
LV1	SOND_75	18024	D	A1	MDP4àM3
LV1	R	2963	D	A2+	MDP3àM3
LV1	R	1500	G	AA	MDM2M3

Tableau 4 : Séries mandibulaires d'*Haploidoceros mediterraneus*, LV1.



Figure 1 : Fragment mandibulaire droit de *Cervus elaphus* LV1_9_21104, 1-3 mois. Vue occlusale (haut) et linguale (bas).



Figure 2 : Fragment mandibulaire gauche de *Cervus elaphus* LV1_9_21799, 4-6 mois. Vue occlusale (haut) et linguale (bas).



Figure 3 : Fragment mandibulaire droit de *Cervus elaphus* LV1_9_2283, 10-15 mois. Vue occlusale (haut) et vestibulaire (bas).



Figure 4 : Fragment mandibulaire droit de *Cervus elaphus* LV1_11_12952, 15-20 mois. Vue occlusale (haut) et linguale (bas).



Figure 5 : Fragment mandibulaire gauche de *Cervus elaphus* LV1_9_23037, 30-40 mois. Vue occlusale (haut) et vestibulaire (bas).



Figure 6 : Fragment mandibulaire droit de *Cervus elaphus* LV1_9_2221, 40-60 mois. Vue occlusale (haut) et vestibulaire (bas).



Figure 7 : Fragment mandibulaire gauche de *Cervus elaphus* LV1_9_1878, 60-80 mois. Vue occlusale (haut) et linguale (bas).



Figure 8 : Fragment mandibulaire gauche de *Cervus elaphus* LV1_11_3273, 80-120 mois. Vue occlusale (haut) et vestibulaire (bas).



Figure 9 : Fragment mandibulaire droit de *Cervus elaphus* LV1_7_4438, >120 mois. Vue occlusale (haut) et vestibulaire (bas).



Figure 10 : Fragment mandibulaire droit d'*Haploidoceros mediterraneus* LV1_7_8881, 4-5 mois. Vue occlusale (haut) et linguale (bas).



Figure 11 : Fragment mandibulaire gauche d'*Haploidoceros mediterraneus* LV1_9_21820, 7-9 mois. Vue occlusale (haut) et linguale (bas).



Figure 12 : Fragment mandibulaire gauche d'*Haploidoceros mediterraneus* LV1_9_7471, 15-22 mois. Vue occlusale (haut) et vestibulaire (bas).

Étude de la portion pétreuse de temporal droit (LVI-2020, G13-450)

Jean-Luc Guadelli, PACEA, Bordeaux

I - Caractères généraux.

La face rostrale est active et les *pars petrosa* et *tympanica* ne sont pas soudées. Il existe une empreinte pour le nerf trijumeau et non un canal.

II - Face médiale (figure 1).

En vue ventrale et en vue médiale la face médiale (*Facies medialis partis petrosae*) est concave vers l'intérieur. L'apex antéro-inférieur (*Apex partis petrosae*) [aai] est long et se termine par un bord vertical qui semble avoir été bifide même si le pétreux est cassé à cet endroit. Le méat auditif interne (*Meatus acusticus internus*) [mai], ovale de grand-axe rostro-caudal et à bord dorsal concave, est de grande taille. La crête falciforme (*Crista transversa*) [ct], fine et aiguë est orientée dans le sens dorso-ventral. La Bill's bar (*Crista verticalis*) [Bb], plus épaisse et mousse, est orientée dans le sens rostro-dorsal-caudo-ventral. Reliquat du sillon médial (Sm), un très fin sillon orienté dans le sens rostro-caudal part du bord rostro-dorsal du méat auditif interne vers la face rostrale sur 4 mm. L'orifice de l'aqueduc du vestibule (*Apertura externa aquaeductus vestibuli*) [dav] s'ouvre du côté dorsal au fond d'un long sillon qui, oblique par rapport à l'axe principal du méat auditif interne, est orienté dans le sens rostro-dorsal/caudo-ventral ; une lame courte et mousse le surplombe. La crête pétreuse (*Crista partis petrosae*) [cp], fine sur toute sa longueur surplombe la face médiale également sur toute sa longueur. L'empreinte du nerf trijumeau (*Impressio nervi trigemini*) [ent] appartient à la face ventrale et n'est pas inclinée du côté médial. Elle est longue, concave et est orientée dans le sens rostro-caudal-caudo-ventral. Le bord rostro-ventral de la face rostrale ne fait pas saillie au-dessus de l'empreinte du nerf trijumeau [ent]. La fosse cérébelleuse (*Fossa cerebellaris*) [fc] est vaste (plus de 40% de la face médiale), profonde et subcirculaire. Le bord caudal de la fosse cérébelleuse ne descend pas au delà d'une limite qui correspond à la région médiane du méat auditif interne. La *Fossa subarcuata* est absente. Le bord ventro-caudal de la face médiale est à peu rectiligne et le bord caudal est convexe et non encoché au niveau de l'ouverture du canal cochléaire (*Apertura externa canalis cochleae*) [dcc] comme chez *Cervus elaphus* et l'ouverture de ce canal n'appartient pas à la face médiale.

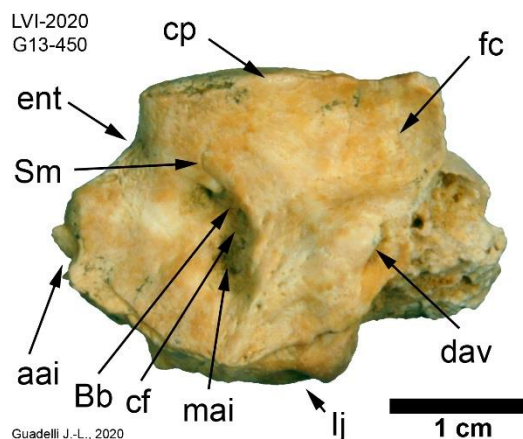


Figure 1 : Lunel-Viel. *Cervus* sp. Portion pétreuse de temporal droit (LVI-2020, G13-450). Face médiale (cliché J.-L. Guadelli).

III - Face rostrale (figure 2).

La face rostrale (*Facies rostralis partis petrosae*) est active sur toute son étendue. Sa surface à peu près plane et irrégulière est en forme de goutte d'eau à base (bord ventral) rectiligne. Le bord latéro-dorsal de cette face présente une petite crête sinueuse à bord aigu longée du côté médial par un sillon. Du côté latéral et à la limite du bord ventral de la face rostrale se trouve le canal du nerf facial (syn. Anc. de l'Aqueduc de Fallope : *Canalis nervi facialis*) [ochF] mais s'il se prolonge sur cette face par un fin sillon il ne l'encoche pas vraiment. Bien qu'il soit endommagé, le *tegmen tympani* [Tt], oblique vers le bas, semble avoir été développé du côté latéral. En vue rostrale l'empreinte du nerf trijumeau [ent] apparaît triangulaire, non éversée du côté médial. Pas de sillon rostral (Sr)

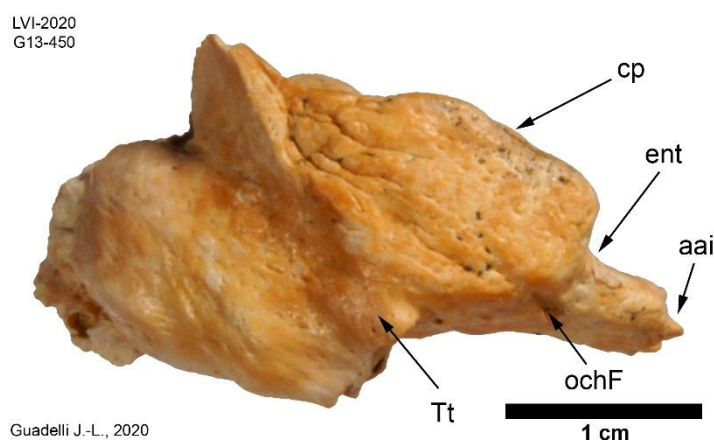


Figure 2 : Lunel-Viel. *Cervus* sp. Portion pétreuse de temporal droit (LVI-2020, G13-450). Face rostrale (cliché J.-L. Guadelli).

IV - Face ventrale (figure 3).

Sur la face ventrale (*Facies ventralis partis petrosae*) l'apex antéro-inférieur (*Apex partis petrosae*) [aai], est fin à bord aigu et dessine un triangle isocèle à base rostrale. Il est échancré par l'empreinte du nerf trijumeau (*Impressio nervi trigemini*) [ent] qui n'est pas inclinée du côté médial. La partie latérale présente un sillon étroit qui se prolonge sur la face cérébrale (rostrale). Au fond de cette ride s'ouvre le canal du nerf facial (*Canalis nervi facialis*) [ochF]. En vue ventrale on constate que la face médiale est concave vers l'intérieur et que la crête pétreuse [cp] n'est pas développée du côté médial.

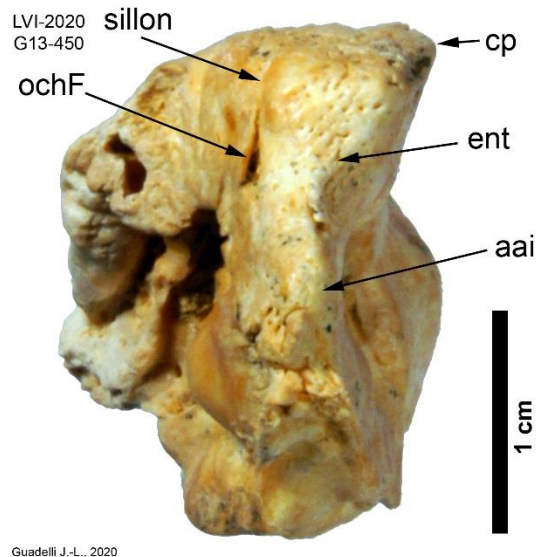


Figure 3 : Lunel-Viel. *Cervus* sp. Portion pétreuse de temporal droit (LVI-2020, G13-450). Face ventrale (cliché J.-L. Guadelli).

V- Face caudale (figure 4).

Sur la face caudale (*Facies caudalis partis petrosae*) l'encoche de la fosse jugulaire (*Fossa jugularis*) [lj] est peu profonde et large. La fosse caudo-ventrale [Fcv], rectangulaire allongée, est peu profonde et bordée du côté latéral par une crête fine dont l'étendue est inconnue car l'os est endommagé à cet endroit. L'ouverture du canal cochléaire (*Apertura externa canalis cochleae*) [dcc] est se fait au fond d'une dépression circulaire profonde situé au tiers médial de la face caudale.

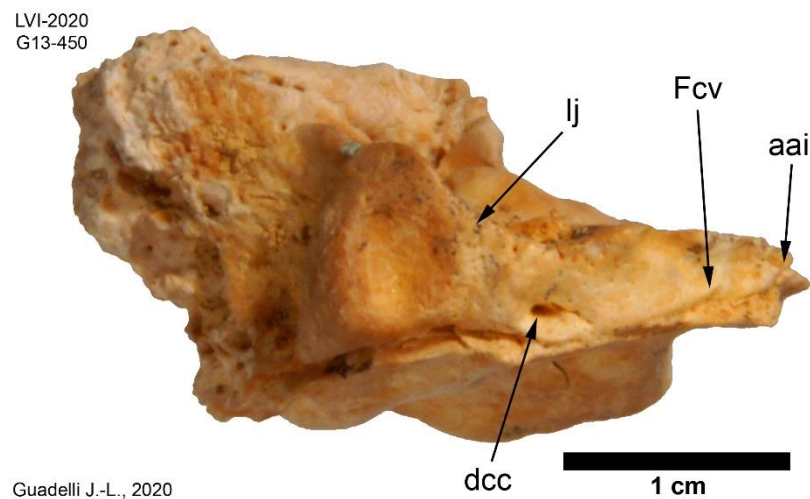


Figure 4 : Lunel-Viel. *Cervus* sp. Portion pétreuse de temporal droit (LVI-2020, G13-450). Face caudale (cliché J.-L. Guadelli).

VI - Face latérale (figure 5).

Sur la face latérale (*Facies lateralis partis petrosae*) la fenêtre ovale (*Fenestra vestibuli*) [fo] est de forme ovale, large, de grand axe dorso-ventral et s'ouvre du côté latéral. La fenêtre ronde (*Fenestra cochleae*) [fr] est circulaire, large et s'ouvre du côté dorsal. La crête séparant les fenêtres ovale et ronde (*Crista interfenestralis*) [Ci] est courte, étroite, aiguë et haute. L'angle entre les fenêtres est ouvert (76°). Le promontoire de la cavité tympanique (*Promontorium cavitatis tympani*) [pct] est ovale, large de grand-axe dorso-ventral et présente une large empreinte circulaire dans sa partie rostrale qui ne se poursuit pas du côté ventral. Le rebord latéro-caudal de la face latérale est présent mais son étendue est inconnue car nous avons vu que l'os est endommagé à cet endroit ; Il était peut-être court et convexe.

