

FUMIERS, BOUSES ET GUANO : ORDURES OU OR BRUN ?

*Statut, usage et gestion des déjections animales
depuis la Préhistoire*

Potentiel archéologique et environnemental

Dung, manure and guano: garbage or brown gold?
Status, use and management of animal dung since prehistoric times
Archaeological and paleoenvironmental potential



Organisées par
Claire DELHON, Lionel GOURICHON et Lucie MARTIN



15 – 17 octobre 2024
Auditorium du Parc Phoenix, Nice

Contact :
rencontresdenice2024@cepam.cnrs.fr
<https://www.cepam.cnrs.fr/evenement/colloque-fumier-bouses-et-guano-ordures-ou-or-brun/>

Parc Phoenix
405 Promenade des Anglais
06200 Nice



Légendes des illustrations en couverture (de haut en bas et de gauche à droite) :

- 1) Séchages de pains de fumiers, Géorgie, 2012, photo L. Martin
- 2) Moutons en pâture, Bestansur, Kurdistan irakien, photo M. Portillo
- 3) Théière chauffée avec de la bouse séchée, Kurdistan, photo M. Portillo
- 4) Parasite d'oxyures du cheval (*Oxyuris equi*), Landevennec, Bretagne, photo M. Le Bailly
- 5) Structure chimique de la molécule de coprostanol, photo libre de droit (Wikipedia)
- 6) Couches de fumiers néolithiques, grotte de Pertus II (Méailles, Alpes de Haute-Provence), photo C. Lepère
- 7) Femme portant des briques de fumier comme combustible, Égypte, photo B. Moulin
- 8) « Le paysan rentrant du fumier », estampe de J.-F. Millet, 1855-1856, Bibliothèque nationale de France

ORGANISATION SCIENTIFIQUE • SCIENTIFIC ORGANIZATION

Claire DELHON (CEPAM – Université Côte d’Azur/CNRS),
Lionel GOURICHON (CEPAM – Université Côte d’Azur/CNRS)
Lucie MARTIN (Université de Genève & Edytem – Université Savoie Mont Blanc/CNRS)

ORGANISATION ADMINISTRATIVE • ADMINISTRATION

Marianne GRANIER-PARRA (CEPAM)
Anne-Marie GOMEZ (CEPAM)
Antoine PASQUALINI (CEPAM)

COMITÉ SCIENTIFIQUE • SCIENTIFIC COMMITTEE

Fabien BLANC-GARIDEL (SANCA)
Giovanni BOSCHIAN (Université de Pise)
Emmanuel DESCLAUX (CEPAM/Grotte du Lazaret)
Claire DELHON (CEPAM)
David ETIENNE (CARRTEL)
Lionel GOURICHON (CEPAM)
Jérémy JACOB (LSCE)
Matthieu LE BAILLY (Chrono-environnement)
Cédric LEPÈRE (CEPAM/EVEHA)
Joséphine LESUR (AASPE)
Lucie MARTIN (Université de Genève/Edytem)
Erwan MESSENGER (Edytem)
Pierre-Yves NICOD (Université de Genève)
Nicolas POIRIER (TRACES)
Marta PORTILLO (CSIC/Institut Milà i Fontanals, Barcelone)
Bertrand ROUSSEL (Musées d’Archéologie de Nice)
Dominique SORDOILLET (Chrono-environnement/Inrap)
Arnaud ZUCKER (CEPAM)

SOMMAIRE

- 3 ORGANISATION SCIENTIFIQUE • SCIENTIFIC ORGANIZATION
- 3 ORGANISATION ADMINISTRATIVE • ADMINISTRATION
- 3 COMITÉ SCIENTIFIQUE • SCIENTIFIC COMMITTEE
- 5 SOMMAIRE • TABLE OF CONTENTS
- 9 INTRODUCTION • INTRODUCTION
- 11 PROGRAMME • PROGRAM
- 17 COMMUNICATIONS • CONFERENCE PAPERS
- 21 Du pâturage à la crotte : Approvisionnement fourrager de la cité caravanière de Thāj (Arabie saoudite) dans l'Antiquité par une approche archéobotanique multi-proxy / *From grazing to pooping : Fodder supply in the ancient caravan city of Thāj (Saudi Arabia) using a multi-proxy archaeobotanical approach*
Vladimir DABROWSKI, Aline GARNIER, Valentine FICHET, Hervé MONCHOT, Jacqueline STUDER, Ibrahim AL-MSHABI, Jérôme ROHMER
- 23 Géoarchéologie et économie de production : lieux de vie des animaux domestiques et gestion des déchets liés à l'élevage chez les sociétés agro-pastorales du Néolithique et de l'âge du Bronze
Geoarchaeology and economy of production : living quarters for domestic animals and livestock waste management in Neolithic and Bronze Age agro-pastoral societies
Alessandro PEINETTI, Marylise ONFRAY, Julia WATTEZ
- 25 Une étude multiproxy du fumier de l'âge du Bronze moyen dans des sites de l'Italie du Nord
A multiproxy study of herbivore dung from Middle Bronze Age north Italian settlements
Marta DAL CORSO, Federico POLISCA, Maela BALDAN, Dario BATTISTEL, Mara BORTOLINI, Silvia D'AQUINO, Giorgio PIAZZALUNGA, Cristiano NICOSIA
- 27 La place de la fumure dans le système agricole d'une ferme de la période romaine dans la Plaine de France / *The place of manuring in the agricultural system of a Roman farm in the Plaine de France (France)*
Vanessa ROUPPERT
- 28 Impacts des parcs de contention des bergeries anciennes sur les parcours méditerranéens : une histoire sans fin ? / *Impacts of ancient sheep paddocks on Mediterranean rangelands : a never-ending story ?*
Thierry DUTOIT, Ilona BOULY, Christel VIDALLER, Arne SAATKAMP
- 30 La fertilisation des champs durant l'Antiquité : étude expérimentale du parcage de bétail et son effet sur la composition isotopique des céréales / *The fertilisation of fields during Antiquity : experimental study of livestock penning and its effect on the isotopic composition of cereals*
Sammy BEN MAKHAD, Marie BALASSE, Véronique MATTERNE
- 32 De la forêt à la bergerie et de la bergerie aux champs. Fourrage et fumure à Pertus II (Alpes-de-Haute-Provence) au Néolithique moyen / *From the forest to the sheepfold and from the sheepfold to the fields. Fodder and manure at Pertus II (Alpes-de-Haute-Provence) in the Middle Neolithic*
Claire DELHON, Lionel GOURICHON, Manon VUILLIEN, Estelle HERRSCHER, Lucie MARTIN, Cédric LEPÈRE, Janet BATTENTIER, Thierry BLASCO, Maryline MONTANES, Alain CARRÉ, Fabrice BRAY, Guy ANDRÉ, Arnaud MAZUY
- 34 Une approche archéo-sédimentaire pour la reconstruction des pratiques liées à la production et usage du fumier et leur place dans les agrosystèmes préindustriels du Pays Basque / *An archaeo-sedimentary approach to the reconstruction of manuring practices and their place in pre-industrial agrosystems in the Basque Country*
Josu NARBARTE, Juan Antonio QUIRÓS CASTILLO, Eneko IRIARTE
- 36 Activités de pâturage du bétail de Mongolie centrale (montagnes Tarvagatai et monts Khangai) par l'analyse des grains de pollen de fumier / *Livestock grazing activities from Central Mongolia (Tarvagatai Mountains and Khangai Mountains) inferred by dung pollen analysis*
Chéïma BARHOUMI, Sarah VEITH, Laura-Christin DEMMER, Gergana RUSEVA, Hermann BEHLING
- 37 Jachère pâturée ou fumure ? Quand les assemblages archéo-entomologiques permettent de préciser des pratiques d'amendement passées / *Fallow pasture or manure ? When archaeo-entomological assemblages shed light on past amendment practices.*
Jérémy ROLLIN, Marie-Pierre HORARD, Christophe BRESSAC, Philippe HUSI

- 39 Détecter la pollution fécale grâce aux parasites digestifs. Applications aux questions de santé humaine et animale au travers du temps / *Detecting fecal pollution with digestive parasites. Applications to human and animal health issues over time*
Matthieu LE BAILLY, Benjamin DUFOUR, Céline MAICHER, Kévin ROCHE
- 40 Le chien ou son maître? Recherche interdisciplinaire sur les coprolithes de l'habitat palafittique néolithique de Stare Gmajne en Slovénie / *The dog or its master? Further interdisciplinary research on coprolites from Stare gmajne Eneolithic pile-dwelling site in Slovenia*
Tjaša TOLAR, Tilen PODOBNIK, Alfred GALIK, Nina CAF, Matthieu LE BAILLY, Erwin ROSENBERG, Elena BUŽAN, Lars ZVER
- 41 Interactions homme / chiens: résultats d'une analyse multiproxy de coprolithes issus du site de Serteya 2 (5^e - 3^e mill. av. n. è, Région de Smolensk, Fédération de Russie) / *Humans and dogs interactions: results of a multiproxy analysis of coprolites from the Serteya 2 site (5th-3rd mill. BC, Smolensk Region, Russian Federation)*
Yolaine MAIGROT, Andrey MAZURKEVICH, Ekaterina DOLBUNOVA, Émilie GAUTHIER, Matthieu LE BAILLY, Céline MAICHER, Aurélie SALAVERT, Alexandra VALAYER
- 43 Conférence – Une approche anthropologique du fumier: un artefact pas comme les autres
Sophie Laligant
- 44 Contribution de l'analyse des spores de champignons coprophiles et de l'ADN sédimentaire à la reconstruction de l'histoire des activités pastorales dans les Alpes du Nord / *Contribution of the analysis of coprophilous fungi spores and sedimentary DNA to the reconstruction of the history of pastoral activities in the Northern Alps*
David ETIENNE, Charline GIGUET-COVEX, Andréa JULIEN, Elise DOYEN, Jérôme POULENARD, Erwan MESSAGER
- 45 Exploration pluridisciplinaire des interactions homme-environnement en zone arctique à travers les marqueurs fécaux durant le dernier millénaire / *Multidisciplinary exploration of human-environment interactions in the Arctic through fecal markers during the last millennium*
Elia ROULÉ, Emilie GAUTHIER, Matthieu LE BAILLY, Benjamin DUFOUR, Amandine ANGELI, Dominique MARGUERIE
- 46 Entre chien et loup, hyènes et autres, carnivores ou non: intérêt de l'étude pollinique des coprolithes et apports pour la connaissance des paléoenvironnements quaternaires / *Between dog and wolf, hyenas and others, meat-eaters or not: interest in the palynological study of coprolites and contributions to knowledge of Quaternary paleoenvironments*
Jacqueline ARGANT, Jean-Philip BRUGAL
- 48 Le guano de chauves-souris en grotte: une archive paléoenvironnementale à haute résolution de l'évolution du climat et de l'anthropisation / *Bat guano in caves: a high-resolution paleoenvironmental archive of climate change and anthropization*
Laurent BRUXELLES, Lionel BARRIQUAND, Johan ETOURNEAU, Caroline GAUTHIER, Jérémy JACOB, David KANIEWSKI, Gaël LEROUX et Thierry OTTO
- 50 Cortèges moléculaires associés aux guanos accumulés dans plusieurs grottes du sud de la France / *Molecular imprints preserved in guano accumulations from southern France caves*
Jérémy JACOB, Caroline GAUTHIER, Laurent BRUXELLES
- 52 Contribution du guano à la création d'un écosystème: histoire des mergules nains d'Ukaleqarteq (Groenland) / *The guano's contribution to the creation of an ecosystem: a little auks breeding site in Ukaleqarteq (Greenland)*
Emilie GAUTHIER, Fanny ESPEISSE, Alexandra VALAYER, Hervé RICHARD, Jérôme FORT, David GRÉMILLET
- 53 Les pieds dans le fumier: gestion des matières organiques phosphatées au Néolithique ancien (Belgique/ Luxembourg/ Nord de la France) / *Feet in manure: management of phosphate-containing organic matter in the Early Neolithic (Belgium/Luxembourg/Northern France)*
Kai FECHNER, Aurélie SALAVERT (avec la collaboration de Rémy AURAY, Marie BALASSE, Dominique BOSQUET, Heike FOCK, et les remerciements à Jérôme DUBOULOZ)
- 54 Premiers témoins de stabulation de porcs dans un contexte urbain de l'âge du Fer: une approche par la micromorphologie et la taphonomie sur le site de la Forteresse dels Vilars (Lleida, Catalogne) / *The first evidence of pig stabling in an urban context of the Iron Age: an approach based on micromorphology and taphonomy at the Fortress of Vilars (Lleida, Catalonia)*
Joan CARBONELL ROCA, Ariadna NIETO ESPINET, M. Mercè BERGADÀ ZAPATA, Alba CASTELLANO ARAGONÉS, Jordi MARTÍNEZ MAJORAL, Natàlia ALONSO MARTÍNEZ

- 56 De l'identification des fientes à celle du commerce des volailles dans la ville antique d'Autun / *From the identification of droppings to the poultry trade in ancient Autun*
Pierre QUENTON, Dominique SORDOILLET
(avec la collaboration de N. GARNIER et A. M. DESIDERIO)
- 57 Des ordures sur le tas de fumier? Mesurer les dynamiques agraires médiévales par la cartographie des épandages de fumure / *Rubbish on the dung heap? Measuring medieval agrarian dynamics by mapping manure spreading*
Nicolas POIRIER
- 58 L'utilisation des fumiers, boues et gadoues dans les pratiques culturelles des fermes du Bassin parisien au XIX^e siècle: un savant équilibre entre élevage, agriculture et commerce / *The use of manure, sludge and slush in the farming practices of the farms in the Parisian Basin during the 19th Century: a clever balance between breeding, agriculture and trade*
Christiane CHENEAUX-BERTHELOT
- 60 L'étable, le tas de fumier et le puits ou le cauchemar de l'hygiéniste (Bretagne, XVIII^e-XIX^e siècles) / *The stable, the dung heap and the well: a hygienist's nightmare (Brittany, 18th-19th centuries)*
Isabelle GUÉGAN
- 61 « Oh, quel beau tas de fumier! »: le paradoxe damganais (Bretagne sud) / *"Oh, what a beautiful pile of manure!" the Damgan paradox (Southern Brittany)*
Sophie LALIGANT
- 62 Approches morphométriques et contenus osseux dans l'étude des coprolithes / *Morphometrical approaches and bone contents in the study of coprolites*
Jean-Philip BRUGAL, Montserrat SANZ, Joan DAURA
- 63 Biomarqueurs dans des coprolithes de carnivores actuels et fossiles / *Molecular biomarkers in fossil and modern carnivorous coprolites*
Jérémy JACOB, Caroline GAUTHIER, Jean-Philip BRUGAL
- 65 Les coprotephras de la Grotte du Mylodon (Patagonie, Chili): critères d'identification, chronostratigraphie et implications paléoécologiques / *The coprotephras of the Mylodon Cave (Patagonia, Chile): identification criteria, chronostratigraphy and paleoecological implications*
Igor GIRAULT, Dominique TODISCO, Joël RODET, Fabiana MARTIN, Luis BORRERO, Damase MOURALIS
- 66 Taphonomie des niveaux Paléolithique moyen de la grotte Gatzarria (Pyrénées atlantiques, France): la piste de la biocorrosion. Analyses géochimiques de résidus à la surface de vestiges lithiques / *Taphonomy of the Middle Paleolithic layers in Gatzarria cave (Pyrénées atlantiques, France): Clues of biocorrosion. Geochemical analysis of residues on the surface of lithic remains*
Sixtine HOELLINGER, Laurent BRUXELLES, Mathieu LEJAY, Marianne DESCHAMPS
- 68 Plomb, vinaigre et fumier de cheval: le trio gagnant pour une datation absolue par le carbone 14 du blanc de plomb, un des pigments les plus utilisés depuis l'Antiquité / *Lead, vinegar and horse manure: the winning trio for the carbon-14 dating of lead white, one of the most widely used pigments since Antiquity*
Lucile BECK, Cyrielle MESSENGER, équipe LMC14
- 70 « Faire feu de toute bouse »: La question de l'utilisation des excréments animaux comme combustible avant le pastoralisme / *"Faire feu de toute bouse": using animal dung as fuel before pastoralism?*
Isabelle THERY-PARISOT, Auréade HENRY
- 71 Recherche sur l'utilisation de la bouse comme combustible par l'archéologie expérimentale / *Investigating dung fuel use through experimental archaeology*
Marta MATEU, Maria Carme BELARTE, Ada GOMAR, Guillermo MARÍN-GARCÍA, Marta PORTILLO
- 73 Utilisation du fumier comme combustible et matériau de construction au Néolithique à Çatalhöyük, Turquie / *Dung use as fuel and construction material at Neolithic Çatalhöyük, Türkiye*
Aroa GARCÍA-SUÁREZ
- 74 Stratégies combustibles en milieu hyperaride. L'utilisation du guano de lama dans les contextes métallurgiques préhispaniques du désert d'Atacama / *Fuel strategies in the Hyperarid. The use of the llama wánu in pre-Hispanic metallurgical contexts of the Atacama Desert*
Daniela GRIMBERG, Ariadna CIFUENTES, Valentina FIGUEROA, Benoît MILLE
- 76 Feu aux fèces. Economies circulaires en Egypte / *Burning Waste: Circular Economies in Egypt*
Charlène BOUCHAUD, Maël CRÉPY, Vladimir DABROWSKI, Bérange REDON

- 77 Des bouses de vaches aux crottes de chevreuil : une thérapeutique du sale réservée à la femme dans les mondes grec et romain? / *From cow dung to roe deer droppings: was dirty therapy reserved for women in the Greek and Roman worlds?*
Sandra JAEGGI-RICHOZ
- 78 L'argent n'a pas d'odeur... De l'usage de l'urine, mais pas que... dans la production textile / *Using of urine, but not only... in textile production*
Carole CHEVAL
- 79 POSTERS
- 81 L'impact morphologique de la présence de guano de chauves-souris en grotte : vers une relecture des formes de paroi et de la répartition de l'art pariétal par l'étude de la biocorrosion / *The morphological impact of the presence of bat guano in caves : towards a rereading of wall features and the distribution of parietal art through the study of biocorrosion*
Laurent BRUXELLES, Lionel BARRIQUAND, Jean-Yves BIGOT, Didier CAILHOL, Grégory DANDURAND, Philippe GALANT, Céline PALLIER, Nathalie VANARA
- 83 Les limons de bergerie sont-ils de bons enregistreurs archéomagnétiques? Une étude méthodologique à la grotte de Pertus 2 (Méailles, Alpes-de-Haute-Provence) / *Are manure heaps reliable archaeomagnetic recorders? A methodological study at Pertus 2 cave (Méailles, southern France)*
Gwenaël HERVÉ, Cédric LEPÈRE, Annick CHAUVIN
- 85 Approche multidisciplinaire de l'analyse de coprolithes de mouton/chèvre du site du Bronze ancien des Mongets, Sévrier (Haute-Savoie) / *A multi-disciplinary approach to sheep/goat coprolite analysis at Early Bronze Age Les Mongets, Sévrier (France)*
Marie LELIEVRE, Laurent BOUBY, Yves BILLAUD, Ana EJARQUE, Marlu KÜHN, Carol MOREAU, Caroline PONT, Jérôme SALSE, Manon CABANIS
- 87 Les grottes François I à Aiguebelette (Savoie), une nouvelle grotte bergerie médiévale / *The François I caves at Aiguebelette (Savoie), a new medieval sheepfold cave*
Pierre-Jérôme REY, Erwan MESSAGER, Olivier LEMPEREUR
- 88 Analyses génomiques de coprolites de *Crocota crocuta* du centre de l'Italie comme proxy pour les reconstructions paléoenvironnementales et paléocéologiques / *Genomic analyses of Crocuta crocuta coprolites from central Italy as a proxy for paleoenvironmental and paleoecological reconstructions*
Marco ROMBONI, Flavio DE ANGELIS, Maurizio GATTA, Mario Federico ROLFO, Luca ALESSANDRI, Damiano MARCHI, Sergio TOFANELLI, Giovanni BOSCHIAN
- 91 ADRESSES ÉLECTRONIQUES • EMAIL ADDRESSES

INTRODUCTION

Fumier, purin, fientes, bouses, crottes... Dans les sociétés urbanisées modernes, ces mots évoquent des déchets dégoûtants, qu'il est incongru et plutôt désagréable d'avoir à côtoyer, si ce n'est ponctuellement lors de parties de campagne...

Pourtant, nombreux sont celles et ceux qui vivent au contact de ces produits liés pour la plupart à l'économie pastorale et le crottin faisait encore partie du quotidien des citadins avant l'avènement des véhicules automobiles ! Plus encore, les déjections animales ne sont pas un simple sous-produit de l'élevage, mais souvent une production en soi, transformable, valorisable, recyclable et commercialisable.

À l'heure où il s'agit de limiter les intrants pétrochimiques, la fumure animale redevient un composant clef des systèmes agropastoraux, mais ce n'est pas le seul usage. Alors que tas de fumiers et fosses à purin sont souvent dissimulés dans des zones peu fréquentées par nos sociétés hygiénistes, d'autres populations trouvent dans les bouses et crottin une matière première dont elles exploitent les propriétés plastiques, isolantes ou combustibles, voire esthétiques. Les excréments des animaux familiers, mais aussi d'espèces sauvages, sont même des ingrédients précieux de certaines pharmacopées.

Dans le domaine de la bioarchéologie, les fumiers fossiles et autres coprolithes – dont on retrouve les traces macro- et microscopiques – sont une mine d'informations sur les environnements et les modes de vie du passé ainsi que sur la taphonomie des sites. Les sédiments d'origine coprogène comme objets d'étude bénéficient du perfectionnement constant des méthodes analytiques issues des sciences naturelles et physico-chimiques, permettant de mieux définir leur composition, leur nature, leur origine, leur usage et leur évolution. Plus largement, l'analyse des déjections animales fournit des données environnementales et climatiques d'une valeur sous-estimée.

Entre nuisance et ressource, risque sanitaire et remède, pollution et engrais, ordure et or brun, les déjections animales ont nourri des représentations paradoxales, un symbolisme riche, et des conflits fréquents. Les 44^{es} *Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire de Nice Côte d'Azur* se proposent d'explorer les différents aspects de l'usage et de la gestion de ces matières, des risques et désagréments qu'elles génèrent mais aussi de la fertilité au cours de trois jours de communications scientifiques pluridisciplinaires.

Manure, slurry, droppings, dung... In modern, urbanized societies, these words conjure up disgusting and rather unpleasant waste whose presence is considered incongruous, except during occasional stays in the countryside...

Yet, many people live in contact with these products of the pastoral economy, and horse dung was still part of city dwellers' daily lives before the advent of motor vehicles ! What's more, animal dung is not simply a by-product of livestock farming, but often a product in its own right, which can be transformed, valorized, recycled and marketed.

At a time when petrochemical inputs must be limited, animal dung is regaining its place as an essential component of agropastoral systems, but it also has other uses. While manure heaps and slurry pits are often hidden away in places little frequented by our hygienic societies, other populations find in dung and manure a raw material whose plastic, insulating, combustible and even aesthetic properties can be put to good use. The excrement of domestic animals, but also of wild species, is even a precious ingredient in certain pharmacopoeias.

In the field of bioarchaeology, fossil dung or coprolites – of which macro- and microscopic traces remain – are a mine of information on past environments and lifestyles as well as on the taphonomy of the sites. As objects of study, coprogenic sediments benefit from the constant refinement of analytical methods derived from the natural and physical-chemical sciences, enabling us to better define their composition, nature, origin, use and evolution. More generally, the analysis of animal dejection provides environmental and climatic data of underestimated value. Between nuisance and resource, health hazard and remedy, pollution and fertilizer, garbage and brown gold, animal dung has given rise to paradoxical representations, rich symbolism and frequent conflicts.

The 44th Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire de Nice Côte d'Azur will explore different aspects of the use and management of these materials, the risks and inconveniences they generate, but also the fertility they engender, over three days of multidisciplinary scientific presentations.

PROGRAMME • *PROGRAM*

44^{es} RENCONTRES INTERNATIONALES D'ARCHÉOLOGIE ET D'HISTOIRE DE NICE CÔTE D'AZUR

15-17 octobre 2024 – Auditorium du Parc Phoenix, Nice

Mardi 15 octobre • Tuesday, October 15

9^h00 – 9^h30

Accueil et enregistrement / *welcome and check-in*

9^h30 – 10^h00

Ouverture des Rencontres / *opening of the Rencontres*

De la bergerie aux champs : fumier, lisier et purin dans les systèmes agropastoraux
From the sheepfold to the field : dung and slurry in agropastoral systems

Modératrices : Dominique Sordoillet, Marta Portillo

10^h00 – 10^h30

Vladimir DABROWSKI, Aline GARNIER, Hervé MONCHOT, Jacqueline STUDER, Ibrahim AL-MSHABI, Jérôme ROHMER : Du pâturage à la crotte : Approvisionnement fourrager de la cité caravanère de Thāj (Arabie saoudite) dans l'Antiquité par une approche archéobotanique multi-proxy / *From grazing to pooping : Fodder supply in the ancient caravan city of Thāj (Saudi Arabia) using a multi-proxy archaeobotanical approach*

10^h30 – 11^h00

Alessandro PEINETTI, Marylise ONFRAY, Julia WATTEZ : Géoarchéologie et économie de production : lieux de vie des animaux domestiques et gestion des déchets liés à l'élevage chez les sociétés agro-pastorales du Néolithique et de l'âge du Bronze / *Geoarchaeology and economy of production : living quarters for domestic animals and livestock waste management in Neolithic and Bronze Age agro-pastoral societies*

11^h00 – 11^h30

Pause-café / Coffee break

Modérateur/Modératrice : Lucie Martin, Erwan Messenger

11^h30 – 12^h00

Marta DAL CORSO, Federico POLISCA, Maela BALDAN, Dario BATTISTEL, Mara BORTOLINI, Silvia D'AQUINO, Giorgio PIAZZALUNGA, Cristiano NICOSIA : Une étude multiproxy du fumier de l'Age du Bronze Moyen dans des sites de l'Italie du Nord / *A multiproxy study of herbivore dung from Middle Bronze Age north Italian settlements*

12^h00 – 12^h30

Vanessa ROUPPERT : La place de la fumure dans le système agricole d'une ferme de la période romaine dans la Plaine de France / *The place of manuring in the agricultural system of a Roman farm in the Plaine de France (France)*

12^h30 – 13^h00

Thierry DUTOIT, Ilona BOULY, Christel VIDALLER, Arne SAATKAMP : Impacts des parcs de contention des bergeries anciennes sur les parcours méditerranéens : une histoire sans fin ? / *Impacts of ancient sheep paddocks on Mediterranean rangelands : a never-ending story ?*

13^h00 – 14^h00

Pause déjeuner / Lunch break

Modérateurs : Nicolas Poirier, Giovanni Boschian

14^h00 – 14^h30

Sammy BEN MAKHAD, Marie BALASSE, Véronique MATTERNE : La fertilisation des champs durant l'Antiquité : étude expérimentale du parcage de bétail et son effet sur la composition isotopique des céréales / *The fertilisation of fields during Antiquity : experimental study of livestock penning and its effect on the isotopic composition of cereals*

14^h30 – 15^h00

Claire DELHON, Lionel GOURICHON, Manon VUILLIEN, Estelle HERRSCHER, Lucie MARTIN, Cédric LEPÈRE, Janet BATTENTIER, Thierry BLASCO, Maryline MONTANES, Alain CARRÉ, Fabrice BRAY, Guy ANDRÉ, Arnaud MAZUY : De la forêt à la bergerie et de la bergerie aux champs. Fourrage et fumure à Pertus II (Alpes-de-Haute-Provence) au Néolithique moyen / *From the forest to the sheepfold and from the sheepfold to the fields. Fodder and manure at Pertus II (Alpes-de-Haute-Provence) in the Middle Neolithic*

44^{es} RENCONTRES INTERNATIONALES D'ARCHÉOLOGIE ET D'HISTOIRE DE NICE CÔTE D'AZUR

15-17 octobre 2024 – Auditorium du Parc Phoenix, Nice

Mardi 15 octobre • Tuesday, October 15

15^h00 – 15^h30

Josu NARBARTE, Juan Antonio QUIRÓS CASTILLO, Eneko IRIARTE : Une approche archéo-sédimentaire pour la reconstruction des pratiques liées à la production et usage du fumier et leur place dans les agrosystèmes préindustriels du Pays Basque / *An archaeo-sedimentary approach to the reconstruction of manuring practices and their place in pre-industrial agrosystems in the Basque Country*

15^h30 – 16^h00

Chéïma BARHOUMI, Sarah VEITH, Laura-Christin DEMMER, Gergana RUSEVA, Hermann BEHLING : Activités de pâturage du bétail de Mongolie centrale (montagnes Tarvagatai et monts Khangai) par l'analyse des grains de pollen de fumier / *Livestock grazing activities from Central Mongolia (Tarvagatai Mountains and Khangai Mountains) inferred by dung pollen analysis*

16^h00 – 16^h30

Pause-café & session posters / Coffee break & poster session

16^h30 – 17^h00

Jérémy ROLLIN, Marie-Pierre HORARD, Christophe BRESSAC, Philippe HUSI : Jachère pâturée ou fumure ? Quand les assemblages archéo-entomologiques permettent de préciser des pratiques d'amendement passées / *Fallow pasture or manure ? When archaeo-entomological assemblages shed light on past amendment practices*

Santé humaine et animale
Human and animal health

Modérateurs : Jérémie Jacob, David Etienne

17^h00 – 17^h30

Matthieu LE BAILLY, Benjamin DUFOUR, Céline MAICHER, Kévin ROCHE : Détecter la pollution fécale grâce aux parasites digestifs. Applications aux questions de santé humaine et animale au travers du temps / *Detecting faecal pollution with digestive parasites. Applications to human and animal health issues over time*

17^h30 – 18^h00

Tjaša TOLAR, Tilen PODOBNIK, Alfred GALIK, Nina CAF, Matthieu LE BAILLY, Erwin ROSENBERG, Elena BUŽAN, Lars ZVER : Le chien ou son maître ? recherche interdisciplinaire sur les coprolithes de l'habitat palafittique néolithique de Stare Gmajne en Slovénie / *The dog or its master ? Further interdisciplinary research on coprolites from Stare gmajne Eneolithic pile-dwelling site in Slovenia*

Les matières fécales fossiles, de précieuses archives paléoenvironnementales - ENVIRONNEMENT
Fossil fecal matter : a valuable paleoenvironmental archive - ENVIRONMENT

18^h00 – 18^h30

Yolaine MAIGROT, Andrey MAZURKEVICH, Ekaterina DOLBUNOVA, Émilie GAUTHIER, Matthieu LE BAILLY, Céline MAICHER, Aurélie SALAVERT, Alexandra VALAYER : Interactions homme / chiens : résultats d'une analyse multiproxy de coprolithes issus du site de Serteya 2 (5e - 3e mill. av. n. è, Région de Smolensk, Fédération de Russie) / *Humans and dogs interactions : results of a multiproxy analysis of coprolites from the Serteya 2 site (5th-3rd mill. BC, Smolensk Region, Russian Federation)*

18^h30 – 20^h00

Cocktail dînatoire offert par le CEPAM / Cocktail reception given by the CEPAM

20^h00

Conférence ouverte au public / Conference open to the public – Sophie LALIGANT

Une approche anthropologique du fumier : un artefact pas comme les autres

44^{es} RENCONTRES INTERNATIONALES D'ARCHÉOLOGIE
ET D'HISTOIRE DE NICE CÔTE D'AZUR

15-17 octobre 2024 – Auditorium du Parc Phoenix, Nice

Mercredi 16 octobre • *Wednesday, October 16*

Les matières fécales fossiles, de précieuses archives paléoenvironnementales - ENVIRONNEMENT
Fossil fecal matter : a valuable paleoenvironmental archive - ENVIRONMENT

Modérateur/Modératrice : Marta Portillo, Lionel Gourichon

9^h₃₀ — 10^h₀₀

David ETIENNE, Charline GIGUET-COVEX, Andréa JULIEN, Elise DOYEN, Jérôme POULENARD, Erwan MESSAGER : Contribution de l'analyse des spores de champignons coprophiles et de l'ADN sédimentaire à la reconstruction de l'histoire des activités pastorales dans les Alpes du Nord / *Contribution of the analysis of coprophilous fungi spores and sedimentary DNA to the reconstruction of the history of pastoral activities in the Northern Alps*

10^h₀₀ — 10^h₃₀

Elia ROULE, Emilie GAUTHIER, Matthieu LE BAILLY, Benjamin DUFOR, Amandine ANGELI, Dominique MARGUERIE : Multidisciplinary exploration of human-environment interactions in the Arctic through fecal markers during the last millenium / *Exploration pluridisciplinaire des interactions homme-environnement en zone arctique à travers les marqueurs fécaux durant le dernier millénaire*

10^h₃₀ — 11^h₀₀

Jacqueline ARGANT, Jean-Philip BRUGAL : Entre chien et loup, hyènes et autres, carnivores ou non : intérêt de l'étude pollinique des coprolithes et apports pour la connaissance des paléoenvironnements quaternaires / *Between dog and wolf, hyenas and others, meat-eaters or not : interest in the palynological study of coprolites and contributions to knowledge of Quaternary paleoenvironments*

11^h₀₀ — 11^h₃₀

Pause-café & session posters / Coffee break & poster session

Modérateurs : Emmanuel Desclaux, Erwan Messenger

11^h₃₀ — 12^h₀₀

Laurent BRUXELLES, Lionel BARRIQUAND, Johan ETOURNEAU, Caroline GAUTHIER, Jérémy JACOB, David KANIEWSKI, Gaël LEROUX, Thierry OTTO : Le guano de chauves-souris en grotte : une archive paléoenvironnementale à haute résolution de l'évolution du climat et de l'anthropisation / *Bat guano in caves : a high-resolution paleoenvironmental archive of climate change and anthropization*

12^h₀₀ — 12^h₃₀

Jérémy JACOB, Caroline GAUTHIER, Laurent BRUXELLES : Cortèges moléculaires associés aux guanos accumulés dans plusieurs grottes du sud de la France / *Molecular imprints preserved in guano accumulations from southern France caves*

12^h₃₀ — 13^h₀₀

Emilie GAUTHIER, Fanny ESPEISSE, Alexandra VALAYER, Hervé RICHARD, Jérôme FORT, David GRÉMILLET : Contribution du guano à la création d'un écosystème : histoire des mergules nains d'Ukaleqarteq (Groenland) / *The guano's contribution to the creation of an ecosystem : a little auks breeding site in Ukaleqarteq (Greenland)*

13^h₀₀ — 14^h₀₀

Pause déjeuner / Lunch break

Tas de fumier et fosse à purin : aspects techniques de la collecte, du traitement et de la valorisation des déchets d'origine animale / *Manure heaps and slurry pits : technical aspects of collecting, treating and recycling animal waste*

Modérateurs : Pierre-Yves Nicod, Giovanni Boschian

14^h₀₀ — 14^h₃₀

Kai FECHNER, Aurélie SALAVERT avec les collaborations de Rémy AURAY, Marie BALASSE, Dominique BOSQUET, Heike FOCK, Jérôme DUBOULOZ : Les pieds dans le fumier : gestion des matières organiques phosphatées au Néolithique ancien (Belgique/ Luxembourg/ Nord de la France) / *Feet in manure : management of phosphate-containing organic matter in the Early Neolithic Belgium/Luxembourg/Northern France*.