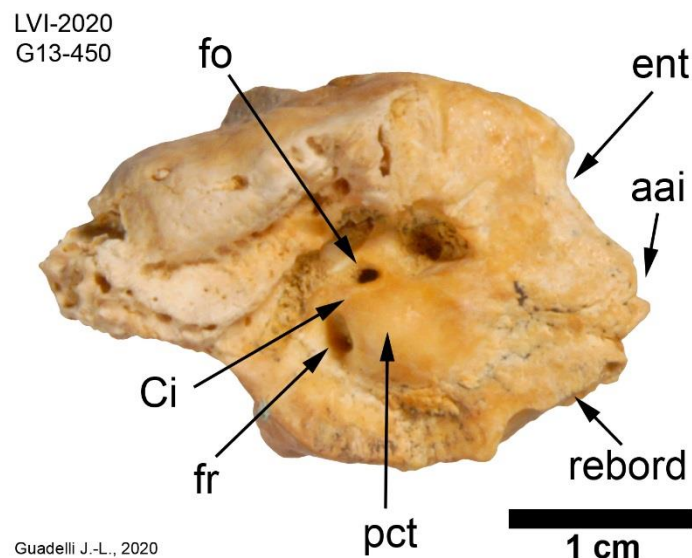


Figure 5 : Lunel-Viel. *Cervus* sp. Portion pétreuse de temporal droit (LVI-2020, G13-450). Face latérale (cliché J.-L. Guadelli).

VII) Conclusion.

Cet os pétreux présente un ensemble de caractères qui indiqueraient le genre *Cervus* mais comme les pétreux de *Cervus elaphus* actuels de ma collection présentent une grande variabilité morphologique, je ne peux pas vraiment dire qu'il s'agit de l'Élaphe car cet os pétreux présente quelques caractères particuliers dont je ne peux pas encore évaluer la pertinence. En conséquence j'attribue cette pièce à *Cervus* sp. en attendant la découverte d'autres os pétreux pour les comparer et constater – ou non – la stabilité de certains caractères.

Commentaires (J.P. Brugal)

Connaissant l'intérêt de cet élément crânien osseux, à la fois sur le plan anatomique et taxinomique, mais aussi sur le potentiel qu'il représente dans les études paléogénétiques, nous avons dès sa découverte (Secteur V) pris le soin de le mettre dans du papier aluminium, sans le nettoyer, puis le conserver au frigo. Après son étude par J.L. Guadelli (ci-dessus), cette portion a été envoyée à E.M. Geigl (Institut Jacques Monod, Paris) pour procéder à l'avenir à une étude de son ADN.

FLORES

(INCLUS COPROLITHES)

Palynologie 1975

(Jean-Philip Brugal, data Michel Girard)

Nous avons pu récupérer de la documentation auprès de M.F. Bonifay et retrouvé ainsi une première étude palynologique faite par M. Girard (alors au CRA Valbonne) en 1975, au moment des fouilles d'E. Bonifay, que nous aimerions reproduire ici sous forme d'un tableau (ci-dessous). Nous avons également contacté M. Girard, maintenant à la retraite, pour l'informer et il nous a fort aimablement autorisés à utiliser ces données.

Les prélèvements provenaient des couches 9, 11 (dans ce cas il s'agit d'une analyse sur coprolithe) et 12, et aussi des argiles rouges de la base du remplissage. On peut noter à la fois de la richesse en restes végétaux (pollens) dans le remplissage de Lunel-Viel et donc du fort potentiel informatif et scientifique de cette recherche. En outre, plusieurs taxons dit 'tertiaires' (*Celtis*, *Platycaria*, *Carya*) sont présents probablement issue de l'encaissant Miocène. Des graines de micocoulier (*Celtis*) sont signalées dans ce remplissage par EB dénotant la survivance de cette espèce dans l'environnement du site à la fin du Pléistocène moyen. Il faut enfin noter la présence assez abondante d'éléments thermophiles (*Platanus*, *Phyllyrea*, *Ceratonia*) et globalement une bonne représentations des pollens d'arbres (en particulier *Pinus* sp., mais aussi *Quercus* ou *Ulmus*). Parmi les 'herbes', on constate une grande abondance de Graminés, Cichoriacés et Anthemidés.

L'ensemble indique un environnement relativement tempéré, synchrone de condition de type 'interglaciaire'.

	9		11		12		Argile rouge	
	(nb) restes végétaux (%)		coprolithes		restes végétaux			
Pinus sp.	220	56,85	142	59,17	42	40,38	14	12,73
Cupressacées	5	1,29	5	2,08	3	2,88	21	19,09
t. Juniperus	1	0,26						
Betula	2	0,52			6	5,77	3	2,73
Alnus	1	0,26			2	1,92	3	2,73
Corylus	4	1,03	3	1,25	2	1,92	4	3,64
Quercus (f.caduc)	6	1,55	4	1,67	1	0,96	5	4,55
Acer							1	0,91
Tilia							4	3,64
Ulmus			3	1,25	8	7,69	15	13,64
Juglans							1	0,91
cf. Castanea							1	0,91
Platanus					2	1,92	7	6,36
Phillyrea sp.							1	0,91
Rhamnus sp.					1	0,96		
Pistacia	1	0,26						
Carpinus oriental.-C	3	0,78						
Ceratonia siliq.								
Celtis	16	4,13						
Platycarya	10	2,58						
cf. Engelhardt.	2	0,52	4	1,67				
Carya			5	2,08				
total / AP	271	70,03	166	69,17	67	64,42	80	72,73
Graminae	74	19,12	33	13,75	17	16,35	17	15,45
Cichoriae	10	2,58	6	2,5	9	8,65	6	5,45
Anthemidae	11	2,84	1	0,42	4	3,85	1	0,91
Carduaceae	1	0,26	1	0,42				
Artemisia	1	0,26						
Centaurea			1	0,42			1	0,91
Chenopodiaceae	1	0,26					1	0,91
Caryophyllaceae			2	0,83				
Cruciferae	1	0,26			1	0,96	1	0,91
Leguminosae					1	0,96		
Labiatae	3	0,78	1	0,42				
Liliaceae			3	1,25				
Plantago	2	0,52	4	1,67				
Renunculaceae					1	0,96		
Rubiaceae	1	0,26	3	1,25				
Umbelliferae					1	0,96		
Urticaceae	2	0,52			1	0,96		
Ericaceae							1	0,91
Cyperaceae	3	0,78	4	1,67	1	0,96		
Filicales	6	1,55	15	6,25	1	0,96	2	1,82
tot	116	29,97	74	30,83	37	35,58	30	27,27
TOTAL	387	100	240	100	104	100,00	110	100,00
Total P + S	387		240		104		110	
total P + S sans foug	381		225		103		108	

Tabl. – Analyse (décompte) palynologique de LVI par M. Girard (1975)

Des Coprolithes : analyses programmées

Jean-Philip Brugal

Près d'une centaine de coprolithes ont été retrouvés lors de la campagne 2020, provenant de toutes les zones fouillées. Ils sont généralement bien préservés, de dimensions variables, bien que certains plus pulvérulents n'aient pas été collectés (mais ils ont été coordonnés).

La majorité provient de la Bande P (n=62) et ils sont plutôt de petite taille. Il faut noter qu'un gros amas écrasé de cet *album graecum* (M. de Serres, 1928, 1939) était présent en P18. Cela peut être mis en relation avec la plus grande abondance de restes (esquilles) ingérés et d'un moindre taux d'éléments déterminables dans cette zone (cf. rapport Fosse & Fourvel). Les coprolithes sont généralement de plus grande taille dans le Secteur V (n=22) et dans la zone R-Q20 (n=env.10).

Nous avons sélectionné une vingtaine d'entre eux : 10 dans la Bande P, 6 en R-Q20 et 4 du Secteur V, afin de procéder à des analyses palynologiques (S. Leroy) et phytolithiques (D. Barboni). Avant traitement, tous les spécimens sont été photographiés, décrits, pesés et mesurés (fig. 1, tabl.1).



Fig.1 – Coprolithes (G) : P17#792 et (D) : G12#89

	Label	Label	Note	Pollen in g	Phytoliths in g
1	LV1-2020	P19 697		13	15
2	LV1-2020	P17 311		7	0
3	LV1-2020	P17 158		8	0
4	LV1-2020	P19 699		8	9
5	LV1-2020	P17 751		8	6
6	LV1-2020	P17 792		8	6
7	LV1-2020	P18 821		4	5
8	LV1-2020	P18 317		6	4
9	LV1-2020	P18 820		7	8
10	LV1-2020	P19 659		8	5
11	LV1-2020	G13 802		10	10
12	LV1-2019	G12 89		4	5
13	LV1-2020	H16 860	snail imprint	7	4
14	LV1-2020	Q20	3 large associated feces	15	3
15	LV1-2020	S20 A24		17	8
16	LV1-2020	Q22-24	with vacuoles	15	7
17	LV1-2020	Q-R 20	14/09/2020, z = 110 to 120 under P11	12	9
18	LV1-2020	(a), R21	15/09/2020, z = 76-123	7	5
19	LV1-2020	(b), R21	15/09/2020, z = 76-123	6	4
20	LV4	vestibulum	from old diggings	9	0

Tabl. 1 – Inventaire des coprolithes prélevés

Chaque spécimen a fait l'objet d'un nettoyage de la surface pour enlever les sédiments adhérents, puis le cortex a été décapé et enfin le coprolithe a été coupé en deux parties plus ou moins égales (utilisation d'un dremel et d'un cutter, et chaque spécimen traité sur des supports séparés pour éviter la contamination entre eux = nettoyage des surfaces).

Trois séries de prélèvements sont alors organisés : l'un pour la palynologie (fig.2), le deuxième pour l'étude des phytolithes et le troisième, en conservant tous les débris osseux potentiellement présents (et il y en a assez régulièrement) dans l'échantillon, pour de futures analyses en protéomiques.

Le premier stock a été envoyé (Déc. 2020) au laboratoire du Department of Geography and Planning, School of Environmental Sciences de l'University of Liverpool (UK) afin d'effectuer l'extraction des pollens, qui seront étudiés par S. Leroy (Lampea). Le second a été donné pour analyse à D. Barboni (Cerege) pour l'étude des phytolithes. A ce sujet, deux tests portant sur des sédiments (du Secteur V, en G14 et F12) avaient été fait après la campagne 2019 mais se sont révélés stériles en phytolithes mais avec la présence de rares diatomées. Trois autres prélèvements sédimentaires ont été fait en 2020 afin de vérifier la présence ou non de ces structures siliceuses, et c'est aussi pour cette raison que nous nous sommes concentrés cette année sur des coprolithes dans cette recherche. Une des hypothèses de l'absence de ces formations c'est que les plantes dans l'environnement immédiat n'étaient pas de grande accumulatrices de silice ?

Le troisième stock sera envoyé pour analyse protéomique à Mike Buckley, du Manchester Institute of Biotechnology, University of Manchester (UK) (financement par IRN 0871 TaphEN).



Fig.2 – Traitement et prélèvement sur coprolithes (JPB, photo S. Leroy)

Structure et composition des coprolithes d'hyènes (LV I) : étude préliminaire

Yannicke Dauphin, Jean-Philip Brugal

De très nombreux coprolithes sont présents dans les dépôts de la grotte n°1 (ou I) du Mas des Caves. Ces fèces fossiles sont de précieux éléments pouvant faire l'objet de très nombreuses études, comme par exemple en palynologie, parasitologie, paléogénétique ou protéomique, etc. Ils sont issus de plusieurs prédateurs (canidés, félidés, hyénidés), mangeurs d'os peu ou prou (par ex. Sanz et al., 2015). Dans le cadre de l'IRN 0871 en Taphonomie (*International Research Network*, CNRS-INEE, resp. J.P. Brugal), un *Working-group Coprolithes (Integrated taphonomical approaches on Coprolites remains)* a été créé (voir https://taphonomy-network.blogspot.com/2018/05/scientific-actions_1.html), et la reprise des fouilles de Lunel-Viel, et sa riche documentation en coprolithes, fait l'objet d'études spécifiques et comparatives avec d'autres sites

Parmi les échantillons de coprolithes, trois spécimens LV I ont tout d'abord été sélectionnés sur les collections des fouilles d'E. Bonifay (prélèvement avec autorisation au MNP, Les Eyzies). L'objectif était de tester ces éléments pour une étude de structure et de composition. Ils sont tous déterminés comme appartenant aux hyénidés, en particulier *Crocuta spelaea*. Deux sont sans précisions de couche et l'un provient de la couche 5.

Malheureusement, le contexte sanitaire a eu pour conséquence de réduire, voire de fermer, l'accès aux plateformes analytiques. Les résultats présentés sont donc partiels.

Morphologie

Les trois spécimens présentent une morphologie et des dimensions voisines (Figure 1). Arrondis, parfois hémisphériques, ils sont de couleur claire, légèrement ocrée. Leur surface est granuleuse, fissurée et plus ou moins friable.

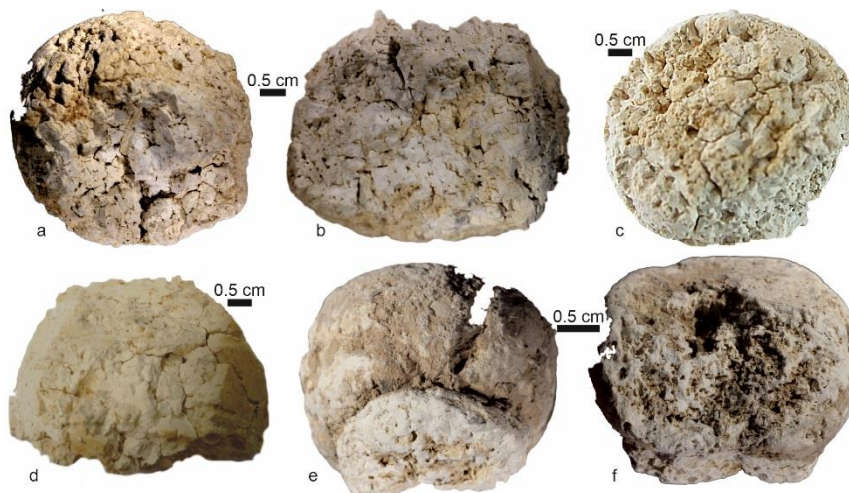


Figure 1 - Morphologie. a, b : *Crocuta spelaea*, couche 5. c, d : Lunel Viel I, sans précisions couches. e, f : *Crocuta*, sans précision, fouilles Bonifay

Structure

Seuls deux spécimens ont pu être étudiés de ce point de vue : *Crocota*, sans précision, fouilles Bonifay (appelé sp1) et *Crocota spelaea*, couche 5 (appelé sp2). Afin de préserver une partie des spécimens pour d'autres analyses, un prélèvement a été fait sur une profondeur de 5 mm environ. Une partie de ce prélèvement a été dispersée sur un plot recouvert d'un adhésif enrichi en carbone, afin de faciliter la conduction et de limiter les effets de charge électrique. Aucun autre traitement n'a été effectué. La partie restante a été utilisée pour l'analyse de la composition (cf. ci-dessous). Les observations ont été réalisées sur un microscope électronique à balayage environnemental (FEI Quanta 600 FEG) en mode low vacuum à 5 ou 10 KeV, électrons secondaires, au Max Planck Institute of Colloids and Interfaces (Potsdam, Allemagne).