44^{es} RENCONTRES INTERNATIONALES D'ARCHÉOLOGIE
ET D'HISTOIRE DE NICE CÔTE D'AZUR

15-17 octobre 2024 – Auditorium du Parc Phoenix, Nice

Mercredi 16 octobre • *Wednesday, October 16*

14^h₃₀ – 15^h₀₀

Joan CARBONELL ROCA, Ariadna NIETO ESPINET, M. Mercè BERGADÀ ZAPATA, Alba CASTELLANO ARAGONÉS, Jordi MARTÍNEZ MAJORAL, Natàlia ALONSO MARTÍNEZ :

Premiers témoins de stabulation de porcs dans un contexte urbain de l'âge du Fer : une approche par la micromorphologie et la taphonomie sur le site de la Forteresse dels Vilars (Lleida, Catalogne) / *The first evidence of pig stabling in an urban context of the Iron Age : an approach based on micromorphology and taphonomy at the Fortress of Vilars (Lleida, Catalonia)*

15^h₀₀ – 15^h₃₀

Pierre QUENTON, Dominique SORDOILLET, avec la collaboration de Nicolas GARNIER, A.M.

DESIDERIO : De l'identification des fientes à celle du commerce des volailles dans la ville antique d'Autun / *From the identification of droppings to the poultry trade in ancient Autun*

15^h₃₀ – 16^h₀₀

Nicolas POIRIER : Des ordures sur le tas de fumier ? Mesurer les dynamiques agraires médiévales par la cartographie des épandages de fumure / *Rubbish on the dung heap ? Measuring medieval agrarian dynamics by mapping manure spreading*

16^h₀₀ – 16^h₃₀

Pause-café & session posters / Coffee break & poster session

Perception et représentation des déjections animales
Perception and representation of animal feces

Modérateurs : Arnaud Zucker, Matthieu Le Bailly

16^h₃₀ – 17^h₀₀

Christiane CHENEUX-BERTHELOT : L'utilisation des fumiers, boues et gadoues dans les pratiques culturelles des fermes du Bassin parisien au XIX^e siècle : un savant équilibre entre élevage, agriculture et commerce / *The use of manure, sludge and slush in the farming practices of the farms in the Parisian Basin during the 19th Century : a clever balance between breeding, agriculture and trade*

17^h₀₀ – 17^h₃₀

Isabelle GUEGAN : L'étable, le tas de fumier et le puits ou le cauchemar de l'hygiéniste (Bretagne, XVIII^e-XIX^e siècles) / *The stable, the dung heap and the well : a hygienist's nightmare (Brittany, 18th-19th centuries)*

17^h₃₀ – 18^h₀₀

Sophie LALIGANT : « Oh, quel beau tas de fumier ! » : le paradoxe damganais (Bretagne sud) / *"Oh, what a beautiful pile of manure !" the Damgan paradox (Southern Brittany)*

18^h₀₀

Projection/ Film

Florence & Manolo D'ARTHUYS - FUMIERS ! (2009 - VF / 52 min)

19^h₃₀

Navette pour le musée de Cimiez/ Shuttle to Cimiez Museum

20^h₀₀

Réception offerte aux conférencières et conférenciers par la Métropole de Nice Côte d'Azur au musée d'Archéologie de Nice-Cimiez/ Reception given to the speakers by the Métropole de Nice Côte d'Azur at the Museum of Archaeology of Nice-Cimiez

22^h₀₀

Navette retour/ Shuttle back

Jeudi 17 octobre • Thursday, October 17

Les matières fécales fossiles, de précieuses archives paléoenvironnementales - TAPHONOMIE
Fossil fecal matter : a valuable paleoenvironmental archive - TAPHONOMY

Modérateurs : Emmanuel Desclaux, David Etienne

9^h₃₀ — 10^h₀₀

Jean-Philip BRUGAL, Montserrat SANZ, Joan DAURA : Approches morpho-métriques et contenus osseux dans l'étude des coprolithes / *Morpho-metrical approaches and bone contents in the study of coprolites*

10^h₀₀ — 10^h₃₀

Jérémy JACOB, Caroline GAUTHIER, Jean-Philip BRUGAL : Biomarqueurs dans des coprolithes de carnivores actuels et fossiles / *Molecular biomarkers in fossil and modern carnivorous coprolites*

10^h₃₀ — 11^h₀₀

Igor GIRAULT, Dominique TODISCO, Joël RODET, Fabiana MARTIN, Luis BORRERO, Damase MOURALIS : Les coprotephras de la Grotte du Mylodon (Patagonie, Chili) : critères d'identification, chronostratigraphie et implications paléoécologiques / *The coprotephras of the Mylodon Cave (Patagonia, Chile) : identification criteria, chronostratigraphy and paleoecological implications*

11^h₀₀ — 11^h₃₀

Sixtine HOELLINGER, Laurent BRUXELLES, Mathieu LEJAY, Marianne DESCHAMPS : Taphonomie des niveaux moustériens de la grotte de Gatzarria : la piste de la biocorrosion. Analyses géochimiques de résidus à la surface de vestiges lithiques / *Taphonomy of the Mousterian layers in the Gatzarria cave : the possibility of biocorrosion. Geochemical analysis of residues on the surface of lithic remains*

11^h₃₀ — 12^h₀₀

Pause-café / Coffee break

Le déchet comme matière première
Waste as a raw material

Modérateur/Modératrice : Bertrand Roussel, Claire Delhon

12^h₀₀ — 12^h₃₀

Lucile BECK, Cyrielle MESSEGER, équipe LMC14 : Plomb, vinaigre et fumier de cheval : le trio gagnant pour une datation absolue par le carbone 14 du blanc de plomb, un des pigments les plus utilisés depuis l'Antiquité / *Lead, vinegar and horse manure : the winning trio for the carbon-14 dating of lead white, one of the most widely used pigments since Antiquity*

12^h₃₀ — 13^h₀₀

Isabelle THERY-PARISOT, Auréade HENRY : « Faire feu de toute bouse » : La question de l'utilisation des excréments animaux comme combustible avant le pastoralisme / *"Faire feu de toute bouse" : using animal dung as fuel before pastoralism ?*

13^h₀₀ — 14^h₀₀

Pause déjeuner / Lunch break

14^h₀₀ — 14^h₃₀

Marta MATEU, M. Carme BELARTE, Ada GOMAR, Guillermo MARÍN-GARCÍA, Marta PORTILLO : Recherche sur l'utilisation de la bouse comme combustible par l'archéologie expérimentale / *Investigating dung fuel use through experimental archaeology*

Modérateur/Modératrice : Nicolas Poirier, Dominique Sordoillet

14^h₃₀ — 15^h₀₀

Aroa GARCÍA-SUÁREZ : Utilisation du fumier comme combustible et matériau de construction au Néolithique à Catalhöyük, Turquie / *Dung use as fuel and construction material at Neolithic Catalhöyük, Türkiye*

15^h₀₀ — 15^h₃₀

Daniela GRIMBERG, Ariadna CIFUENTES, Valentina FIGUEROA, Benoît MILLE : Stratégies combustibles en milieu hyperaride. L'utilisation du guano de lama dans les contextes métallurgiques préhispaniques du désert d'Atacama. / *Fuel strategies in the Hyperarid. The use of the llama wānu in pre-Hispanic metallurgical contexts of the Atacama Desert*

44^{es} RENCONTRES INTERNATIONALES D'ARCHÉOLOGIE
ET D'HISTOIRE DE NICE CÔTE D'AZUR

15-17 octobre 2024 – Auditorium du Parc Phoenix, Nice

Jeudi 17 octobre • Thursday, October 17

15^h30 – 16^h00

Pause-café / Coffee break

Modérateurs : Jérémie Jacob, Arnaud Zucker

16^h00 – 16^h30

Sandra JAEGGI-RICHOZ : Des bouses de vaches aux fientes de chevreuil : une thérapeutique du sale réservée à la femme dans les mondes grec et romain ? / *From cow dung to roe deer droppings : was dirty therapy reserved for women in the Greek and Roman worlds ?*

16^h30 – 17^h00

Carole CHEVAL : L'argent n'a pas d'odeur... De l'usage de l'urine, mais pas que... dans la production textile / *Using of urine, but not only... in textile production*

17^h00

Surprise ! / Surprise !

17^h30

Clôture des Rencontres / Closing of the Rencontres

Affiches
Posters

Laurent BRUXELLES, Lionel BARRIQUAND, Jean-Yves BIGOT, Didier CAILHOL, Grégory DANDURAND, Philippe GALANT, Céline PALLIER, Nathalie VANARA : L'impact morphologique de la présence de guano de chauves-souris en grotte : vers une relecture des formes de paroi et de la répartition de l'art pariétal par l'étude de la biocorrosion / *The morphological impact of the presence of bat guano in caves : towards a rereading of wall features and the distribution of parietal art through the study of biocorrosion*

Gwenaël HERVÉ, Cédric LEPÈRE, Annick CHAUVIN : Les limons de bergerie sont-ils de bons enregistreurs archéomagnétiques ? Une étude méthodologique à la grotte de Pertus 2 (Méailles, Alpes-de-Haute-Provence) / *Are manure heaps reliable archaeomagnetic recorders ? A methodological study at Pertus 2 cave (Méailles, southern France)*

Marie LELIEVRE, Laurent BOUBY, Yves BILLAUD, Ana EJARQUE, Marlu KÜHN, Carol MOREAU, Caroline PONT, Jérôme SALSE, Manon CABANIS : Approche multidisciplinaire de l'analyse de coprolithes de mouton/chèvre du site du Bronze ancien des Mongets, Sévrier (Haute-Savoie) / *A multi-disciplinary approach to sheep/goat coprolite analysis at Early Bronze Age Les Mongets, Sévrier (France)*

Pierre-Jérôme REY, Erwan MESSAGER, Olivier LEMPEREUR : Les grottes François I à Aiguebelette (Savoie), une nouvelle grotte bergerie médiévale / *The François I caves at Aiguebelette (Savoie), a new medieval sheep-fold cave*

Marco ROMBONI, Flavio DE ANGELIS, Maurizio GATTA, Mario Federico ROLFO, Luca ALESSANDRI, Damiano MARCHI, Sergio TOFANELLI, Giovanni BOSCHIAN : Analyses génomiques de coprolites de *Crocota crocuta* du centre de l'Italie comme proxy pour les reconstructions paléoenvironnementales et paléocéologiques / *Genomic analyses of Crocota crocuta coprolites from central Italy as a proxy for paleoenvironmental and paleoecological reconstructions*

COMMUNICATIONS • CONFERENCE PAPERS

DU PÂTURAGE À LA CROTTE : APPROVISIONNEMENT FOURRAGER DE LA CITÉ CARAVANIÈRE DE THĀJ (ARABIE SAOUDITE) DANS L'ANTIQUITÉ PAR UNE APPROCHE ARCHÉOBOTANIQUE MULTI-PROXY

VLADIMIR DABROWSKI¹, ALINE GARNIER¹, VALENTINE FICHET¹, HERVÉ MONCHOT²,
JACQUELINE STUDER³, IBRAHIM AL-MSHABI⁴, JÉRÔME ROHMER²

1 Laboratoire de Géographie Physique (LGP, UMR 8591), LabEx Dynamite, Université Paris-Est Créteil / Université Paris 1-Panthéon-Sorbonne / CNRS

2 CNRS, UMR 8167 Orient et Méditerranée

3 Muséum d'Histoire naturelle de Genève

4 Saudi Commission of Tourism

L'économie pastorale constitue une part essentielle des systèmes agro-pastoraux oasiens en fournissant de nombreux services aux sociétés (produits carnés et laitiers, force de traction, lutte contre les adventices, apport de fumier comme fumure et combustible...). Si les multiples analyses archéozoologiques menées dans la péninsule Arabique permettent de rendre compte de la composition et de la gestion des troupeaux, de nombreuses questions demeurent quant à leur approvisionnement en fourrage dans cette région du globe pour les périodes anciennes. Celles-ci se révèlent d'autant plus intéressantes lorsqu'il s'agit d'aborder le cas d'un accroissement démographique au sein d'un environnement aride aux ressources végétales naturelles limitées.

Le programme de fouilles archéologiques mené sur la cité caravanière de Thāj (Province orientale, Arabie saoudite), de 2016 à 2022, nous offre l'opportunité unique de documenter l'adaptation des économies pastorales à l'aridité dans un contexte urbain durant l'Antiquité. De plus, la ville se situait au carrefour de routes commerciales trans-arabiques par lesquelles transitaient des caravanes de dromadaires montés par des voyageurs et des marchands et servait ainsi d'étape d'approvisionnement pour les humains et leurs montures. Les études archéozoologiques menées sur le site ont souligné la prédominance des chèvres/moutons et des dromadaires au sein des assemblages mais de nombreuses questions demeurent sur la nature (plantes herbacées/arborées/palmiers, parties anatomiques comme les tiges, les feuilles, les inflorescences...) et la saisonnalité des produits fourragers, la part respective des systèmes agro-pastoraux oasiens et des formations sauvages végétales, ainsi que sur l'impact du surpâturage sur l'environnement à l'échelle régionale.

Pour y répondre, de nombreux prélèvements archéobotaniques ont été réalisés au sein de contextes archéologiques variés répartis entre les différents secteurs investigués (domestiques, artisanaux, défensifs...). Afin d'identifier les ressources fourragères dans les échantillons archéobotaniques, nous avons pris en compte les restes carpologiques (graines, fruits, tiges, vannes de céréales...) en association avec du fumier au sein des contextes archéologiques. Leur enregistrement archéologique est possible grâce à l'utilisation du fumier comme combustible qui permet leur conservation sous forme carbonisée bien que ce mode de conservation puisse aussi entraîner des biais taphonomiques. En plus des plantes sauvages issues des formations naturelles et des agrosystèmes oasiens, des plantes intentionnellement cultivées comme fourrage peuvent être également identifiées dans les assemblages, comme la luzerne (*Medicago cf. sativa*).

Les coprolithes et les fragments de fumier trouvés sur le site constituent des objets d'étude privilégiés pour identifier des ressources fourragères par une approche multi-proxy prenant en compte les restes carpologiques accolés à ces restes et les phytolithes qui y sont extraits, ces derniers pouvant mettre en évidence des parties anatomiques peu attestées parmi les macrorestes botaniques (feuilles, inflorescences). Ces restes peuvent donner aussi des indications sur la saisonnalité des pratiques de pâturage/affouragement avec les périodes de fructification des espèces attestées en carpologie, voire par la présence/absence de phytolithes d'inflorescences de Poaceae. Enfin, des possibles phénomènes de surpâturage sont mis en évidence : l'abondance et l'occurrence de graines de plantain (*Plantago* spp.) en association avec du fumier pourraient indiquer la mise en place, dès l'Antiquité, de formations monospécifiques de plantain actuellement attestées dans la région, résultant de l'intensification des activités pastorales.

FROM GRAZING TO POOPING : FODDER SUPPLY IN THE ANCIENT CARAVAN CITY OF THĀJ (SAUDI ARABIA) USING A MULTI-PROXY ARCHAEOBOTANICAL APPROACH

The animal component is an essential part of oasis agro-pastoral ecosystems, providing numerous services to human societies (meat and dairy products, pulling force, weed preventing, dung as fertiliser and fuel, etc.). While the many zooarchaeological analyses carried out in the Arabian Peninsula have enabled us to determine the composition and management of herds, many questions remain regarding their fodder supply in this part of the world in ancient times.

These questions are even more interesting when they deal with population growth in an arid environment with limited natural plant resources.

The program of archaeological excavations conducted on the caravan city of Thāj (Eastern Province, Saudi Arabia), from 2016 to 2022, provides a unique opportunity to document the adaptation of pastoral economies to aridity in an urban context during Antiquity. Moreover, the town was located at the crossroads of trans-Arabic trade routes through which camel caravans mounted by travellers and merchants were passing, serving as a food supply step for both humans and animals. Zooarchaeological studies realized on site have highlighted the predominance of goats/sheep and camels within the assemblages, but many questions remain as to the nature (herbaceous plants/trees/palm trees, anatomical parts such as stems, leaves, flowers, etc.) and the seasonality of fodder products, the proportions of oasis agro-pastoral systems and wild plant formations among fodder resources, and the impact of overgrazing on the environment at a regional scale.

To answer this question, large archaeobotanical sampling has been realized among a wide array of archaeological contexts distributed across the different excavated sectors (domestic, craft, defensive, etc.). To identify the fodder resources in the archaeobotanical assemblages, we take into consideration the carpological remains (seeds, fruits, straws, cereal chaff, etc.) in association with dung within archaeological contexts. Their conservation is possible by using dung as fuel, which allows them to be preserved as charred items, although this state of preservation may cause some taphonomic biases for macro-botanical remains. In addition of wild plants from natural formations and oasis agrosystems, plants intentionally cultivated as fodder may be also identified in the assemblages, such as alfalfa (*Medicago cf. sativa*).

The coprolites and fragments of dung found on site are perfect candidates for identifying fodder resources through a multi-proxy approach that considers the macro-botanical remains attached and the phytoliths extracted from them, the latter highlighting anatomical parts that are poorly attested among botanical macro-remains (e. g., leaves, inflorescences). These remains also provide information on the seasonality of grazing/foraging practices, with the fruiting periods of species attested in seeds/fruits assemblages, and even the presence/absence of Poaceae inflorescence phytoliths. Finally, possible overgrazing phenomena were highlighted : the abundance and occurrence of ribwort (*Plantago* spp.) seeds in association with dung could indicate the installation of monospecific ribwort formations now attested in the region as early as Antiquity, resulting from the intensification of pastoral activities through time.

Email de correspondance : vladimir.dabrowski@gmail.com

GÉOARCHÉOLOGIE ET ÉCONOMIE DE PRODUCTION : LIEUX DE VIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES ET GESTION DES DÉCHETS LIÉS À L'ÉLEVAGE CHEZ LES SOCIÉTÉS AGRO-PASTORALES DU NÉOLITHIQUE ET DE L'ÂGE DU BRONZE

ALESSANDRO PEINETTI¹, MARYLISE ONFRAY², JULIA WATTEZ³

1 Inrap, Auvergne-Rhône-Alpes, UMR 5140 ASM

2 Inrap, Grand Ouest, UMR 6554 LETG

3 Inrap, Ile-de-France, UMR 5140 ASM

Dès les années 1980, les premières recherches géoarchéologiques fondées sur la micromorphologie des sols ont conduit à la reconnaissance de déjections selon les types d'animaux qui les ont produits, dès le Mésolithique, ainsi que les sols de bergerie, dès le Néolithique ancien, incendiés ou non, en particulier en grottes.

Ces recherches portent sur les archives sédimentaires archéologiques datées entre le Néolithique et l'âge du Bronze, sur des sites de plein-air localisés en France méridionale et occidentale et dans le Nord de l'Italie, et étudiés au cours de travaux archéologiques préventifs. Elles se sont développées dans le cadre d'une thématique propre à la géoarchéologie culturelle qui s'intéresse aux modes d'usage et aux dynamiques d'occupation des sols. Elles ont permis d'enrichir ce premier modèle par des indicateurs micromorphologiques directs et indirects. Ainsi, des lieux de vie, comme les aires de parcage d'ovi-caprinés ou de stabulation de bovinés ont été identifiées dans des habitats de plein-air du Néolithique final ou du Bronze moyen. La présence d'herbivores domestiques, au sein des espaces villageois, est aussi attestée soit par des restes d'accumulations de phytolithes pouvant correspondre à des zones de stockage de fourrage, soit par des déjections au sein des voies de passage, dans les sols de cour ou encore dans les zones périphériques des villages.

Les sous-produits de l'élevage sont également employés comme amendement dans les sols cultivés de l'âge du Bronze. Différentes interrogations demeurent, comme d'une part les déjections à caractère omnivore, pour lesquelles, selon les contextes de découvertes, il est difficile de faire la part entre des déchets humains ou porcins, et d'autre part la présence de granules phosphatés, le plus souvent entraînés par le piétinement, pouvant être liée à l'activité strictement domestique. Enfin, l'usage de déjections comme dégraissants dans la préparation de la terre à bâtir ne semble pas, pour le moment, être un geste technique systématique dans les constructions du Néolithique et de l'âge du Bronze. Néanmoins, lorsque les sédiments des sols d'occupation sont exploités pour la fabrication des matériaux de construction, ils peuvent comporter des restes de fumiers, de litières ou encore de déjections animales.

Ces différentes observations interrogent d'une part l'organisation de l'espace villageois et d'autre part la gestion des déchets, sur leur emploi et leur conservation au cours du temps. Elles seront illustrées à partir des données micromorphologiques issues de l'enregistrement sédimentaire d'habitats néolithiques et protohistoriques en terre crue.

GEOARCHAEOLOGY AND ECONOMY OF PRODUCTION : LIVING QUARTERS FOR DOMESTIC ANIMALS AND LIVESTOCK WASTE MANAGEMENT IN NEOLITHIC AND BRONZE AGE AGRO-PASTORAL SOCIETIES

From the 1980s onwards, the first geoarchaeological research based on soil micromorphology led to the recognition of dung according to the type of animal that produced it, from the Mesolithic period, as well as penning floors from the Early Neolithic period, whether burnt or not, particularly in caves.

This research focuses on archaeological sedimentary archives dated between the Neolithic and Bronze Ages, on open-air sites located in southern and western France and northern Italy and studied during preventive archaeological work. They are developed within the framework of a theme specific to cultural geoarchaeology, which focuses on land use and use of space patterns and occupation dynamics. They have enabled the initial models to be enhanced with direct and indirect micromorphological indicators, concerning for example penning areas identified in the villages of the Final Neolithic and Middle Bronze Age. The presence of domestic herbivores in village areas is also attested either by accumulations of phytoliths, which may correspond to fodder storage areas, or by droppings in passageways, courtyard soils or even in village surroundings.

Livestock by-products were also used as fertilisers in Bronze Age cultivated soils. Several questions remain, such as omnivorous faeces, for which it is difficult to distinguish between human and pig waste, depending on the context in which they were found, and the presence of phosphate granules, usually transported by trampling, which may be linked to strictly domestic activity.

Finally, the use of dung as adjuvant in the preparation of earthen building materials does not appear, for the moment, to

be a systematic practice in Neolithic and Bronze Age construction. Nonetheless, when the sediments of the occupation floors are used to make building materials, they may contain remains of manure, litter, or animal faeces.

These different observations raise questions about the organisation of the village space, and the management of waste, its reuse and conservation over time. They will be illustrated using micromorphological data from the sedimentary record of Neolithic and protohistoric earthen dwellings.

Email de correspondance : alessandro.peinetti@inrap.fr

UNE ÉTUDE MULTIPROXY DU FUMIER DE L'ÂGE DU BRONZE MOYEN DANS DES SITES DE L'ITALIE DU NORD

MARTA DAL CORSO¹, FEDERICO POLISCA², MAELA BALDAN¹, DARIO BATTISTEL³, MARA BORTOLINI³, SILVIA D'AQUINO², GIORGIO PIAZZALUNGA², CRISTIANO NICOSIA¹

1 Dipartimento di Geoscienze, Università di Padova, Italy

2 Dipartimento dei Beni Culturali, Università di Padova, Italy

3 Department of Environmental Sciences, Informatics and Statistics, Ca' Foscari University of Venice, Italy

Lors de fouilles récentes sur deux sites de l'âge du Bronze moyen (MBA, environ 1650-1350 avant notre ère) dans le nord de l'Italie, une attention particulière a été accordée à l'extraction de données de la stratigraphie archéologique pour comprendre les modes de vie du passé. Habituellement, les couches culturelles des sites archéologiques habités par des sociétés agricoles sont enrichies en matières organiques qui proviennent en grande partie des déjections humaines et animales, ainsi que d'autres activités quotidiennes. Rarement, cependant, des couches de stabulation *in situ* ont été identifiées en tant que telles dans la stratigraphie et ont fait l'objet d'une analyse approfondie. Dans cette présentation, nous discuterons de l'étude de ces couches du Bronze moyen sur deux sites au sud de Vérone, avec des conditions de conservation radicalement différentes : le village gorgé d'eau d'Oppeano et le site bien drainé de La Muraiola di Povegliano. Dans les deux contextes, des couches de stabulation composées d'excréments d'herbivores et de litière ont été mises au jour. À La Muraiola, en revanche, les vestiges d'aires de stabulation similaires se présentent sous la forme de croûtes de phosphate de calcium. Dans le cadre du projet ERC CoG GEODAP (Geoarchaeology of Daily Practices), nous avons appliqué une approche multidisciplinaire visant à identifier les excréments dans les dépôts, où l'on trouve également de la litière et des cendres, et à recueillir des informations supplémentaires, à partir de ces excréments, sur le régime alimentaire du bétail, le paléoenvironnement et le mode de vie des bergers de l'âge du Bronze. À La Muraiola, l'étude de lames minces du sol, associée à une analyse microchimique (SEM-EDS, μ XRF) et minéralogique (XRD), a révélé les processus de formation et les conditions d'enfouissement qui ont conduit à la phosphatation des dépôts. En outre, les analyses micromorphologiques, microbotaniques et de biomarqueurs fécaux (GC-MS) sur les sédiments extraits des croûtes de stabulation à La Muraiola et sur celles à Oppeano ont permis de comprendre quels animaux étaient parqués et ont fourni des détails sur leur régime alimentaire et la stabulation des animaux. Les données palynologiques, phytolithiques, carpologiques, anthraco-/xylogiques et parasitologiques permettent de reconstituer les pratiques d'affouragement et l'exploitation de l'environnement liées à l'élevage. Les résultats sont comparés à d'autres ensembles de données disponibles, qui comprennent des études zooarchéologiques et isotopiques sur l'assemblage faunique du bétail provenant des sites. Une variété d'environnements naturels différents, en partie disparus, sera reconstruite et la saisonnalité des pratiques d'affouragement sera discutée, ce qui permettra à terme de mieux comprendre les modes de vie des communautés du Bronze moyen dans la plaine du Pô et leur relation avec l'environnement naturel.

A MULTIPROXY STUDY OF HERBIVORE DUNG FROM MIDDLE BRONZE AGE NORTH ITALIAN SETTLEMENTS

During recent excavations at two Middle Bronze Age (MBA, ca. 1650-1350 BCE) settlements in northern Italy, particular attention has been given to the extraction of data from archaeological stratigraphy to understand past lifeways. Usually, cultural layers in archaeological sites inhabited by farming societies are enriched in organic material that largely derives from dejections of humans and animals, besides other routine activities. Rarely, however, *in-situ* stabling layers have been identified as such in the stratigraphy and thoroughly analysed. In this presentation we will discuss the investigation of MBA stabling layers at two sites south of Verona, with radically different preservation conditions : the waterlogged settlement of Oppeano and the well-drained site of La Muraiola di Povegliano. In both contexts stabling layers composed of herbivore dung and litter have been exposed. At Oppeano, these deposits are found as finely laminated accretions, alternated to ash, inside perfectly preserved wooden "byre-houses". At La Muraiola, instead, remains of similar stabling areas occur as calcium phosphate crusts. In the framework of the ERC CoG project GEODAP (Geoarchaeology of Daily Practices), we applied a multidisciplinary approach that aimed at identifying dung in the deposits, where also litter and ash were present, and at gathering further information from the dung about livestock palaeodiet, the palaeoenvironment and lifestyle of the Bronze Age herders. At La Muraiola, the study of soil thin sections, coupled with microchemical (SEM-EDS, μ XRF) and mineralogical analysis (XRD), revealed the formation processes and the burial conditions that lead to the phosphatisation of the deposits. Furthermore, micromorphology, microbotanical and faecal biomarker analyses (GC-MS) on sediments extracted from the stabling crusts at La Muraiola and on the stabling layers

in Oppeano allowed us to understand which animals were stalled and provided details on the animals' diet and stalling. Palynological, phytolith, carpological, anthraco-/xylological and parasitological records help to reconstruct foddering practices and environmental exploitation related to herding. Results are compared with other available datasets, which include zooarchaeological and isotope studies on the faunal assemblage of livestock from the sites. A variety of different natural environments, partly disappeared, will emerge and seasonality of foddering practices will be discussed, leading ultimately to a better understanding of the lifeways of MBA communities in the Po Plain and their relationship with the natural environment.

Correspondence email: marta.dalcorso@unipd.it

LA PLACE DE LA FUMURE DANS LE SYSTÈME AGRICOLE D'UNE FERME DE LA PÉRIODE ROMAINE DANS LA PLAINE DE FRANCE

VANESSA ROUPPERT¹

1 Inrap - UMR 7041 ArScAn, équipe Archéologies environnementales

La reconnaissance de structures de stabulation du bétail de la période romaine, lors d'une fouille préventive en 2004 dans la plaine de France (Rouppert *et al.* 2011 ; Rouppert, Dufour 2017), est l'occasion de s'interroger sur la place de la pratique de la fumure et de la stabulation des animaux dans les systèmes agro-sylvo-pastoraux de la période romaine.