Le spécimen sp1 contient des particules sédimentaires en forme de plaquettes, ainsi que de nombreux corpuscules arrondis d'un diamètre de 2 µm environ (Figure 2a). Traditionnellement, ces corpuscules sont attribués à des bactéries, bien que cela n'a jamais pu être démontré. Des structures allongées, rectilignes, dont la structure interne est annelée, existent également (Figure 2b). Ces anneaux, visibles seulement lorsque le cortex externe est fendu, sont eux-mêmes ornés de bourrelets. Leur origine n'a pas été déterminée. D'autres éléments plus souples et de diamètre variable ont été observés (Figure 2c). Il s'agit très vraisemblablement de fibres végétales. Ces éléments rectilignes ou onduleux ne sont pas des résidus de fourrure des proies, ainsi que le montre la comparaison avec un poil présent dans un coprolithe actuel de *Crocota* (Fig. 2f). Dans ce cas, les écailles emboîtées sont nettement visibles sur la surface externe.

Le spécimen sp2 est, comme le précédent, majoritairement composé de particules non organiques (Figure 2d, e). Les particules semblent parfois agglomérées et alignées sur un support dont la nature est inconnue.

Il est à noter que bien que les prélèvements aient été réalisés dans la partie superficielle des coprolithes, aucun pollen, aucun fragment d'insecte qui aurait pu venir s'agréger au coprolithe encore humide n'a été détecté.

Composition

Compte-tenu du régime alimentaire et des contraintes analytiques, la spectrométrie infrarouge par transformée de Fourier (FTIR) a été utilisée pour déterminer la composition globale des trois spécimens sélectionnés. Parmi les diverses options disponibles sur les spectromètres IR, l'option ATR (réflectance totale atténuée) a été retenue. Cette technique présente l'avantage de ne nécessiter aucune préparation du spécimen. La mise en œuvre est simple : l'échantillon est mis en contact avec un cristal de diamant contre lequel il est pressé, écrasé.

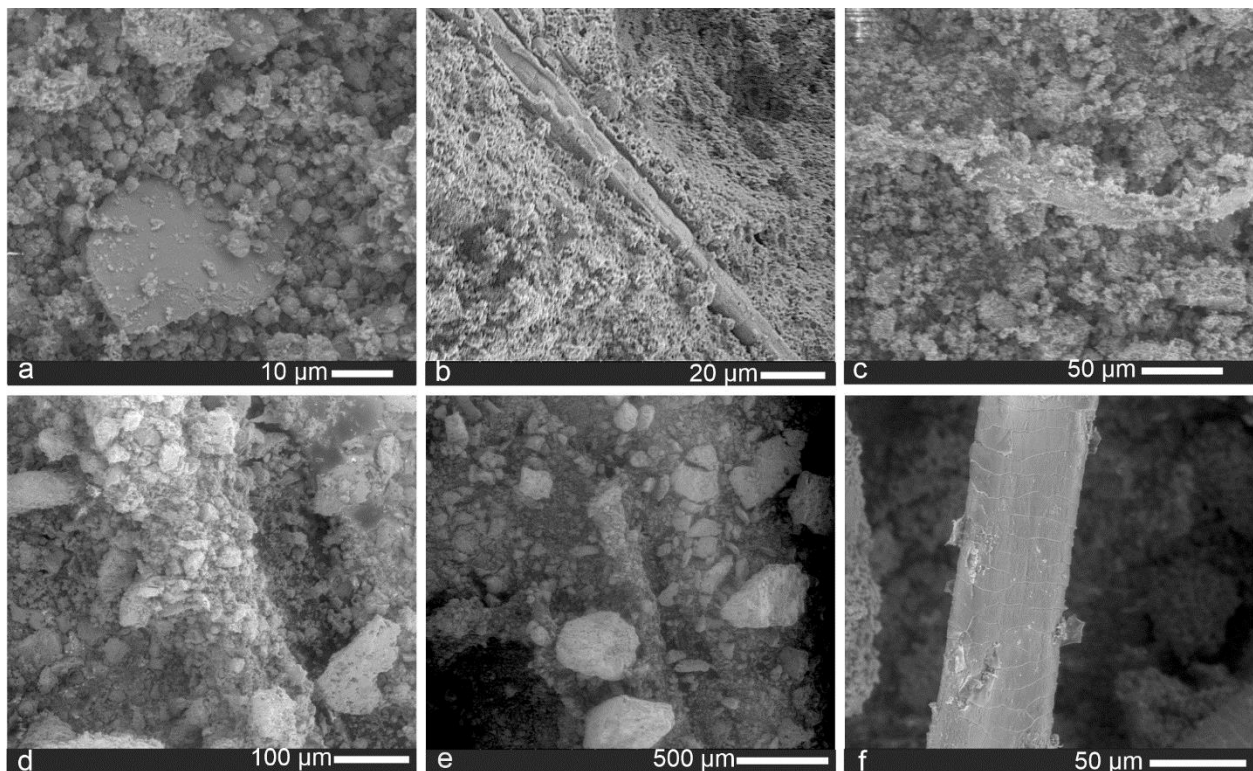


Figure 2 - Structure. a-c : *Crocuta*, sp1. a : particules sédimentaires en plaquette et corpuscules arrondis habituellement attribués à des bactéries. b : élément allongé composé d'un cortex et d'anneaux ornementés. c : fibre probablement d'origine végétale. d-e : *Crocuta spelaea*, sp2, particules sédimentaires agglomérées le long d'un support de nature inconnue. f : poil dans un coprolite actuel attribué à *Crocuta*, montrant la structure caractéristique en écailles.

Les analyses ont été réalisées au Museum National d'histoire naturelle de Paris, au Centre de recherche sur la conservation (CRC, USR 3224) avec un spectromètre FTIR Thermo Nicolet 6700. Chaque spectre correspond à 200 accumulations, avec une résolution de 4 cm^{-1} , de $525\text{ à }4000\text{ cm}^{-1}$. Le mode ATR est essentiellement une analyse de surface ; 4 spectres ont donc été acquis par échantillon, sur des zones différentes du prélèvement. Les profils présentés ici sont les moyennes des 4 spectres.

Les hyènes étant carnivores, divers standards ont été utilisés (Figure 3) : un fragment d'os de *Sus scrofa*, deux protéines abondantes chez les mammifères : collagène et bovine serum album (BSA) et le cholestérol comme lipide. En effet le cholestérol est souvent utilisé comme marqueur dans les analyses en spectrométrie de masse.

Les spectres des trois spécimens de Lunel sont très similaires (Figure 4). Par rapport à l'os actuel et aux standards organiques, la majorité des composants organiques a disparu. Les bandes résiduelles peuvent être attribuées à des carbonates (CO_3) et à des phosphates (PO_4). D'après la seule analyse d'échantillons fossiles, rien ne permet d'affirmer que les composés organiques ont été ingérés ou détruits par la fossilisation. Il convient de remarquer que les lipides, considérés comme très résistants aux altérations géologiques, ne sont pas préservés.

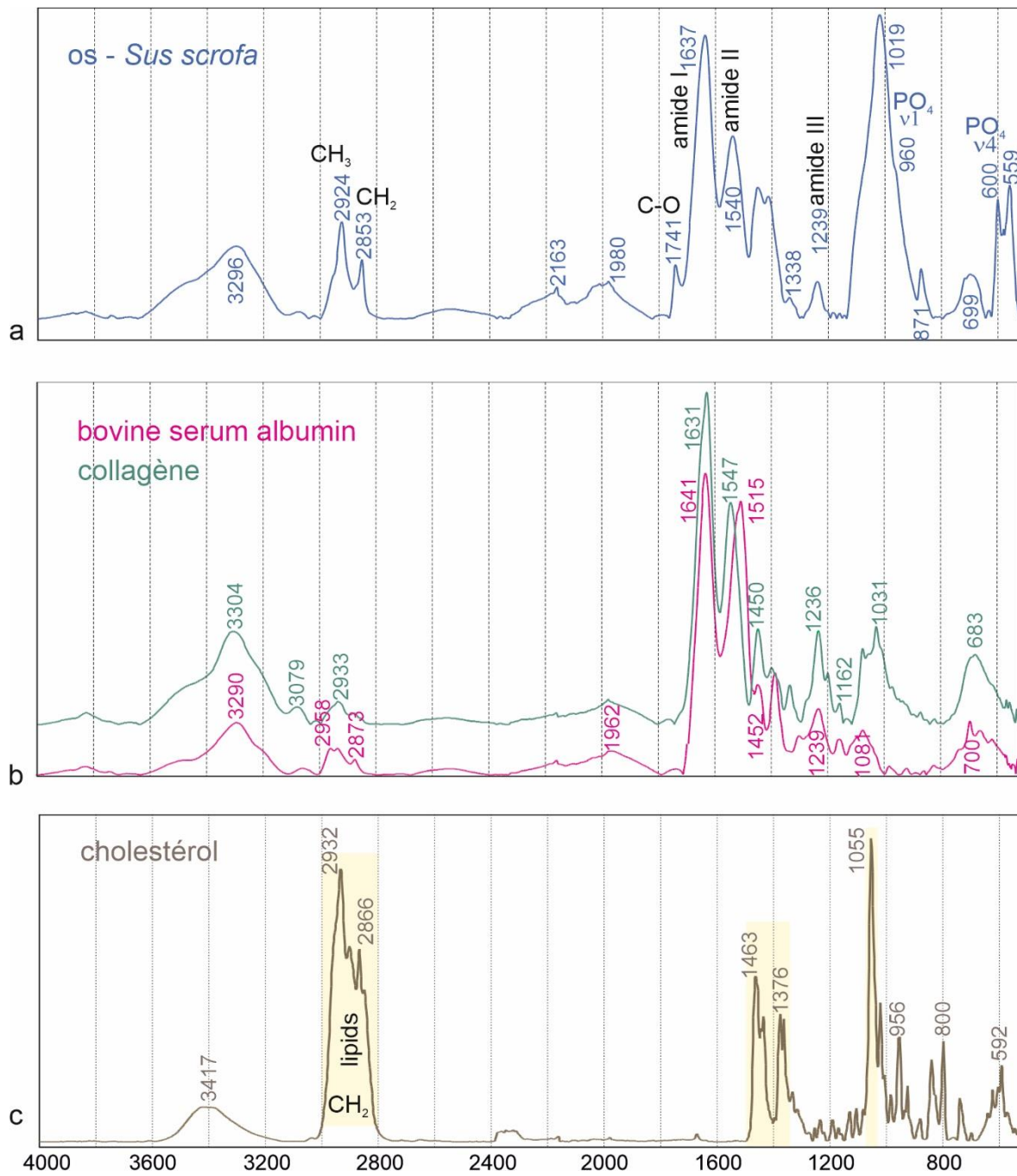


Figure 3 - Spectres FTIR - ATR de standards présents dans les proies. a : fragment osseux de *Sus scrofa*. b : deux protéines. c : un lipide, le cholestérol.

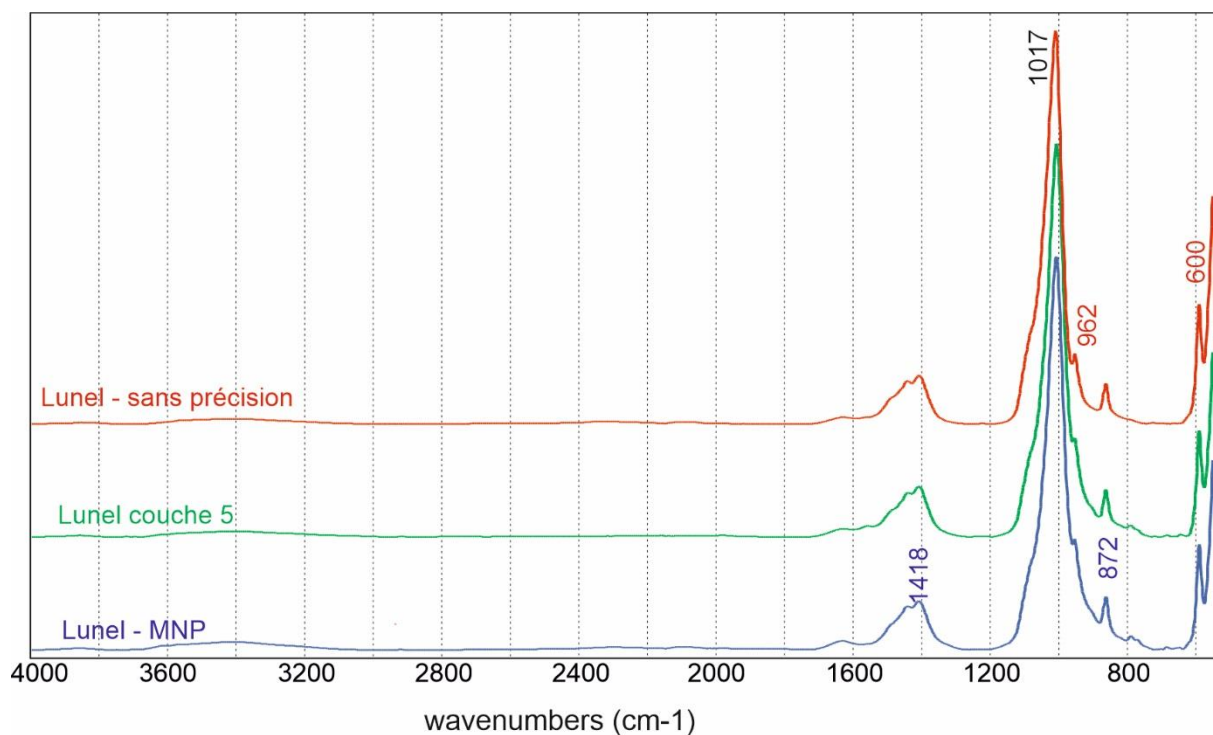


Figure 4 - Spectres FTIR ATR des coprolithes de Lunel, montrant la perte des composés organiques, et la présence de carbonates et phosphates.