Dans le cas étudié sur le site de « La Chapelle Saint-Nicolas » à Saint-Brice-sous-Forêt (Val-d'Oise), nous avons cherché à savoir quelle était la destination principale de la production et si les aménagements pour le bétail pouvaient constituer les marqueurs d'un système céréalier plutôt qu'être destinés à un élevage laitier ou de boucherie.

Dans la Plaine de France, la production céréalière à cette période correspond plus particulièrement à celle des blés nus (*Triticum aestivum/durum/turgidum*), blés exigeants du point de vue de la composition et de la structure des sols, et on s'est posé la question légitime de la production de fumier à des fins d'enrichissement des emblavures.

Des estimations quantitatives et un décryptage de l'organisation des structures au sein de l'établissement apportent des éléments de réponse à l'échelle de ce site et au-delà permettent de discuter de ce que pouvait constituer le gain de productivité pour les Anciens et de son rapport avec la place de la main d'œuvre ou des animaux dans le processus de production.

La contribution se propose ainsi de montrer l'intérêt d'accorder une plus grande attention à ces équipements et plus largement aux systèmes techniques et agraires dans lesquels ceux-ci s'inscrivent.

THE PLACE OF MANURING IN THE AGRICULTURAL SYSTEM OF A ROMAN FARM IN THE PLAINE DE FRANCE (FRANCE)

The discovery or rather the recognition of livestock housing facilities of Roman era, during a preventive excavation in 2004 in the *Plaine de France*, a natural region located north of Paris (Rouppert *et al.* 2011 ; Rouppert, Dufour 2017), is an opportunity to question the place occupied by the practice of manuring and housing of the animals in the agro-forestry-pastoral systems of the Roman era.

In the case studied in Saint-Brice-sous-Forêt (Val-d'Oise) / La Chapelle Saint-Nicolas, we sought to find out what was the main purpose of production and if the livestock facilities could constitute the markers of a cereal-growing system rather than being intended for dairy or meat production.

In the *Plaine de France*, cereal production during this period corresponds more particularly to that of naked wheat (*Triticum aestivum/durum/turgidum*), a demanding in term of soil composition and structure, and the legitimate question of manure production for the purposes of enriching arable land was raised.

Quantitative estimates and a deciphering of the organisation of structures within the farm provide elements of an answer at the scale of this site and beyond, enabling us to discuss what the gain in productivity for the Anciens might constitute and its relationship with the place of labour or animals in the production process.

The aim of this contribution is to demonstrate the value of paying greater attention to this equipment and, more broadly, to the technical and agrarian systems in which it was used.

Rouppert V., Fechner K., Dufour J.-Y., 2011. An example of a fruitful discussion between a pedologist and an archaeologist. A 1st-4th century AD agricultural enclosure at the Chapelle Saint-Nicolas in Saint-Brice-sous-Forêt (Val-d'Oise, France). In: Fechner K., Devos Y., Leopold M., Völkel J. (eds), *Archaeology, Soil- and Life-Sciences Applied to Enclosures and Fields, European Association of Archaeologists, 12th Annual Meeting, Krakow, Poland. BAR. International series 2222*, Oxford : Archaeopress, p. 133-142.

Rouppert V. avec la collaboration de J.-Y. Dufour, 2017. Identifier le logement des animaux de ferme à l'époque romaine : l'apport d'un référentiel architectural et agronomique. In: Trément F. (dir.), Ferdière A., Leveau P., Réchin F. (éds.). *Produire, transformer et stocker dans les campagnes des Gaules romaines : Problèmes d'interprétation fonctionnelle et économique des bâtiments d'exploitation et des structures de production agro-pastorale. Actes du XIe colloque de l'Association d'étude du monde rural gallo-romain*, Clermont-Ferrand, 11-13 juin 2014. Aquitania Supplément 38, p. 525-548.

Email de correspondance : vanessa.rouppert@inrap.fr

IMPACTS DES PARCS DE CONTENTION DES BERGERIES ANCIENNES SUR LES PARCOURS MÉDITERRANÉENS : UNE HISTOIRE SANS FIN ?

THIERRY DUTOIT¹, ILONA BOULY¹, CHRISTEL VIDALLER¹, ARNE SAATKAMP¹

¹ Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale (IMBE), CNRS-IRD, Avignon Université, Aix Marseille Université, IUT Avignon

Les usages humains historiques sont identifiés comme des facteurs importants pour expliquer la végétation des écosystèmes actuels. Néanmoins, peu d'éléments sont connus sur leurs influences à très long terme (de plusieurs centaines à milliers d'années), notamment les impacts sur la composition, la diversité et la dynamique des communautés végétales, les propriétés physico-chimiques des sols ou encore leur stock de graines viables, appelé banque de graines. Pourtant, les résultats issus de ces investigations en écologie historique pourraient avoir d'importantes conséquences notamment pour optimiser les systèmes de gestion conservatoire de ces espaces naturels.

Les objectifs de notre étude ont donc été d'évaluer sur le long terme ($\pm 2\ 000$ ans) l'influence potentielle d'anciens enclos pastoraux attenants à des bergeries, datées de l'époque Romaine à aujourd'hui, dans une pelouse méditerranéenne sub-steppe à très haute valeur patrimoniale et protégée nationalement dans la plaine de la Crau (département des Bouches-du-Rhône, France). La végétation, les sols et leur banque de graines ont été échantillonnés au printemps 2021 dans des parcs de contention juxtaposés à des bergeries. Ils correspondent à des zones où étaient concentrées les brebis, pour diverses opérations de tri et/ou de prophylaxie, entraînant l'accumulation de fumiers sur des épaisseurs de plusieurs dizaines de centimètres.

Vingt-cinq bergeries et leurs parcs attenants ont été sélectionnés, dont cinq correspondant à des ruines datées de la période Antique, cinq abandonnées respectivement aux 19^e et 20^e siècles et cinq encore en activité au 21^e siècle. Enfin cinq témoins ont été sélectionnés dans des zones de végétation sub-steppe sans aucune trace d'occupation humaine ancienne. Une attention particulière a été portée pour que les sites sélectionnés soient indépendants de tous les autres. Pour chaque site, des échantillons de sol (1 échantillon moyenné par site soit 30 au total), de la banque de graines (3 échantillons de 1 litre par site soit 75 au total) ont été prélevés à proximité de trois quadrats de végétation ($3 \times 4\text{m}^2$ soit 75 au total) toujours disposés aux mêmes endroits dans les parcs anciens ou encore exploités.

Après les mises en cultures des banques de graines, les analyses des variables physico-chimiques des sols et des relevés de végétation actuelle, nos résultats ont montré des différences significatives pour de nombreux paramètres. Tout d'abord au niveau des sols, ils restent significativement influencés par la présence des anciens parcs de contention qui ont entraîné une augmentation notable de sa fertilité par rapport aux témoins, notamment pour les teneurs en matières organiques et en phosphore échangeable. Ces différences concernent aussi la densité des graines viables de la banque de graines, et même la richesse spécifique de la végétation actuelle y compris pour les anciens enclos romains abandonnés il y a plus de 1500 ans. La composition spécifique actuelle de la communauté végétale, sa richesse et sa diversité spécifique reflètent également bien le temps écoulé après l'abandon des enclos et sont clairement liées aux concentrations passées des déjections des ovins dans les enclos. Au niveau fondamental, en écologie des communautés, ces résultats interrogent donc les modèles théoriques proposés sur la temporalité et la cyclicité des successions végétales. Au niveau appliqué, ces héritages humains sur le très long terme des pratiques agro-pastorales dans les terres de parcours méditerranéennes doivent aussi être pris en considération dans les plans de conservation et de restauration de ces écosystèmes par les gestionnaires d'espaces naturels.

IMPACTS OF ANCIENT SHEEP PADDOCKS ON MEDITERRANEAN RANGELANDS : A NEVER-ENDING STORY ?

Historical human uses are identified as crucial factors in explaining vegetation of current ecosystems. However, little is known about their very long-term influences (from several hundred to thousands of years), in particular, impacts on the composition, diversity and dynamics of plant communities, physicochemical properties of soils or even their stock of viable seeds, called soil seed bank. However, the results from these investigations in historical ecology could have important consequences for optimizing the conservation management systems of these natural areas.

The objectives of our study were therefore to evaluate over the long term ($\pm 2,000$ years), the potential influence of ancient pastoral enclosures adjoining sheepfolds dating from the Roman era to today, in a Mediterranean sub-steppe grassland which has a very high heritage value, and which is nationally protected in the Crau plain (Bouches-du-Rhône department, France). Vegetation, soils and their seed bank were sampled in spring 2021 in paddocks juxtaposed to sheepfolds corresponding to areas where the sheep were concentrated for various sorting and/or prophylaxis operations leading to the accumulation of manure over thicknesses of several tens of centimeters.

Twenty-five sheepfolds and their adjoining paddocks were selected, including five corresponding to ruins dating from the Antique period, five abandoned in the 19th and 20th centuries respectively and five still active in the 21st century. Finally, five controls were selected in areas of sub-steppe vegetation without any trace of ancient human occupation ensuring site independence. For each site, soil samples (1 averaged sample per site, i.e. 30 in total), from the seed bank (3 samples of 1 liter per site, i.e. 75 in total) were taken near three vegetation quadrats (3 × 4m², i.e. 75 in total) always located in the same places in ancient or still exploited paddocks.

After cultivating seed banks, analyzing soil physicochemical variables and current vegetation surveys, our results showed significant differences for many parameters. First, at the soil level, they remain significantly influenced by the presence of old paddocks which led to a significant increase in its fertility compared to the steppe controls, particularly for organic matters or exchangeable phosphorus. These differences also concern the density of viable seeds in the seed bank, and even species-richness of the present vegetation, including even the ancient Roman enclosures abandoned more than 1500 years ago. The present plant community composition, its species-richness and diversity also reflect the time elapsed after the abandonment of the paddocks and are clearly linked to past concentrations of sheep in the ancient paddocks. At the fundamental level in plant community ecology, these results therefore question the theoretical models proposed on the temporality and cyclicity of plant successions. At the applied level, these very long-term human legacies of agro-pastoral practices in Mediterranean rangelands must also be taken into account for conservation and restoration plans of these ecosystems by natural area managers.

Email de correspondance : thierry.dutoit@imbe.fr

LA FERTILISATION DES CHAMPS DURANT L'ANTIQUITÉ : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DU PARCAGE DE BÉTAIL ET SON EFFET SUR LA COMPOSITION ISOTOPIQUE DES CÉRÉALES

SAMMY BEN MAKHAD¹, MARIE BALASSE¹, VÉRONIQUE MATTERNE¹

¹ UMR 7209 Archéozoologie, Archéobotanique : Sociétés, Pratiques et Environnements, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris

Les recherches sur les techniques agricoles et les pratiques de fertilisation des champs se sont enrichies ces 20 dernières années avec l'apport des analyses biogéochimiques des restes carpologiques. La composition isotopique des plantes reflète leurs conditions de croissance et il a été montré que les valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ étaient corrélées à la quantité et à la fréquence d'apport de fumier. Des études archéobotaniques ont exploité ces connaissances pour documenter différentes sociétés agropastorales, en particulier du Néolithique européen et du bassin méditerranéen. En France, ces études ont aussi concerné les périodes du second âge du Fer et romaine dans le cadre d'un postdoc (ERC RurLand, 2017) et d'une thèse (Muséum national d'Histoire naturelle, 2022) et ont montré un usage courant de la fertilisation entre 500 av. J.-C. et 500 ap. J.-C.

Cependant, la nature de cette fertilisation organique n'est pas encore identifiable par les méthodes biogéochimiques. Outre l'usage de fumier animal ou humain, les auteurs latins (Caton, Varron, Columelle, Pline, Palladius) décrivent le recourt au compostage de divers déchets domestiques et artisanaux, mais aussi les techniques de l'engrais vert ou du parcage mobile du bétail. Le compostage semble surtout un complément à la production de fumier. L'engrais vert consiste à semer un couvert végétal composé de légumineuses, non dans l'objectif de produire une denrée alimentaire, mais pour le faucher avant maturité des graines et de l'enfourir pour qu'il se décompose sur place. Le parcage est une mode d'élevage qui demande de conduire les troupeaux (généralement d'ovins) sur les parcelles à fertiliser après les avoir fait pâturer pour que les animaux y défèquent.

Des expérimentations ont été mises en place pour évaluer l'effet de ces techniques de fertilisation sur la composition isotopique des céréales. L'étude du parcage (Esse, Charente) a montré un effet similaire des déjections directes de mouton et du fumier. Des valeurs élevées de $\delta^{15}\text{N}$ de céréales archéologiques peuvent donc correspondre à ces deux techniques de fertilisation, et il faut alors une connaissance des modes d'élevage (pâturage extensif *vs.* stabulation) des sociétés agropastorales étudiées pour caractériser les travaux agricoles. Une deuxième expérimentation portant sur l'engrais vert (Rostrenen, Côtes-d'Armor) est en cours et n'offre pas encore de résultats. Nous attendons une signature isotopique de l'azote de céréales cultivées après la légumineuse plus faible que lors d'apport de fumier ou déjections animales. Cette expérimentation permettra de vérifier le type de fertilisant utilisé au début de la période romaine sur les blés nus du Bassin parisien.

La documentation des techniques de fertilisation permet ainsi de s'intéresser aux régimes agricoles et de comprendre l'articulation entre modes d'élevage, espaces en jachères et successions culturales.

THE FERTILISATION OF FIELDS DURING ANTIQUITY : EXPERIMENTAL STUDY OF LIVESTOCK PENNING AND ITS EFFECT ON THE ISOTOPIC COMPOSITION OF CEREALS

Research on farming techniques and field fertilisation practices has been enhanced in the last 20 years by biogeochemical analyses of archaeobotanical remains. The isotopic composition of plants reflects their growth conditions, and studies have shown that $\delta^{15}\text{N}$ values are linked to the amount and frequency of manure application. Archaeobotanical studies have been used to document various agropastoral societies, particularly during the Neolithic period in Europe and the Mediterranean basin. In France, these studies have also covered the Second Iron Age and Roman periods as part of a postdoc (ERC RurLand, 2017) and a thesis (Muséum national d'Histoire naturelle, 2022). The studies have shown that fertilisation was commonly used between 500 BCE and 500 AD.

However, the biogeochemical methods currently available are unable to identify the nature of this organic fertilisation. In addition to the use of animal or human manure, Latin authors (Cato, Varron, Columella, Pliny, Palladius) describe the use of composting various domestic and craft wastes, as well as the techniques of green manure and mobile livestock penning. Composting seems above all to be a complement to manure production. Green manuring involves sowing a cover crop of leguminous plants, not for food production, but to cut it before seed maturity and bury it for on-site decomposition. Penning is a method of animal husbandry in which livestock (usually sheep) are herded onto plots to be fertilised after grazing them so that the animals can defecate.

Experiments were conducted to assess the effect of fertilisation techniques on the isotopic composition of cereals. The penning study in Esse, Charente, showed a similar effect of direct sheep dung and manure. Therefore, high values of $\delta^{15}\text{N}$ in archaeological cereals may correspond to these two fertilisation techniques. It is necessary to have knowledge of the breeding modes (extensive grazing *vs.* in stabulation) of the agropastoral societies studied to characterise the

agricultural work. A second experiment involving green manure is currently underway in Rostrenen, Côtes-d'Armor, but has not yet yielded any results. The experiment aims to determine the effect of leguminous manure on the isotopic nitrogen signature of cultivated grains. It is expected that the isotopic nitrogen signature will be lower when leguminous manure is used compared to animal manure. This will help verify the type of fertilizer used on free-threshing wheat in the Paris basin during the early Roman period.

By documenting fertilisation techniques, we can study farming systems and understand the links between farming methods, fallow land and crop succession.

Email de correspondance : sammy.benmakhad@gmail.com

DE LA FORÊT À LA BERGERIE ET DE LA BERGERIE AUX CHAMPS. FOURRAGE ET FUMURE À PERTUS II (ALPES-DE-HAUTE-PROVENCE) AU NÉOLITHIQUE MOYEN

CLAIRE DELHON¹, LIONEL GOURICHON¹, MANON VUILLIEN¹, ESTELLE HERRSCHER²,
LUCIE MARTIN^{3,4}, CÉDRIC LEPÈRE^{1,5}, JANET BATTENTIER⁶, THIERRY BLASCO⁷, MARYLINE
MONTANES⁷, ALAIN CARRÉ¹, FABRICE BRAY⁸, GUY ANDRÉ², ARNAUD MAZUY¹

1 Université Côte d'Azur, CNRS, CEPAM, Nice, France

2 Aix-Marseille Université, CNRS, LAMPEA, Aix-en-Provence, France

3 Laboratoire d'archéologie préhistorique et anthropologie, Université de Genève, Suisse

4 Université Savoie Mont-Blanc, CNRS, EDYTEM, Le-Bourget-du-Lac, France

5 Eveha, Lyon, France

6 Projet Interreg PEPA, Service Départemental d'Archéologie des Alpes de Haute-Provence, Digne-les-Bains, France

7 Sorbonne Université, CNRS, Laboratoire d'Océanographie de Villefranche, Villefranche-sur-Mer, France

8 Université de Lille, CNRS, MSAP, Lille, France

La grotte-bergerie de Pertus II, située à 1000 m d'altitude dans les Alpes-de-Haute-Provence, à l'écotone entre les étages méditerranéens et montagnards, est un site clé pour appréhender le système agropastoral des communautés ayant occupé la moyenne montagne durant le 4^e millénaire et la première moitié du 3^e millénaire avant notre ère (3800-2550 BCE). Son remplissage sédimentaire, en grande partie constitué de fumiers de bergerie, témoigne du parage de petits ruminants. L'abondance de restes carpologiques montre que cette activité pastorale était associée à des cultures de céréales et de légumineuses qui pourraient se situer sur le plateau qui surplombe la grotte. Le spectre anthracologique suggère un recours à du fourrage d'arbre, hypothèse appuyée par la présence de bourgeons et de feuilles carbonisés (chêne, sapin). La présence de balles de céréales sous la forme de résidus de battage et de phytolithes de glumes permet d'envisager également l'utilisation des produits issus du traitement des récoltes pour l'alimentation du troupeau.

L'étude des restes fauniques et botaniques – très bien conservés – a permis de reconstituer partiellement les modalités d'exploitation et de gestion des ressources animales et végétales à Pertus II. Grâce à l'analyse des isotopes stables du carbone et de l'azote appliquée à un large échantillon de spécimens fauniques et botaniques, les questions de complémentarité entre élevage et agriculture, fertilisation des sols et affouragement des troupeaux domestiques ont pu être abordées.

Les valeurs isotopiques obtenues à partir du collagène des os de caprinés domestiques reflètent un environnement plus ouvert que celles obtenues pour les herbivores sauvages forestiers (cervidés). Au sein du troupeau, une distinction est observée entre les chèvres et les moutons, ces derniers présentant un signal $\delta^{13}\text{C}$ plus fort en moyenne, et donc caractéristique de milieux plus forestiers. Cette différence notable soulève plusieurs hypothèses en lien avec les habitudes alimentaires des animaux et les zones de pâturages, mais surtout avec les pratiques pastorales comme le recours par les bergers à du fourrage d'arbre, spécifiquement pour les moutons. Au cours de l'occupation chasséenne du site, cette pratique semble diminuer, peut-être au profit d'une utilisation des résidus du traitement des récoltes.

Les valeurs en $\delta^{15}\text{N}$ mesurées sur les graines de céréales et de légumineuses permettent de concevoir plusieurs pratiques destinées à maintenir la fertilité des champs, dont celle de l'utilisation de fumure animale. Là aussi, une évolution est constatée entre le Chasséen moyen et le Chasséen récent, avec une fumure peut-être plus intense ciblant les champs d'orge.

FROM THE FOREST TO THE SHEEPFOLD AND FROM THE SHEEPFOLD TO THE FIELDS. FODDER AND MANURE AT PERTUS II (ALPES-DE-HAUTE-PROVENCE) IN THE MIDDLE NEOLITHIC

Pertus II is a sheepfold-cave located at 1000 m a.s.l. in the Alpes-de-Haute-Provence region, in France, at the ecotone between the Mediterranean and mountain vegetation belts. It is a key site for documenting the mid-mountain agropastoral system during the 4th and the first half of the 3rd millennium BCE (3800-2550 BCE). Its sedimentary fill, largely made up of fossil dung, bears witness to the stocking of small ruminants. The abundance of plant macroremains shows that pastoral activity was associated with cereal and legume crops, which may have been located on the plateau overlooking the cave. The charcoal record suggests the use of tree fodder, a hypothesis supported by the presence of charred buds and leaves (oak, fir). The presence of cereal husks in the form of threshing residues and glume phytoliths suggests that by-products of crop processing were also used to feed the herd.

The study of faunal and botanical remains - which are very well preserved - has enabled us to partially reconstruct how animal and plant resources were exploited and managed at Pertus II. By applying stable carbon and nitrogen isotope analysis to a large corpus of animal and plant remains, we have been able to address issues such as the complementarity

between livestock herding and agriculture, soil fertilization and the feeding of domestic herds.

Isotopic values obtained from collagen of domestic goats bones reflect a more open environment than those obtained for wild forest herbivores (cervids). Within the herd, goats can be distinguished from sheep, the latter presenting a higher $\delta^{13}\text{C}$ signal on average, and therefore characteristic of more forested environments. This notable difference raises a number of hypotheses relating to the animals' feeding habits and grazing areas, but above all to pastoral practices such as the use of tree fodder by shepherds, specifically for sheep. During the Middle Neolithic occupation of the site, this practice seems to have decreased, perhaps in favor of the use of crop-processing residues.

The $\delta^{15}\text{N}$ values measured on cereals and pulses point to several practices designed to maintain field fertility, including the use of animal manure. Same as for sheep's diet, an evolution is noted between the Middle *Chasséen* and the Late *Chasséen*, in the form of a probable more intense manuring targeting barley fields.

Email de correspondance : claire.delhon@cepam.cnrs.fr

UNE APPROCHE ARCHÉO-SÉDIMENTAIRE POUR LA RECONSTRUCTION DES PRATIQUES LIÉES À LA PRODUCTION ET USAGE DU FUMIER ET LEUR PLACE DANS LES AGROSYSTÈMES PRÉINDUSTRIELS DU PAYS BASQUE

JOSU NARBARTE¹, JUAN ANTONIO QUIRÓS CASTILLO¹, ENEKO IRIARTE²

1 Université du Pays Basque, Groupe de Recherche sur le Patrimoine et les Paysages Culturels

2 Université de Burgos, IsoTOPIK Lab

Le fumier est un élément fondamental dans la gestion des agrosystèmes préindustriels, car il représente un flux de biomasse depuis les aires de pâturage vers les champs et assure le renouvellement de la fertilité des sols. La production, la conservation, le transport et l'apport du fumier sont des pratiques qui peuvent fortement varier selon les contextes, en fonction des différents facteurs socio-économiques et environnementaux. La trace de ces modèles de gestion peut être identifiée dans les (paléo)sols agraires historiques, et comparée avec les données écrites et orales, dans le but de reconstruire les rapports sociaux qui ont modelé la transformation des paysages dans la longue durée.

Dans cette communication, nous proposons une vue d'ensemble des pratiques agraires liées à la production et à l'utilisation du fumier dans les agrosystèmes médiévaux et modernes du Pays Basque, à partir des travaux menés ces dernières années par le Groupe de Recherche sur le Patrimoine et les Paysages Culturels. Notre approche combine d'une part l'analyse géochimique des colonnes sédimentaires prélevées sur des aires agraires historiques (fluorescence de rayons-X, carbone organique, paléomagnétisme, datations radiocarbone), d'autre part la caractérisation des paysages – habitats, parcellaires, couvertures terrestres, etc. – à partir de sources écrites et orales, de la microtoponymie et de prospections de terrain.

Les cas d'étude analysés correspondent à des villages d'origine médiévale, dont la maison est l'unité première d'organisation sociale et le voisinage la principale institution d'action collective. Certains de ces villages sont situés dans des fonds de vallée, profitant des sols profonds des terrasses et des plaines alluviales, consolidées pour la création de leurs terroirs agraires (p.ex., Berastegi, Astigarribia, Oma, Narbarte). D'autres correspondent à des zones de montagne où la création de terroirs est passée par la construction de systèmes de terrasses, parfois très monumentaux (p. ex., Ziga, Akoa). Il existe aussi des villages localisés sur des substrats karstiques, qui profitent des sols de dolines remplies de sédiment (p. ex., Aizarna, Zizurkil). Tandis que tous ces villages semblent avoir été fondés au Moyen Âge, parfois sur des occupations plus anciennes, ils ont évolué durant les siècles suivants en fonction de leur position topographique, de la qualité de leurs sols ou de leur distance par rapport aux centres urbains, leur permettant un accès plus ou moins aisé aux marchés d'échelle régionale. Plus récemment, l'introduction des cultures américaines a eu un fort impact, transformant leurs agrosystèmes et, par conséquent, les pratiques liées à leur gestion.

Dans ce contexte, le rôle du fumier a pu varier de façon importante d'un contexte à un autre, entraînant différentes pratiques. L'approche archéo-sédimentaire proposée par notre groupe de recherche nous permettra d'observer cette variabilité tout en nous interrogeant sur le rôle de cette ressource dans l'organisation du travail agricole.

AN ARCHAEO-SEDIMENTARY APPROACH TO THE RECONSTRUCTION OF MANURING PRACTICES AND THEIR PLACE IN PRE-INDUSTRIAL AGROSYSTEMS IN THE BASQUE COUNTRY

Manure is a fundamental element in the management of pre-industrial agrosystems since it allows a flow of biomass from the grazing areas to the fields and ensures the renewal of soil fertility. The production, conservation, transport, and supply of manure are practices that can vary greatly from one context to another, depending on different socio-economic and environmental factors. The trace of these management models can often be identified in the (paleo)soils of historic agrarian areas, and compared with written and oral data, with the aim of reconstructing the social relationships that have shaped the transformation of landscapes over the long term.

In this paper, we propose an overview of agrarian practices linked to the production and use of manure in the medieval and modern agrosystems of the Basque Country, based on the work carried out recently by the Research Group on Heritage and Cultural Landscapes. Our approach combines geochemical analysis of sedimentary columns taken from historic agrarian areas (X-ray fluorescence, organic carbon, palaeomagnetism, radiocarbon dating), with landscapes characterization – habitats, plots, land cover, etc. – based on written and oral sources, microtoponymy and field surveys.

The case studies analysed correspond to villages of medieval origin, where the house is the primary unit of social organisation and the neighbourhood the main institution of collective action. Some of these villages are located at the bottom of valleys, benefiting from the deep soils of terraces and alluvial plains, consolidated to create their agricultural land (e.g. Berastegi, Astigarribia, Oma, Narbarte). Others are mountainous areas where the creation of land has involved

the construction of terrace systems, some of which are quite monumental (e.g. Ziga, Akoa). There are also villages located on karstic substrates, benefiting from the soils of sediment-filled sinkholes (e.g. Aizarna, Zizurkil). While all these villages appear to have been founded in the Middle Ages, sometimes on earlier occupations, they evolved over the following centuries according to their topographical position, the quality of their soils or their distance from urban centres, giving them greater or lesser access to regional markets. More recently, the introduction of American crops has had a major impact, transforming their agrosystems and, consequently, their management practices.

In this context, the role of manure may have varied considerably from one context to another, leading to different practices. The archaeo-sedimentary approach proposed by our research group will enable us to observe this variability while at the same time examining the role of this resource in the organisation of agricultural work.

Email de correspondance : josu.narbarte@ehu.eus

ACTIVITÉS DE PÂTURAGE DU BÉTAIL DE MONGOLIE CENTRALE (MONTAGNES TARVAGATAI ET MONTS KHANGAI) PAR L'ANALYSE DES GRAINS DE POLLEN DE FUMIER

CHÉÏMA BARHOUMI¹, SARAH VEITH², LAURA-CHRISTIN DEMMER²,
GERGANA RUSEVA², HERMANN BEHLING²

1 ISEM, Université de Montpellier

2 Albrecht-von-Haller Institute for Plant Sciences, Université de Göttingen, Allemagne

La nature du pâturage et les préférences alimentaires des troupeaux issus des pratiques pastorales de Mongolie centrale, dans la région de la montagne Tarvagatai et des monts du Khangai, ont été étudiées par l'analyse pollinique de leur fèces. Des échantillons de fumier de différentes espèces d'élevage (moutons, chèvres, chevaux et yaks) ont été collectés en 2021 au printemps, en été et en automne dans des environnements steppiques et des prairies fluviales. Le but de cette étude est de (1) déterminer les préférences alimentaires de chaque espèce de bétail, (2) comparer ces préférences en fonction des différentes espèces animales, (3) déterminer l'impact du type d'environnement et de la saison sur ces préférences alimentaires. Il semble que les facteurs les plus importants dans les préférences alimentaires soient l'espèce et la saison, avec le printemps montrant des différences plus importantes par rapport aux deux autres saisons, probablement en raison de la disponibilité des plantes. De plus, les moutons et les chèvres présentent des préférences alimentaires similaires à celles des yaks. Les chevaux présentent un régime alimentaire intermédiaire.

LIVESTOCK GRAZING ACTIVITIES FROM CENTRAL MONGOLIA (TARVAGATAI MOUNTAINS AND KHANGAI MOUNTAINS) INFERRED BY DUNG POLLEN ANALYSIS

Grazing activities and dietary preferences of herds from pastoralism in Central Mongolia, in the Tarvagatai Mountain and Khangai Mountains regions, were studied by pollen analysis of their dung. Manure samples from different livestock species (sheep, goats, horses and yaks) were collected in 2021 in spring, summer and autumn in steppe environments and river meadows. The aim of this study is to (1) determine the dietary preferences of each species of livestock, (2) compare these preferences according to different animal species, (3) determine the impact of the type of environment and the season on these preferences. It appears that the most important factors are species and season, with spring showing larger differences compared to the other two seasons, likely due to the difference in plant availability. Additionally, sheep and goats exhibit similar dietary preferences to yaks. Horses have an intermediate diet.

Email de correspondance : cheima.barhoumi@gmail.com

JACHÈRE PÂTURÉE OU FUMURE ? QUAND LES ASSEMBLAGES ARCHÉO-ENTOMOLOGIQUES PERMETTENT DE PRÉCISER DES PRATIQUES D'AMENDMENT PASSÉES

JÉRÉMY ROLLIN¹⁻², MARIE-PIERRE HORARD¹, CHRISTOPHE BRESSAC², PHILIPPE HUSI¹

1 Laboratoire Archéologie et territoire CITERES, UMR 7324, CNRS - Université de Tours

2 Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte, UMR 7261, CNRS - Université de Tours

La question de la productivité agricole est au cœur des transformations majeures visibles dans l'occupation des différentes régions des Gaules entre la fin de La Tène finale et l'Antiquité romaine (130 av. J.-C. – 476 ap. J.-C.).

Le développement de la métallurgie du fer, permettant une productivité accrue par l'utilisation d'outils plus efficaces, la mise en réseau de fermes, l'adoption de méthodes plus extensives (Lepetz et Zech-Matterne, 2018) ou encore l'essor des blés nus, céréales nécessitant un apport particulier de nutriments, ne sont que quelques-unes des nombreuses mutations du système agraire. Le système de production est étroitement corrélé à la fertilité des sols et, à ce titre, les déjections des animaux d'élevage sont liées au système agropastoral.

Au regard des sources archéologiques et littéraires, le pâturage extensif, le parcage mobile et la stabulation semblent être les principales méthodes utilisées par les sociétés agropastorales pour coordonner les besoins alimentaires du bétail et la fertilisation de leurs champs, optimisant ainsi l'utilisation des territoires disponibles. Pour documenter ces pratiques, les archéologues ont recours aux analyses carpologiques et isotopiques qui permettent d'identifier l'apport de matières fécales dans les sols. Ainsi, la démonstration d'une fertilisation à base de déjections (lisier ou fumier) associée à des espaces de stabulation ou fumières, lorsqu'elles sont présentes, permettent de dévoiler les stratégies mises en place par les communautés agricoles.