Conclusion

La présence de poils dans les coprolithes de hyène n'est pas rare (Perrin & Campbell 1980, Horwitz L.K. & Goldberg P. 1989, Blackwell et al. 2009). Des analyses plus détaillées peuvent permettre d'identifier la proie (Hausman 1920, 1930 ; Seiler 2010, Wade et al. 2017). Dans le cortex des spécimens, aucun fragment osseux identifiable n'a été trouvé. De même, aucun pollen ou résidu de carapace d'insecte n'a été piégé pendant la période où l'excrément est resté exposé à l'air en surface. Il convient de ne pas exclure des différences majeures de contenu et de préservation entre la partie centrale et le cortex.

L'une des premières analyses comparatives de coprolithes de vertébrés de taxons et d'âges géologiques variés est due à Hallgren (1987). Abondamment illustrée, cette étude montre le potentiel de la spectrométrie infrarouge : phosphates et carbonates sont présents dans tous les coprolithes de carnivores, alors que les composés organiques y sont absents. Ces résultats sont concordants avec ce qui a été observé à Lunel.

Bibliographie sommaire

Blackwell L., Pickering R., Brothwell D., Berger L., Witcomb M., Martill D., Penkman K., Wilson A. (2009) Probable human hair found in a fossil hyaena coprolite from Gladysvale cave, South Africa. *J. Archaeol. Sci.* **36**, 1269-1276.

Hallgren L. (1987) Infrared spectroscopic analysis of fossil coprolites. *Scient. Pub. Sci. Mus. Minnesota* NS, **6**, 2, 1-31.

- Hausman L.A. (1920) Structural characteristics of the hair of mammals. *Amer. Nat.* **635**, 496-523.
- Hausman L.A. (1930) Recent studies of hair structure relationships. *Science* **30**, 3, 258-277.
- Horwitz L.K., Goldberg P. (1989) A study of Pleistocene and Holocene Hyaena coprolites. *J. Archaeol. Sci.* **16**, 71-84.
- Perrin M.R., Campbell B.S. (1980) Key to the mammals of the Andries Vosloo Kudu Reserve (eastern Cape), based on their hair morphology, for use in predator scat analysis. *S.-Afr. Tydskr. Natuurnav.* **10**, 1 -14.
- Sanz M., Daura J., Égüez N., Brugal J.P., (2015) Not only hyenids: a multi-scale analysis of Upper Pleistocene carnivore coprolites in Cova del Coll Verdager (NE Iberian Peninsula). *Paleoclimatology, Paleoecology, Paleogeography*
- Seiler N. (2010) SEM-Atlas of hair structures of South-African mammals. *Mammalia* **74**, 281-290.
- Wade S., Stokes M., Spencer C. (2017) An SEM image reference guide to hairs of 12 species of large African mammals. *Mammalia*, DOI 10.1515/mammalia-2016-0053.

CONCLUSIONS
&
PERSPECTIVES

Au terme de cette deuxième campagne de terrain et d'étude de collections, et malgré une année si particulière (entraînant un groupe réduit de fouilleurs), nous avons pu mener à bien un certain nombre de travaux et présentons pour 2020 un premier bilan, à la fois exploratoire et certes préliminaires mais qui préjuge d'un développement très positif dans les recherches pluri- et trans- disciplinaires sur cette cavité emblématique, ses dépôts et ses contenus.

Les problématiques sont nombreuses (geo-chronologique, taphonomique, archéologique, degré d'anthropité, etc.) et nous avons pu constituer une équipe de spécialistes, nombreuse, touchant à de très nombreux domaines d'études, capable à terme de mener et répondre à l'ensemble des questionnements posés. D'autres collègues seront certainement mobilisés dans les années à venir pour réaliser des études spécifiques. Nous souhaitons en effet, dès le début de ce projet, mettre en œuvre pour l'étude de la grotte n°1 du Mas des Caves (également noté LV I) utiliser et appliquer un maximum d'approches, à la fois méthodologiques mais aussi scientifiques et techniques. Cet 'arsenal' pourrait aussi être utile pour faire de LVI un site « d'école », ou plus simplement un site-école.

Le terrain de 2019 avait pu préparer les interventions de 2020, et nous avons suivi nos objectifs en poursuivant ou ouvrant de nouvelles zones de fouilles, particulièrement dans les secteurs 5 et 4 de la cavité. Les fouilles ont livré un matériel assez abondant, et complète et renseigne sous certains aspects les travaux anciens (notamment pour les petits éléments, présence d'ossements ingérés/digérés, recherche en cours de microfaune) et développe de nouvelles approches (par exemple sur les coprolithes, ou les paléoflores).

Plusieurs spécialistes sont intervenus lors de cette campagne, et les observations et prélèvements effectués (par ex. U/Th, Zircon, archéomagnétisme, sédimentologie...) seront certainement complétés, et feront l'objet d'étude en laboratoire à l'avenir. A ce sujet, un premier résultat porte sur la reconnaissance et l'interprétation de la structure de combustion laissée en place par les fouilles E. Bonifay. L'analyse de la susceptibilité magnétique des surfaces laisse penser que celle-ci n'a pas servi de foyer !

Un autre point porte sur la lenteur de ce travail de terrain, avec un enregistrement fin de tous les vestiges – os, lithique, charbons, coprolithes,...mais aussi galet ou mollasse - (avec le tachéomètre et/ou le théodolite) et observations des fabriques (orientation, pendage). L'avancée de la fouille est certainement lente et nécessitera à terme plusieurs années de terrain afin de répondre aux questions posées. Ceci s'accompagne aussi du temps d'analyse des échantillons parfois assez long (ex. datage U/Th).

Enfin, un gros travail complémentaire est nécessaire sur les anciennes collections : celles de M. de Serres (Univ. Montpellier) et d'E. Bonifay/EB (MNP, Les Eyzies), associé à la collecte et travail sur la documentation EB. Il est d'ores et déjà engagé, via des missions mais aussi des travaux universitaires (Master, Doctorat). L'exemple du traitement de la Base de Données EB en est une illustration.

Nous disposons de plusieurs appuis et soutiens dans ce travail de recherche (notamment financier et/ou logistique), que nous voudrions citer, et remercier : notre unité l'UMR 7269 LAMPEA (dir. E. Herrscher), le réseau en Taphonomie IRN 0871 du CNRS-INEE, l'Institut Arkaia de l'Amidex Aix-Marseille Université (dir. J.C. Souriceau) et enfin l'APPAM (Association pour la Promotion de la Préhistoire et de l'Anthropologie Méditerranéenne, et plus particulièrement les membres de son bureau M.F. Bonifay (présidente) et D. Commelin (trésorière)).

En 2021, nous poursuivrons à la fois le travail de laboratoire (tamisage, scan de la documentation EB, inventaire, etc.), sur les collections (détermination taxinomique, observations taphonomiques, base de données, tracéologie lithique et osseuse, etc.) et le travail de terrain. Nous avons déjà réservé le gîte de Lunel-Viel pour le mois de Septembre, et des journées d'étude sont également réalisables, si nécessaires, tout au long de l'année.

Pour terminer signalons la publication d'A. Uzunidis sur des analyses d'usure dentaire, sur les chevaux et aurochs de LVI, publié dans *Quaternary International* (2020) (cf. joint), et une présentation du site et des premiers résultats programmés lors du prochain Congrès International de Spéléologie à Chambéry (Aout 2021). Au moins une communication sera présentée, en partie concernant LVI, lors de la *round-table* de début Mars 2021 sur les Carnivores de Toulouse (org. par IRN 0871).

Je tiens finalement à sincèrement et grandement remercier tous mes collaborateurs et partenaires qui m'accompagnent dans cette recherche, et particulièrement ceux qui interviennent sur le terrain. Merci de votre efficacité et amitié... Ils se reconnaîtront dans ses quelques lignes...

Jean-Philip Brugal – Décembre 2020

Uzunidis, A., 2020. Dental wear analyses of Middle Pleistocene site of Lunel-Viel (Hérault, France): Did Equus and Bos live in a wetland? *Quaternary International*. doi:10.1016/j.quaint.2020.04.011

Brugal J.P., André G., Igreja M., Fourvel J.B., Fosse P., Magniez P., Pascal L., Uzunidis A., 2021 (à venir). Le site archéopaléontologique du Mas des Caves à Lunel-Viel (Hérault) : Historique des recherches et nouveaux travaux. Résumé acceptée, 18e Congrès International de Spéléologie, Symposium 8 - Archéologie et paléontologie Chambéry, 25 juillet au 1er août 2021



Photos d' « ambiance » et position dite 'du fouilleur' courbé/couché



Dental wear analyses of Middle Pleistocene site of Lunel-Viel (Hérault, France): Did *Equus* and *Bos* live in a wetland?



Antigone Uzunidis

Aix Marseille Univ, CNRS, Minist Culture & Com, LAMPEA, Aix-en-Provence, MMSH, LAMPEA, 5 Rue du Château de l'Horloge, 13190, Aix-en-Provence, Cedex 2, France

ARTICLE INFO

Keywords:

Microwear
Mesowear
Equidae
Bovidae
Pleistocene
Wetland
Uniformitarianism

ABSTRACT

This study presents comparison of dental meso and micro-wear analyses on Middle Pleistocene equids and bovids from Lunel-Viel I (Hérault, France) with their extant counterpart from Camargue. Previous paleoenvironmental observations hypothesize a great proximity between the Camargue wetland and Lunel-Viel environment. Teeth wear analyses provides an innovative approach to describe eco-ethological parameters, such as diet and biotope.

Camargue's horses and cattle diets are similar and characterized by a mixed feeding. Lunel-Viel I's *Equus* had a grass-dominated mixed feeding diet while *Bos* had a browsing diet. The differences in the feeding habits and resource partitioning between the two taxa in the two locations suggest two different biotopes. While the extant sample still need to be completed, preliminary observations indicate that it is very unlikely bovinds and equids from Lunel-Viel inhabited a biotope like nowadays Camargue.

This study highlights the contributions of a combined comparative approach and adds new data to analyse the paleodietary patterns of extinct ungulates.

1. Introduction

Lunel-Viel I (Hérault, France) is an important site for the understanding of Human behaviour in the South of France as well as the evolution and adaption of the fauna. Discovered in 1800, the first excavation occurred between 1824 and 1827 led by M. Mouquin-Taudon and M. de Serres (Serres (de) et al., 1839). The site was, at first, known for its rich accumulation of fauna and later, lithic artefacts were described by E. Lartet (Garrigou, 1865). Between 1962 and 1983, new excavations took place led by E. Bonifay which permitted studies of several aspects of the site: geology (Bonnet, 1967), human activities (Bonifay, 1981; Guilhaumon, 1982; Le Grand, 1994a, 1994b), taphonomy (Fosse, 1994a, 1994b; Fourvel, 2012; Fourvel et al., 2012) and fauna (Bonifay, 1971, 1980; Brugal, 1983, 1984; Noury, 2005; Croitor et al., 2008; Boudadi-Maligne, 2010; Uzunidis-Boutillier, 2017) to be studied.

Several new species or sub-species were described through Lunel-Viel I fossils, among them, one of the main species represented in the site is *Equus mosbachensis palustris* Bonifay (1980). Several morphometric criteria justify this attribution, and in particular, the significant recurrence of archaic characters, reminiscent of the oldest *Equus mosbachensis* (Bonifay, 1980). Nevertheless, M.-F. Bonifay named this subspecies from another characteristic of its skeleton. She noted the

important robustness of the horse's limbs, in particular the metapodials that she interprets as a marker of a humid climate. Given the location of the site, near the current Camargue, an important wetland, she hypothesizes that the Lunel-Viel horse occupied a biotope similar to that of the present-day Camargue (Bonifay, 1980). Indeed, *Equus* from the caballine lineage is known to be a sensitive species which inhabited a large range of biotopes during the Pleistocene. Several ecomorphological studies also suggest that this species is a good indicator to discuss some aspect of the local climate and environment such as the temperature, the humidity or the character of the substrate for example (e.g. Gromova, 1949; Eisenmann, 1984; Lindstedt and Boyce, 1985; Foronova, 2006; Bro-Jørgensen, 2008; Van Asperen, 2010, 2012; Uzunidis-Boutillier, 2017; Boulbes and Asperen, 2019).

Nevertheless, this hypothesis has never been tested and the paleoenvironment around Lunel-Viel is still poorly known. In this study, this hypothesis was tested with the help of tooth wear analyses.

Dental wear studies are regularly used to reconstruct the diet of an individual. For Herbivores, it can determine the plant composition of the diet and the vegetation structure is linked with habitat conditions and local climate (Frey and Lösch, 2010). Many studies use these approaches to identify past environmental parameters and the ecological behaviour of the species that inhabited them (e. g. Merceron et al., 2004a; Merceron and Madelaine, 2006; Rivals et al., 2017; Rivals et al.,

E-mail address: Antigone.uzunidis@wanadoo.fr.

<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.04.011>

Received 14 January 2020; Received in revised form 31 March 2020; Accepted 6 April 2020

Available online 12 April 2020

1040-6182/ © 2020 Elsevier Ltd and INQUA. All rights reserved.

2019; Dumouchel and Bobe, 2019). Both meso- and micro-wear methods are based on the study of extant taxa (Fortelius and Solounias, 2000; Solounias and Semperebon, 2002; Semperebon et al., 2004) and since the development of the method, several studies have been carried out to extend our knowledge, in particular of some taxa such as cervids, hippopotamuses, giraffes (eg. Merceron et al., 2004b; Boisserie et al., 2005; Rivals and Semperebon, 2017; Merceron et al., 2018).

Studies show that there is no linear correlation between habitat parameters and mesowear scores (Kaiser et al., 2013; Schulz and Kaiser, 2013) since both the vegetal composition of the diet and the presence of exogenous grit are involved in the mesowear signature (Kaiser et al., 2009). Moreover, in some case, the feeding behaviour could shift the mesowear signals (Wronski and Schulz-Kornas, 2015). Thus, mesowear signal can reflect local habitat and climate conditions but need to be compared to a database. Bovid and equid dietary behaviour were already investigated and studies indicate that their dietary traits are more diverse than previously known (Schulz and Kaiser, 2007; Schulz and Kaiser, 2013; Rivals et al., 2015; Marín-Leyva et al., 2016; Rivals and Ziegler, 2018; Saarinen et al., 2016) however, no dental wear studies about *Equus* and *Bos* feeding in wetland has yet been published.

The objective of this study is to describe Middle Pleistocene equid and bovid specimens from Lunel-Viel in comparison with their modern day counterparts from Camargue. *Equus* from Camargue focus mainly on monocots while *Bos* diet is more diverse (Duncan, 1983, 1992; Menard et al., 2002). However, because of the presence of water, the grazing traits were expected to be less expressed on both meso- and microwear scale compared to grass eaters in a drier environment (Kaiser and Schulz, 2006; Kaiser and Rössner, 2007; Winkler et al., 2019).

2. Material and method

2.1. Lunel-Viel

Lunel-Viel I (Fig. 1) is a cave site located in the South-East of France in the Hérault region. The cave is a long corridor 180 m long and 1–4 m wide dug into a Miocene limestone (Bonifay, 1980; Guilhaumon, 1982).

Fourteen layers were identified according to sediment macroscopic criteria (Bonifay, 1968) and divided into two “ensembles” (ensemble 1: layers. 1 to 5; ensemble 2: layers 6 to 14). The first one refers to sediment that has slipped inside the cave. The second would result from

natural and anthropogenic inputs and is considered to be undisturbed (Bonifay, 1981; Le Grand, 1994b). Refitting and taphonomic studies carried out on lithic (Le Grand, 1994a) and fauna (Fosse, 1994a) materials challenge the integrity of the layers, which have been greatly altered by gravity and run off phenomena. On the other hand, very few refitting could be done between the two large units. Thus, the two major groups can be considered as distinct archaeo-paleontological units (Fosse, 1996).

The site has not yet been directly dated and its age has been estimated through the evolutionary stage of the present taxa. For now, specialists agreed to situate the accumulation at the end of the Middle Pleistocene during an interglacial period between MIS 11 and MIS 7 (Bonifay, 1975; Lacomat, 2005; Boudadi-Maligne, 2010; Van Asperen, 2013; Uzundis-Boutillier, 2017).

The Lunel-Viel faunal assemblage is varied with at least 9 species of herbivores and 14 species of carnivores excluding the small mammals, birds and reptiles. Among herbivores, equids (*Equus mosbachensis palustris*), bovids (*Bos primigenius trochoceros*) and cervids (*Cervus elaphus*) are the most abundant, while among carnivores, hyenas (*Crocota spe-laea intermedia*) dominate.

Very few data are available to describe the paleoenvironment around the site and the current hypotheses are based on the faunal associations. Thus, it is assumed that the environment was open for the upper “ensemble” and more closed for the lower “ensemble” (Fosse, 1994a). In addition, the robustness of the horses' limbs would indicate a very humid climate for the two ensembles (Bonifay, 1980).

The material is currently stored at the National Museum of Prehistory (Les Eyzies-de-Tayac, Dordogne, France). The focus was put on the two Lunel-Viel taxa that are the most similar to the current species present in Camargue and available for study: *Equus* and *Bos*. The diets of *Equus mosbachensis palustris* and *Bos primigenius trochoceros* were investigated through both meso- and micro-wear analyses which provide information on two timescales. Mesowear averages the diet over a few months or years (Fortelius and Solounias, 2000; Ackermans et al., 2018) and microwear indicate the diet for the last days of an animal's life (Grine, 1986). For the mesowear study, 20 equid teeth from the upper “ensemble” and 26 from the lower “ensemble” were selected, likewise 20 bovids teeth from the upper “ensemble” and 62 for the lower “ensemble”. For microwear study, 13 equids teeth from the upper “ensemble” and 14 from the lower “ensemble” were selected and 16 bovids teeth from the upper “ensemble” and 7 for the lower

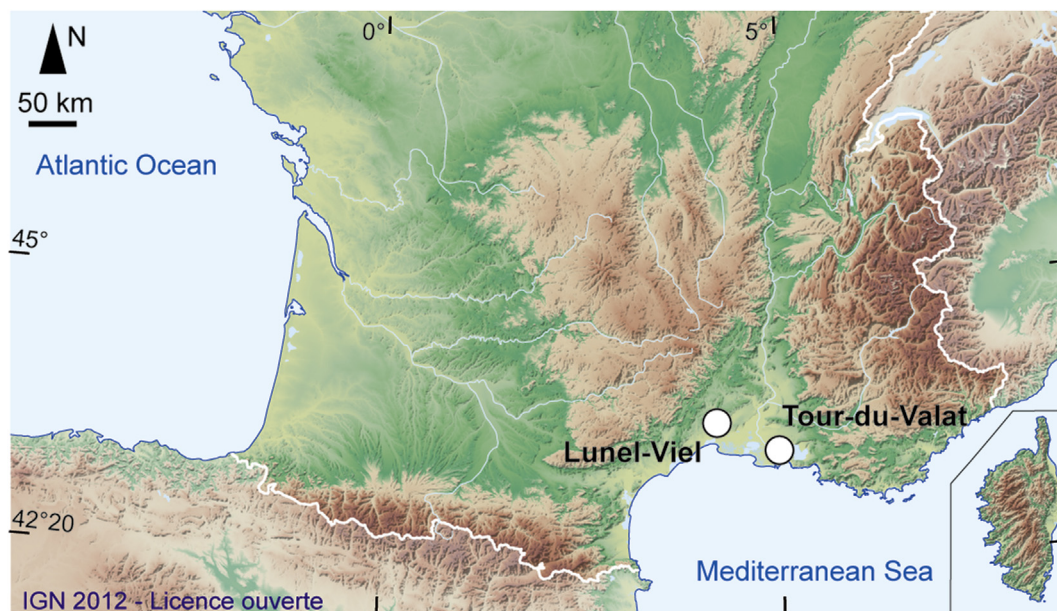


Fig. 1. Geographical location of Lunel-Viel I and the Tour-du-Valat research institute.

“ensemble”. The raw data have been published in Zenodo (Uzunidis, 2020) and are available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3711415>.

2.2. Tour-du-Valat

The Tour-du-Valat (Fig. 1) research institute is located in the Camargue wetland near Arles (Bouche-du-Rhône, France). The park covers an area of approximately 2600 ha in which there are various types of biotopes, such as temporary, semi-permanent and permanent marshes, salt meadows or wooded areas. Populations of horses and cattle live in the park in semi-captivity under surveillance but never artificially fed.

Many biological, ecological and ethological studies have been carried out in this research institute. Thus, the plant composition of biotopes (Rogers, 1981) and the feeding behaviour of current horses and cattle is already described and known (Duncan, 1983, 1992; Menard et al., 2002).

The material gathered in the Tour-du-Valat wetland is currently stored at the MMSH (Aix-en-Provence, Bouche-du-Rhône, France) for the bovids and at the local archaeological association of Marignane (Bouche-du-Rhône, France) for the equids. Information about the period of death were available and, therefore, taken in consideration for the bovids. Unfortunately, it was not the case for the equids.

In total for mesowear study, 4 equids teeth and 19 bovids teeth were selected (Spring: 3, Summer: 6, Autumn: 5, Winter: 1). For microwear study, 10 equids teeth and 20 bovids teeth were selected (Spring: 3, Summer: 7, Autumn: 5, Winter: 1).

2.3. Tooth mesowear

Mesowear analysis is a method based on the observation of wear patterns on ungulate molar cusps that indicate the diet of an individual animal (Fortelius and Solounias, 2000; Rivals et al., 2007). The sharpness and the morphology of cusp apices are correlated with relative attritive and abrasive dental wear. Thus, a diet with low abrasion (and high attrition) shows very sharp molar buccal cusps and, on the contrary, a diet with high abrasion will result in rounded and blunted cusps. The relation between the diet and the shape of the cusp is reinforced by recent works which show that high level of abrasion is more likely due to the consumption of siliceous grass than the ingestion of soil or dust (Kaiser et al., 2013; Saarinen and Lister, 2016).

The broken and unworn (or marginally worn, corresponding to very young adults) teeth as well as extremely worn ones were excluded from the analysis following Fortelius and Solounias (2000); Rivals et al. (2007), 2009. The paracone of the second upper molar was preferably selected as recommended by Fortelius and Solounias (2000).

In this study, the standardised method proposed by Mühbachler et al. (2011) and modified by Rivals et al. (2013) was employed, already used in other works (e. g. Rivals et al., 2017; Uzunidis et al., 2017). This method categorizes tooth wear into seven groups (numbered from 0 to 6), according to their shape (0 = high and sharp; 6 = blunt with no relief). The average value of mesowear data from a single sample corresponds to the “mesowear score” noted here “MWS” (Mühbachler et al., 2011).

2.4. Tooth microwear

The microwear analysis study follows the protocol established by Solounias and Semprebon (2002) and Semprebon et al. (2004). The occlusal surface of each tooth was cleaned using acetone and then 96% alcohol. Then the surface was moulded with a high-resolution silicone (vinylpolysiloxane) and casts were made using clear epoxy resin. The transparent casts were then observed with a stereomicroscope at magnifications of $\times 35$. Observations were restricted to a standard surface of 0.16 mm² (using an ocular reticule), localised preferably on the upper tooth paracone and the lower tooth protoconid.

Adult molars and premolars (excluding P2) were selected as it was shown there both provide consistent data for dietary studies in Artiodactyla and Perissodactyla and because the intertooth variation in microwear pattern is not significant (Xafis et al., 2017). The specimens with badly preserved enamel or taphonomic defects were excluded from the analysis (King et al., 1999).

The observed micro-traces, scratches and pits in particular are left on the occlusal surfaces during mastication (Walker et al., 1978). The variability of the density of these traces due to the presence of phytoliths into the plants since dust appear to impact less the enamel surface (Merceron et al., 2016) is indicative of various diets: grazer, mixed-feeder and browser. Various features following the classification of Solounias and Semprebon (2002) and Semprebon et al. (2004) were observed: pits (small and large), scratches (fine, coarse and hypercoarse), and gouges. The scratch width score (SWS) is also calculated with a score of ‘0’ for teeth with predominantly fine scratches per tooth surface, ‘1’ for those with mixed fine and coarse scratches on the tooth surface, and ‘2’ for those with predominantly coarse scratches.

In order to fully investigate the specificities of the diet of the Lunel-Viel and the Tour-du-Valat bovids and equids as many variables as possible that can be observed through the study of dental microwear were analysed by principal component analysis (PCA). It was realised with the software Xlstat v. 2014.5.03. The principal component analysis is build thanks to Spearman rank correlation coefficients based on the rank of the selected data (the numbers of pits and scratches, the SWS, and the presence or absence of large pits), data were normalized using standard deviation. PCA on ranking data are recommended when the distribution of the set of data is not normal or when, like in this case, the set of data is very small. In addition, the dataset analysed shows a high degree of dispersion since some of the variables correspond to indices (coded between 0 and 1) while others are true quantitative data. Thus, the PCA of Spearman rank correlation is more robust for this kind of dataset (Vásquez Correa and Laniado Rodas, 2019).

3. Results

The mesowear analysis displays (Fig. 2) the *Equus mosbachensis palustris* from Lunel-Viel I among the present-days grazers with an index of 4.85 from the upper part of the sequence and 4.35 for the lower part. The *Bos primigenius* individuals are located with the extent mixed-feeders with an index of 2.05 for the upper part of the sequence and 2.08 for the lower part.

At the Tour-du-Valat research institute, there are very few differences between *Equus caballus* (MWS = 3.25) and *Bos taurus* (which plot between the nowadays grazers and mixed-feeder taxa (Fig. 2). Moreover, there are very few differences among the *B. taurus* individuals between the periods of the year: for spring, summer and winter (which is known only from one tooth), the MWS is equal to 3. Only the specimens that died in autumn differ with an index of 2.2 closest to the Lunel-Viel I bovids.