Néanmoins, ces analyses montrent quelques limites interprétatives, lorsque les structures archéologiques manquent. Dans ce cadre, un autre champ d'investigation peut permettre de prendre le relais et d'apporter un éclairage sur l'utilisation de fumier ou de parcage en contexte agropastoral, celui de l'étude des restes d'insectes sub-fossiles. La possibilité de les étudier est liée à la résistance de l'exosquelette des arthropodes, notamment des coléoptères, à la décomposition (Moret, 1998). Certaines structures comme les puits sont particulièrement intéressantes, car elles sont le réceptacle de nombreux restes organiques conservés dans des conditions humides et anaérobies, et qu'elles sont omniprésentes en milieu rural (Ponel *et al.*, 2018). On peut espérer y trouver différents insectes, dont les coléoptères coprophages nommés communément bousiers, qui, attirés par les déchets en décomposition, peuvent devenir des marqueurs particulièrement intéressants. Certaines espèces apportent effectivement, de précieuses informations sur les caractéristiques intrinsèques du milieu et sur les espèces animales ayant pâturé à proximité, mais offrent également un nouveau potentiel de recherche avec l'analyse des associations d'insectes. En effet, les échelles de préférences dans la fraîcheur des matières fécales ainsi que certaines variations entre diversité taxonomique et variabilité fonctionnelle des assemblages de bousiers sont autant d'indicateurs de pratiques de fumures, de pression pastorale ou encore de présence de compost. Par voie de conséquence, les cortèges entomologiques peuvent différer selon le type de pratiques et ainsi nous les révéler.

À partir de méthodes inspirées de l'écologie des communautés, nous chercherons à répondre à cette problématique en explorant différents sites archéologiques, du nord et du sud de la Gaule.

FALLOW PASTURE OR MANURE ? WHEN ARCHAEO-ENTOMOLOGICAL ASSEMBLAGES SHED LIGHT ON PAST AMENDMENT PRACTICES

The question of agricultural productivity lies at the heart of major transformations visible in the occupation of different regions of Gaul between the end of the Late La Tène period and the Roman Antiquity. The development of iron metallurgy, allowing increased productivity with more efficient tools, the networking of farms, the adoption of more extensive methods (Lepetz and Zech-Matterne, 2018), and the rise of naked wheats, cereals requiring a specific nutrient input, are just a few of the many mutations in agrarian systems. The production system is closely correlated with soil fertility, and as such, the excreta of livestock are linked to the agropastoral system.

Considering archaeological and literary sources, extensive grazing, mobile penning, and stabling seem to be the main methods used by agropastoral societies to coordinate the dietary needs of livestock and the fertilization of their fields, optimizing the use of available territories. To document these practices, archaeologists resort to carpological and isotopic analyses that identify the contribution of faecal matter to the soils. Thus, the demonstration of fertilization based on excreta (slurry or manure) associated with stabling or manure spaces, when present, reveals the strategies implemented by agricultural communities. However, these analyses show some interpretative limitations when these archaeological structures are absent. In this context, another field of investigation may take over and shed light on the use of manure or penning in an agropastoral context, that of the study of sub-fossil insect remains. The possibility of studying them

is linked to the resistance of the exoskeleton of arthropods, especially beetles, to decomposition (Moret, 1998). Some structures, such as pits, are particularly interesting as they serve as receptacles for numerous organic remains preserved in humid and anaerobic conditions and are ubiquitous in rural areas (Ponel *et al.*, 2018). One can hope to find various insects, including coprophagous beetles commonly known as dung beetles, which, attracted by decomposing waste, can become particularly interesting markers. Some species indeed provide valuable information about the intrinsic characteristics of the environment and the animal species that have grazed nearby but also offer a new research potential with the analysis of insect associations. Indeed, preferences in the freshness of faecal matter, as well as certain variations between taxonomic diversity and functional variability of dung beetle assemblages, are indicators of manure practices, grazing pressure, or the presence of compost. Consequently, entomological assemblages may differ depending on the type of practices and thus reveal them.

Using methods inspired by community ecology, we will seek to address this issue by exploring different archaeological sites, both in the north and south of Gaul.

Lepetz S., Zech-Matterne V., 2018. Systèmes agro-pastoraux à l'âge du Fer et à la Période romaine en Gaule du Nord, in: REDDÉ M. (éd.), *Gallia Rustica 2, Les campagnes du nord-est de la Gaule de la fin de l'âge du Fer à l'Antiquité tardive*, vol. 2, Ausonius Éditions, Bordeaux, p. 327-400.

Moret P., 1998. L'archéo-entomologie, ou les insectes au service de l'histoire, *Revue de Médecine Vétérinaire* 149(11), p. 995-998.

Ponel Ph., Yvinec J.-H., Andrieu-Ponel V., Marian J., 2018. L'intérêt archéo-entomologique des anciens puits : le paléoenvironnement du Clos-Paul à l'époque gallo-romaine, reconstruit par l'analyse des coléoptères fossiles (Charleville-Mézières, Ardennes). *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire* 29(4), p.347-361.

Email de correspondance : jeremy.rollin@univ-tours.fr

DÉTECTER LA POLLUTION FÉCALE GRÂCE AUX PARASITES DIGESTIFS. APPLICATIONS AUX QUESTIONS DE SANTÉ HUMAINE ET ANIMALE AU TRAVERS DU TEMPS

MATTHIEU LE BAILLY¹, BENJAMIN DUFOUR¹, CÉLINE MAICHER¹, KÉVIN ROCHE¹

¹ CNRS UMR 6249 Chrono-environnement, Université de Franche-Comté

La paléoparasitologie s'intéresse majoritairement à la mise en évidence, en contextes archéologiques, des parasites du tube digestif de l'homme et des autres animaux. L'étude de ces organismes pathogènes, la connaissance de leur cycle biologique, leurs modes d'infestation et de dissémination, permet à la paléoparasitologie de contribuer à de nombreuses problématiques qui touchent aux populations humaines comme la santé, l'hygiène, ou l'alimentation. Depuis la transition néolithique et le passage de la vie de « chasseur-cueilleur » à celle de « d'agriculteur-éleveur », la proximité entre l'homme et les autres animaux, soulève la question de l'accumulation et la gestion des déchets fécaux liés à cette proximité, et les conséquences sur la santé des populations.

Au travers de quelques cas étudiés durant les 35 dernières années, nous ferons un tour d'horizon sur la manière dont la paléoparasitologie aide à la mise en évidence de la gestion des matières organiques, l'hygiène relative des populations anciennes, y compris lorsque des systèmes de gestion des eaux usées sont mis en place, ou encore les conséquences sur la santé des populations humaines ou animale, en particulier, les cas d'anthropozoonoses, connus depuis la Préhistoire.

Enfin, nous évoquerons les projets et développements méthodologiques en cours dans le domaine, en particulier l'intégration des données génétiques en paléoparasitologie, qui doivent permettre, à moyen terme, de comprendre l'évolution du microbiote et du microbiote intestinal, et de rejoindre des problématiques majeures de santé publique actuelle.

DETECTING FECAL POLLUTION WITH DIGESTIVE PARASITES. APPLICATIONS TO HUMAN AND ANIMAL HEALTH ISSUES OVER TIME

Paleoparasitology is mainly concerned with the recovery, in archaeological contexts, of parasites of the digestive tract of humans and other animals. The study of these pathogenic organisms, the knowledge of their biological cycle, and their modes of infestation and dissemination, enables paleoparasitology to contribute to several issues affecting human populations, such as health, hygiene and diet. Since the Neolithic transition from "hunter-gatherer" to "farmer-breeder", the proximity between man and other animals has raised questions about the accumulation and management of fecal waste, and the consequences for population health.

Based on case studies carried out over the last 35 years, we will look at how paleoparasitology has helped to shed light on the management of organic matter, the relative hygiene of ancient populations, including when wastewater management systems were put in place, and the consequences for the health of human and animal populations, in particular cases of anthrozoosis, known since prehistoric times.

Finally, we will look at current methodological projects and developments in the field, in particular the integration of genetic data in paleoparasitology, which should enable us, in the medium term, to understand the evolution of the intestinal microbiota and microbiota, so reaching major public health current questions.

Email de correspondance : matthieu.lebailly@univ-fcomte.fr

LE CHIEN OU SON MAÎTRE ? RECHERCHE INTERDISCIPLINAIRE SUR LES COPROLITHES DE L'HABITAT PALAFITTIQUE NÉOLITHIQUE DE STARE GMAJNE EN SLOVÉNIE

TJAŠA TOLAR¹, TILÉN PODOBNIK¹, ALFRED GALIK², NINA CAF¹, MATTHIEU LE BAILLY³, ERWIN ROSENBERG⁴, ELENA BUŽAN⁵, LARS ZVER⁶

1 Scientific Research Centre SAZU, Institute of Archaeology, Ljubljana, Slovenia

2 Austrian Academy of Sciences, Austrian Archaeological Institute, Vienna, Austria

3 University of Bourgogne Franche-Comté, Faculty of Sciences and Techniques, Besançon, France

4 Vienna University of Technology, Institute of Chemical Technologies and Analytics, Vienna

5 University of Primorska, Faculty of Mathematics, Science and Information Technology, Koper

6 Trimlini 59c, 9220 Lendava

Les recherches en cours sur les coprolithes néolithiques de chien, de cochon ou d'homme conservés en milieu humide en Slovénie, et dont les découvertes s'échelonnent de 2007 à 2021, ont permis d'obtenir des informations importantes. Les premiers résultats sur les analyses de coprolithes découverts en 2007 et 2014 ont été publiés en 2019 et 2021 (Tolar and Galik 2019; Tolar *et al.* 2021). Ils sont maintenant complétés par de nouvelles découvertes sur les coprolithes du site de Stare Gmajne : huit découverts lors des fouilles en 2021 et un mis au jour en 2007.

Une distribution intéressante des coprolithes sur quelques mètres carrés de la surface fouillée du site de Stare Gmajne peut être soulignée, car ils ont été déposés pour la plupart dans un rayon de 2 m². Les analyses du pollen (sur 6 coprolithes), des macrorestes végétaux et des poissons, ainsi que des parasites préservés et des analyses d'ADN suggèrent la probabilité de deux origines distinctes : celle du chien et celle de son maître, tous deux ayant un régime alimentaire à prédominance de poisson. Outre les habitudes alimentaires et l'origine, la saison de défécation et l'infestation parasitaire seront discutées. Des analyses biochimiques sur 6 coprolithes provenant de la fouille 2021 sont actuellement en cours afin de confirmer ou d'infirmer les hypothèses concernant les origines des coprolithes et les habitudes alimentaires du chien et de son maître. En cas de succès, les résultats seront présentés pour la première fois lors de cette conférence.

En outre, les différences et/ou similitudes éventuelles entre les coprolithes récemment étudiés et les divergences entre le contenu des coprolithes et les sédiments environnants seront discutées. Des informations précieuses sur les habitudes alimentaires, l'environnement, la saison de défécation, les habitudes de santé et d'hygiène ainsi que les relations entre les hommes et les chiens au cours de la période néolithique sont autant de sujets qui pourraient être abordés dans la discussion finale.

THE DOG OR ITS MASTER ? FURTHER INTERDISCIPLINARY RESEARCH ON COPROLITES FROM STARE GMAJNE ENEOLITHIC PILE-DWELLING SITE IN SLOVENIA

The ongoing research into waterlogged preserved Eneolithic dog/pig/human-shaped coprolites from Slovenia, spanning discoveries from 2007 to 2021, has yielded significant insights. Initial findings from coprolites discovered in 2007 and 2014 were published in 2019 and 2021 respectively (Tolar and Galik 2019; Tolar *et al.* 2021). These findings are now being augmented by the new discoveries on coprolites from Stare gmajne site: eight (excavated in 2021) and one (excavated in 2007).

Interesting distribution of coprolites within a few square meters of the excavated surface at Stare gmajne site has been noticed, they were mostly deposited within 2 m². The analyses of pollen (on 6 coprolites), of plant and fish macroremains, as well as preserved parasites, and two successful DNA analyses suggest the likelihood of two distinct origins: of the dog and its master, both with a predominant fish diet. In addition to dietary habit and the origin, defecation season and parasite infestation will be discussed. Biochemical analyses on 6 coprolites from 2021 excavation are currently underway to confirm or refute the hypotheses regarding the origins of the coprolites and the dietary habits of both, the dog and its master. If successful, the results will be presented for the first time at this conference.

In addition, possible differences or/and similarities between the recently studied coprolites and discrepancies between the content of the coprolites and the surrounding sediments will be discussed. Valuable insights into the dietary habits, environment, the season of the defecation, health and hygiene habits as well as relationships between humans and dogs during the Eneolithic period are all possible topics for the final discussion.

Tolar T., Galik A. 2019. A study of dog coprolite from Late Neolithic pile-dwelling site in Slovenia. *Archaeological discovery* 7(1), p. 20-29.

Tolar T., Galik A., Le Bailly M., Dufour B., Caf N., Toškan B., Bužan E., Zver L., Janžekovič F., Velušček A. 2021. Multi-proxy analysis of waterlogged preserved Late Neolithic canine excrements. *Vegetation history and archaeobotany* 30(3), p. 107-118.

Correspondence email: tjasa.tolar@zrc-sazu.si

INTERACTIONS HOMME / CHIENS : RÉSULTATS D'UNE ANALYSE MULTIPROXY DE COPROLITHES ISSUS DU SITE DE SERTEYA 2 (5^E - 3^E MILL. AV. N. È, RÉGION DE SMOLENSK, FÉDÉRATION DE RUSSIE)

YOLAINE MAIGROT¹, ANDREY MAZURKEVICH², EKATERINA DOLBUNOVA², ÉMILIE GAUTHIER³,
MATTHIEU LE BAILLY³, CÉLINE MAICHER³, AURÉLIE SALAVERT⁴, ALEXANDRA VALAYER³

1 CNRS - UMR 8215 Trajectoires

2 Musée de l'Ermitage - Dpt d'Archéologie d'Europe de l'Est et de Sibérie

3 Université de Franche Comté - UMR 6249 Chrono-environnement

4 MNHN – UMR 7209 AASPE

Le site de Serteya 2 (Région de Smolensk, Fédération de Russie) a connu son plus fort taux de fréquentation entre le début du 5^e millénaire et la fin du 3^e av. n. è. Les rives de ce bassin lacustre ont été occupées par des communautés sédentaires, productrices de céramiques et dont l'économie reposait sur la chasse (principalement élan et sanglier), la pêche et la cueillette. Les fouilles de ce site en milieu humide ont mis au jour un matériel organique tout à fait exceptionnel (pêcheries, outils et armes en bois, objets en écorce, etc.). Plus de 630 coprolithes y ont été également découverts. Un petit échantillon d'une vingtaine d'entre eux, dont la paléoparasitologie évoque une origine canine, a fait l'objet d'analyses *multiproxy* (palynologie, détermination des restes ichtyologiques, anthracologiques et carpologiques) et de datations radiocarbone. Les résultats de ces différentes études ont été comparés à des travaux ultérieurs dont des reconstitutions paléo-environnementales réalisées à l'échelle de la vallée (Tasarov *et al.* 2019) et d'autres plus ciblées à partir de colonnes de sédiments prélevées dans les niveaux archéologiques de Serteya 2 (Kittel *et al.* 2020, Wieckowska-Lüth *et al.* 2021). Les spectres polliniques des coprolithes montrent un couvert végétal forestier mixte associant des essences d'ambiance humide (aulne, saule et bouleau), mésothermophiles (chêne, orme et tilleul) et des conifères (pin et épicéa). Ces taxons sont par ailleurs documentés sous forme de fragments de charbons dans les coprolithes. Si ces assemblages ressemblent fortement à ceux qui ont été identifiés dans les prélèvements sédimentaires, l'évolution de certaines essences se calque imparfaitement. Par exemple, la forte augmentation de l'épicéa à partir de la seconde moitié du troisième millénaire n'apparaît pas dans l'enregistrement des coprolithes. En revanche, un pic se dessine à la transition entre le 4^e et le 3^e millénaires soit au moment de l'établissement de pêcheries fixes fabriquées à partir de baguettes de résineux. C'est par ailleurs dans les échantillons de cette séquence chronologique que les analyses paléoparasitologiques documentent les plus fortes concentrations d'œufs de *diphyllobothrium* liés à la consommation de poissons d'eau douce crus ou mal cuits et que l'on décompte le plus grand nombre de restes ichtyologiques. Des chiens nourris principalement de poissons ont, par ailleurs, déjà été documentés dans un certain nombre de communautés de chasseurs-cueilleurs.

Cette analyse des coprolithes permet de mettre en évidence, sur le temps long, des épisodes très courts, voire ponctuels, de l'exploitation de l'environnement par les communautés anciennes. Elle documente également les relations passées entre les hommes et les chiens.

HUMANS AND DOGS INTERACTIONS : RESULTS OF A MULTIPROXY ANALYSIS OF COPROLITES FROM THE SERTEYA 2 SITE (5TH-3RD MILL. BC, SMOLENSK REGION, RUSSIAN FEDERATION)

The Serteya 2 site (Smolensk region, Russian Federation) was inhabited during short periods of occupation between the beginning of the 5th millennium and the end of the 3rd mill BCE. The shores of this lake basin were settled by sedentary communities who produced pottery and whose economy was based on hunting of various wild games (mainly elk and wild boar), fishing and gathering. The excavations in this wetland area have yielded exceptional finds, including organic material (fishing tools, wooden tools and weapons, bark objects, etc.). More than 630 coprolites were also found. A small sample of about twenty coprolites is likely to have come from dogs, according to the results of paleoparasitology. These samples were also subjected to multiproxy analysis (palynology, identification of fish, anthracological and carpological remains) and radiocarbon dating. The results of these various studies were compared with paleoenvironmental reconstructions carried out at the level of the entire valley (Tasarov *et al.* 2019) and more targeted reconstructions based on sediment columns from the archaeological levels of Serteya 2 (Kittel *et al.* 2020, Wieckowska-Lüth *et al.* 2021), as well as ichthyological, faunal and anthracological studies of materials from the habitation areas.

The pollen spectra of the coprolites show a mixed forest vegetation including species from humid environments (alder, willow, and birch), mesothermophilic species (oak, elm and lime) and conifers (pine and spruce). These taxa are also documented in the form of charcoal fragments in the coprolites. While these assemblages are very similar to those identified in the sediment samples, the development of certain species is not entirely uniform. For example, the strong

increase in spruce in the second half of the third millennium is not evident in the coprolites. On the other hand, a peak can be seen at the transition between the 4th to the 3rd millennium BCE, when permanent fisheries were established using coniferous species. Samples from this period also contain the highest concentrations of *Diphyllobothrium* eggs, which are associated with the consumption of raw or poorly cooked freshwater fish, as evidenced by paleoparasitological analyses. Those coprolites also included the largest number of fish remains. Dogs fed predominantly with fish were evidenced in several ancient hunter-gatherer communities.

Such analysis allows reconstructing patterns of ancient human behavior and paleoenvironmental conditions of very short episodes within wider periods, as well as dogs interactions with humans in the past.

Kittel P., Mazurkevich A., Wieckowska-Lüth M., Pawłowski D., Dolbunova E., Płóciennik M., Gauthier E., Krąpiec M., Maigrot Y., Danger M., Mroczkowska A., Okupny D., Szymańska J., Thiebaut E., Słowiński M., 2020. On the border between land and water : the environmental conditions of the Neolithic occupation from 4.3 until 1.6 ka BC at Serteya, Western Russia. *Geoarchaeology* 36(2), p. 173-202.

Wieckowska-Lüth M., Gauthier E., Thiebaut E., Słowiński M., Krąpiec M., Dolbunova E., Mazurkevich A., Maigrot Y., Danger M., Kittel P., 2021. The palaeoenvironment and settlement history of a lakeshore setting : An interdisciplinary study from the multi-layered archaeological site of Serteya II, Western Russia. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 40, 103219.

Tarasov P. E., Savelieva L. A., Long T., Leipe C., 2019. Postglacial vegetation and climate history and traces of early human impact and agriculture in the present-day cool mixed forest zone of European Russia. *Quaternary International* 516, p. 21-41.

Email de correspondance : yolaine.maigrot@cnrs.fr

CONFÉRENCE UNE APPROCHE ANTHROPOLOGIQUE DU FUMIER : UN ARTEFACT PAS COMME LES AUTRES

SOPHIE LALIGANT

Sophie Laligant, Professeure en anthropologie sociale à l'Université de Tours et associée à l'UMR Citeres, conduit ses recherches extensives sur les relations hommes/natures dans les sociétés rurales et urbaines en regard de collectifs qui adviennent et se reconfigurent. Spécialiste de l'écologie et de l'expérience des catégories, elle revisite l'ethnoscience en s'attachant aujourd'hui à la construction d'outils heuristiques, critiques et engagés autour des transformations, dynamiques sociales et (re)compositions des mondes en devenir.

Ce titre ô combien iconoclaste ne manquera pas d'étonner certains ! Dans *La Pensée sauvage* en 1962, Claude Lévi-Strauss souligne que les animaux sont de bons outils pour approcher et comprendre les sociétés humaines. *A priori* rien ne nous autorise à penser que de tous les produits du monde animal - force de travail, lait, viande, gras, boyaux, cuir, poil et corne -, les *excreta* sont plus anecdotiques et moins importants, de même que certains de leurs usages. Peu traité par les anthropologues davantage occupés à théoriser sur d'autres productions de *l'animal-fournisseur* (Sigaut, 1980), le fumier est pourtant un objet complexe à l'articulation entre l'animal et le végétal, le vivant et le non-vivant, l'homme et son écosystème social et naturel. Maillon indispensable de la biodiversité et de la chaîne alimentaire, cet artefact déprécié jusqu'à être un déchet puant et polluant sera approché ici tout autrement. Éclairée par des ethnographies issues de sociétés d'ici et d'ailleurs, cette conférence discutera la manière dont le fumier entendu comme artefact politique nous dit *in fine* de nos liens avec le monde au moment où nous interrogeons nos manières de faire société, dans les plis de leur environnement naturel et social actuels.

Sigaut F., 1980, « Un tableau des produits animaux et deux hypothèses qui en découlent », *Production pastorale et société* 7, p. 20-36.

Email de correspondance : sophie.laligant@univ-tours.fr

CONTRIBUTION DE L'ANALYSE DES SPORES DE CHAMPIGNONS COPROPHILES ET DE L'ADN SÉDIMENTAIRE À LA RECONSTRUCTION DE L'HISTOIRE DES ACTIVITÉS PASTORALES DANS LES ALPES DU NORD

DAVID ETIENNE¹, CHARLINE GIGUET-COVEX², ANDRÉA JULIEN², ELISE
DOYEN³, JÉRÔME POULENARD², ERWAN MESSENGER²

1 CARRETEL, UMR 042 - Université Savoie Mont Blanc/INRAE, Centre Alpin de Recherche sur les Réseaux Trophiques et Ecosystèmes Limniques

2 EDYTEM UMR 5204 Environnement Dynamique et Territoire de la Montagne, Pôle Montagne - Campus Technolac, Université Savoie Mont Blanc

3 PaléoBotaLab

A partir du Néolithique, les pratiques d'élevage se sont diffusées en Europe de l'Ouest et notamment dans les milieux de montagne. Au cours des millénaires, la nature de cette activité agricole a beaucoup varié (évolution des pratiques, intensité du pastoralisme, composition des troupeaux). Ces activités pastorales ont joué un rôle particulièrement structurant, aussi bien d'un point de vue socio-économique qu'écologique, dans les systèmes Alpains.

Dans le cadre des études paléoenvironnementales, la reconstitution de l'histoire millénaire de ces activités pastorales a longtemps été conduite à l'aide d'indicateurs indirects de la présence de bétail (par exemple le pollen de plantes comme les *Rumex* ou *Plantago*). L'intérêt porté depuis deux décennies à l'identification et au dénombrement des spores de champignons coprophiles (i.e. *Sporormiella* ou *Podospora*) en tant qu'indicateurs paléoécologiques a permis de compléter les études polliniques. De nombreuses études ont ainsi démontré la capacité de ces « palynomorphes non polliniques » à enregistrer la présence et les variations de la pression pastorale à l'échelle des bassins versants lacustres. Ces travaux ont donc ouvert des nouvelles perspectives de reconstitutions historiques du pastoralisme dans les écosystèmes de montagne. Malheureusement, les champignons coprophiles identifiés ne sont pas des hôtes spécifiques et ne permettent donc pas de caractériser les changements potentiels de composition des troupeaux contribuant à l'activité pastorale.

Cette caractérisation est désormais possible grâce aux approches moléculaires appliquées aux archives sédimentaires (ADNsed) qui permettent d'identifier la composition des troupeaux (ovins, bovins, caprins, équins) dans les systèmes d'altitude au cours des millénaires. La combinaison de nos différents indicateurs (pollen, spores de champignons coprophiles et ADN sédimentaire), sur des mêmes enregistrements lacustres, fait l'objet d'une dynamique de recherche engagée par les laboratoires EDYTEM et CARRETEL pour reconstituer l'histoire des pratiques et de la pression pastorale dans les Alpes du Nord et leurs rôles dans la structuration des socio-écosystèmes de montagne.

Nous présenterons donc une synthèse des résultats obtenus à partir de l'étude de 6 séquences sédimentaires lacustres couvrant plusieurs milliers d'années dans les Alpes occidentales du Nord.

CONTRIBUTION OF THE ANALYSIS OF COPROPHILOUS FUNGI SPORES AND SEDIMENTARY DNA TO THE RECONSTRUCTION OF THE HISTORY OF PASTORAL ACTIVITIES IN THE NORTHERN ALPS

Since the Neolithic period, livestock farming has spread throughout Western Europe, even into mountainous areas, such as in the Pyrenees and the Alps. Over the millennia, the nature of this agricultural activity has varied greatly (changing practices, intensity of pastoralism, diversity of animals in the herds). These pastoral activities have played a particularly structuring role in alpine systems, both from a socio-economic and ecological point of view.

In the context of palaeoenvironmental studies, millennial history of these pastoral activities has long been reconstructed using indirect indicators of the presence of livestock (e.g. the pollen of plants such as *Rumex* or *Plantago*). Over the last two decades, the identification and counting of the spores of coprophilous fungi (i.e. *Sporormiella* or *Podospora*) as palaeoecological indicators has made it possible to supplement the pollen studies. Numerous studies have demonstrated the ability of these “non-pollen palynomorphs” to record the presence of herds and variations in pastoral activities at the scale of lake catchment areas. This work has therefore opened up new perspectives for reconstructing the history of pastoralism in mountain ecosystems. Unfortunately, the coprophilous fungi identified are not host-specific and therefore do not allow us to characterise potential changes in animal composition.

This is now possible based on molecular approaches applied to sedimentary archives (sedDNA). In fact, such techniques allow the identification of the composition of herds (sheep, cattle, goats, equids) in high altitude systems over the millennia. The combination of our different indicators (pollen, spores of coprophilous fungi and sedimentary DNA), on the same lacustrine records, is undertaken by the EDYTEM and CARRETEL laboratories to reconstruct the history of pastoral activities in the north-western Alps and their role in the structuring of mountain socio-ecosystems.

We will therefore present a synthesis of the results obtained from the study of 6 lacustrine sedimentary sequences covering several millennia.

Email de correspondance : david.etienne@univ-smb.fr

MULTIDISCIPLINARY EXPLORATION OF HUMAN-ENVIRONMENT INTERACTIONS IN THE ARCTIC THROUGH FECAL MARKERS DURING THE LAST MILLENNIUM

ELIA ROULÉ¹, EMILIE GAUTHIER¹, MATTHIEU LE BAILLY¹, BENJAMIN DUFOUR¹, AMANDINE ANGELI², DOMINIQUE MARGUERIE³

1 Laboratoire Chrono-Environnement, UMR 6249 CNRS, Université de Bourgogne Franche-Comté

2 Maison des Sciences de l'Homme et de l'Environnement (MSHE)

3 UMR CNRS 6553 Ecobio, Université de Rennes

Faecal markers (pollen-free microfossils and parasite eggs) in natural and archaeological archives (middens) are used to study the presence of fauna and the interactions between society and environment. In the Arctic area, where wildlife is an essential resource for the survival of the population, these analyses reveal the complex history of the ecocultural strategies of Inuit hunters and Norse farmers.

When they arrived in Greenland in the middle of the 10th century, the Norse adopted an agricultural way of life. Later, as they adapted to their high-latitude environment, but also to the climate deterioration during the Little Ice Age, their activities focused more on hunting and fishing. The lake sediments show these changes in the water catchment areas inhabited by the Norse, as well as in the middens, containing among other things, the faeces of the domestic herbivores. At the same time, Thule hunter groups settled on the Labrador coast in the 15th century, relying on marine resources. They adapt very well to the coastal environment and a semi-nomadic way of life. Nevertheless, they left a recognisable human footprint on the environment according to paleoenvironmental analyses conducted in habitats and midden contexts.

The combined use of pollen, spores of coprophilous fungal spores, and intestinal parasites makes it possible to trace the effect of pastoral pressure on the environment. Whether the animals are wild or domesticated, this allows to question a forcing often ignored in the local evolution of plant cover. The markers used in the archaeological sediments will provide a more accurate picture of the diet and health status of societies inhabiting the Arctic zone. Finally, a comparison with modern samples will allow us to calibrate the signal and list the best markers for animal presence. Diverse indicators collectively will emphasize the symbiotic dynamics of human-environment through faecal markers over time.

EXPLORATION PLURIDISCIPLINAIRE DES INTERACTIONS HOMME-ENVIRONNEMENT EN ZONE ARCTIQUE À TRAVERS LES MARQUEURS FÉCAUX DURANT LE DERNIER MILLÉNAIRE

Les marqueurs fécaux (microfossiles non-polliniques, œufs de parasites) présents dans les contextes archives naturelles et archéologiques (lacs, tourbières, mais aussi des dépotoirs) permettent de questionner la présence de la faune et des interactions sociétés-environnements. En zones arctiques, où la faune est essentielle à la vie des populations, ces analyses dévoilent l'histoire complexe des stratégies éco-culturelles des chasseurs Inuits, mais aussi des fermiers Norrois.

A leur arrivée au milieu du X^e siècle au Groenland, les Norrois adoptent un mode de vie agropastoral. Plus tard, en s'adaptant à leurs environnements de hautes latitudes, mais aussi à la détérioration climatique du Petit Age Glaciaire, leurs activités se centrent davantage sur la chasse et la pêche. Les sédiments lacustres captent ces changements dans les bassins versants occupés par les Norrois, mais aussi les dépotoirs, qui contiennent entre autres des matières fécales des herbivores domestiques.

Au même moment, les groupes Thulé profitent de cette période pour s'installer sur la côte du Labrador dès le XV^e siècle. Axés sur les ressources maritimes, ils s'adaptent très bien à leurs environnements côtiers et à un mode de vie semi-nomade. Cependant, ils laissent une empreinte humaine discernable dans les analyses paléoenvironnementales réalisées en contexte d'habitats comme en dépotoirs.

L'utilisation combinée de pollens, spores de champignons coprophiles, et des parasites intestinaux permet de retracer l'impact de la pression pastorale sur l'environnement. Que les animaux soient sauvages ou domestiques, ils questionnent ainsi un forçage souvent ignoré dans l'évolution locale du couvert végétal. Ces marqueurs utilisés dans les sédiments archéologiques permettent d'aborder plus précisément l'alimentation et l'état sanitaire des sociétés des zones arctiques. Enfin, une comparaison avec des échantillons actuels permet de calibrer le signal et de lister les meilleurs marqueurs de présence animale. Divers indicateurs mettent ainsi en lumière les relations symbiotiques entre les sociétés passées et leur environnement au fil du temps.

Email de correspondance : elia.roule@univ-fcomte.fr

ENTRE CHIEN ET LOUP, HYÈNES ET AUTRES, CARNIVORES OU NON : INTÉRÊT DE L'ÉTUDE POLLINIQUE DES COPROLITHES ET APPORTS POUR LA CONNAISSANCE DES PALÉOENVIRONNEMENTS QUATÉNAIRES

JACQUELINE ARGANT¹, JEAN-PHILIP BRUGAL¹

¹ Aix-Marseille Université, CNRS, Ministère Culture, UMR 7269 LAMPEA & IRN 0871 TaphEN, Aix-en-Provence, France

Le terme de coprolithe, créé en 1829 par W. Buckland pour désigner les fèces minéralisées des Dinosaures, s'étend aujourd'hui à tous les restes de matériel fécal fossilisé par dessiccation ou minéralisation.

Généralement rapidement décomposés et consommés par des coprophages (insectes, champignons, bactéries), tous les excréments ne se conservent pas. Les plus résistants sont ceux des carnivores qui broient des os (hyénidés, canidés) car ils sont riches en éléments minéraux (phosphate de Ca et CaCO₃), qui assurent une bonne conservation. Ceux des omnivores (homme, sanglier) et des herbivores (ex. caprinés, mammoth) sont beaucoup plus rares. Les coprolithes contiennent de nombreux éléments qui ont résisté aux sucs digestifs. Absorbés quotidiennement avec l'eau de boisson, la nourriture ou par léchage du pelage ou des pattes, ce sont des débris végétaux, fragments osseux, graviers, et des éléments microscopiques (cellules épithéliales, phytolithes, spores, pollen, parasites intestinaux, diatomées).

Les coprolithes constituent donc une source potentielle majeure d'informations très variées qui peuvent se conserver extrêmement longtemps à l'abri de toute contamination. Leurs contenus reflètent nécessairement ce qu'un individu a absorbé dans un milieu donné. Les grains de pollen correspondent aux végétaux fleurissant dans l'aire de déplacement de l'animal, ce que confirment les nombreuses études sur les crottes actuelles ou subactuelles de carnivores et d'herbivores. Certains coprolithes peuvent se montrer pauvres ou stériles en pollen, mais il n'y a pas de règle absolue et l'analyse mérite toujours d'être tentée comme le montrent les statistiques réalisées sur 190 échantillons.

Les coprolithes de hyénidés et de canidés sont les plus fréquemment trouvés en grotte ou dans des sites de plein air, dans les gisements paléontologiques ou archéologiques, car ils se conservent bien. Ils constituent souvent le seul moyen de connaître les paléoenvironnements lorsque les sédiments minéraux encaissants sont, entre autres, palynologiquement stériles. Dans les cas favorables, les spectres établis à partir de grandes quantités de pollen permettent une interprétation régionale de l'environnement (végétation, climat).

La technique de préparation palynologique des coprolithes correspond à l'adaptation de la méthode de concentration en liqueur dense utilisée pour les sédiments minéraux, en tenant compte de l'importance du cortex qui doit être conservé intégralement dans sa configuration d'origine mais débarrassé de tout élément étranger postérieur.

La présentation de quelques études de sites pléistocènes, paléontologiques ou archéologiques (non exhaustif) : Ceysaguet (Haute-Loire), Oliveira (Portugal), Lunel-Viel (Hérault), Les Deux Ouvertures (Ardèche), Andone (Charente)... permet d'illustrer tout l'intérêt des analyses palynologiques des coprolithes qui doivent maintenant être systématiquement effectuées et donner lieu à toute une série d'analyses complémentaires, comme les 'omiques' (ADN, ZooMs) permettant par exemple de déterminer les proies consommées.

BETWEEN DOG AND WOLF, HYENAS AND OTHERS, MEAT-EATERS OR NOT : INTEREST IN THE PALYNOLOGICAL STUDY OF COPROLITES AND CONTRIBUTIONS TO KNOWLEDGE OF QUATERNARY PALEOENVIRONMENTS

The term coprolite, created in 1829 by W. Buckland to name the mineralised faeces of dinosaurs, now extends to all remains of faecal material fossilised by desiccation or mineralisation.

Generally, rapidly decomposed and consumed by coprophages (insects, fungi, bacteria), not all excrement can be preserved. The most resistant are those of carnivores that crush bones (hyenids, canids) because these are rich in minerals (Ca phosphate and CaCO₃) which preserve them well. Coprolites from omnivores (humans, wild boar) and herbivores (e.g. goats, mammoths) are much rarer. Coprolites contain many elements that have resisted digestive enzymes. Absorbed daily with drinking water, food or by licking the fur or paws, they include plant debris, bone fragments, gravel, and microscopic elements (epithelial cells, phytoliths, spores, pollen, intestinal parasites, diatoms).

Coprolites are therefore a major potential source of a wide variety of information that can be preserved for an extremely long time without contamination. Their contents necessarily reflect what an individual has absorbed in a given environment. Pollen grains correspond to plants flowering in the animal's range of movement, as confirmed by numerous studies of current or sub-current droppings of carnivores and herbivores.

Some coprolites may be poor or sterile in pollen, but there is no absolute rule and analysis is always worth a try, as the statistics from 190 samples show.

Hyenid and canid coprolites are the most frequently found in caves or open-air sites, in palaeontological or archaeological deposits, because they are well preserved. They are often the only means of learning about palaeoenvironments when the surrounding mineral sediments are, for example, palynologically sterile. In favourable cases, spectra established from large quantities of pollen allow regional interpretation of the environment (vegetation, climate).

The technique used for the palynological preparation of coprolites is an adaptation of the dense liquor concentration method used for mineral sediments, taking into account the importance of the cortex, which must be preserved in its entirety in its original configuration, but cleared of any subsequent extraneous elements.

The presentation of a few studies of Pleistocene, palaeontological or archaeological sites (not exhaustive): Ceysaguet (Haute-Loire), Oliveira (Portugal), Lunel-Viel (Hérault), Les Deux Ouvertures (Ardèche), Andone (Charente)... illustrate the value of palynological analyses of coprolites, which must now be carried out systematically and give rise to a whole series of complementary analyses, such as 'omics' (DNA, ZooMs) to determine the prey consumed, for example.

Email de correspondance : j.argant@wanadoo.fr

LE GUANO DE CHAUVES-SOURIS EN GROTTTE : UNE ARCHIVE PALÉOENVIRONNEMENTALE À HAUTE RÉOLUTION DE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT ET DE L'ANTHROPISATION

LAURENT BRUXELLES¹, LIONEL BARRIQUAND², JOHAN ETOURNEAU³, CAROLINE GAUTHIER⁴, JÉRÉMY JACOB⁴, DAVID KANIEWSKI⁵, GAËL LEROUX⁵ ET THIERRY OTTO⁵

1 TRACES, Toulouse, France

2 Edytem, Chambéry, France

3 EPOC OASU, Bordeaux, France

4 LSCE, CEA-CNRS-UVSQ, Gif-sur-Yvette, France

5 CRBE, Toulouse, France

Depuis quelques années, avec le développement des recherches autour de la biocorrosion en grotte, les accumulations de guanos de chauves-souris sont apparus comme pouvant constituer une nouvelle archive, aussi bien pour documenter les paléoenvironnements que pour identifier les impacts anthropiques sur les paysages.

A ce jour, plus d'une cinquantaine de carottes ont été prélevées dans la moitié sud de la France. Certaines d'entre elles concernent des tas de guano récent, de quelques dizaines d'années seulement, prélevées dans l'optique d'évaluer l'archive environnementale qu'ils représentent, en les confrontant aux chroniques climatiques et au contexte environnemental de la cavité et de ses alentours. D'autres carottes recourent, quant à elles, des guanos fossiles qui documentent des périodes variables : le début de l'Holocène, certaines périodes du Pléistocène supérieur et même le Pléistocène moyen. Cette double approche permet de proposer des interprétations les plus pertinentes possibles, en prenant en compte le biais que peut introduire l'ensemble de la chaîne trophique ou l'impact de la minéralisation du guano par exemple.

Diverses analyses sont menées sur ces carottes. Les informations polliniques, très riches, sont couplées aux analyses isotopiques et à la recherche de biomarqueurs moléculaires notamment. Les premiers résultats montrent que le signal paléoenvironnemental est non seulement bien transmis jusqu'au guano mais qu'en outre, il est parfaitement préservé. En effet, à l'abri des conditions météorologiques extérieures, dans un environnement tamponné, stable avec peu de remaniements comme la bioturbation par exemple, les informations sont conservées dans de très bonnes conditions pendant plusieurs milliers à plusieurs dizaines de milliers d'années au moins.

Les premiers résultats sont encourageants et permettent de lire très clairement certaines modifications paléoenvironnementales ou les principaux impacts anthropiques. Concernant ces derniers, l'ouverture de la chênaie holocène et l'introduction des céréales à la fin du Néolithique, l'apparition de la métallurgie du cuivre à l'Âge du Bronze mais aussi l'introduction d'espèces « exotiques » dans les jardins à la période contemporaine y sont nettement lisibles.

Les guanos de chauves-souris présentent donc un énorme potentiel qui est encore largement sous-exploité. Les régions karstiques, souvent assez pauvres en enregistreurs paléoenvironnementaux, recèlent potentiellement, dans chaque cavité ayant abrité des colonies, un proxy documentant de manière inédite une période plus au moins longue de l'évolution paléoenvironnementale. En outre, les informations extraites des guanos sont applicables à une aire géographique de quelques dizaines de kilomètres de rayon seulement tout en couvrant, à haute résolution, plusieurs milliers d'années. On peut donc imaginer ce que l'étude de ces guanos va apporter dans les années à venir et la résolution qu'ils peuvent fournir à l'échelle d'une région. En retour, ces informations peuvent permettre de mieux comprendre les dynamiques des populations de chiroptères sur le temps long comme pour la période récente. Les études sur leur ADN peuvent notamment permettre de suivre les remplacements d'espèces et les corrélés aux variations climatiques ou à la pression anthropique. Pour les périodes récentes, il sera même possible d'identifier des marqueurs chimiques qui pourraient être responsables directement ou indirectement de leur raréfaction et donc de contribuer à la sauvegarde de la biodiversité dont les chauves-souris sont un emblème.

BAT GUANO IN CAVES : A HIGH-RESOLUTION PALEOENVIRONMENTAL ARCHIVE OF CLIMATE CHANGE AND ANTHROPIZATION

In recent years, with the development of research around biocorrosion in caves, the accumulations of bat guanos have appeared to constitute a new archive, both for documenting paleoenvironments and for identifying anthropogenic impacts on landscapes.

To date, more than fifty cores have been taken in the southern half of France. Some of them concern piles of recent guano, only a few decades old, taken with the aim of evaluating the environmental archive that they represent by comparing them with climatic chronicles and the environmental context of the cavity and its surroundings. Other cores intersect

fossil guanos which document variable periods : the beginning of the Holocene, some periods of the Upper Pleistocene and even the Middle Pleistocene. This dual approach makes it possible to offer the most relevant interpretations possible, taking into account the bias that the entire trophic chain may introduce or the impact of guano mineralization.

Various analyzes are carried out on these cores. The very rich pollen information is coupled with isotopic analyzes and the search for molecular biomarkers in particular. The first results show that the paleoenvironmental signal is not only well transmitted to the guano but that it is also perfectly preserved. Indeed, sheltered from external weather conditions, in a stable environment with few modifications such as bioturbation for example, information is preserved in very good conditions for several thousand to several tens of thousands of years at least.

The first results are encouraging and make it possible to clearly read some paleoenvironmental modifications or the main anthropogenic impacts. Concerning the latter, the opening of the Holocene oak forest and the introduction of cereals at the end of the Neolithic, the appearance of copper metallurgy in the Bronze Age but also the introduction of "exotic" species in the gardens in the contemporary period are clearly legible.

Bat guanos therefore present enormous potential which is still largely underexploited. Karst regions, often quite poor in paleoenvironmental recorders, potentially contain, in each cavity that has hosted colonies, a proxy documenting, in an unprecedented way, a more or less long period of paleoenvironmental evolution. In addition, the information extracted from guanos is applicable to a geographical area of only a few tens of kilometers in radius while covering, at high resolution, several thousand years. We can therefore imagine what the study of these guanos will bring in the years to come and the resolution they can provide on a regional scale. In return, this information can provide a better understanding of the dynamics of bat populations over the long term as well as for the recent period. Studies on their DNA can in particular make it possible to monitor the replacement of species and correlate them with climatic variations or anthropogenic pressure. For recent periods, it will even be possible to identify chemical markers which could be directly or indirectly responsible for their rarefaction and therefore contribute to the safeguarding of biodiversity of which bats are an emblem.

Email de correspondance : laurent.bruxelles@cnrs.fr

CORTÈGES MOLÉCULAIRES ASSOCIÉS AUX GUANOS ACCUMULÉS DANS PLUSIEURS GROTTES DU SUD DE LA FRANCE

JÉRÉMY JACOB¹, CAROLINE GAUTHIER¹, LAURENT BRUXELLES²

¹ Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay
² TRACES, UMR 5608

Le guano, accumulation d'excréments de chauves-souris, est considéré comme une archive potentielle des changements environnementaux. Il reste encore trop peu exploré par les outils de géochimie organique pour livrer son plein potentiel. Nous avons analysé les cortèges de biomarqueurs moléculaires dans 15 échantillons de guano prélevés dans plusieurs grottes du Sud de la France. Nous discutons les empreintes moléculaires au regard des sources de biomarqueurs, des conditions de préservation (le guano est caractérisé par une acidité élevée dans ces contextes pourtant carbonatés), des mécanismes de transfert depuis les sources des biomarqueurs jusqu'à l'archive, et de leur potentiel pour reconstruire les climats et végétations du passé.

Les échantillons ont été prélevés dans des couches de carottes de guano mises au jour dans 8 grottes du sud de la France : Miguro (MIG-013 et MIG-014; ~5500 ans cal BC), Escalans (ESA-19 et ESCA-20; de 4400 à 6000 ans cal BC), Demoiselles (Demoi-004; datation en cours) et Brouzet (BROU-3; datation en cours), situées dans l'Hérault; Tourtouse (TOURT-1, TOURT-5 et TOURT-10; récent) et L'Herm (Lherm-4, Lherm-8 et Lherm-11; datation en cours), situées en Ariège; Fées (FEES-001 et FEES-003) et Roquette (ROQ-002), dans le Gard. L'âge des échantillons est compris entre 45000 ans BP et le présent.

Les *n*-alcane sont abondants (de 2 à 36 µg/g) dans tous les échantillons sauf ESCA-19, ESCA-20, et MIG-013 (<1 µg/g). Leur longueur de chaîne est comprise entre 11 et 37 atomes de carbone, avec un maximum d'abondance de l'homologue à 29 atomes de carbone (*n*-C₂₉), une longueur moyenne comprise entre 27 et 29,5 atomes de carbone, et une claire prédominance des homologues à nombre impair de carbones sur les homologues à nombre pair (CPI entre 2 et 8), sauf pour Lherm-8, MIG-013, MIG-014, FEES-001, FEES-003 et ESCA-20. Ces critères indiquent que les *n*-alcane proviennent de végétaux vasculaires terrestres et n'ont pas subi une forte dégradation.

Cette contribution de plantes vasculaires au guano est confirmée par la présence de nombreux triterpènes pentacycliques oxygénés en position 3 qui indiquent un apport de matériel provenant d'angiospermes. Les β- et α-amyrines et leurs équivalents cétones (β- et α-amyrénones et taraxénone) sont détectés dans tous les échantillons de Lherm, dans MIG-013 et dans TOURT-1. La friédéline est détectée dans BROU-3, Demoi-004 et ROQ-002. La miliacine, réputée spécifique des graminées (Jacob *et al.*, 2005) et abondante dans *Panicum miliaceum* (Bossard *et al.*, 2013), est faiblement présente (0.1 µg/g) dans BROU-3 et ROQ-002. ESCA-19, Lherm-8, Lherm-11, TOURT-1, TOURT-5 et TOURT-10 contiennent également en faible abondance (<0.2 µg/g) des acétates de triterpényles (β- et α-amyrényles, germanicyl, bauérényle et iso-bauérényle) qui sont produits par des astéracées (Lavrieux *et al.*, 2011). Ces biomarqueurs étant rarement détectés dans les sols et sédiments mais aussi dans le règne végétal, une comparaison avec la flore locale devrait permettre d'en préciser les sources. Il est important de souligner la présence de biomarqueurs avec un squelette de type bauérane alors qu'ils sont réputés fragiles et sujets à réarrangements structuraux en conditions acides.

Le cortège moléculaire des guanos est donc fortement le reflet d'une contribution angiospermale, ce qui interroge leur source et les modes de transfert depuis leur source jusqu'à l'archive. Les échantillons de guano sont majoritairement composés de restes d'insectes puisque les chauves-souris des milieux tempérés sont exclusivement insectivores. Aussi, et bien que des *n*-alcane extraits de sols et de cuticules d'insectes affichant une distribution similaire aient été associés à une signature « insecte » (Chikaraishi *et al.*, 2012), la présence de triterpènes pentacycliques oxygénés en position 3 plaide plutôt pour une origine angiospermale.

Ainsi, nous concluons que les biomarqueurs moléculaires détectés dans les échantillons de guano témoignent d'un transfert plante-insecte, puis insecte-chauve-souris et finalement de leur excrétion dans les grottes.

Au final, la diversité de biomarqueurs moléculaires révélée dans les échantillons s'avère particulièrement prometteuse pour reconstruire les végétations passées. Leur abondance permet d'envisager avec enthousiasme des approches d'isotopie moléculaire (δ²H) pour mieux contraindre l'évolution des conditions paléohydrologiques.

MOLECULAR IMPRINTS PRESERVED IN GUANO ACCUMULATIONS FROM SOUTHERN FRANCE CAVES

Guano are accumulations over time of materials issued from bat excretions. Although they constitute potential archives of past environmental changes, they are yet unexplored, at least from an organic geochemistry point of view. Here we discuss biomarker imprints from 15 guano samples recovered from various French caves. Our results are discussed in

terms of source of biomarkers, conditions of preservation (guanos constitute a hotspot of acidic conditions in carbonate caves) and mechanisms of transfer of molecular biomarkers from their source to the guano deposit.

Samples were collected from guano layers or guano cores recovered from eight caves located in southern France. Miguro (MIG-013 and MIG-014; ~5500 yrs cal BC), Escalans (ESA-19 and ESCA-20; from 4400 to 6000 yrs cal BC), Demoiselles (Demoi-004; dating in progress) and Brouzet (BROU-3; dating in progress) are located in Hérault. Tourtouse (TOURT-1, TOURT-5 and TOURT-10; recent) and L'Herm (Lherm-4, Lherm-8 and Lherm-11; dating in progress) caves are located in Ariège. Fées (FEES-001 and FEES-003) and Roquette (ROQ-002) caves are located in Gard. The age of samples ranges from recent to > 45000 yrs BP.

n-alkanes were abundant (from 2 to 36 µg/g) in all samples except ESCA-19 and ESCA-20 and MIG-013 (<1 µg/g). They range from *n*-C11 to *n*-C37 with a maximum at *n*-C29, an Average Chain Length comprised between 27 and 29.5, and a clear odd-over-even predominance (Carbon Preference Index from 2 to 8) except for Lherm-8, MIG-013 and MIG-014, FEES-001 and FEES-003 and ESCA-20. These criteria are typical for *n*-alkanes derived from vascular plants. In addition, high CPI indicate that in most cases *n*-alkanes did not suffer strong alteration.

The contribution of vascular plant material to the guano is also attested by abundant and diverse C-3 oxygenated pentacyclic triterpenes that indicate an input from angiosperms. β - and α -amyryns and amyrenones, taraxerone were found in all Lherm samples, in MIG-013 and in TOURT-1. Friedelin was detected in BROU-3, Demoi-004, and ROQ-002. Miliacin, a pentacyclic triterpene methyl ether reputed specific of Gramineae (Jacob *et al.*, 2005) and in certain cases of *Panicum miliaceum* (Bossard *et al.*, 2013), was detected at low abundances (0.1 µg/g) in BROU-3 and ROQ-002. ESCA-19, Lherm-8 and Lherm-11, TOURT-1, TOURT-5 and TOURT-10 contained low levels (<0.2 µg/g) of triterpenyle acetates (β - and α -amyrenyl, germanicyl, bauerenyl and iso-bauerenyl) that are related to Asteraceae (Lavrieux *et al.*, 2011). These compounds are relatively rare in sediment samples and their source could be defined at the genus or species scale if compared to the local plant inventory. Despite harsh acidic conditions, it is worthwhile noting that rearranged pentacyclic triterpenes such as those bearing a bauerane skeleton are still present.

The clear angiosperm biomarker imprint in guano samples questions their source and mode of transportation from the source to the deposit. Guano samples are mainly composed of insect remains since bats in temperate areas are exclusively insectivores. Although *n*-alkane with a distribution mimicking that of vascular plants was found in insect cuticles and attributed an insect origin (Chikaraishi *et al.*, 2012), the presence of C-3 oxygenated pentacyclic triterpenes argues for an angiosperm origin. As such, we conclude that both *n*-alkanes and pentacyclic triterpenes were first transferred from plants to insects that were then predated by bats, which finally excreted in caves.

As such, molecular biomarkers archived in guano archives could reveal efficient descriptors of past vegetation and, by means of compound-specific hydrogen isotope analyses, of past hydroclimates.

Bossard N., Jacob J., Le Milbeau C., Sauze J., Terwilliger V., Poissonnier B., Vergès E., 2013. Distribution of miliacin (olean-18-en-3 β -ol methyl ether) in broomcorn millet (*Panicum miliaceum*), and other reputed potential sources. Consequences on the use of sedimentary miliacin as a tracer of millet. *Organic Geochemistry* 63, p. 48-55.

Chikaraishi Y., Kakeno M., Ohkouchi N., 2012. Stable hydrogen and carbon isotopic compositions of long-chain (C21–C33) *n*-alkanes and *n*-alkenes in insects. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 95, p. 53-62.

Jacob J., Disnar J.R., Boussafir M., Sifeddine A., Albuquerque, A.L.S., Turcq, B., 2005. Pentacyclic triterpene methyl ethers in recent lacustrine sediments (Lagoa do Caçó, Brazil). *Organic Geochemistry* 36, p. 449–461.

Lavrieux M., Jacob J., Le Milbeau C., Zocatelli R., Masuda K., Bréheret J.G., Disnar J.R., 2011. Occurrence of triterpenyl acetates in soil and their potential as chemotaxonomical markers of Asteraceae. *Organic Geochemistry* 42, p. 1315-1323.

Email de correspondance : jeremy.jacob@lsce.ipsl.fr

CONTRIBUTION DU GUANO À LA CRÉATION D'UN ÉCOSYSTÈME : HISTOIRE DES MERGULES NAINS D'UKALEQARTEQ (GROENLAND)

EMILIE GAUTHIER¹, FANNY ESPEISSE¹, ALEXANDRA VALAYER¹, HERVÉ RICHARD¹, JÉRÔME FORT², DAVID GRÉMILLET³

1 Université de Franche-Comté, CNRS, Chrono-environnement

2 La Rochelle Université, CNRS, Littoral Environnement et Sociétés (LIENSs)

3 Université Montpellier, CNRS, EPHE, IRD

Les mergules nains (*Alle alle*) sont de petits oiseaux marins qui viennent se reproduire sur les côtes du Groenland tous les étés. Les études s'intéressant à ces oiseaux sont souvent centrées sur leur adaptation au réchauffement climatique et l'impact des polluants sur leur survie. Bien que présents depuis au moins 4000 ans, l'évolution sur le temps long de ces colonies d'oiseaux reste peu étudiée. Le site d'Ukaleqarteq sur la côte est du Groenland (70°N, secteur de Liverpool Land) est caractérisé par la présence d'une colonie de plusieurs centaines de milliers de mergules, ainsi que des cabanes de chasse construites au XX^e siècle et un site archéologique pré-inuit. Ces oiseaux sont des ingénieurs des écosystèmes : par le biais de leurs déjections, ils transforment leur environnement, favorisant le développement d'une flore unique et l'accumulation de dépôts organiques. Ces dépôts offrent aux chercheurs des archives sédimentaires capables d'enregistrer divers paramètres environnementaux tels que les grains de pollen et les éléments traces métalliques, ont été utilisés dans cette étude. Les données polliniques, géochimiques et les dates radiocarbone montrent que les oiseaux fréquentent ce site depuis au moins 1000 ans. Au cours des quatre derniers siècles, leur effectif a plus particulièrement évolué en fonction du climat mais aussi des rares prédateurs, dont l'Homme, affectant leur survie à cette latitude.

THE GUANO'S CONTRIBUTION TO THE CREATION OF AN ECOSYSTEM : A LITTLE AUKS BREEDING SITE IN UKALEQARTEQ (GREENLAND)

Little auks (*Alle alle*) are small seabirds that come to the coasts of Greenland every summer to breed. Studies on these birds often focus on their adaptation to global warming and the effects of pollutants on their survival. Although they have been around for at least 4,000 years, the long-term development of these bird colonies has been little studied. The Ukaleqarteq site on the east coast of Greenland (70°N, Liverpool Land sector) is characterised by the presence of a colony of several hundred thousand little auks as well as 20th century hunting huts and a Thule archaeological site. These birds are engineers of the ecosystem : through their droppings, they modify their environment and promote the development of unique flora and the accumulation of organic debris. These deposits provide researchers with sedimentary archives in which various environmental parameters such as pollen grains and trace metals can be recorded, which were used in this study. The pollen and geochemical data, as well as the radiocarbon dates, show that birds have frequented this site for at least 1,000 years. Over the last four centuries, bird numbers have changed in response to climate and the few predators, including humans, that affect their survival at these latitudes.

Email de correspondance : emilie.gauthier@univ-fcomte.fr

LES PIEDS DANS LE FUMIER : GESTION DES MATIÈRES ORGANIQUES PHOSPHATÉES AU NÉOLITHIQUE ANCIEN (BELGIQUE/ LUXEMBOURG/ NORD DE LA FRANCE)

KAI FECHNER¹, AURÉLIE SALAVERT²
(AVEC LA COLLABORATIONS DE RÉMY AURAY³, MARIE BALASSE², DOMINIQUE
BOSQUET⁴, HEIKE FOCK⁴, ET LES REMERCIEMENTS À JÉRÔME DUBOULOZ³)

1 INRAP Hauts-de-France, UMR 7041 ARSCAN (équipe Archéologies Environnementales), associé UMR 7362 LIVE

2 UMR 7209 AASPE, MNHN-CNRS

3 UMR 8215 Trajectoires, AASPE

4 AWAP- SPW Wallonie

La pratique de la fumure comme fertilisant des parcelles céréalières a été mise en évidence par les analyses pédochimiques, ainsi que par les analyses isotopiques ($\delta^{15}\text{N}$) des graines de céréales issues de sites du Néolithique ancien, notamment en Europe centrale. Par contraste, cette dernière méthode a été peu appliquée aux assemblages carpologiques dans la marge occidentale de l'expansion de la culture rubanée (5200-4900 BC). Dans les habitats du Néolithique ancien de Moyenne Belgique, du Luxembourg et de la frange nord de la France, les analyses des sédiments de diverses sites et structures reflètent l'omniprésence des matières organiques phosphatées, notamment en association avec les résultats micromorphologiques et de la susceptibilité magnétique. Leur répartition spatiale et fonctionnelle (certains sites, certaines parties de maisons ou certains types de fosses, certains types d'horizons d'occupation/ de labours), permet de proposer un usage ciblé et organisé de cette ressource et de poser la question de la position des lieux de préparation. La présentation offre l'occasion de faire la synthèse des données pédologiques, archéologiques et archéobotaniques sur les questions de la gestion de la fumure animale sur les sites rubanés nord-occidentaux. Cette recherche prend place dans la volonté de caractériser la variabilité des premiers systèmes agricoles d'Europe tempérée et dans le débat encore vivace de la fertilité inhérente ou acquise des sols loessiques de Moyenne Belgique sur lesquels se sont installés les populations du Néolithique ancien, contrastant avec les sols plus fertiles d'autres régions.

FEET IN MANURE : MANAGEMENT OF PHOSPHATE-CONTAINING ORGANIC MATTER IN THE EARLY NEOLITHIC (BELGIUM/LUXEMBOURG/NORTHERN FRANCE)

The use of manure as a fertiliser for cereal plots has been demonstrated by soil chemical analyses, as well as isotopic analyses ($\delta^{15}\text{N}$) of cereal seeds from Early Neolithic sites, particularly in Central Europe. However, this latter method has not been widely applied to carpological assemblages from the western margin of the expansion of the LBK Neolithic culture (5200-4900 BCE). In these Early Neolithic settlements of Middle Belgium, Luxembourg and the northern fringe of France, analyses of sediments from various sites and structures reflect the omnipresence of phosphatic organic matter, particularly when micromorphological and magnetic susceptibility approaches are combined. The spatial and functional distribution of these results (particular sites, sections of houses, types of pits, occupation/ploughing horizons) suggests a targeted and organised use of this resource and raises the question of where it was processed. This presentation is an opportunity to summarise the pedological, archaeological and archaeobotanical data relating to the management of animal dung on sites in north-west LBK. This research is part of a wider attempt to characterise the variability of early agricultural systems in temperate Europe, and in the ongoing debate on the intrinsic or acquired fertility of the loessic soils of Middle Belgium on which Early Neolithic populations settled, in contrast to the more fertile soils of other regions.

Email de correspondance : Kai.Fechner@inrap.fr

PREMIERS TÉMOINS DE STABULATION DE PORCS DANS UN CONTEXTE URBAIN DE L'ÂGE DU FER: UNE APPROCHE PAR LA MICROMORPHOLOGIE ET LA TAPHONOMIE SUR LE SITE DE LA FORTERESSE DELS VILARS (LLEIDA, CATALOGNE)

JOAN CARBONELL ROCA¹, ARIADNA NIETO ESPINET², M. MERCÈ BERGADÀ ZAPATA¹, ALBA CASTELLANO ARAGONÉS², JORDI MARTÍNEZ MAJORAL³, NATÀLIA ALONSO MARTÍNEZ²

1 Seminari d'Estudis i Recerques Prehistòriques, Departament d'Història i Arqueologia, Universitat de Barcelona (UB)

2 ARQHISTEC – Grup d'Investigació Prehistòrica (GIP-UdL), Department of History, University of Lleida

3 Archéologue et chercheur associé au Grup d'Investigació Protohistòrica (GIP-UdL) de la Universitat de Lleida

Des dépôts d'excréments d'animaux en stabulation commencent à être découverts dans l'arc Méditerranéen dès le Néolithique dans des grottes et des abris sous roche. De nombreuses études centrées sur ce type de contexte ont permis d'identifier qu'il s'agit majoritairement d'excréments appartenant à des troupeaux de caprinés et, dans une moindre mesure, de bovins. L'étude de ces dépôts par la micromorphologie a généré une grande quantité d'informations sur leur formation, les caractéristiques morphologiques des excréments, la variation de leur composition en fonction du régime alimentaire et les changements post-dépositionnels qui les ont affectés.

Cependant, bien que la stabulation des animaux en milieu urbain soit un phénomène largement documenté d'un point de vue historique et ethnographique, son identification et son étude dans des contextes protohistoriques restent encore un domaine sous-exploré dans la recherche archéologique. Habituellement, ces zones destinées au confinement du bétail sont identifiées indirectement, par la découverte d'accumulations de restes de fœtus ou de dents déciduales de diverses espèces élevées.

À la fin de l'âge du Bronze, dans les vallées intérieures du nord-est de la péninsule ibérique, des villages clos situés sur des hauteurs ont commencé à apparaître. Certains auteurs ont suggéré la possibilité que les espaces au centre des villages aient servi d'enclos pour le bétail. Mais ce sont des études appliquées à des contextes postérieurs à l'âge du Fer qui ont permis d'identifier des espaces de stabulation à partir de l'analyse taphonomique des vestiges archéozoologiques (présence de marques de rognage ou de piétinement produites par les herbivores et les porcs domestiques); et à partir d'études multiproxy qui ont combiné des analyses archéozoologiques, micromorphologiques et de phytolithes.