The microwear analysis indicates that *E. m. palustris* from the two assemblages of Lunel-Viel I plot close to the present-days grazers indicating a grass-dominated mixed feeding diet (Fig. 3). With the mesowear results, it would suggest that those horses have eaten a majority of monocots during the year prior to their death. On the contrary, the *B. primigenius* from the two assemblages of Lunel-Viel I display with the present-day browsers.

According to the micro-wear analysis, the diets of the bovids and the equids from the Tour-du-Valat correspond to the present-day mixed-feeders (Fig. 3). The horses and the bovids that died during spring display more scratches than the other period of death for the bovids which suggest more feeding on dicots. The tooth from the *B. taurus* dead in winter display very few scratches corresponding to a browser diet comparable to the bovid from Lunel-Viel I. Nevertheless, it illustrates the feeding habit of one individual and cannot be extrapolate to a whole group.

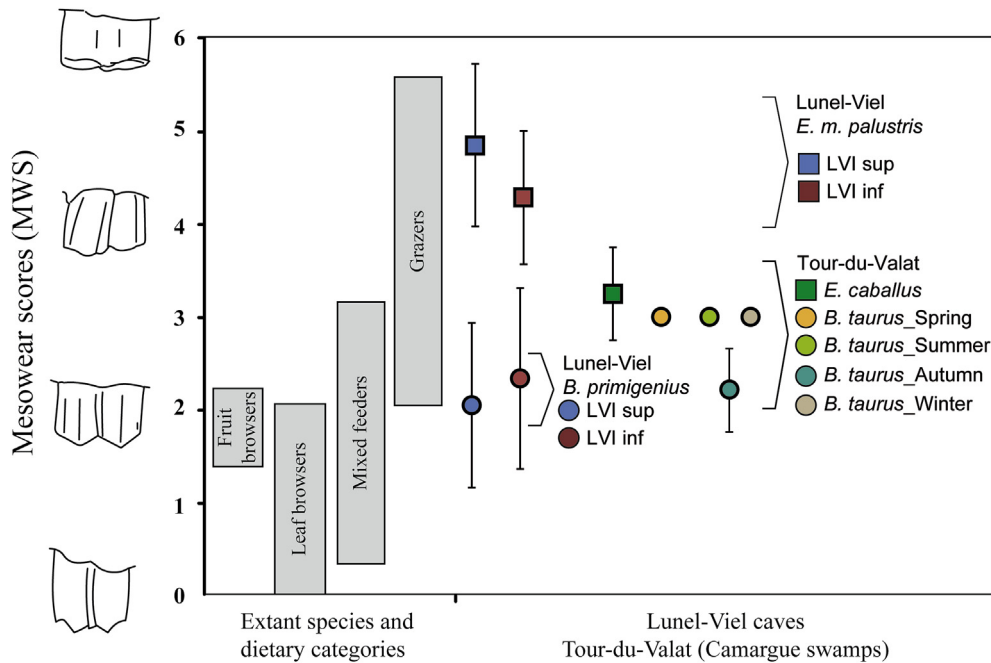


Fig. 2. Mesowear (A) results for the bovids and equids from Lunel-Viel I and the Tour-du-Valat research institute (this study) and extant ungulates (from Fortelius and Solounias (2000); Solounias and Semprebon (2002); Rivals et al. (2010, 2014)).

The Principal Component Analysis allows us to compare the populations thought more microwear variables. In this case, the mean number of pits, the mean number of scratches, the presence of large pit and the SWS index were used. The variables “presence of gouges” and “presence of coarse scratches” were excluded since there were absent in all the studied populations (Tabl 1). On the PCA (Fig. 4), the equids from Lunel-Viel I are located on the bottom left of the graph meaning there are characterized by the high number of scratches and large pits compare to the other populations. The bovids from Lunel-Viel I are located on the bottom right of the graph showing a low number of scratches, an absence of large pits and a high SW score. All the Tour-du-Valat samples are located in the higher part of the PCA because of the large amount of pits observed on the teeth (Tabl 1). The Tour-du-Valat equid population is characterized by the high number of pits but also by their important SW score (0.5). The Tour-du-Valat spring bovid population display a bit more scratches than the three other bovid groups.

Also, the Tour-du-Valat spring, summer and autumn bovids got few large pits and a low SW score. The characteristic of the specimen dead during the winter are very close to the bovids from Lunel-Viel with a low number of scratches and large pit and a high number of pits and SW score.

4. Discussion

4.1. Feeding habits of extant Equus and Bos in Camargue and fossil Equus and Bos from Lunel-Viel

The Tour-du-Valat Bos taurus is principally mixed-feeder according to both ecological and meso-wear data but it varies a little according to the seasons. During summer and autumn, cattle selected in particular old-field marshes biotopes rich in monocots like Paspalum paspalodes, Phragmites australis, Alisma plantago-aquatica can be found (Rogers,

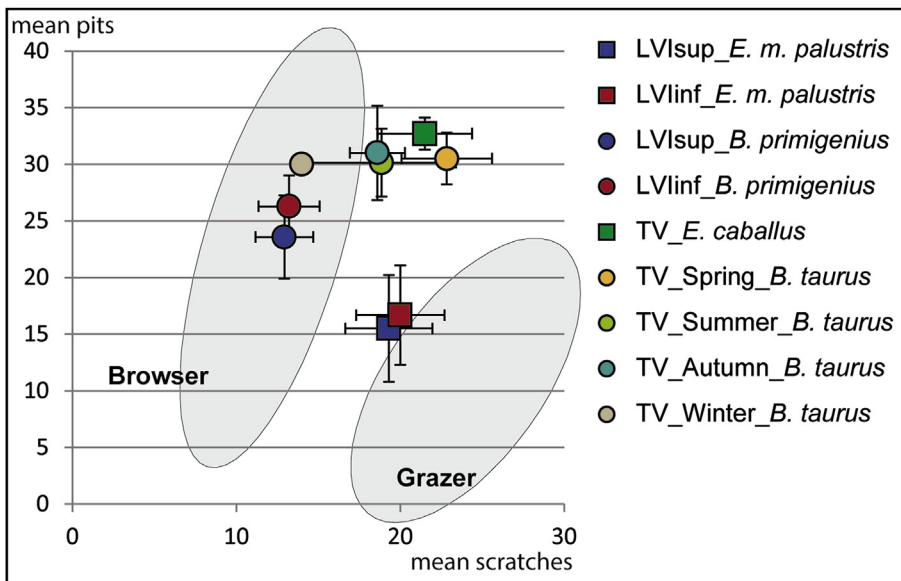


Fig. 3. Bivariate plot of the average numbers of pits and scratches in the equids and bovids from Lunel-Viel I and the Tour-du-Valat research institute. Error bars correspond to standard deviation (± 1 SD). Plain ellipses correspond to the Gaussian confidence ellipses (p = .95) on the centroid for the extant leaf browsers and grazers from Solounias and Semprebon (2002).

Table 1

Summary of mesowear and microwear data for equids and bovids from Lunel-Viel I and Tour-du-Valat. Abbreviations: N = Number of specimens; MWS = Mesowear score; NP = Average number of pits; NS = Average number of scratches; %LP = Percentage of specimens with large pits; %G = Percentage of specimens with gouges; SWS = Scratch width score; %XS = Percentage of specimens with cross scratches; M = Mean; SD = standard deviation. The raw data have been published in Zenodo (Uzunidis, 2020) and are available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3711415>.

Site		Mesowear			Microwear							
		N	MWS		N	NP	NS	%LP	%G	SWS	%HC	%XS
<i>Equus m. palustris</i> Lunel-Viel I upper ens.	M	20	4.85	M	13	15.5	19.30	25	0	0.07	0	100
	SD		0.87	SD		4.72	2.65					
<i>Equus m. palustris</i> Lunel-Viel I lower ens.	M	26	4.35	M	14	16.68	20	42.85	21.42	0	7.14	100
	SD		0.8	SD		4.39	2.69					
<i>Bos p. trochoceros</i> Lunel-Viel I upper ens.	M	20	2.05	M	7	23.57	12.93	0	0	1	0	100
	SD		0.69	SD		3.69	1.77					
<i>Bos p. trochoceros</i> Lunel-Viel I lower ens.	M	62	2.08	M	16	26.28	13.22	0	0	0.94	0	100
	SD		0.83	SD		2.74	1.86					
<i>Equus caballus</i> Tour-du-Valat	No #	1	3	M	10	32.7	21.5	0	10	0.5	0	50
	No #	1	3	SD		1.41	2.88					
	No #	1	3									
	No #	1	4									
<i>Bos taurus</i> _Spring Tour-du-Valat	No #	1	3	No #	1	33	21	–	0	0	0	1
	No #	1	3	No #	1	30	26	1	0	1	0	1
	No #	1	3	No #	1	28,5	21,5	0	0	1	0	1
<i>Bos taurus</i> _Summer Tour-du-Valat	M	6	3	M	7	30.14	18.85	0	14.28	0	0	100
	SD			SD		2.98	4.53					
<i>Bos taurus</i> _Autumn Tour-du-Valat	M	5	2.2	M	5	31	18.6	0	0	0.2	0	80
	SD		0.45	SD		4.17	1.67					
<i>Bos taurus</i> _Winter Tour-du-Valat	No #	1	3	No #	1	30	14	0	0	1	0	100

1981). It appears to select herb-rich swards and clover (Menard et al., 2002), and so, eat both monocots and dicots in a same period.

In spring, the Tour-du-Valat cattle display the highest number of scratches among the Tour-du-Valat bovid population with a mean of 22.8 (Tabl 1) which is consistent with the ecological observations (Menard et al., 2002). *Bos taurus* focus more on dicots such as *Bolboschoenus maritimus*, *Paspalum paspaloides*, *Juncus gerardii*, *Alopecurus bulbosus*, *Phragmites australis*, *Typha angustifolia* and *Alisma plantago-aquatica*. Very few species of monocots are present in the Camargue swamp at this season with the exception of *Halimione portulacoides* which is also part of the *Bos taurus* diet.

For winter, cattle focus mostly on monocots like coarse grasses and *Paspalum paspalodes* with a few dicots like *Halimione portulacoides* or *Phillyrea angustifolia* (Menard et al., 2002). These observations don't match with micro-wear analysis data which shows that this cow was a browser. However our observation is only based on one individual that cannot be considered representative of an entire population.

Unfortunately, the information about the period of death was not available for the Tour-du-Valat horses. Thus for this species, the tooth-wear signal must average the annual diet since they could have died all along the year. Ecological studies indicate that in the Tour-du-Valat research institute, horses had a less varied diet than cattle and select preferably monocots (Duncan, 1983, 1992; Menard et al., 2002). These observations are consistent with both meso- and micro-wear analysis. The horse mesowear score is the highest for the Tour-du-Valat ungulates (MWS = 3.25) and a high number of scratches were observed on the enamel (mean = 21.5). Only the cattle population that died in spring which focuses on monocots exceed them.

The Tour-du-Valat mesowear values match with the mixed-feeder category but also with the grazer variability. Studies suggest that the abundance of water in the diet can affect plant abrasiveness. Meso- (Kaiser and Schulz, 2006; Kaiser and Rössner, 2007) and micro-

(Winkler et al., 2019) wear dietary pattern in humid environment show less abrasiveness than in drier. In the Tour-du-Valat, the mesowear values are relatively low, especially for the horses which, however, focus on monocots. In most of the case, micro wear pattern on *Bos* and *Equus* are consistent with their diet in the wetland. The sample for *Equus* is very small but with this data configuration, it could suggest that 1) on this scale, the information were preserved, 2) the grazing characteristics (such as the number of scratches) are less expressed compare to what it could be in a drier environment.

Compare to the extant Camargue data, the Lunel-Viel I mesowear values of *Bos* are lower and *Equus*, higher; bovid were mixed-feeder with a browsing tendency while horses, were grazers.

As for meso-wear analysis, the micro-wear analysis also displays different results for Lunel-Viel I *Bos* and *Equus*. *Equus* is characterized by a large amount of scratches and the presence of large pit show a grazing diet. *Bos* is characterized by a low amount of scratches, absence of large pit and an important SW score show a more browsing diet.

The diet parameters of the two assemblages of Lunel-Viel I are very similar for both species but it differ a lot from each Tour-du-Valat populations (Tabl 1, Fig. 4).

4.2. Resource partitioning of extant *Equus* and *Bos* in Camargue and fossil *Equus* and *Bos* from Lunel-Viel

Important differences in *Equus* and *Bos* diet were noted at Lunel-Viel I and not at the Tour-du-Valat. It could suggest several hypotheses: 1) *Bos* and *Equus* were hunt in two different biotopes and later, bring into Lunel-Viel I cave. 2) both species had access to a biotope were both dicots and monocots were well represented. In this case, it would suggest that the diet niches of *Bos* and *Equus* were partitioned while the overlap is quite strong in Camargue wetland (Menard et al., 2002).