Ce travail s'est concentré sur l'étude micromorphologique et taphonomique d'un espace non domestique de la forteresse dels Vilars (Lleida, Catalogne). Celle-ci, datée du début de l'âge du Fer, est caractérisée par une stratigraphie avec des réparations constantes des sols et la présence de croûtes phosphatées potentiellement attribuables à des restes d'excréments de porc. Les indicateurs qui permettent de les identifier et d'en inférer des aspects sur le type d'alimentation de ces animaux, principalement à base de céréales, sont: 1) la forte concentration de phosphate dans les croûtes; 2) leur morphologie allongée et position subhorizontale recouvrant les sols d'occupation; 3) la présence de fragments de plantes courtes et larges avec des inflorescences de graminées; 4) la présence de petits os arrondis à l'intérieur de certaines croûtes avec des phytolithes de graminées indiquant un régime omnivore; 5) un composant minéralogique élevé avec une concentration abondante de limons. Ces résultats sont significatifs, d'autant plus que, même si nous disposons d'une littérature abondante sur l'identification des excréments et des aires de stabulation des caprinés et des bovins à partir d'analyses micromorphologiques, la situation est différente pour d'autres taxons comme les porcs. Par exemple, l'identification d'excréments de porc est particulièrement compliquée en raison de leur comportement et de leur alimentation variée. Les informations disponibles sont encore limitées et les descriptions de leurs excréments sont souvent associées à celles des sangliers.

Les résultats fournis par cette étude sont inédits, car bien que dans le site des Vilars la présence de restes de fœtus et de dents déciduales démontre l'existence d'un élevage local de caprinés, bovins, suidés et équidés, jusqu'à présent aucune accumulation significative de ce type de vestiges permettant l'identification d'aires de stabulation à l'intérieur du site, n'a été documentée. Cette étude fournit de nouveaux témoins et contextes qui permettront une analyse plus approfondie des espaces de stabulation, et de la composition des animaux et de leur alimentation dans des contextes urbains protohistoriques.

THE FIRST EVIDENCE OF PIG STABLING IN AN URBAN CONTEXT OF THE IRON AGE : AN APPROACH BASED ON MICROMORPHOLOGY AND TAPHONOMY AT THE FORTRESS OF VILARS (LLEIDA, CATALONIA)

Animal excrement deposits from stabling begin to be discovered in the Mediterranean region in caves and rockshelters since the Neolithic period. Numerous studies focused on this type of context have identified that they consist mainly of excrements from herds of caprines and, to a lesser extent, cattle. The study of these deposits using micromorphology has yielded a wealth of information on their formation, the morphological characteristics of the excrements, variations in their composition based on diet, and the postdepositional changes that have affected them.

However, although the stabling of animals in urban areas is a well-documented phenomenon from a historical and ethnographic point of view, its identification and study in protohistoric contexts still remains an underexplored area of archaeological research. Usually, these areas designated for livestock confinement are indirectly identified through the discovery of accumulations of foetal remains or deciduous teeth from various livestock species.

At the end of the Bronze Age, in the inland valleys of the north-eastern Iberian Peninsula, enclosed villages on hilltops began to appear. Some authors have suggested that the areas in the centre of the villages were used as livestock pens. However, it was studies applied to post-Iron Age contexts that enabled stabling areas to be identified on the basis of taphonomic analysis of archaeozoological remains (presence of gnawing or trampling marks produced by herbivores and domestic pigs) ; and on the basis of multiproxy studies that combined archaeozoological, micromorphological and phytolith analyses.

This work focused on the micromorphological and taphonomic study of a non-domestic area in Vilars fortress (Lleida, Catalonia). The area, dated to the early Iron Age, is characterised by a stratigraphy with constant soil repairs and the presence of phosphate crusts potentially attributable to pig excrement residues. Indicators allowing for their identification and inference regarding the type of diet, mainly based on cereals for these animals, are : 1) the high concentration of phosphate in the crusts ; 2) their elongated morphology and sub-horizontal position covering the occupation soils ; 3) the presence of short, thick plant fragments with grass inflorescences ; 4) the presence of small, rounded bones inside certain crusts with grass phytoliths indicating an omnivorous diet ; 5) a high mineralogical component with an abundant concentration of silts. These results are significant, all the more so as, while we have an abundant literature on the identification of dung and staging areas of caprines and cattle based on micromorphological analysis, the situation is different for other taxa such as pigs. The identification of pig excrement, for example, is particularly complicated because of their behaviour and varied diet. The information available is still limited and descriptions of their excrement are often associated with that of wild boar.

The results of this study are relevant, as although at the Vilars site, the presence of foetal remains and deciduous teeth demonstrates the existence of a local breeding of caprines, cattle, pigs and equids, until now no significant accumulation of this type of remains, which would have enabled the identification of stabling areas within the site, has been documented. This study provides new witnesses and contexts that will enable a more in-depth analysis of stabling areas, and the composition of animals and their diet in protohistoric urban contexts.

Email de correspondance : jcarbonellroca@gmail.com

DE L'IDENTIFICATION DES FIENTES À CELLE DU COMMERCE DES VOLAILLES DANS LA VILLE ANTIQUE D'AUTUN

PIERRE QUENTON¹, DOMINIQUE SORDOILLET²
(AVEC LA COLLABORATION DE N. GARNIER ET A. M. DESIDERIO)

1 Inrap Dijon

2 Inrap Besançon, UMR 6249

L'alimentation des populations urbaines peut conduire à l'introduction d'animaux de basse-cour au cœur des villes. Ce fait, même s'il est attesté par des textes ou des images à l'époque médiévale, n'est pas toujours aisément perceptible en archéologie. La fouille d'un quartier (Ilot XI 13) de la ville antique d'Augustodunum a permis grâce à une démarche analytique intégrée de mettre en évidence une pièce dédiée au commerce de volailles dans les années 40 à 50 de notre ère, le long du *decumanus* D10. La communication présentera le cheminement de l'étude ayant conduit à la mise en évidence de cette «échoppe», depuis l'analyse du bâti et de la stratigraphie, jusqu'aux analyses micromorphologiques, chimiques et carpologiques, qui ont décryptées chacune à leur tour la signification des restes organiques échantillonnés lors de la fouille.

FROM THE IDENTIFICATION OF DROPPINGS TO THE POULTRY TRADE IN ANCIENT AUTUN

Feeding urban populations can lead to the introduction of farmyard animals into the heart of cities. This fact, even if attested by texts or images in medieval times, is not always easily discernible in archaeology. The excavation of a district (Ilot XI 13) in the ancient city of Augustodunum, using an integrated analytical approach, revealed a room dedicated to the poultry trade, in the 40s and 50s AD, along the *decumanus* D10. The presentation will outline the study that led to the discovery of this shop, from analysis of the building and stratigraphy to micromorphological, chemical and carpological analyses, each of which in turn deciphered the significance of the organic remains sampled during the excavation.

Email de correspondance : dominique.sordoillet@inrap.fr

DES ORDURES SUR LE TAS DE FUMIER ? MESURER LES DYNAMIQUES AGRAIRES MÉDIÉVALES PAR LA CARTOGRAPHIE DES ÉPANDAGES DE FUMURE

NICOLAS POIRIER¹

1 CNRS – UMR 5608 TRACES, Toulouse, France

Depuis une quarantaine d'années, les archéologues utilisent le mobilier hors-site récolté en prospection pédestre pour aborder les dynamiques spatiales des espaces agraires. Cette démarche est rendue possible par l'interprétation de ces tessons de poterie présents de manière diffuse dans la couche arable comme vestiges des épandages de fumures réalisés par les sociétés anciennes. En effet, la restitution par l'archéologie de la chaîne opératoire du traitement des déchets domestiques et celle de la production de fumier permet d'assurer cette interprétation, en particulier pour la période médiévale.

La communication reviendra sur les arguments sous-tendant cette interprétation en s'appuyant sur la documentation médiévale, qu'elle soit écrite, iconographique, ethnographique, mais surtout archéologique par la multiplication récente des fouilles d'étables et de fosses à fumier. Ces fouilles conjointes de bâtiments d'habitation avec leurs fosses-dépotoirs et de bâtiments de stabulation avec leurs fumières démontrent l'incorporation, volontaire ou non, de déchets domestiques dans la fumure. Après épandage des fumiers et décomposition dans le sol des matières organiques, seuls les éléments solides (et notamment les tessons de poterie) subsistent et peuvent être collectés par l'archéologue.

À partir d'expériences françaises et européennes, nous montrerons donc comment la cartographie du mobilier hors-site de prospection pédestre permet de restituer des phases d'extension et de rétraction des espaces agraires qu'il est possible d'interpréter comme témoins de périodes de croissance/déprise agricole ainsi que des variations opérées dans les systèmes agraires médiévaux (stabulation, jachère, libre pâture, etc.). L'approche quantitative utilisée dans certains projets collectifs récents a notamment permis de développer une démarche comparative à même de mettre en évidence des tendances communes et des particularismes locaux dans la gestion des espaces agraires médiévaux.

RUBBISH ON THE DUNG HEAP ? MEASURING MEDIEVAL AGRARIAN DYNAMICS BY MAPPING MANURE SPREADING

For the last forty years or so, archaeologists have been using off-site material collected during fieldwalking surveys to examine the spatial dynamics of agricultural areas. This approach is made possible by the interpretation of these pottery shards, which are scattered in the topsoil, as remnants of the manuring carried out by ancient societies. In fact, archaeological reconstruction of the process of domestic waste treatment and manure production makes this interpretation possible, particularly for the medieval period. The presentation will review the arguments underlying this interpretation, drawing on medieval documentation, whether written, iconographic or ethnographic, but above all archaeological, thanks to the recent increase in the number of excavations of stables and manure pits. These joint excavations of dwellings with their waste pits and stables with their manure pits demonstrate the incorporation, whether voluntary or not, of domestic waste into manure. After the manure has been spread and the organic matter has decomposed in the soil, only the solid elements (particularly pottery shards) remain and can be collected by the archaeologist. Based on French and European experience, we will show how the mapping of off-site material from pedestrian surveys makes it possible to reconstruct phases of extension and retraction of agrarian spaces, which can be interpreted as evidence of periods of agricultural growth and decline, as well as variations in medieval agrarian systems (stabling, fallowing, free grazing, etc.). The quantitative approach used in a number of recent collective projects has made it possible to develop a comparative approach capable of highlighting common trends and local particularities in the management of medieval agricultural areas.

Email de correspondance : nicolas.poirier@cnrs.fr

L'UTILISATION DES FUMIERS, BOUES ET GADOUES DANS LES PRATIQUES CULTURALES DES FERMES DU BASSIN PARISIEN AU XIX^e SIÈCLE : UN SAVANT ÉQUILIBRE ENTRE ÉLEVAGE, AGRICULTURE ET COMMERCE

CHRISTIANE CHENEUX-BERTHELOT¹

¹ Centre Roland Mousnier, UMR 8596, Sorbonne Université CNRS

Les départements de la Seine, Seine-et-Oise et Seine-et-Marne étaient, de tous les départements du Bassin parisien, ceux qui utilisaient le plus de fumier de ferme sur les terres agricoles au XIX^e siècle. La proximité de la capitale expliquait cette consommation massive, tant du point de vue de l'offre de fumier à cause des nombreux animaux qui stationnaient et circulaient dans l'Île-de-France qu'en raison des spécialités de cultures intensives que l'on y pratiquait. Les fermiers des grands départements céréaliers alentour étaient aussi très demandeurs de déchets naturels pour améliorer leurs rendements et valoriser leurs récoltes. Les besoins en fumiers donnaient lieu, pour les cultivateurs, à d'intenses allers-retours de charrettes entre Paris, sa banlieue et le rayon d'approvisionnement de Paris, dans un environnement d'échanges gratuits ou commerciaux selon les situations. La gestion des déchets d'origine animale mais aussi boues et gadoues urbaines dans une ville qui atteignit le million d'habitants au milieu du XIX^e siècle, était un challenge de nature sanitaire, administratif et commercial. Depuis des millénaires, on voyait dans la campagne, sur les jachères et dans les champs après la moisson, de vastes troupeaux de moutons pâturer dans le rayon élargi de Paris jusqu'aux marges des Vosges ou du Massif Central. Cette pratique nécessitait des ententes communautaires et engendrait également des conflits qui rythmaient la vie rurale. Lorsque le chemin de fer permit d'acheminer les déchets de bien plus loin, alors que les engrais importés de l'étranger ou les intrants chimiques faisaient une percée dans les modes de culture du Bassin parisien, la donne changea. Les animaux de ferme n'eurent plus la même place dans l'équilibre complexe qu'il fallait maintenir auparavant au sein de l'exploitation entre rendements de paille, rentabilité du troupeau et panel de produits issus de la ferme. Le Traité de libre-échange de 1860, en abolissant l'échelle mobile, en ouvrant les frontières à la concurrence, fit de cette question de l'utilisation ou non des fumiers animaux, une question de politique générale. Cette nouvelle orientation obligea à repenser les modes de plantation, à réorienter les produits et les débouchés de l'agriculture en fonction d'un cheptel qui donnait des déchets intéressants pour la culture mais qui consommait aussi beaucoup plus et de manière différente avec l'introduction de produits issus de l'industrie. On peut se poser la question de l'adaptation des exploitations agricoles à ces changements en fonction de leur taille et de leur mode de faire-valoir. De la grande culture céréalière, de la petite polyculture ou de la micro-culture horticole et maraîchère présentes aux portes de Paris, lesquels de ces modes de mise en valeur des sols bénéficiaient ou pâtissaient des nouvelles normes et réglementations vis-à-vis des fumiers et autres déchets utiles à l'agriculture ? Car l'urbain s'invitait tout à coup dans le dialogue paysan-animaux au nom du bien-être des hommes et des bêtes ; en fin de siècle, le fumier devenait gênant et suspect dans les quartiers des villages alors qu'avant, il représentait une véritable richesse dans les traditions agraires. Et même si l'on était qu'à l'aube de la méfiance vis-à-vis de la boue et du fumier qui crottaient les sabots des paysans, les mentalités changeaient aux abords de la « ville des lumières » : la longue cohabitation et collaboration entre l'Homme et l'animal de ferme se trouvait de plus en plus rejetée aux marges, vers les provinces profondes de la France. Quelles étaient les pratiques ancestrales des paysans de la région parisienne au regard de l'utilisation du fumier de ferme ? Quels avantages en ont-ils tiré pour leurs cultures et pour leurs revenus durant le XIX^e siècle, dans une époque en bascule du rural à l'urbain et en transition du campagnard à l'industriel ? Quel était le bilan des avantages comparatifs entre élevage producteur de fumier et autres activités mieux intégrées à la nouvelle donne technique à l'aube la Première guerre mondiale ?

THE USE OF MANURE, SLUDGE AND SLUSH IN THE FARMING PRACTICES OF THE FARMS IN THE PARISIAN BASIN DURING THE 19TH CENTURY : A CLEVER BALANCE BETWEEN BREEDING, AGRICULTURE AND TRADE

Among all the departments in the Paris district, manure was mostly used for agricultural farming in the departments of Seine, Seine-et-Oise and Seine-et-Marne in the 19th century. The proximity of the capital explained this massive consumption both from the perspective of the manure supply, due to the many animals that stayed and moved around Ile of France, and because of the intensive crop cultivations practiced there. Farmers in the large surrounding cereal-producing departments were also in high demand of these natural rejections to improve their crops and harvest yields. Cultivators had to multiply round trip journeys on carts between Paris, its suburbs, and the Paris supplying area to satisfy this demand for manure which implied free or commercial exchanges depending on the circumstances. The management

of animal waste, as well as urban sludge and slush, in a city that reached one million inhabitants in the middle of the 19th century, was a challenge of sanitary, administrative and commercial nature. For millennia, large flocks of sheep had grazed on fallows and fields after harvest, withing the extended radius of the capital up to the margins of the Vosges and the Massif Central. This practice had required community agreements and also generated frequent conflicts in rural life. The situation changed when the railway made it possible to transport manure from much longer distance, while foreign fertilizers and chemical inputs made a breakthrough in the cultivation methods practiced in the Paris Basin. Farm animals no longer held the same place in the complex balance that had to be maintained previously between straw yields, livestock profitability and the range of farm products. The use of animal waste became a question of general policy when the free trade treaty of 1860 abolished the mobile ladder and opened the frontiers to competition. This new orientation required to adopt new modes of cultivation and find new outlets for agricultural products based on livestock that produced valuable waste for farming but also was fed differently with the introduction of industrial food. The question can be asked of the adaptation of farms to these changes according to their size and their mode of exploitation. Among large scale cereal farming, small mixed farming, horticultural and market gardening near Paris, which of these land enhancement methods benefited or suffered from the new standards and regulations regarding manure and other useful waste to agriculture? Urban concern suddenly interfered in the peasant-animal relationship: by the end of the century manure became a disturbing nuisance in villages and lost its traditional representation of wealth. Even though mistrust for sludge and manure that dirtied the farmer's boots was at its early beginning, mentalities were changing on the outskirts of the 'Ville des Lumières'; the long cohabitation and collaboration between humans and farm animals were increasingly pushed back to the remote provinces of France. How did peasants traditionally use manure in the Parisian district? What benefits did they derive for their crops and income during the 19th century, in a period of transition from rural to urban and from countryside to industrial? What was the real balance of profits between manure-producing livestock farming and other activities better adapted to the new technical situation at the dawn of the First World War?

Email de correspondance : christiane.cheneaux@gmail.com

L'ÉTABLE, LE TAS DE FUMIER ET LE PUIIS OU LE CAUCHEMAR DE L'HYGIÉNISTE (BRETAGNE, XVIII^E-XIX^E SIÈCLES)

ISABELLE GUÉGAN¹

¹ Centre de recherche bretonne et celtique, Université de Brest

Aux XVIII^e et XIX^e siècles, les fermes bretonnes se caractérisent par la proximité des habitations avec les bâtiments servant aux animaux, les seconds étant souvent situés dans la continuité de la maison car bien des bâtiments prennent appui les uns sur les autres, formant ce qu'on appelle aujourd'hui une « longère ». La porte de l'étable donne fréquemment sur la cour et c'est par là que le paysan évacue les fumiers provenant des animaux. Pour éviter de longs déplacements, le tas de fumier est situé non loin de l'étable et de la maison mais, pire encore, du puits qu'il contamine par les effluents provenant des excréments des animaux. Parfois même, en cas de déclivité du sol, les purins s'écoulent jusque dans la fontaine contaminant l'eau de boisson. En effet, à cette époque, il n'existe pas de lieu dallé pouvant contenir les fumiers qui reposent directement sur le sol et dont les jus s'écoulent sans que rien ne les arrête, contribuant à faire de la ferme un cloaque préjudiciable tant aux bêtes qu'aux humains et pouvant générer différentes maladies parfois fatales. Par ailleurs, faute d'animaux en nombre suffisant pour produire du fumier pour toute la tenue, il est de coutume de faire pourrir des végétaux divers dans les cours de ferme, les chemins creux contribuant à faire des fermes bretonnes un véritable borbier. Nombre de voyageurs s'aventurant dans ces fermes s'en retournaient les pieds crottés mais surtout effrayés par cette saleté qui leur répugnait. Mais ce sont surtout les hygiénistes et notamment le docteur Villermé qui, suite à son voyage en Bretagne en 1840 et 1841, dénonça avec le plus de vigueur les conditions d'hygiène déplorables liées à la proximité des fumiers et des puits ou fontaines. Notre communication montrera donc comment étaient aménagées les fermes bretonnes et la répartition des bâtiments. Nous nous attacherons à décrire comment les paysans curaient les étables et mettrons donc en exergue, du fait de l'absence de surface dallée pour contenir les fumiers, la fréquente proximité du tas de fumier et des puits. Puis nous montrerons les réactions des notables en visite dans ces fermes ainsi que les dénonciations faites par les hygiénistes face à un contexte jugé pathogène et les propositions faites pour améliorer la situation.

THE STABLE, THE DUNG HEAP AND THE WELL : A HYGIENIST'S NIGHTMARE (BRITTANY, 18TH-19TH CENTURIES)

In Brittany farms, during the 18th and 19th centuries, manure heaps often adjoined wells from which the effluent flowed and contaminated the drinking water. This situation put off travellers, but by the mid-19th century it was mainly hygienists who were alarmed by this pathogenic environment that encouraged the spread of diseases.

« OH, QUEL BEAU TAS DE FUMIER ! » : LE PARADOXE DAMGANAIS (BRETAGNE SUD)

SOPHIE LALIGANT¹

1 UMR Université-CNRS 7324 - CITERES

Qui n'a pas déjà entendu une telle expression qui à l'évidence nous est familière. Mais à Damgan, « alors le fumier de vache, lui c'était en tas, et le fumier de cochon était en vrac » obligent à un déconfinement sémantique de la catégorie « fumier ». Il nous faut donc décrypter les sous-entendus qui se cachent derrière les choses et les mots que l'on croit comprendre et les choses et les mots que l'on croit connaître, pour atteindre les perceptions à l'œuvre dans cette société littorale bretonne. Nous y voilà. Sans se laisser enfermer dans la dichotomie amendement/engrais, et dans l'idée que « chaque objet naturel est soit vivant soit non vivant » (Atran 1990: 56), nous rendrons compte des variations des chaînes opératoires techniques qui transforment la litière (excréta + différentes sortes de végétaux) en fumier de rue, fumier d'été, fumier d'hiver, fumier gras, pourri, chaud, frais, léger dans les crèches avec les bovins et les porcheries avec les cochons. L'ethnographie dépliée conduira à envisager ces biomatériaux dans un jeu de transformation, de transfert et de circulation qui leurs confèrent de nouveaux statuts qui échappent aux simples logiques utilitaires et marchandes. « Fier de son tas de fumier », chaque Damganais s'accordait sur le fait que tout dans le système de signes faisait du fumier un ressort essentiel allant au-delà de son usage premier pour fertiliser les terres. *In fine* la communication montrera que le fumier, passant d'un état à un autre, d'un espace à un autre, relevait de logiques de systèmes de valeurs multiples entretenant tout à la fois l'individuel et le collectif, le dessus et le dessous de la terre mais aussi la richesse, le savoir-faire, la renommée, le nombre de bêtes, et la taille de l'exploitation; logiques dont les équilibres et les linéaments sociologiques seront irrémédiablement détruits suite au remembrement de 1952 et à l'arrivée des touristes sur la commune.

“OH, WHAT A BEAUTIFUL PILE OF MANURE !” THE DAMGAN PARADOX (SOUTHERN BRITANNY)

Who hasn't heard such a familiar expression? But in Damgan, “cow manure was in a pile, and pig manure was loose” forces us to deconfine the semantics of the “manure” category. We therefore need to decipher the undertones that lie behind the things and words we think we understand and the things and words we think we know, to reach the perceptions at work in this *Breton* coastal society. Here we are. Without getting bogged down in the amendment/fertilizer dichotomy, and in the idea that “every natural object is either living or non-living” (Atran 1990: 56), we will report on the variations in the technical operating chains that transform litter (excreta + different kinds of vegetation) into street manure, summer manure, winter manure, fatty, rotten, hot, fresh, light manure in cribs with cattle and pigsties with pigs. Unfolded ethnography will lead us to consider these biomaterials in a game of transformation, transfer and circulation that gives them new statuses that escape simple utilitarian and commercial logics. “Proud of his dung heap”, each Damganais agreed on the fact that everything in the system of signs made dung an essential resource going beyond its primary use to fertilize the land. *In fine*, the paper will show that manure, moving from one state to another, from one space to another, was part of multiple value-system logics interweaving the individual and the collective, the top and bottom of the land, but also wealth, know-how, fame, the number of animals, and the size of the farm; logics whose sociological balances and lineaments would be irretrievably destroyed following the reparcelling of 1952 and the arrival of tourists in the commune.

Atran S., 1990. *Cognitive Foundations of Natural History*, Cambridge, Cambridge University Press.

Email de correspondance : sophie.laligant@univ-tours.fr

APPROCHES MORPHOMÉTRIQUES ET CONTENUS OSSEUX DANS L'ÉTUDE DES COPROLITHES

JEAN-PHILIP BRUGAL^{1,3}, MONTSERRAT SANZ^{2,3}, JOAN DAURA^{2,3}

1 CNRS, Aix Marseille Université, Ministère Culture, UMR 7269 LAMPEA, France

2 Grup de Recerca del Quaternari (GRQ)-SERP, Departament d'Història i Arqueologia. Universitat de Barcelona, Spain

3 IRN 0871 TaphEN, CNRS-INEE

La reconstitution des paléoenvironnements et les questions d'interactions homme-carnivores au Pléistocène sont des enjeux majeurs dans les études sur les comportements de prédateurs, humains et non-humains. Il est ainsi déterminant de bien distinguer les agents biologiques impliqués dans l'accumulation et les modifications des vestiges osseux pour mieux comprendre *in fine* la subsistance et l'économie des chasseurs-cueilleurs du Paléolithique. Classiquement, les études taphonomiques et actualistes sont utilisées pour identifier ces agents biologiques, fondées sur la taille des proies, les modèles de destruction osseuse, les marques dentaires et, à un moindre degré, sur les coprolithes (du grec *kopros*: fèces, et *lithos*: pierre). Ces derniers (aussi appelé bromalithes) ont démontré leur utilité pour caractériser les prédateurs et apporter des éléments sur leurs biotopes environnants (*cf.* communication Argant et Brugal, ce congr.) et les proies exploitées. Il s'agit d'excréments fossiles de carnassiers mangeurs d'os qui se conservent bien grâce à leur contenu riche en calcium. De plus, ils se retrouvent régulièrement dans les sites occupés par les humains et les carnivores, et font l'objet d'études multidisciplinaires. Beaucoup d'espèces de carnassiers mais aussi des oiseaux de proie sont capables de produire des coprolithes.

A partir d'exemples divers, modernes et fossiles, nous proposerons un essai de synthèse de ce qui est actuellement connu dans les études de coprolithes basées sur leur morphométrie et leurs contenus. Ces dernières années, plusieurs attributs sont utilisés: degré de conservation, morphologie, forme des extrémités, texture interne et externe, dureté, lignes de constriction, couleur, métrique et ce qu'ils renferment (os, dents, poils, insectes, etc.).

Notre résultat définit quatre principaux morphotypes, en relation donc avec leur taille, forme, consistance et inclusions, et ils sont potentiellement associés à quelques espèces; la variabilité sera discutée. Dans l'ensemble, il y a plusieurs défis qui doivent être explorés et qui nécessitent une collaboration interdisciplinaire entre paléontologue, écologiste et biologiste, ainsi que le développement, et application, d'avancées technologiques à des fins analytiques (par exemple, tomographie, biomarqueurs - *cf.* communication de Jacob *et al.*, ce congr. -, spectromètre IRTE, paléogénomique...). Dans le cadre de l'IRN 0871 TaphEN, l'un des principaux objectifs est d'approcher ces ensembles coprogéniques et d'examiner et de décrire plusieurs critères diagnostiques pour l'analyse intégrée multi-échelle de ces 'objets-fossiles'.

MORPHOMETRICAL APPROACHES AND BONE CONTENTS IN THE STUDY OF COPROLITES

The reconstruction of paleoenvironment and the question of human-carnivore interactions during the Pleistocene are major concern to study the human and non-human predator's behaviors. It is therefore crucial to distinguish the biological agents involved in faunal accumulation and modification in order to improve our understanding of Paleolithic subsistence and economy. Typically, taphonomic and actualistic studies are used to identify biological agents, focused on prey size, patterns of bone damage, tooth marks and, to a lesser degree, coprolites (i.e., from the Greek *kopros*: feces and *lithos*: stone). This latter (also named bromalite) has been shown to be a useful element for specifying the agents involved in an assemblage and bring insights about their biotopes (*cf.* communication of Argant and Brugal, this congr.) and prey acquisition. They are fossil scats, especially from carnivores eating bone, often well preserved in the fossil record thanks to their calcium contents. They are common elements found in sites where human and carnivore activities co-occurred, and multidisciplinary analyzes can be performed on them. Potentially, many carnivores' taxa are able to produce coprolites (hyenids, canids, felids, ursids), as well as some raptor birds (bearded vultures).

From various examples, both modern and fossils, we will propose a synthesis essay on what is currently known in the coprolites studies from a morphometrical and bone contents approaches. In the recent years, standard analyses to classify coprolites has been developed, using different attributes: preservation status; morphology; shape of extremities; external and internal (when possible) texture, including hardness and constriction lines; color; biometrics and biological contents (bones, but hair, insects, pollen,...).

As a result, four main morphotypes have been distinguished in relation with size, shape, consistency and presence of inclusions. There are tentatively associated with some taxa, and the variability would be discussed. Overall, there are several challenges that need to be explored and require interdisciplinary collaboration between paleontologist, ecologist and biologist, as well as to develop more technological application for analytical purposes (for ex., CTscan, biomarkers, FTIR spectrometer, paleogenomics). In the framework of IRN 0871 TaphEN, one of the main objectives is to approach these coprogenic set and to examine and describe several diagnostic criteria for the integrated multi-scale analysis of these 'fossil objects'.

Email de correspondance : jean-philippe.brugal@univ-amu.fr, montsesanzborras@ub.edu

BIOMARQUEURS DANS DES COPROLITHES DE CARNIVORES ACTUELS ET FOSSILES

JÉRÉMY JACOB¹, CAROLINE GAUTHIER¹, JEAN-PHILIP BRUGAL²

¹ Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, UMR 8212 CEA/CNRS/UVSQ/Université Paris-Saclay, France

² Aix Marseille Université, CNRS, Minist. Culture, UMR 7269 Laboratoire Méditerranéen de Préhistoire, Europe-Afrique (LAMPEA) & IRN 0871 TaphEN, Aix-en-Provence, France

Les coprolithes sont souvent présents dans les archives fossiles¹. Ces fèces minéralisées constituent une source riche en informations sur la taxinomie (agent/espèce), la représentation des proies et les habitudes alimentaires (e.g., Gill *et al.*, 2009), mais également pour la reconstruction des paléoclimats et paléoenvironnements. L'étude des coprolithes peut faire appel à de nombreuses disciplines, comme par exemple la palynologie, la parasitologie, la paléogénétique, les études biogéochimiques impliquant des analyses isotopiques.

Ici, nous nous intéresserons aux biomarqueurs lipidiques, molécules fossiles supposées être résistantes à la diagenèse *s.l.* Ils conservent des propriétés structurales et chimiques qui permettent d'identifier leur source biologique. En particulier, les biomarqueurs fécaux (stérols fécaux et acides biliaires) sont utilisés pour déterminer une contribution de matières fécales animales dans les boues de station d'épuration, les eaux usées, les sols et fossés archéologiques (i.e. Bull *et al.*, 2002). Jusqu'à présent, les coprolithes de carnivores n'ont été que peu étudiés par le prisme des biomarqueurs moléculaires (i.e. Gill *et al.*, 2009) alors qu'ils pourraient permettre de mieux comprendre le régime alimentaire de ces animaux. Dans cette étude nous évaluons la potentielle préservation des biomarqueurs dans les coprolithes en fonction de leur ancienneté et leur potentiel pour démêler le régime alimentaire des carnivores anciens et modernes. Nous avons analysé un ensemble de 16 échantillons de coprolithes d'espèces distinctes, fossile : *Crocota spelaea* (n=5, 3 sites), et actuelles : *Hyaena hyaena* (n=1), *Crocota crocuta* (n=4), *Panthera leo* (n=1), *Panthera pardus* (n=1) (Afrique) et *Canis lupus* (n=1), *C. l. familiaris* (n=1) et un ovicaprin (n=1) (Europe).

Environ cent biomarqueurs moléculaires ont été identifiés dans la fraction neutre. Nous nous sommes concentrés sur les biomarqueurs à forte valeur ajoutée, c'est-à-dire informant sur une source biologique ou un processus spécifique, et avons écarté ceux qui provenaient probablement d'une dégradation ou contamination, ou ceux pour lesquels une origine pouvait difficilement être attribuée.

Vingt stérols et quinze stérones ont pu être identifiés et quantifiés. Une contribution fécale n'est attestée par le rapport coprostanol/cholestanol+coprostanol que pour 4 échantillons, et pour seulement deux échantillons en utilisant le rapport coprostanol/cholestérol. Cela pourrait être dû à une diagenèse différentielle de ces molécules. Le rapport coprostanol/(coprostanol+5β-stigmastanol) indique un régime au moins omnivore dans tous les cas sauf deux (l'ovicaprin, ce qui est cohérent, et *Panthera leo*).

Nous avons trouvé plusieurs composés identifiés comme des spirostérols (sarsasapogénine, yamogénine, diosgénine et acétate de néotigogénine) chez *H. hyaena* (abondant), *P. leo*, l'ovicaprin et *C. crocuta*. Ces composés, également détectés dans les coprolithes de paresseux (Gill *et al.*, 2009), ont été rapportés comme aglycones de saponines dans un nombre restreint de plantes telles que l'agave ou l'asperge. Plusieurs triterpènes pentacycliques oxygénés en position 3, classiquement attribués aux angiospermes (α- et β-amyrines) ont aussi été détectés. D'autres, plus spécifiques, comme les acétates de triterpényle (traceurs des Asteraceae; Lavrieux *et al.*, 2011) ou la miliacine (traceur des Poaceae; Jacob *et al.*, 2005) ont pu être trouvés dans certains échantillons. La présence de spirostérols et de triterpènes pentacycliques oxygénés en position 3 dans les échantillons de coprolithes d'hyènes et de lions suggère soit une contamination par le sédiment encaissant, soit la consommation directe d'angiospermes par ces animaux, soit un témoignage moléculaire du régime alimentaire de leurs proies.

A première vue, nos résultats sur les coprolithes de carnivores sont plutôt insolites car les stérols fécaux n'indiquent pas directement l'origine fécale. Ceci pourrait résulter d'une dégradation différentielle des stérols au cours de la diagenèse pour les échantillons les plus anciens, bien que l'empreinte moléculaire soit plutôt, dans la plupart des échantillons, bien préservée. L'empreinte des stérols indique, au moins, un régime omnivore, si ce n'est carnivore. Les triterpènes pentacycliques ainsi que les spirostérols, qui ont tous deux pour origine des végétaux supérieurs, suggèrent une contribution végétale significative au régime alimentaire de ces carnivores. Cela pourrait refléter soit une consommation accidentelle ou occasionnelle de plantes, soit un héritage moléculaire de leurs proies herbivores (Zaton *et al.*, 2015). Il est important ici de préciser que les carnivores ne sont pas capables de digérer les végétaux, notamment la cellulose. Cependant, dans de nombreux cas et pour de nombreuses espèces, ils consomment souvent le contenu stomacal de leurs proies constitué de végétaux déjà dégradés et assimilables alors par les prédateurs. Ces observations peuvent avoir une incidence sur les contenus pollinique ou phytolithique de ces coprolithes.

¹ Working-Group Copro, IRN 0871 CNRS-INEE.

MOLECULAR BIOMARKERS IN FOSSIL AND MODERN CARNIVOROUS COPROLITES

The coprolites are often found in fossil record¹. Those mineralised faeces constitute a rich source of information on taxonomy (agent/species), prey representation (hair analysis, nutritional habits) (e.g., Gill *et al.*, 2009) or paleoclimate and paleoenvironmental reconstructions based on several approaches such as palynology, parasitology, paleogenetics and biogeochemistry (including isotopic analyses).

Here we pay a specific attention on lipid biomarkers since they are reputed to be rather resistant to diagenesis *s.l.* and retain structural and chemical properties that allow defining their biological source. Especially faecal biomarkers (faecal sterols and bile acids) are used to determine a contribution of animal sewage, wastewater, soils and archaeological contexts (i.e. Bull *et al.*, 2002). In favourable cases, the distribution of faecal biomarkers allows discriminating between herbivores and omnivores, and potentially characterize the contributor at the species level (Harrault *et al.*, 2019). Up to now, there has been limited attention to carnivorous coprolites analysis by molecular biomarkers (i.e. Gill *et al.*, 2009) although it could gain insights into the diet of these animals.

Our objectives were to evaluate the preservation of biomarkers in coprolites depending on their antiquity and their potential to untangle the diet of modern and ancient carnivores. We have analyzed a set of 16 coprolite samples from distinct species, fossil (*Crocota spelaea*, n=5, 3 sites) and modern (*Hyaena hyaena*, n=1, *Crocota crocuta*, n=4, *Panthera leo*, n=1, *Panthera pardus*, n=1, all from Africa, *Canis lupus*, n=1 and an ovicaprine, n=1, both from Europe).

A hundred biomarkers were identified in the neutral fraction. We only focused on biomarkers with a high added-value, i.e. informative on a biological source or a specific process, and discarded those probably originating from degradation or contamination, and those for which an origin could hardly be attributed.

20 sterols and 15 sterones could be identified and quantified. Surprisingly, the coprostanol/cholestanol+coprostanol ratio was indicative of a faecal contribution for only 4 samples, whereas the coprostanol/cholesterol ratio was indicative of a faecal contribution in only two samples. This could be due to differential diagenesis. The coprostanol/(coprostanol+5 β -stigmastanol) ratio indicates at least an omnivorous origin in all but 2 cases (the ovicaprine, which is consistent, and *Panthera leo*). We found several compounds identified as spiro-sterols (sarsasapogenine, yamogenine, diosgenine, and neotigogenine acetate) in *H. hyaena* (abundant), *P. leo*, ovicaprine and *C. crocuta*. Such compounds, also detected in ground sloth coprolites (Gill *et al.*, 2009), were reported as aglycones of saponins in a restricted number of plants such as agave or asparagus. Several C3-oxygenated pentacyclic triterpenes originating from higher plant were also detected. Some classical ones attributed to angiosperms (α - and β -amyriins) and some more specific such as triterpenyl acetates (tracers of Asteraceae; Lavrieux *et al.*, 2011) and miliacin (tracer of Poaceae; Jacob *et al.*, 2005). The presence of spiro-sterols and C3-oxygenated pentacyclic triterpenes in hyena and lion coprolite samples questions either a potential contamination from the sediment, the direct consumption of plants by these animals or a molecular testimony of the diet of their preys. At first glance, our results on carnivores' coprolites are rather disturbing since faecal sterols do not indicate a clear indication of faecal origin. This could result from a differential degradation during diagenesis, although biomarker imprint was rather well preserved. In most cases, the sterol imprint indicates, at least, an omnivorous diet. Pentacyclic triterpenes as well as spiro-sterols, both of higher-plant origin, suggest a significant plant contribution to the diet of these carnivores. Although this must be confronted to ethological considerations on modern animals, it could either reflect an accidental or occasional consumption of plants or molecular legacy from their herbivore preys (Zaton *et al.*, 2015). It is important to note here that carnivores are not able to digest plants, especially cellulose. However, in many cases and for many species, they often consume the stomach contents of their prey, which are already degraded plants that can be assimilated by predators. These observations could have implications on the pollen and phytolith content of these coprolites.

¹ Working-Group Copro, IRN 0871 CNRS-INEE.

Harrault *et al.*, 2019. Faecal biomarkers can distinguish specific mammalian species in modern and past environments. *PLoS ONE* 14, e0211119.

Bull *et al.*, 2002. The origin of faeces by means of biomarker detection. *Environ. Int.* 27, p. 647-654.

Gill *et al.*, 2009. Lipid analysis of a ground sloth coprolite. *Quat. Research* 72, p. 284-288.

Jacob *et al.*, 2005. Pentacyclic triterpene methyl ethers in recent lacustrine sediments (Lagoa do Caçó, Brazil). *Org. Geochem.* 36, p. 449-461.

Lavrieux *et al.*, 2011. Occurrence of triterpenyl acetates in soil and their potential as chemotaxonomical markers of Asteraceae. *Org. Geochem.* 42, p. 1315-1323.

Zaton *et al.*, 2015. Coprolites of Late Triassic carnivorous vertebrates from Poland: an integrative approach. *Pal. Pal. Pal.* 430, p. 21-46

Email de correspondance : jeremy.jacob@lsce.ipsl.fr

LES COPROTEPHRAS DE LA GROTTTE DU MYLONDON (PATAGONIE, CHILI) : CRITÈRES D'IDENTIFICATION, CHRONOSTRATIGRAPHIE ET IMPLICATIONS PALÉOÉCOLOGIQUES

IGOR GIRAULT¹, DOMINIQUE TODISCO¹, JOËL RODET², FABIANA MARTIN³, LUIS BORRERO⁴, DAMASE MOURALIS¹

1 UMR 6266 IDEES (CNRS, Université de Rouen)

2 UMR 6143 M2C (CNRS, Université de Rouen)

3 Instituto de la Patagonia, Université de Magallanes

4 Instituto Multidisciplinario de Historia y Ciencias Humanas, Université de Buenos Aires

Les coprolithes de paresseux géants d'âge pléistocène de la Grotte du Mylodon (Patagonie, Chili) mis au jour en 2013, ont récemment fait l'objet d'analyses micromorphologiques. La présence de ponces, à la surface émoussée, aux vésicules externes remplies de matrice organique, témoigne de l'ingestion de végétaux couverts de cendres volcaniques par les paresseux géants et évoque un cas de géophagie involontaire. Nous baptisons du nom de « coprotephra » ce nouveau type de dépôt pyroclastique. L'analyse géochimique des tephras mis au jour dans les cavités avoisinantes suggère que ces derniers sont issus du volcan Reclus, dont l'âge de l'éruption est réévalué à 14,6-15,0 ka cal. BP d'après un modèle chronologique bayésien. Ces résultats confirment que l'occupation de la grotte par les paresseux géants s'est poursuivie durant plusieurs millénaires après l'éruption du Reclus. À l'avenir, la datation par ¹⁴C des coprolithes hôtes permettrait d'évaluer la durée d'épuisement du stock de tephra à l'extérieur des cavités. Cette étude a notamment reçu le soutien financier du FONDECYT (projets 1100822, 1150845, 1180272 et 1231691).

THE COPROTEPHRAS OF THE MYLONDON CAVE (PATAGONIA, CHILE) : IDENTIFICATION CRITERIA, CHRONOSTRATIGRAPHY AND PALEOECOLOGICAL IMPLICATIONS

Micromorphological analysis of Pleistocene coprolites of giant sloths from the Mylodon Cave (Patagonia, Chile) unearthed in 2013 was recently carried out. The presence of pumices with blunt surfaces and external vesicles filled with organic matrix suggests a case of involuntary geophagy, as the giant sloths ingested volcanic ash-covered vegetation. We call this new type of pyroclastic deposit "coprotephra". Geochemical analysis of tephra found in nearby cavities suggests that they originated from the Reclus volcano, whose eruption age has been re-evaluated at 14.6-15.0 ka cal. BP according to a Bayesian chronological model. These results confirm that occupation of the cave by giant sloths continued for several millennia after the Reclus eruption. In the future, we hope to estimate the duration of the tephra stock outside the cavities by ¹⁴C dating of host coprolites. This study received financial support from FONDECYT (projects 1100822, 1150845, 1180272 and 1231691).

Email de correspondance : igor.girault@neuf.fr

TAPHONOMIE DES NIVEAUX PALÉOLITHIQUE MOYEN DE LA GROTTTE GATZARRIA (PYRÉNÉES ATLANTIQUES, FRANCE) : LA PISTE DE LA BIOCORROSION. ANALYSES GÉOCHIMIQUES DE RÉSIDUS À LA SURFACE DE VESTIGES LITHIQUES

SIXTINE HOELLINGER¹, LAURENT BRUXELLES^{1,3}, MATHIEU LEJAY^{1,2}, MARIANNE DESCHAMPS¹

1 Traces, UMR 5608, 2 GeoArchEon SARL, 3 GAES - School of Geography, Archaeology and Environmental Studies Johannesburg, Afrique du Sud

Les études menées autour de la biocorrosion ont montré que la présence des chauves-souris est un agent modificateur de la morphologie, de l'environnement chimique des grottes mais aussi de leurs remplissages. L'activité des chauves-souris, leur respiration et leurs déjections, engendre des réactions chimiques avec tous les éléments présents dans la grotte et son sol. En se minéralisant, le guano provoque le dégagement d'acides puissants. Dans les sols, c'est surtout l'acide phosphorique qui réagit avec les éléments contenus dans le remplissage. Parmi eux, les vestiges osseux sont particulièrement sensibles et peuvent être altérés, voire totalement dissous.

Une approche multidisciplinaire intégrant géoarchéologie et karstologie à l'étude des niveaux moustériens de la grotte Gatzarria a permis d'approcher les implications archéologiques de la biocorrosion notamment sur les vestiges osseux. La compréhension de ce phénomène répond notamment aux difficultés rencontrées par les archéologues pour interpréter de nombreux sites archéologiques dont les vestiges sont partiellement préservés.

Ainsi, les parois de la grotte Gatzarria (Pyrénées-Atlantiques) présentent des formes et des altérations classiques liées à la biocorrosion. Les fouilles ont permis de mettre au jour une archéoséquence comprenant des occupations humaines de la fin Pléistocène. Parmi le mobilier archéologique, les vestiges fauniques se raréfient soudainement sous une coupole d'origine biogénique tandis que les analyses tracéologiques révèlent une bonne préservation des vestiges lithiques ainsi que des traces d'usure témoignant d'activité de boucherie et de traitement des peaux. Des analyses géochimiques effectuées dans ces niveaux sans ossements ont pu révéler la présence de phosphate de calcium dans le sédiment mais aussi sous forme d'encroutements à la surface des blocs calcaires et des vestiges lithiques. L'hypothèse de l'origine osseuse des minéraux phosphatés présents dans les sols archéologiques a été envisagée mais elle ne permet pas d'expliquer à elle seule la conservation différentielle des vestiges archéologiques. L'implication de la biocorrosion, et donc de conditions acides compatibles avec la formation de tels minéraux authigènes, permet d'expliquer la dissolution des ossements, l'altération des éléments carbonatés inclus dans les remplissages mais également la bonne préservation des vestiges lithiques.

Les minéraux issus de la réaction chimique des déjections de chauves-souris avec les éléments carbonatés (encaissant, vestiges osseux) forment ainsi des indicateurs paléoenvironnementaux et taphonomiques sur les conditions de dépôts et de préservation des vestiges archéologiques. Tout en combinant cette approche avec l'étude des formes de biocorrosion, ils permettent d'expliquer, dans certains cas, la disparition des vestiges osseux de tout ou partie de niveaux archéologiques.

TAPHONOMY OF THE MIDDLE PALEOLITHIC LAYERS IN GATZARRIA CAVE (PYRÉNÉES ATLANTIQUES, FRANCE) : CLUES OF BIOCORROSION. GEOCHEMICAL ANALYSIS OF RESIDUES ON THE SURFACE OF LITHIC REMAINS

Studies into biocorrosion have shown that the presence of bats modifies the morphology and chemical environment of caves, as well as their infilling. Bat activity, such as breathing and droppings, generate chemical reactions with all the elements present in the cave and its fillings. As the guano degrades, it releases powerful acids. When excreta (urine and guano) but also phosphoric acid percolate through the soil, they react with the elements contained in the sediment. Among these elements, bone remains are particularly sensitive and can be severely altered or even completely dissolved. A multidisciplinary approach integrating geoarchaeology and karstology in the study of Gatzarria cave has enabled us to approach the archaeological implications of biocorrosion, particularly on bone remains. Understanding this phenomenon is a response to the difficulties encountered by archaeologists in interpreting many sites with partially preserved archaeological assemblages.

Gatzarria cave (Pyrénées-Atlantiques region), for example, displays the classic forms and alterations associated with biocorrosion. Excavations have revealed an archeological sequence comprising human occupations dating from the late Pleistocene.

Among the archaeological material, the faunal remains are suddenly rare under a cupola of biogenic origin, while traceological analyses reveal good preservation of the lithic remains and use wear testifying butchery and hide treatment activities. Geochemical analyses carried out in the layers without bones revealed the presence of calcium phosphate in

the sediment and on the surface of the lithic remains. However, the osseous origin of the phosphate minerals present in the archaeological soils does not explain the differential conservation of the archaeological remains. The involvement of biocorrosion, and therefore acidic conditions compatible with the formation of such authigenic minerals, helps to explain the dissolution of bones, the alteration of carbonate elements included in the cave fillings and the preservation of lithic remains.

Minerals resulting from the chemical reaction of bat droppings with carbonate elements (bedrock, bone remains) thus form paleoenvironmental and taphonomic indicators of the conditions in which archaeological remains were deposited and preserved. By combining this approach with the study of biocorrosion features, it is possible to explain, in certain cases, the disappearance of bone remains from all or part of archaeological layers.

Email de correspondance : hoellinger.sixtine@hotmail.fr

PLOMB, VINAIGRE ET FUMIER DE CHEVAL : LE TRIO GAGNANT POUR UNE DATATION ABSOLUE PAR LE CARBONE 14 DU BLANC DE PLOMB, UN DES PIGMENTS LES PLUS UTILISÉS DEPUIS L'ANTIQUITÉ

LUCILE BECK¹, CYRIELLE MESSEGER¹, ÉQUIPE LMC14¹

¹ Laboratoire de Mesure du Carbone 14 (LMC14), LSCE/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Université ParisSaclay, Gif-sur-Yvette, France

Le blanc de plomb a été utilisé comme pigment de peinture et ingrédient de cosmétiques de l'Antiquité jusqu'au milieu du XX^e siècle. Il est constitué d'un mélange de deux carbonates de plomb, la cérusite et l'hydrocérusite, qui ont été synthétisés dès le IV^e siècle avant J.-C., succédant à la cérusite naturelle dont l'usage est attesté dans les cosmétiques égyptiens (Walter *et al.*, 1999; La Niece, 1983).

La transition entre l'utilisation de cérusite native et de carbonates de plomb de synthèse – autrement appelés *psimythion* (grec) et *cerussa* (latin) – est évoquée par Pline au I^{er} siècle (Pline, HN, 35,19), mais il est reconnu que la fabrication de ce pigment est plus ancienne : la première recette connue a été retrouvée dans les écrits de Théophraste (4^e – 3^e s. av. J.-C.) (Caley et Richards, 1956) et décrit la synthèse de blanc de plomb par un procédé de corrosion. Celui-ci perdure jusqu'à la fin du XVIII^e siècle avec diverses évolutions au cours du temps dans le choix des ingrédients ou dans l'agencement des installations pour augmenter les rendements de production, comme par exemple, dans le procédé hollandais (Stols-Witlox, 2011). Dans l'Antiquité, deux ingrédients sont mentionnés pour la production du blanc de plomb : du plomb métallique et du vinaigre (Photos-Jones *et al.*, 2020). À partir du Moyen-Âge, du fumier de cheval ou du tan sont ajoutés. Des mécanismes réactionnels pour décrire la synthèse du blanc de plomb ont été proposés en considérant les recettes antiques ou médiévales et modernes (Stols-Witlox, 2011; Gonzalez *et al.*, 2019; Photos-Jones *et al.*, 2020). Il a été proposé par Photos-Jones *et al.* (2020) que l'activité microbienne aérobie et anaérobie au sein du vinaigre semble à la fois initier la réaction et fournir le CO₂ nécessaire à la formation des carbonates de plomb. Cependant, nous avons démontré que c'est la fermentation du fumier de cheval qui produit massivement le CO₂ (Beck *et al.*, 2023). Ainsi, quel que soit le procédé, du CO₂ organique entre dans la formulation des carbonates de plomb et leur transfère sa signature isotopique ¹⁴C.

Cette étape clé permet d'appliquer la datation absolue par ¹⁴C au blanc de plomb sur une large période historique, de l'Antiquité au XIX^e siècle (Beck *et al.*, 2018; 2019; 2020; Messager *et al.*, 2020; 2021; 2022; thèse C. Messager, 2020; Hendriks *et al.*, 2020).

Dans cette communication, nous présenterons la méthode développée pour la datation ¹⁴C des carbonates de plomb en l'illustrant avec des exemples d'application aux cosmétiques archéologiques et peintures murales médiévales. Nous soulignerons l'importance du fumier de cheval dans la synthèse du pigment et sa datation en s'appuyant sur des recreations de blancs de plomb effectuées au laboratoire suivant les procédés anciens (Beck *et al.*, 2023).

LEAD, VINEGAR AND HORSE MANURE : THE WINNING TRIO FOR THE CARBON-14 DATING OF LEAD WHITE, ONE OF THE MOST WIDELY USED PIGMENTS SINCE ANTIQUITY

Lead white was used as a pigment for paint and ingredient for cosmetic from Antiquity to the mid-20th century. Lead white consists of a mixture of two lead carbonates, cerussite and hydrocerussite, which were synthesized as early as the 4th century BC, succeeding natural cerussite whose use was attested in Egyptian cosmetics (Walter *et al.*, 1999; La Niece, 1983).

The transition between the exploitation of native cerussite and the synthesis of lead carbonates - otherwise known as *psimythion* (Greek) and *cerussa* (Latin) - is mentioned by Pliny in the 1st century (Pliny, HN, 35,19). However, the first known recipe was provided by Theophrastus (4th-3rd century BC) (Caley and Richards, 1956), and describes the synthesis of lead white by a corrosion process. This process lasted until the end of the 18th century, with some evolutions over time in the choice of ingredients or in the layout of installations to increase production yields, as, for example, in the Dutch process (Stols-Witlox, 2011). For the Antiquity period, two ingredients are mentioned for the production of lead white : metallic lead and vinegar (Photos-Jones *et al.*, 2020). From the Middle Ages onwards, horse manure and tanbark were added. Reaction mechanisms to describe the synthesis of lead white have been proposed based on the ancient or medieval and modern recipes (StolsWitlox, 2011; Gonzalez *et al.*, 2019; Photos-Jones *et al.*, 2020). For the oldest process, aerobic and anaerobic microbial activity within the vinegar seems to be the mechanism initiating the reaction and producing the CO₂ required for lead carbonate formation. From medieval times onwards, we demonstrated that CO₂ was produced by fermentation of horse manure or tanbark (Beck *et al.*, 2023). Thus, organic CO₂ enters the formulation of lead carbonates and transfers its ¹⁴C isotopic signature.

This key step makes it possible to apply absolute ^{14}C dating to lead white over a wide historical period, from Antiquity to the 19th century (Beck *et al.*, 2018; 2019; 2020; Messenger *et al.*, 2020; 2021; 2022; PhD thesis C. Messenger, 2020; Hendriks *et al.*, 2020).

In this paper, we will present the ^{14}C dating method developed for lead carbonates, with examples of application to archaeological cosmetics and medieval wall paintings. We will highlight the importance of horse manure in the pigment synthesis and its radiocarbon dating, based on laboratory recreations of lead whites using ancient processes (Beck *et al.*, 2023).

Beck L. *et al.*, 2018, Absolute dating of lead carbonates in ancient cosmetics by radiocarbon, *Communications Chemistry* 1, 34

Beck L. *et al.*, 2019, Thermal decomposition of lead white for radiocarbon dating of paintings, *Radiocarbon* 61(5), p. 1345-1356

Beck L. *et al.*, 2020, Unexpected presence of ^{14}C in inorganic pigment for an absolute dating of paintings, *Scientific Reports* 10, 9582

Beck L, Messenger C, Germain T, Hain S. 2023, How the incorporation of ^{14}C in lead white makes its absolute dating possible, *Radiocarbon* DOI: 10.1017/RDC.2023.51

Caley E.R., Richards J.F., 1956, *Theophrastus on stone – Introduction, Greek text, English translation, and commentary*, The Ohio state university, Columbus, p. 57

Gonzalez V. *et al.*, 2019, Synthesizing lead white pigments by lead corrosion: new insights into the ancient manufacturing processes, *Corrosion Science* 146, p. 10-17

Hendriks L. *et al.*, 2020, The ins and outs of ^{14}C dating lead white paints for artworks application, *Analytical Chemistry* 92(11), p. 7674-7682

La Niece S., 1983, Report on the scientific examination of Egyptian eye-paints, British Museum Research Laboratory, *Internal Report* 4878, 1-5

Messenger C., 2020, *Datation par la méthode du radiocarbone de pigments et peintures anciennes à base de blanc de plomb*, Thèse, Université Paris Saclay

Messenger C. *et al.*, 2020, Thermal analysis of carbonate pigments and linseed oil to optimize CO_2 extraction for radiocarbon dating of lead white paintings, *Microchemical Journal* 154, 104637, mis en ligne le 13 janvier 2020

Messenger C., Beck L., Germain T., Degriigny C., Serneels V., *et al.*, 2021, Datation par la méthode du radiocarbone du blanc de plomb: du psimythion des cosmétiques antiques au pigment des peintures murales médiévales, *Technè* 52, p 102-110, DOI: 10.4000/technè.10190

Messenger C., Beck L., Blamart D., Richard P., Germain T., *et al.*, 2022, 25 Centuries of lead white manufacturing processes identified by ^{13}C and ^{14}C carbon isotopes, *Journal of Archaeological Science, Reports* 46, DOI: 10.1016/j.jasrep.2022.103685

Photos-Jones E. *et al.*, 2020, On metal and « spoiled » wine: analysing psimythion (synthetic cerussite) pellets (5th-3rd centuries BCE) and hypothesizing gas-metal reactions over a fermenting liquid within a Greek pot, *Archaeological and Antropological Sciences* 12, 243

Pline, *Histoire Naturelle*, livre 35, 19

Stols-Witlox M.J.N., 2011, 'The heaviest and the whitest': lead white quality in north western European documentary sources, 1400-1900 dans Spring M., *Studying old masters paintings: Technology and Practice*, Archetype Publications, Londres, p. 284-294

Walter P. *et al.*, 1999, Making make-up in ancient Egypt, *Nature* 397, p. 483-484

Email de correspondance : lucile.beck@cea.fr

« FAIRE FEU DE TOUTE BOUSE » : LA QUESTION DE L'UTILISATION DES EXCRÉMENTS ANIMAUX COMME COMBUSTIBLE AVANT LE PASTORALISME

ISABELLE THERY-PARISOT¹, AURÉADE HENRY¹

¹ CEPAM UMR 7264, CNRS, Université Côte d'Azur, Nice

L'utilisation d'excréments animaux comme combustible au Paléolithique est parfois évoquée dans la littérature scientifique. Le plus souvent, cette hypothèse est formulée comme étant une adaptation à une contrainte du milieu supposé pauvre en bois. Si l'utilisation d'excréments animaux pour alimenter les foyers est une hypothèse plausible, elle reste néanmoins peu documentée, notamment en raison des problèmes d'identification et de préservation dans les sites anciens.

En revanche, la question de l'utilisation de déjections animales comme réponse aux contraintes du milieu nous semble plus discutable, parce qu'elle présuppose une relation linéaire entre la disponibilité en bois d'un milieu donné et l'utilisation de combustibles alternatifs ; ce faisant, cette hypothèse laisse peu de place aux choix techniques ou culturels des groupes humains anciens, dont personne ne doute plus qu'ils soient déterminants concernant les autres sphères de la vie quotidienne des groupes. L'objectif de cette communication est donc de proposer un état des lieux des recherches sur l'utilisation des déjections animales comme combustible par les sociétés de chasseurs-cueilleurs du Pléistocène et du début de l'Holocène : Que sait-on des propriétés de ce combustible ? Quelles pourraient être les motivations de son utilisation ? Quelles sont les évidences archéologiques et sur quelle documentation ethnographique peut-on s'appuyer ? Quelles méthodes sont mises en œuvre pour attester de cette pratique ?

“FAIRE FEU DE TOUTE BOUSE” : USING ANIMAL DUNG AS FUEL BEFORE PASTORALISM ?

The use of animal excrement as fuel in the Palaeolithic period is sometimes mentioned in scientific literature. More often than not, this hypothesis is formulated as an adaptation to a constraint imposed by a supposedly wood-poor environment. While the use of animal feces to fuel fireplaces is a plausible hypothesis, it remains poorly documented, not least because of problems of identification and preservation at ancient sites.

However, the question of the use of animal dung as a response to environmental constraints seems more questionable to us, because it presupposes a linear relationship between wood availability and the use of alternative fuels ; in so doing, this hypothesis leaves little room for highlighting technical or cultural choices made by ancient human societies, which no one doubts were decisive in other spheres of the groups' daily lives. The aim of this paper is therefore to present the current state of research regarding the use of animal dung as fuel by hunter-gatherer societies in the Pleistocene and early Holocene : what do we know about the properties of this fuel ? What might have motivated its use ? What archaeological evidence do we have, and what ethnographic documentation can we draw on ? What methods were used to document this practice ?

Email de correspondance : isabelle.thery@cnrs.fr

RECHERCHE SUR L'UTILISATION DE LA BOUSE COMME COMBUSTIBLE PAR L'ARCHÉOLOGIE EXPÉRIMENTALE

MARTA MATEU¹, MARIA CARME BELARTE^{1,2}, ADA GOMAR³,
GUILLERMO MARÍN-GARCÍA³, MARTA PORTILLO³

1 Catalan Institute of Classical Archaeology (ICAC)

2 Catalan Institution for Research and Advanced Studies (ICREA)

3 Department of Archaeology and Anthropology, Institució Milà i Fontanals (IMF), Spanish National Research Council (CSIC)

Dans cette recherche, nous présentons les résultats de travaux expérimentaux visant à étudier l'utilisation des combustibles employés par les sociétés protohistoriques. Nous visons également à établir une méthodologie appropriée pour identifier les différents matériaux utilisés comme combustibles par les communautés qui ont habité le nord-est de l'Ibérie à l'âge du fer. Nous nous intéressons plus particulièrement à l'âge du Fer dans le nord-est de la péninsule ibérique. Sur ce territoire, l'utilisation du fumier comme combustible durant cette période est communément admise, bien que les preuves archéologiques soient rares. Il s'agit d'un matériau facilement disponible dans les sociétés dont l'économie est basée sur l'agriculture, et qui constitue une bonne alternative au bois. De plus, il existe de nombreux parallèles ethnographiques dans différentes parties du monde, ce qui rend plausible son utilisation par les sociétés protohistoriques.

Le projet expérimental a été mené à la «Citadelle ibérique de Calafell» (Calafell, Tarragone, Espagne), un site archéologique de l'âge du Fer reconstitué qui sert de cadre à l'archéologie expérimentale. Les activités expérimentales ont consisté à utiliser des répliques modernes de structures de combustion archéologiques, à savoir six foyers de types différents et un four, situés à l'intérieur et à l'extérieur. Divers types de combustibles, dont le bois, les herbes, les feuilles de palmier et, en plus, des excréments de bovins et d'ovicaprins, ont été utilisés sur la base des données archéobotaniques disponibles. Des variables telles que l'intensité et la durée de la chaleur ont été mesurées afin d'évaluer les variations potentielles en fonction du type de combustible, de la composition de la structure, de l'emplacement et des conditions météorologiques. En outre, des tests portant sur l'ébullition des liquides et la cuisson de la viande ont été réalisés. L'objectif principal de cette expérimentation est d'évaluer l'efficacité des structures de combustion, d'examiner l'éventail des activités domestiques pour lesquelles elles ont été conçues, d'analyser les combustibles utilisés et d'étudier la gestion des ressources naturelles qui leur sont associées.

Une approche intégrée combinant de multiples méthodologies, dont l'anthracologie, l'analyse des phytolithes, l'examen des microfossiles calcitiques, la spectroscopie FTIR et la micromorphologie, a été employée pour des analyses complètes. Les observations et les données recueillies au cours des activités expérimentales, en conjonction avec les analyses interdisciplinaires, contribuent à une compréhension plus approfondie des structures de combustion archéologiques de l'âge du Fer, et fournissent une riche collection de référence à des fins comparatives.

Les résultats de ces analyses ont révélé des matériaux végétaux non détectés auparavant dans les documents archéologiques macrobotaniques (par exemple, feuilles/tiges d'herbe, feuilles de palmier) et ont mis en évidence les difficultés d'identification des restes fécaux lorsque les boulettes de bouse carbonisées sont mal conservées. En outre, les combustions expérimentales ont indiqué que certains restes macrobotaniques (par exemple, olives, arbustes) n'ont peut-être pas été utilisés intentionnellement comme combustibles, mais ont été incorporés dans les bouses en raison de leur présence dans le régime alimentaire du bétail. L'analyse micromorphologique a confirmé que la majorité des surfaces de combustion sont restées propres, les résidus de combustible étant principalement concentrés dans les fissures et les pores verticaux, sous la forme de pseudomorphes de charbon de bois et de cendres de bois calcitiques.