The main accumulator in Lunel-Viel cave is hyena (Fosse, 1994b,

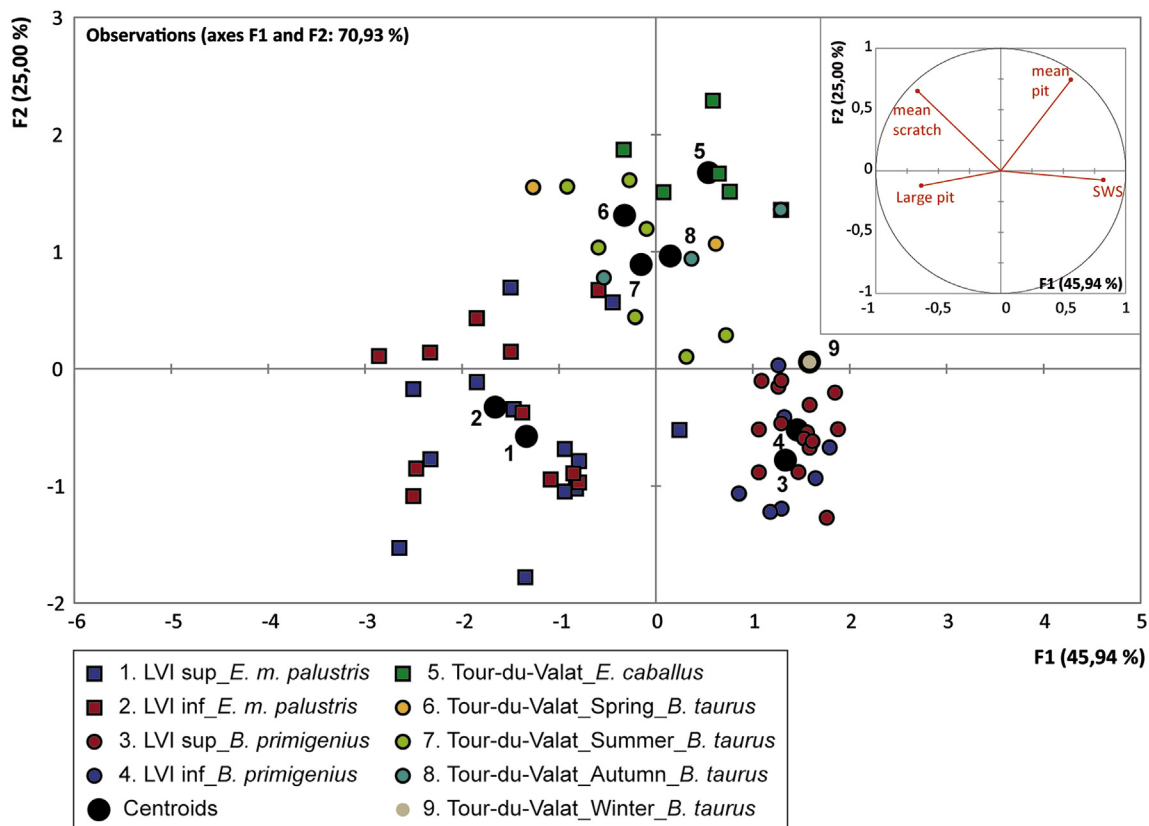


Fig. 4. Principal Component Analysis (PCA) with the microwear variables defining the diet of Lunel-Viel I and the Tour-du-Valat research institute bovids and equids. The variables used are the mean of pits and scratches for each population, the SWS index and the percentage of specimen with large pit for each population. The black dots correspond to the centroid of each population.

1996). While this predator can get a pretty huge territory (up to 1776 km² for some *Crocuta* populations, Fourvel, 2012), they carry their prey (or part of it) to their den on a much smaller distance. Extant *Hyaena* carries carcasses on an average of 6.4 km (with a maximum of 15 km on one occurrence) (Mills, 1990). These distances are similar for extant *Crocuta* (Brain, 1981). Thus, the specific content of a hyena's den correspond to prey living at relatively close distance. It is very unlikely that two very different biotopes could develop in this context which discards the first hypothesis.

In a European current artificial grazing wetland system such as Camargue but also Oostvaardersplassen (Netherlands), the rate of population increase is significantly higher in the horse population than in the cattle population (Vulink et al., 1998; Menard et al., 2002). It is predicted that when the cattle and horse populations come to equilibrium with the vegetation, the horses will outcompete the cattle. The coexistence of the two species should persist in a natural system if there are enough broadleaved plants neglected by horses or if it exists a high predation on horses which limits their number (Grange et al., 2004).

In Lunel-Viel, *Bos* and *Equus* avoided competition by preferably selecting dicots for the first species and monocots for the second one. Nevertheless, it should not be forgotten that the faunal assemblage of Lunel-Viel is rich in herbivorous taxa such as *Haploidoceros mediterraneus*, *Cervus elaphus*, *Stephanorhinus hemitoechus*, *Capreolus* cf. *Süssenbornensis* or *Equus hydruntinus*. It will be interesting to describe their role within the rich and complex environment of Lunel-Viel. The study of varied ecosystems rich in large herbivorous species such as that of African parks shows that, depending on the species and the context, competitive or, on the contrary, symbiotic behaviour can be observed (De Boer and Prins, 1990). In Lunel-Viel, the presence of other herbivore species may have been a factor that influenced the strong dietary segregation of horses and aurochs between monocots and dicots. This

partition can be either seasonal either permitted by a mosaic biotope. Although the accumulations of horses and cattle occurred during a single season, it is not possible to specify which one and whether it is the same for both species (Uzunidis, 2020). Nevertheless, the succession of plant species over the seasons in the Camargue does not drastically reverse the trends and this biotope remains dominated by monocots throughout the year. Thus, the study of dental wear pattern show that, although changing slightly, the diet and the tooth wear of the cattle of the Tour-du-Valat remain fairly similar throughout the year.

The characteristics of the biotope that *Equus* and *Bos* from Lunel-Viel must have occupied do not correspond to those of today's Camargue in the light of our preliminary data. These two species cohabited in the same environment thanks to a strong partitioning of resources. It was made possible thanks to the succession of marked seasons (which is already suggest by previous studies: Fosse, 1996) or through the development of a mosaic biotope rich in monocots and dicots.

This study underlines many differences between Lunel-Viel and nowadays Camargue from differences between the diet behaviour of present and fossil species to differences in the partitioning of resources and competitive relationships between taxa. Nevertheless, this study remains preliminary and the comparative database has yet to be completed with new specimens.

5. Conclusions

The aim of this study was to test the hypothesis Marie-Françoise Bonifay stated in 1980 based on a morphological study of the horse of Lunel-Viel I and the location of the site.

This study presents teeth use-wear results for extant cattle and horse from Camargue wetland. The results were confronted with ecological

data gathered in the same location than the teeth: the Tour-du-Valat research institute. Tooth-wear results were consistent with the already known diet parameters and provide a comparative database in relation to a season for *Bos*, in general for *Equus*.

These observations were confronted with Lunel-Viel I *Bos* and *Equus* tooth wear analysis in order to determine if they already inhabited a wetland environment like the extent Camargue. This paper underlines important meso- and microwear differences between the Tour-du-Valat and the Lunel-Viel I ungulates. Also the diet partitioning between the two species was observed to be weak at the Tour-du-Valat and very strong at Lunel-Viel which reinforce the previous conclusions.

Those strong differences would indicate that neither the horse nor the aurochs from Lunel-Viel I fed in a wetland like the Camargue in the light of our preliminary data. Despite several features on the skeleton showing an adaptation to a humid environment and the location of the site, the horses' ecological niche must have been different from the extant Camargue equids.

Declaration of competing interest

The author declares no conflict of interest.

Acknowledgement

The author would like to thank the Tour-du-Valat Research Institute for the authorization to collect the bone remains and its precious help. Also, the author would like to thank the editor, Florent Rivals, Nicolas Boulbes and an anonymous reviewer for their help and precious advice to improve this manuscript. Finally, this contribution is part of the new research project about the site of Lunel-Viel (PI. J.-Ph. Brugal) with new excavation authorized by the Direction Régionale des Affaires Culturelles (DRAC) Occitanie.

References

- King, T., Andrews, P., Boz, B., 1999. Effect of taphonomic processes on dental microwear. *Am. J. Phys. Anthropol.* 108, 359–373. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-8644\(199903\)108:3<359::AID-AJPA10>3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-8644(199903)108:3<359::AID-AJPA10>3.0.CO;2-9).
- Ackermans, N.L., Winkler, D.E., Schulz-Kornas, E., Kaiser, T.M., Müller, D.W.H., Kircher, P.R., Hummel, J., Clauss, M., Hatt, J.-M., 2018. Controlled feeding experiments with diets of different abrasiveness reveal slow development of mesowear signal in goats (*Capra aegagrus hircus*). *J. Exp. Biol.* 221. <https://doi.org/10.1242/jeb.186411>.
- Boer, W.F. de, Prins, H.H.T., 1990. Large herbivores that strive mightily but eat and drink as friends. *Oecologia* 82, 264–274. <https://doi.org/10.1007/BF00323544>.
- Boisserie, J.-R., Zazzo, A., Merceron, G., Blondel, C., Vignaud, P., Likius, A., Mackaye, H.T., Brunet, M., 2005. Diets of modern and late Miocene hippopotamids: evidence from carbon isotope composition and micro-wear of tooth enamel. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 221, 153–174. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.02.010>.
- Bonifay, E., 1968. Stratigraphie et industries lithiques de la grotte n°1 du Mas des Caves à Lunel-Viel (Hérault). In: Vaufray, R. (Ed.), *La Préhistoire : Problèmes et Tendances*. Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, pp. 37–46.
- Bonifay, M.-F., 1971. Carnivores quaternaires du sud-est de la France (Unpublished PhD). Paris science faculty, Paris.
- Bonifay, E., 1975. L'ère Quaternaire : définitions, limites et subdivisions sur la base de la chronologie méditerranéenne. *Bulletin de la société géologique française* 17, 380–393.
- Bonifay, M.-F., 1980. Le Cheval du pléistocène moyen des grottes de Lunel-Viel (Hérault). *Equus mosbachensis palustris*. *Gall. Prehist.* 23, 233–281.
- Bonifay, E., 1981. Les plus anciens habitats sous grotte découverts à Lunel-Viel (Hérault). *Archeologia* 30–42.
- Bonnet, A., 1967. Un karst limité dans le temps et dans l'espace : la grotte de Lunel-Viel (Hérault). *Spelunca* 47–52.
- Boudadi-Maligne, M., 2010. Les canis pléistocènes du sud de la France approche biosystématique, évolutive et biochronologique (Unpublished PhD). Bordeaux 1 University.
- Boulbes, N., Asperen, E.N. van, 2019. Biostratigraphy and palaeoecology of European Equus. *Front. Ecol. Evol.* 7. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00301>.
- Brain, C.K., 1981. The Hunters or the Hunted? an Introduction to African Cave Taphonomy. The university of Chicago Press, Chicago and London.
- Bro-Jørgensen, J., 2008. Dense habitats selecting for small body size: a comparative study on bovids. *Oikos* 117, 729–737. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2008.16069.x>.
- Brugal, J.-P., 1983. Applications des analyses multidimensionnelles à l'étude du squelette des membres des grands bovidés pléistocènes (grottes de Lunel-Viel, Hérault): perspectives évolutives (Unpublished PhD). Aix-Marseille II University.
- Brugal, J.-P., 1984. Le *Bos primigenius* Boj., 1827 du pléistocène moyen des grottes de Lunel-Viel (Hérault). *Bull. Musee Anthropol. Prehist. Monaco* 28, 7–62.
- Croitor, R., Bonifay, M.-F., Brugal, J.-P., 2008. Systematic revision of the endemic deer *Haploiodoceros* n. gen. *Mediterraneus* (Bonifay, 1967) (Mammalia, Cervidae) from the Middle pleistocene of southern France. *Paläontol. Z.* 82, 325–346. <https://doi.org/10.1007/BF02988899>.
- Dumouchel, L., Bober, R., 2019. Paleoeological implications of dental mesowear and hypsodonty in fossil ungulates from Kanopoi. *J. Hum. Evol.* <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2018.11.004>.
- Duncan, P., 1983. Determinants of the use of habitat by horses in a mediterranean wetland. *J. Anim. Ecol.* 52, 93–109. <https://doi.org/10.2307/4590>.
- Duncan, P.B., 1992. Horses and Grasses: the Nutritional Ecology of Equids and Their Impact on the Camargue. Springer-Verlag, New York.
- Eisenmann, V., 1984. Sur quelques caractères adaptatifs du squelette d'*Equus* et leurs implications paléocologiques. *Bulletin du muséum d'Histoire Naturelle* 6, 185–195.
- Foronova, I., 2006. Late quaternary equids (genus *Equus*) of south-western and south-central Siberia. In: Mashkour, M. (Ed.), *Equids in Time and Space, Papers in Honour of Vera Eisenmann*. Presented at the Proceedings of the 9th Conference of the International Council of Archaeozoology. Oxbow Books, Oxford, Durham, Août, pp. 20–30 2002.
- Fortelius, M., Solounias, N., 2000. Functional characterization of ungulate molars using the abrasion-attrition wear gradient: a new method for reconstructing paleodiets. *Am. Mus. Novit.* 1–36.
- Fosse, P., 1994a. L'hyène des cavernes comme agent d'accumulation des ossements à Lunel-Viel 1 (Hérault, France) : observations préliminaires. In: *Outillage Peu Élaboré En Os et Bois de Cervidés*. Presented at the IV, Taphonomie - Bone Modification : 6e Table Ronde. Editions du CERDAC, Treignes, pp. 91–96.
- Fosse, P., 1994b. Taphonomie Paléolithique : les grands mammifères de Soleilhac (Haute-Loire) et de Lunel-Viel 1 (Hérault) (Unpublished PhD). University of Provence, Aix-Marseille I.
- Fosse, P., 1996. La grotte n° 1 de Lunel-Viel (Hérault, France) : repaire d'hyènes du Pléistocène moyen. Etude taphonomique du matériel osseux. *Paléo* 8, 47–79. <https://doi.org/10.3406/pal.1996.906>.
- Fourvel, J.-B., 2012. Hyénidés modernes et fossiles d'Europe et d'Afrique : taphonomie comparée de leurs assemblages osseux (Unpublished PhD). Toulouse le Mirail - Toulouse II University.
- Fourvel, J.-B., Brugal, J.-P., Fosse, P., Tournepeiche, J.F., Crégut-Bonnaire, E., 2012. Consumption of Ungulate long bones by Pleistocene Hyenas: a comparative study. *J. Taphon.* 10, 239–263.
- Frey, W., Löscher, R., 2010. Geobotanik: Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit. Spektrum, Heidelberg, Germany.
- Garrigou, F., 1865. Étude comparative des alluvions quaternaires anciennes et des cavernes à ossements des Pyrénées et de l'Ouest de l'Europe, au point de vue géologique, paléontologique et anthropologique. Delboy, Toulouse.
- Grange, S., Duncan, P., Gaillard, J.-M., Sinclair, A.R.E., Gogan, P.J.P., Packer, C., Hofer, H., East, M., 2004. What limits the Serengeti zebra population? *Oecologia* 140, 523–532. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1567-6>.
- Grine, F.E., 1986. Dental evidence for dietary differences in *Australopithecus* and *Paranthropus*: a quantitative analysis of permanent molar microwear. *J. Hum. Evol.* 15, 783–822. [https://doi.org/10.1016/S0047-2484\(86\)80010-0](https://doi.org/10.1016/S0047-2484(86)80010-0).
- Gromova, V., 1949. Le Genre "Equus", Première partie : revue et description des formes, Trad. Pietrussou de Saint-Aubin. Annales du Centre d'Etudes et de Documentation Paléontologiques, 1955, n° 13. vol. 17 Travaux Inst. Paléontol. Acad. Sci. URSS.
- Guilhaumon, D., 1982. Approche méthodologique pour l'étude du matériel osseux fragmenté du gisement de Lunel-Viel (Hérault) (DES mémoire). Aix-Marseille II University.
- Kaiser, T.M., Rössner, G.E., 2007. Dietary resource partitioning in ruminant communities of Miocene wetland and karst palaeoenvironments in Southern Germany. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 252, 424–439. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2007.04.013>.
- Kaiser, T.M., Schulz, E., 2006. Tooth wear gradients in zebras as an environmental proxy—a pilot study. *Mitt. Hambg. Zool. Mus. Inst.* 103, 187–210.
- Kaiser, T.M., Brasch, J., Castell, J.C., Schulz, E., Clauss, M., 2009. Tooth wear in captive wild ruminant species differs from that of free-ranging conspecifics. *Mamm. Biol.* 74, 425–437. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2008.09.003>.
- Kaiser, T.M., Müller, D.W.H., Fortelius, M., Schulz, E., Codron, D., Clauss, M., 2013. Hypsodonty and tooth facet development in relation to diet and habitat in herbivorous ungulates: implications for understanding tooth wear. *Mamm. Rev.* 43, 34–46. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2011.00203.x>.
- Lacomat, F., 2005. Les rhinocéros fossiles des sites préhistoriques de l'Europe méditerranéenne et du Massif Central, Paléontologie et implications biochronologiques. vol. 1419 BAR International Series.
- Le Grand, Y., 1994a. Approche méthodologique et technologique d'un site d'habitat du Pléistocène moyen : la grotte n°1 du Mas des Caves (Lunel-Viel, Hérault). Résumé de thèse par l'auteur. Préhistoire anthropologie méditerranéennes, pp. 205–206.
- Le Grand, Y., 1994b. Processus de formation des dépôts archéologiques du Pléistocène moyen de Lunel-Viel 1 (Hérault). L'utilisation des remontages. Préhistoire anthropologie méditerranéennes 57–64.
- Lindstedt, S.L., Boyce, M.S., 1985. Seasonality, fasting endurance, and body size in mammals. *Am. Nat.* 125, 873–878.
- Marín-Leyva, A.H., DeMiguel, D., García-Zepeda, M.L., Ponce-Saavedra, J., Arroyo-Cabrales, J., Schaaf, P., Alberdi, M.T., 2016. Dietary adaptability of late pleistocene Equus from west Central Mexico. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 441, 748–757. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2015.10.019>.
- Menard, C., Duncan, P., Fleurance, G., Georges, J.-Y., Lila, M., 2002. Comparative foraging and nutrition of horses and cattle in European wetlands. *J. Appl. Ecol.* 39,

- 120–133. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00693.x>.
- Merceron, G., Madelaine, S., 2006. Molar microwear pattern and palaeoecology of ungulates from La Berbie (Dordogne, France): environment of Neanderthals and modern human populations of the Middle/Upper Palaeolithic. *Boreas* 35, 272–278. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2006.tb01157.x>.
- Merceron, G., Blondel, C., Brunet, M., Sen, S., Solounias, N., Viriot, L., Heintz, E., 2004a. The Late Miocene paleoenvironment of Afghanistan as inferred from dental microwear in artiodactyls. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 143–163.
- Merceron, G., Viriot, L., Blondel, C., 2004b. Tooth microwear pattern in roe deer (*Capreolus capreolus* L.) from Chizé (Western France) and relation to food composition. *Small Rumin. Res.* 53, 125–132. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.10.002>.
- Merceron, G., Ramdarshan, A., Blondel, C., Boissier, J.-R., Brunetiere, N., Francisco, A., Gautier, D., Milhet, X., Novello, A., Pret, D., 2016. Untangling the environmental from the dietary: dust does not matter. *Proc. Biol. Sci.* 283. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.1032>.
- Merceron, G., Colyn, M., Geraads, D., 2018. Browsing and non-browsing extant and extinct giraffids: evidence from dental microwear textural analysis. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 505, 128–139. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2018.05.036>.
- Mihlbachler, M.C., Rivals, F., Solounias, N., Semperebon, G.M., 2011. Dietary change and evolution of horses in North America. *Science* 331, 1178–1181. <https://doi.org/10.1126/science.1196166>.
- Mills, M.G.L., 1990. Kalahari Hyaenas: the Comparative Behavioural Ecology of Two Species. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0855-3_5.
- Noury, F., 2005. Analyse et distinction des Cervidés du Pléistocène moyen de la grotte I du Mas des Caves (Lunel-Viel, Hérault, France) (Master mémoire). Bordeaux I University.
- Rivals, F., Semperebon, G.M., 2017. Latitude matters: an examination of behavioural plasticity in dietary traits amongst extant and Pleistocene Rangifer tarandus. *Boreas* 46, 254–263. <https://doi.org/10.1111/bor.12205>.
- Rivals, F., 2018. High-resolution paleoenvironmental context for human occupations during the Middle Pleistocene in Europe (MIS 11, Germany). *Quat. Sci. Rev.* 188, 136–142. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.03.026>.
- Rivals, F., Mihlbachler, M.C., Solounias, N., 2007. Effect of ontogenetic-age distribution in fossil and modern samples on the interpretation of ungulate paleodiets using the mesowear method. *J. Vertebr. Paleontol.* 27, 763–767.
- Rivals, F., Schulz, E., Kaiser, T.M., 2009. Late and Middle Pleistocene ungulates dietary diversity in Western Europe indicate variations of Neanderthal paleoenvironments through time and space. *Quat. Sci. Rev.* 3388–3400.
- Rivals, F., Mihlbachler, M.C., Solounias, N., Mol, D., Semperebon, G.M., Vos, J. de, Kalthoff, D.C., 2010. Palaeoecology of the Mammoth Steppe fauna from the late Pleistocene of the North Sea and Alaska: separating species preferences from geographic influence in paleoecological dental wear analysis. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 286, 42–54. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2009.12.002>.
- Rivals, F., Rindell, D., Belardi, J.B., 2013. Dietary ecology of extant guanaco (*Lama guanicoe*) from Southern Patagonia: seasonal leaf browsing and its archaeological implications. *J. Archaeol. Sci.* 40, 2971–2980. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.03.005>.
- Rivals, F., Takatsuki, S., Albert, R.M., Macià, L., 2014. Bamboo feeding and tooth wear of three sika deer (*Cervus nippon*) populations from northern Japan. *J. Mammal.* 95, 1043–1053. <https://doi.org/10.1644/14-MAMM-A-097>.
- Rivals, F., Julien, M.-A., Kuitens, M., Van Kolfshoten, T., Serangeli, J., Drucker, D.G., Bocherens, H., Conard, N.J., 2015. Investigation of equid paleodiet from Schöningen 13 II-4 through dental wear and isotopic analyses: archaeological implications. *J. Human Evol. Spec. Issue: Excavations at Schöningen: New Insights into Middle Pleistocene Lifeways in Northern Europe* 89, 129–137. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2014.04.002>.
- Rivals, F., Uzunidis, A., Sanz, M., Daura, J., 2017. Faunal dietary response to the heinrich event 4 in southwestern Europe. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 473, 123–130. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2017.02.033>.
- Rivals, F., Semperebon, G.M., Lister, A.M., 2019. Feeding traits and dietary variation in Pleistocene proboscideans: a tooth microwear review. *Quat. Sci. Rev.* 219, 145–153. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.06.027>.
- Rogers, P.M., 1981. Ecology of the European wild rabbit *Oryctolagus cuniculus* (L.) in Mediterranean habitats. II. Distribution in the landscape of the Camargue, S. France. *J. Appl. Ecol.* 18, 355–371. <https://doi.org/10.2307/2402400>.
- Saarininen, J., Lister, A.M., 2016. Dental mesowear reflects local vegetation and niche separation in Pleistocene proboscideans from Britain. *J. Quat. Sci.* 31, 799–808. <https://doi.org/10.1002/jqs.2906>.
- Saarininen, J., Eronen, J., Fortelius, M., Seppä, H., Lister, A.M., 2016. Patterns of diet and body mass of large ungulates from the Pleistocene of Western Europe, and their relation to vegetation. *Palaeontol. Electron.* 19 (3), 1–58 32A.
- Schulz, E., Kaiser, T.M., 2007. Feeding strategy of the urus *Bos primigenius bojanus*, 1827 from the holocene of Denmark. *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg* 259, 155–164.
- Schulz, E., Kaiser, T.M., 2013. Historical distribution, habitat requirements and feeding ecology of the genus *Equus* (Perissodactyla). *Mamm. Rev.* 43, 111–123. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2012.00210.x>.
- Semperebon, G., Godfrey, L.R., Solounias, N., Sutherland, M.R., Jungers, W.L., 2004. Can low-magnification stereomicroscopy reveal diet? *J. Hum. Evol.* 115–144.
- Serres (de), M., Dubreuil, J.-M., Jeanjean, A.-E., 1839. Recherches sur les ossements humanoïdes des cavernes de Lunel-Viel. Boehm, Montpellier.
- Solounias, N., Semperebon, G., 2002. Advances in the reconstruction of ungulate ecomorphology with application to early fossil equids. *Am. Mus. Novit.* 3366, 49.
- Uzunidis, A., 2020. Large ungulates mobility and Neanderthal subsistence behaviours: a preliminary tooth microwear analysis. *J. Archaeol. Sci.: Report* 29, 102084. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.102084>.
- Uzunidis, A., Rivals, F., Brugal, J.-P., 2017. Relation between morphology and dietary traits in horse jugal upper teeth during the Middle pleistocene in Southern France. *Quaternaire* 28, 303–312. <https://doi.org/10.4000/quaternaire.8256>.
- Uzunidis-Boutillier, A., 2017. Grands herbivores de la fin du Pléistocène moyen au début du Pléistocène supérieur dans le sud de la France. Implications anthropologiques pour la lignée néandertalienne (Unpublished PhD). Aix-Marseille University.
- Van Asperen, E.N., 2010. Ecomorphological adaptations to climate and substrate in late Middle Pleistocene caballoid horses. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 297, 584–596.
- Van Asperen, E.N., 2012. Late Middle Pleistocene horse fossils from northwestern Europe as biostratigraphic indicators. *J. Archaeol. Sci.* 39, 1974–1983. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.02.025>.
- Van Asperen, E.N., 2013. Position of the Steinheim interglacial sequence within the marine oxygen isotope record based on mammalian biostratigraphy. *Quat. Int.* 292, 33–42.
- Vásquez-Correa, M.C., Rodas, H.L., 2019. A Robust Approach for Principal Component Analysis. [arXiv:1903.00093 \[math, stat\]](https://arxiv.org/abs/1903.00093).
- Vulink, J.T., Van Eerden, M.R., 1998. Hydrological conditions and herbivory as key operators for ecosystem development in Dutch artificial wetlands. In: WallisDeVries, M.F., Van Wieren, S.E., Bakker, J.P. (Eds.), *Grazing and Conservation Management, Conservation Biology Series*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 217–252. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4391-2_7.
- Walker, A., Hoek, H.N., Perez, L., 1978. Microwear of mammalian teeth as an indicator of diet. *Science* 201, 908–910.
- Winkler, D.E., Schulz-Kornas, E., Kaiser, T.M., Cuyper, A.D., Clauss, M., Tütken, T., 2019. Forage silica and water content control dental surface texture in Guinea pigs and provide implications for dietary reconstruction. *Proc. Natl. Acad. Sci. Unit. States Am.* 116, 1325–1330. <https://doi.org/10.1073/pnas.1814081116>.
- Wronski, T., Schulz-Kornas, E., 2015. The Farasan gazelle—a frugivorous browser in an arid environment? *Mamm. Biol.* 80, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2014.12.002>.
- Xafis, A., Nagel, D., Bastl, K., 2017. Which tooth to sample? A methodological study of the utility of premolar/non-carnassial teeth in the microwear analysis of mammals. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 487, 229–240. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2017.09.003>.