Cette recherche offre de nouvelles perspectives sur les questions de préservation et de taphonomie liées à la préservation des microfossiles, notamment la surreprésentation de certains types de phytolithes (monocotylédones *versus* dicotylédones), la distribution différentielle en fonction de l'emplacement de l'échantillonnage dans l'installation de cuisson liée aux schémas de dispersion des cendres, la fonte et l'altération des phytolithes, et l'obscurcissement des sphérulites associé à l'augmentation des températures. Bien que l'application future de ces observations dans des contextes archéologiques n'ait pas encore été réalisée, les résultats de cette étude expérimentale fourniront des informations précieuses sur la formation, la préservation, l'altération et l'identification de l'utilisation de la bouse comme combustible afin de mieux interpréter les structures de combustion similaires sur les sites archéologiques.

INVESTIGATING DUNG FUEL USE THROUGH EXPERIMENTAL ARCHAEOLOGY

In this research, we present the results of experimental works aimed at investigating the use of fuels employed by protohistoric societies. We also aim to establish an appropriate methodology for identifying the different materials used as fuels by the past communities that inhabited north-eastern Iberia during the Iron Age. Although the use of dung as fuel is attested across Mediterranean areas at least since the Early Neolithic, archaeological evidence for this period is still scarce. It is a readily available material in societies with an agricultural-based economy, and is a good alternative to wood. Moreover, there are abundant ethnographic parallels in different parts of the world, making its use by these societies plausible.

The experimental project was conducted at the “Iberian Citadel of Calafell” (Calafell, Tarragona, Spain), a reconstructed Iron Age settlement serving as a venue for experimental archaeology. The performance involved the use of modern replicas of archaeological combustion structures, specifically six hearths of varying typologies and one oven, situated both indoors and outdoors. A variety of fuel types, including wood, grasses, palm leaves, in addition to cattle and ovicaprine dung, were utilized based on available archaeobotanical evidence. Variables such as heat intensity and duration were measured to assess potential variations based on the type of fuel, structure design, location, and weather conditions. Furthermore, tests involving liquid boiling and meat cooking were conducted. The primary aim of this experimentation is to evaluate the efficiency of fire installations, examine the range of domestic activities they were designed for, analyze the fuels utilized, and study the management of natural resources associated with them.

An integrated approach combining multiple methodologies including anthracology, phytolith analysis, calcitic microfossils examination, FTIR spectroscopy, and micromorphology was employed for comprehensive analyses. Observations and data collected during the experimental activities, in conjunction with interdisciplinary analyses, contribute to a deeper comprehension of Iron Age archaeological combustion structures, and provide a rich reference collection for comparative purposes.

The results of these analyses revealed previously undetected plant materials in the macrobotanical archaeological records (e.g., grass leaves/stems, palm leaves) and highlighted the challenges in identifying faecal remains if charred dung pellets are poorly preserved. Additionally, the experimental combustions indicated that certain macrobotanical remains (e.g., olives, shrubs) might not have been intentionally utilized as fuels but were incorporated into dung due to their presence in the ovicaprine diet. Micromorphological observations confirmed that most of the combustion surfaces remained clean, with fuel residues primarily concentrated in cracks and vertical pores, displaying both charcoal and calcitic wood ash pseudomorphs.

This research offers novel insights into preservation and taphonomic issues related to microfossil preservation, including the overrepresentation of specific phytolith morphotypes (monocots vs. dicots), differential distribution based on sampling location within the firing installation linked to ash dispersal patterns, phytolith partial melting and weathering, and darkening of spherulites associated with increased temperatures. While future application of these observations and comparative datasets in archaeological contexts has yet to be carried out, the outcome of this experimental investigation will provide valuable insights regarding the formation, preservation, alteration, and identification of dung fuels to better interpret similar combustion structures at archaeological sites.

Email de correspondance : mmateu@icac.cat (Marta Mateu)

UTILISATION DU FUMIER COMME COMBUSTIBLE ET MATÉRIAU DE CONSTRUCTION AU NÉOLITHIQUE À ÇATALHÖYÜK, TURQUIE

AROA GARCÍA-SUÁREZ¹

¹ Institución Milá y Fontanals, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IMF-CSIC)

La domestication des animaux au début de l'Holocène a entraîné une transformation majeure de l'écologie humaine. Ce processus a conduit à la disponibilité, régulière et prévisible, de produits animaux pour les populations humaines, notamment de la viande, du cuir et du fumier. Ce dernier, en particulier, a un potentiel inexploité pour étudier l'organisation de l'habitat et les stratégies économiques des populations préhistoriques. Cependant, même si les témoignages archéologiques de l'utilisation de fumier comme combustible et fertilisant se multiplient, son utilisation comme matériau de construction a rarement été détectée. À cet égard, l'identification des excréments d'animaux en archéologie a souvent été entravée par les effets de la manipulation humaine et les conditions d'enfouissement sur la préservation et l'apparence de cette ressource précieuse. Par conséquent, l'application de méthodologies à haute résolution visant à l'identification et l'analyse des matières fécales aux séquences stratigraphiques des sites devient vitale pour déterminer si l'absence de ces matériaux dans les archives archéologiques est le résultat de préférences humaines ou de conditions de préservation. Dans cette conférence, nous présenterons les résultats d'une recherche micro-contextuelle sur les zones de combustion, les espaces d'accumulation de déchets et les matériaux de construction du site néolithique de Çatalhöyük (7100-5950 cal BC), en Anatolie centrale. Cette approche méthodologique a contribué à l'identification des excréments d'animaux dans ces contextes, ainsi qu'à la caractérisation des processus taphonomiques qui ont affecté les fumiers archéologiques. Les résultats mettent en évidence l'utilisation du fumier comme combustible dans de grands feux ouverts appartenant aux derniers niveaux d'occupation de ce site, contrairement aux foyers et fours des maisons, qui sont presque totalement dépourvus de traces fécales, pointant ainsi vers une préférence pour l'utilisation du fumier comme combustible uniquement dans les espaces ouverts. De même, des excréments d'animaux ont été trouvés dans les matériaux de construction uniquement à la fin du Néolithique. Ces données suggèrent qu'il y a eu un changement dans les stratégies écologiques de cette population et dans les aspects socioculturels liés à l'utilisation du fumier au cours de cette période tardive.

DUNG USE AS FUEL AND CONSTRUCTION MATERIAL AT NEOLITHIC ÇATALHÖYÜK, TÜRKIYE

The domestication of animals at the beginning of the Holocene fostered a major transformation in human ecology. This process resulted in the regular and predictable availability of animal products to human populations, including meat, leather, and dung. The latter, in particular, has an untapped potential to shed light on the settlement organization and economic strategies of prehistoric communities. However, while archaeological evidence for dung used as fuel and manure is increasing, its use as construction material has been seldom detected. In this regard, the effects of human manipulation and burial conditions on the preservation and appearance of animal faecal matter have often hindered the identification of this valuable resource in the archaeological record. Thus, the application of high-resolution methodologies to site sequences aimed at the identification and analyses of faecal matter becomes vital to determine whether the absence of this material from the archaeological record is the result of human preferences or of preservation conditions.

In this contribution, we present a micro-contextual investigation of combustion features, discard areas and construction materials from the Neolithic site of Çatalhöyük (7100-5950 cal BC), in Central Anatolia. This approach has allowed the successful identification of animal dung in these contexts as well as the characterisation of the post depositional processes that affect archaeological faecal matter. Results point to the use of dung as fuel in large open fires in the latest levels of occupation at this settlement, in marked contrast with building fire installations that appear almost completely devoid of faecal residues, highlighting a preference for dung-fueled fires in open spaces. Similarly, the use of animal faecal matter in construction materials has only been documented in the Late Neolithic levels, thus suggesting a shift in the ecological strategies and socio-cultural aspects related to dung use at this specific time in the occupation of this long-lasting settlement.

Email de correspondance : a.garcia-suarez@imf.csic.es

STRATÉGIES COMBUSTIBLES EN MILIEU HYPERARIDE. L'UTILISATION DU GUANO DE LAMA DANS LES CONTEXTES MÉTALLURGIQUES PRÉHISPANIQUES DU DÉSERT D'ÁTACAMA

DANIELA GRIMBERG¹, ARIADNA CIFUENTES², VALENTINA FIGUEROA³, BENOÎT MILLE⁴

1 École doctorale d'archéologie ED112, Institut d'art et d'archéologie. Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, France & Technologie et Ethnologie des Mondes Préhistoriques UMR 8068, Maison Archéologie et Ethnologie René Ginouvès, Nanterre, France.

2 Departamento de Antropología, Universidad de Chile. Ñuñoa, Chile.

3 Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Museo R.P. Gustavo Le Paige S.J., Universidad Católica del Norte, San Pedro de Atacama, Chile.

4 Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France, Paris, France & Préhistoire et Technologie, CNRS UMR7055, Maison Archéologie et Ethnologie René Ginouvès, Nanterre, France.

Le désert d'Atacama se caractérise par un environnement principalement hyper-aride avec des ressources ligneuses et végétales rares dans lequel, depuis l'Holocène ancien jusqu'à aujourd'hui, les stratégies humaines liées aux combustibles représentent un véritable système technologique de gestion des ressources organiques dans un environnement d'aridité extrême.

L'utilisation de bouse de lama, connue sous le nom quéchua de *wánu* ou de guano, est une forme de savoir écologique andin, connu depuis l'époque préhispanique. Dans d'autres régions des Andes, ses qualités combustibles sont reconnues sous le nom de *taquia* (Lechtman, 1976; Pedersen, 1971). Les utilisations les plus répertoriées sont l'engrais, le rituel, la médecine, et le combustible. De nombreuses études montrent l'utilisation du guano de lama comme combustible, au cours de l'histoire andine, par exemple, pour le fonctionnement des foyers dans les camps miniers pré-incas de Chuquicamata (Núñez *et al.*, 2003 : 21-22), pour le développement de fonderies métallurgiques à l'embouchure de la vallée de Camarones, pendant la période tardive (Álvarez, 1992-93), dans des fours coloniaux dans les régions de Potosí et Porco (Pedersen, 1971; Van Buren et Cohen, 2010), dans des fours de la période républicaine à Cerro Pasco au Pérou (Lechtman, 1976) et, d'un point de vue ethnoarchéologique, dans des fours pour la production de céramiques dans les hautes terres du Pérou et de la Bolivie (Sillar, 2000), et pour des activités domestiques comme la cuisine (INEI, 2017). L'utilisation du guano de lama dans des contextes rituels est également centrale : il est utilisé dans des contextes mortuaires (Van Kessel, 2001), ou dans le cadre des offrandes (*challas*) lors d'activités cérémonielles (Pazzarelli et Lema, 2024).

Dans les contextes des fours métallurgiques pour la réduction de minerai de cuivre du site Catarpe Túnel, dont la datation ¹⁴C a donné des dates qui établissent une occupation entre 1402 et 1450 cal apr. J.-C, la présence de guano de camélidé comme combustible a été observée (Cifuentes *et al.*, 2024). En ce sens, l'utilisation d'excréments comme combustible pourrait expliquer la présence dans les fours de graines de plantes sauvages non comestibles carbonisées, ces dernières pouvant plutôt correspondre aux déchets des plantes consommées comme fourrage par l'animal (Miller et Smart, 1984), ou à la production de briques à partir de guano et d'herbes séchées (Palo *et al.*, 2021). L'ensemble de ces éléments suggère différentes stratégies d'adaptation aux sources de combustible disponibles dans le désert le plus aride du monde.

Dans ce travail, nous discutons des stratégies d'usage du guano de lama dans un contexte de combustion complexe, comme les fours métallurgiques de Catarpe Túnel, où la température de 1045°C est nécessaire pour la réduction du cuivre. À partir de l'analyse microscopique des échantillons de guano, nous vérifierons la composition de ce matériau et les possibles processus impliqués dans sa préparation pour être utilisé comme combustible. De cette manière, notre objectif est de comprendre l'utilisation du guano comme ressource spécialisée et comme matière première importante dans la technologie des combustibles, dont la gestion a été développée par les communautés préhispaniques du désert d'Atacama, afin d'optimiser ses qualités de combustion.

FUEL STRATEGIES IN THE HYPERARID. THE USE OF THE LLAMA *WÁNU* IN PRE-HISPANIC METALLURGICAL CONTEXTS OF THE ATACAMA DESERT

The Atacama Desert is characterized by a predominantly hyper-arid environment with scarce wood and plant resources in which, from the ancient Holocene to the present day, human strategies linked to fuels represent a veritable technological system for managing organic resources in an environment of extreme aridity.

The use of llama dung, known in quéchua as *wánu* or guano, is a form of Andean ecological knowledge known since pre-Hispanic times. In other regions of the Andes, its combustible qualities are known as *taquia* (Lechtman, 1976; Pedersen, 1971). The best-known uses are as fertilizer, fuel, ritual and medicine. Numerous studies show that llama

guano has been used as fuel throughout Andean history, for example, to keep fireplaces in the pre-inca mining camps of Chuquicamata (Núñez *et al.*, 2003 : 21-22), for the development of metallurgical furnaces at the Camarones Valley during the Late Period (Álvarez, 1992-93), in colonial furnaces in the Potosí and Porco regions (Pedersen, 1971 ; Van Buren and Cohen, 2010), in Republican-period kilns at Cerro Pasco in Peru (Lechtman, 1976) and, from an ethnoarchaeological point of view, in kilns for ceramic production in the highlands of Peru and Bolivia (Sillar, 2000), and for domestic activities such as cooking (INEI, 2017). The use of llama guano in ritual contexts is also central : it is used in mortuary contexts (Van Kessel, 2001), or as part of offerings (*challas*) during ceremonial activities (Pazzarelli and Lema, 2024).

In the contexts of metallurgical furnaces for the reduction of copper ore at the Catarpe Túnel site, where ¹⁴C dating has yielded dates establishing occupation between 1402 and 1450 cal AD, the presence of camelid guano as fuel has been observed (Cifuentes *et al.*, 2024). In this sense, the use of dung as fuel could explain the presence of charred non-edible wild plant seeds in the ovens, which may instead correspond to the waste from plants consumed as fodder by the animal (Miller and Smart, 1984), or to the production of bricks from guano and dried grasses (Palo *et al.*, 2021). Taken together, these elements suggest different strategies for adapting to the fuel sources available in the world's most arid desert.

In this work, we discuss strategies for using llama guano in a complex combustion context, such as the metallurgical furnaces of Catarpe Túnel, where a temperature of 1045°C is required for copper reduction. Based on the microscopic analysis of guano samples, we will verify the composition of this material and the possible processes involved in its preparation for use as fuel. In this way, our aim is to understand the use of guano as a specialized resource and as an important raw material in fuel technology, the management of which was developed for the pre-Hispanic communities of the Atacama desert, in order to optimize its combustion qualities.

Álvarez L., 1992-93. Metalurgia prehispánica inca en un sector costero marginal del Imperio. *Diálogo Andino* 11/12, p. 67-76..

Cifuentes A., Figueroa V., Sapiains P., Mille B., Grimberg D., González C., Echeñique E., Bataille T., Salazar D., Berenguer J., 2024. Wind furnaces of the Atacama Salt Flat, northern Chile : copper extractive metallurgy at the edge of Qhapaq Ñan. *Latin American Antiquity*. Publication acceptée.

Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019. *Hogares en los que cocinan con combustibles contaminantes : población involucrada y distribución territorial*. Colección poblaciones vulnerables. Lima, Perú, 56 pp.

Lechtman H., 1976. A metallurgical site survey in the Peruvian Andes. *Journal of Field Archaeology* 3(1), p. 1-42.

Miller N. F., Smart T. L., 1984. Intentional Burning of Dung as Fuel : A Mechanism for the Incorporation of Charred Seeds into the Archeological Record. *Journal of Ethnobiology* 4(1), p. 15-28.

Núñez L., Agüero C., Cases B. & de Souza P., 2003. El campamento minero Chiquicamata-2 y la explotación cuprífera prehispánica en el Desierto de Atacama. *Estudios Atacameños* 25, p. 7-34.

Palo Tejada J., Puma Taco A., Campos Falcon E., Colque Ollachica D., Figueroa Ccanohuire I., Chaupi Quispe L., 2021. Aprovechamiento del estiércol de alpaca e ichu para la producción de briquetas como fuente de energía calorífica en Arequipa. *TECNIA* 31(1), p. 51-55.

Pazzarelli F., Lema V., 2024. La geografía del estómago / el estómago de la geografía : texturas, cuerpos y ofrendas de arrieros en los Andes argentinos. *Antípoda, Revista de Antropología y Arqueología* 54, p. 3-25.

Pedersen A., 1971. Aspectos de la metalurgia indígena americana prehispánica. La huayra y su empleo en el proceso de fundición. *Etnia* 14, 5-10. Olavarría, Argentina.

Sillar B., 2000. Dung by preference : the choice of fuel as an example of how Andean pottery production is embedded within wider technical, social, and economic practices. *Archaeometry* 42(1), p. 43-60.

Van Buren M., Cohen, C., 2010. Technological changes in silver production after the Spanish conquest in Porco, Bolivia. *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino* 15(2), 29-46, Santiago, Chile.

van Kessel J., 2001. El ritual mortuorio de los aymara de Tarapacá como vivencia y crianza de la vida. *Chungara, Revista de Antropología Chilena* 33(2), p. 221-234.

Email de correspondance : daniela.grimberg@etu.univ-paris1.fr

FEU AUX FÈCES. ECONOMIES CIRCULAIRES EN EGYPTE

CHARLÈNE BOUCHAUD¹, MAËL CRÉPY², VLADIMIR DABROWSKI³, BÉRANGÈRE REDON²

1 AASPE (UMR 7209), MNHN-CNRS, Paris

2 CNRS, HiSoMA (UMR 5189), Lyon

3 Laboratoire de Géographie Physique : Environnements quaternaires et actuels (UMR 8591), LabEx Dynamite, UPEC-Paris1-CNRS

Les déjections animales de mouton, chèvre, dromadaire, âne, pigeon, constituent une matière première des plus importantes en Egypte jusqu'à un passé récent. Utilisée majoritairement comme combustible, pure ou mélangée à de la paille ou autres éléments végétaux, et comme engrais, cette matière noire témoigne de la mise en œuvre d'une réelle économie circulaire agro-sylvo-pastorale. La présentation a pour but de mettre en regard données archéologiques et sources textuelles anciennes et modernes permettant d'illustrer la diversité des usages et des pratiques liés aux fèces non-humaines. Plusieurs exemples éloquents provenant de sites archéologiques du désert oriental égyptien et des régions deltaïque et nilotique et couvrant une chronologie située entre le 1^{er} millénaire av. n. ère et les premiers siècles de n. ère seront présentés, témoignant de la fréquence des découvertes de coprolithes au sein des couches archéologiques. La concentration de ces déjections sur ces sites s'explique essentiellement en raison de leur utilisation combustible. Leur étude contextuelle permet de rendre compte de l'étendue des activités combustibles utilisant ces crottes dans les sphères domestiques, artisanales, balnéaires, *etc.* Les usages combustibles sont également documentés par les récits de voyageurs occidentaux du 19^e siècle, en particulier dans le désert oriental égyptien, offrant un regard documentaire sur ces pratiques. Enfin, les textes anciens, sur papyrus ou ostraca, rédigés en grec et datant des époques ptolémaïque et romaine (fin 4^e s. av. n. ère-3^e s. de n. ère) rendent compte de l'utilisation et de la gestion de κόπρος, dans des contextes principalement liés à l'amendement des terres, soulignant ainsi une activité peu révélée jusqu'à présent par l'archéologie égyptienne.

BURNING WASTE : CIRCULAR ECONOMIES IN EGYPT

Animal dung from sheep, goats, camels, donkeys, and pigeons constitutes one of the most significant raw materials in Egypt up until recent times. Primarily used as fuel, either pure or mixed with straw or other vegetal elements, and as fertilizer, this dark matter attests to the implementation of a genuine agro-sylvo-pastoral circular economy. The presentation aims to juxtapose archaeological data and ancient and modern textual sources to illustrate the diversity of uses and practices related to non-human *faeces*. Several eloquent examples from archaeological sites in the Egyptian Eastern Desert, deltaic, and Nile regions, covering a chronology ranging from the 1st millennium BCE to the early centuries CE, will be presented, demonstrating the frequency of dung discoveries within archaeological layers. The concentration of these droppings at these sites is primarily due to their combustible use. Their contextual study accounts for the extent of combustible activities utilizing dung, within domestic, artisanal, and bathhouse spheres, among others. Combustible uses are also documented by Western travelers' accounts from the 19th century, particularly in the Egyptian Eastern Desert, providing documentary insight into these practices. Finally, ancient texts, on papyrus or ostraca, written in Greek and dating from the Ptolemaic and Roman periods (late 4th century BCE-3rd century CE), account for the use and management of κόπρος, in contexts mainly related to land improvement, thus emphasizing an activity hitherto little revealed by Egyptian archaeology.

Email de correspondance : charlene.bouchaud@mnhn.fr

DES BOUSES DE VACHES AUX CROTTES DE CHEVREUIL : UNE THÉRAPEUTIQUE DU SALE RÉSERVÉE À LA FEMME DANS LES MONDES GREC ET ROMAIN ?

SANDRA JAEGGI-RICHOZ¹,

¹ Institut Catholique de Paris, EA 7403 / Université de Poitiers, HerMA, UR 15071

Importantes dans les écrits des agronomes latins, les déjections animales y sont considérées comme un excellent fertilisant. Surtout mentionnées dans les traités médicaux hippocratiques de l'école de Cnide, elles ont été associées par les spécialistes de la médecine antique à la 'médecine du sale' (Dreckmedizin) et spécifiquement aux traitements des femmes. Les répercussions de cette association ont alors conduit à envisager que les anciens considéraient la femme grecque et romaine comme impure. Or, si des bouses de vache séchées sont en effet mentionnées en fumigation pour les traitements de la matrice, aucune connotation d'impureté ne transparait jamais des textes médicaux. D'ailleurs, de manière générale, la fumigation renvoie plutôt à l'idée de sacralisation.

Corps impur ou corps sacré ? Le corps de la femme figurera au centre de notre réflexion sur l'emploi des excréments dans la thérapeutique antique. Nous nous appuierons sur les différents types de sources anciennes d'Homère à Célius Aurélien (traités médicaux comme recueils de savoirs encyclopédiques et mythologiques) pour démontrer que d'autres paramètres sont en jeu et que les excréments ne sont pas réservés aux soins des femmes. Nous terminerons par un parallèle moderne pour interroger le bien-fondé de ces pratiques.

FROM COW DUNG TO ROE DEER DROPPINGS : WAS DIRTY THERAPY RESERVED FOR WOMEN IN THE GREEK AND ROMAN WORLDS ?

Animal dejections were important in the writings of Latin agronomists, where they were considered to be an excellent fertilizer. Mentioned mainly in the Hippocratic medical treatises of the Knidos school, specialists in ancient medicine associated animal faeces with 'dirty medicine' (Dreckmedizin) and specifically with the treatment of women. The repercussions of this association led to the assumption that the ancients considered women (Greek and Roman) to be impure. And yet, while dried cow dung is indeed mentioned as a fumigant for treatment of the womb, no connotation of impurity ever appears in medical texts. Moreover, in general, fumigation is associated with the idea of sacredness.

Impure or sacred body ? The female body will be at the heart of our discussion of the use of excrement in ancient therapeutics. We will draw on the various types of ancient sources from Homer to Celsus Aurelianus (medical treatises as well as collections of encyclopaedic and mythological knowledge) to demonstrate that other parameters were at play and that excrement was not reserved for the care of women. We will conclude with a modern parallel to question the validity of these practices.

Email de correspondance : s.jaeggi@icp.fr

L'ARGENT N'A PAS D'ODEUR... DE L'USAGE DE L'URINE, MAIS PAS QUE... DANS LA PRODUCTION TEXTILE

CAROLE CHEVAL¹

¹ Université Côte d'Azur, CEPAM, France

Pecunia non olet, l'argent n'a pas d'odeur. Qui ne connaît pas cette citation attribuée à l'empereur Vespasien, dont la postérité est glorieusement assurée par... les Vespasiennes. C'est que l'on attribue à cet empereur la mise en place d'une taxe sur l'urine très utile alors.

Oui, ici il sera surtout question d'urine pour la production d'un matériau omniprésent dans la plupart des sociétés : le textile.

Si l'emploi de l'urine à des fins textiles est célèbre chez les Romains, s'agit-il d'un phénomène isolé ou d'une pratique largement répandue au sein des sociétés humaines ? À quoi servait cette urine ? Et l'emploi d'excréments dans la chaîne opératoire textile, plutôt inattendu, non ?

Dans cette communication nous proposons de réaliser un tour d'horizon diachronique des usages d'urines humaines et non-humaines et autres déjections dans les chaînes opératoires textiles de différentes sociétés. Ce survol pourra nous amener à une réflexion utile pour l'interprétation des vestiges archéologiques liés à ces problématiques.

USING OF URINE, BUT NOT ONLY... IN TEXTILE PRODUCTION

Pecunia non olet, money does not stink. Who doesn't know this quote attributed to the emperor Vespasian, whose posterity is gloriously ensured by... pissoirs.

A tax on urine, an important ingredient to the Roman industry, was imposed by the emperor.

Yes, here it will mainly be a question about urine for the production of a material omnipresent in most of our societies : textiles.

If the use of urine to make textile is famous among the Romans, is it an isolated phenomenon or a widespread practice within human societies ? What was this urine for ? And the use of excrement in the textile process, rather unexpected, isn't ?

In this communication, we propose to carry out a diachronic overview of the uses of human and non-human urine and other dung in the textile *chaîne opératoire* of different societies. This overview may lead us to useful reflections for the interpretation of archaeological remains linked to these issues.

Email de correspondance : chevalcarole@gmail.com

POSTERS

L'IMPACT MORPHOLOGIQUE DE LA PRÉSENCE DE GUANO DE CHAUVES-SOURIS EN GROTTES : VERS UNE RELECTURE DES FORMES DE PAROI ET DE LA RÉPARTITION DE L'ART PARIÉTAL PAR L'ÉTUDE DE LA BIOCORROSION

LAURENT BRUXELLES¹, LIONEL BARRIQUAND², JEAN-YVES BIGOT³, DIDIER CAILHOL¹,
GRÉGORY DANDURAND^{1,4}, PHILIPPE GALANT⁵, CÉLINE PALLIER^{1,4}, NATHALIE VANARA^{1,6}

1 TRACES, Toulouse, France

2 Edytem, Chambéry, France

3 AFK, France

4 Inrap

5 Ministère de la Culture, Montpellier, France

6 Université Paris 1 – Panthéon Sorbonne

Jusqu'à récemment, on pensait connaître la plupart des formes de paroi et de voûte visibles dans les cavités karstiques. Ainsi, que ce soit du fait de leur mode de creusement (syngénétique, paragénétique, hypogénique, fantômisation) ou de leur évolution postérieure (effondrement, écaillage, corrosion de condensation, concrétionnement...), les morphologies qui en résultent étaient identifiées et diagnostiquées. Pourtant, avec le développement récent des études autour de la biocorrosion, il apparaît que toute une série de formes manquait à ce panel, voire était faussement interprétée. Sur cette base, une nouvelle clé de lecture est apparue et permet la relecture de certaines cavités, aussi bien localement, le long de certaines salles ou galeries que dans leur intégralité. Les formes spéléogéniques initiales sont alors complètement effacées au point que la section des tronçons de galeries affectés par la biocorrosion a pu aller jusqu'à doubler, comme dans la grotte d'Azé en Bourgogne! Le moteur de cette spéléogénèse tardive est due à la présence de chauves-souris en grotte. Leur respiration est responsable du développement de cloches biogéniques à la voûte par corrosion de condensation. Mais c'est surtout l'accumulation de guano et sa minéralisation qui sont à l'origine de formes affectant l'ensemble de la galerie. Une fois accumulé au sol, le guano est transformé via une série de réactions chimiques mais aussi sous l'action de bactéries minéralisantes. Ces réactions provoquent une montée en température du guano (fermentation) et la libération d'acides puissants, le pH du tas de guano pouvant alors descendre à 2! De l'acide phosphorique migre vers la base du tas alors que des acides sulfurique et nitrique s'échappent sous forme d'aérosols au-dessus du guano. Ces aérosols, emportés par la convection et l'aérogologie de la cavité, se condensent sur les parois et la voûte plus fraîches. Ils dissolvent activement l'encaissant, qu'il soit en calcaire, dolomie, marbre, calcite voire même en roches réputées moins solubles. En fonction de la taille et de la localisation des tas de guano, de la morphologie de la cavité, de la nature de l'encaissant, de l'aérogologie mais aussi de l'éthologie des chiroptères, une série de formes caractéristiques s'imprime dans l'encaissant.

Ces dernières années, nous avons donc lancé la constitution d'un catalogue des formes de biocorrosion, en reprenant quelques morphologies déjà étudiées dans les régions tropicales mais surtout en identifiant de nouvelles formes qu'il a fallu décrire et nommer. Ce catalogue s'adresse à tous les usagers du milieu souterrain et constitue une nouvelle clé de lecture qui se complète et se précise au gré des explorations. Ainsi, une fois capable d'identifier ces formes, il est possible de compléter l'histoire spéléogénique de la cavité, d'identifier d'anciennes aires occupées par les chauves-souris ou de réfléchir à l'évolution des entrées ou de l'aérogologie du réseau, en lien avec l'évolution géomorphologique en surface. Cette grille de lecture permet aussi, dans certains cas, d'expliquer que des galeries ou des cavités ne contiennent plus d'art pariétal. Si les chauves-souris sont venues après le passage des artistes préhistoriques, les parois auront été décapées (grottes du Mas d'Azil et d'Aldène par exemple). Il en est de même pour l'absence de vestiges osseux dans les sédiments qui ne résistent pas aux jus acides percolant sous les tas de guano (grottes de Gatzarria et du Portel Ouest par exemple). Dans le cas de concrétions corrodées, que l'on pensait profilées par l'eau, il n'est plus besoin de faire remonter le niveau de base, et donc celui des rivières, depuis le fond des vallées pour expliquer leur état. Bien souvent, il ne s'agit que de biocorrosion et les autres formes de parois ainsi que les dépôts de phosphate en attestent (grottes d'Isturitz et de Pech Merle par exemple). L'interprétation géomorphologique de ces spéléothèmes altérés est désormais plus simple... Enfin, ces découvertes s'appliquent aussi au patrimoine bâti qui peut abriter de grosses colonies de chauves-souris. Les sols, les murs et la voûte subissent des impacts comparables à ceux observés dans les grottes et l'on peut y lire des stades incipients de biocorrosion qui, à terme, peuvent mettre en danger la stabilité de l'ouvrage.

À ce jour, près d'une trentaine de formes ont été distinguées et constituent autant de d'indices reconnaissables de biocorrosion, quels que soient le type de cavité ou sa position géographique. Nul doute cependant qu'il reste encore, sous nos yeux, d'autres indices que nous ne savons pas encore identifier mais qui viendront bientôt compléter et enrichir ce catalogue des formes de biocorrosion.

THE MORPHOLOGICAL IMPACT OF THE PRESENCE OF BAT GUANO IN CAVES : TOWARDS A REREADING OF WALL FEATURES AND THE DISTRIBUTION OF PARIETAL ART THROUGH THE STUDY OF BIOCORROSION

Until recently, we thought we knew most of the wall and vault features visible in karst cavities. Thus, whether due to their mode of digging (syngenetic, paragenetic, hypogenic, ghost rock) or their subsequent evolution (collapse, spalling, condensation-corrosion, speleothemes, etc.), the resulting morphologies were identified and diagnosed. However, with the recent development of studies around biocorrosion, it appears that a whole series of forms were missing from this panel, or even falsely interpreted. On this basis, a new reading key has appeared and allows the rereading of numerous cavities, both locally (along certain rooms or galleries) but sometimes also in their entirety. The initial speleogenic features are then completely erased to the point that the profile of the galleries affected by biocorrosion has doubled, as in the Azé cave in Burgundy !

The driving force behind this late speleogenesis is due to the presence of bats in caves. Their respiration is responsible for the development of bells holes in the vault through condensation-corrosion. But it is above all the accumulation of guano and its mineralization which are at the origin of features affecting the entire gallery. Once accumulated on the ground, guano is transformed via a series of chemical reactions but also under the action of mineralizing bacteria. These reactions cause a rise in temperature of the guano (fermentation) and the release of powerful acids, the pH of the guano pile can then drop to 2 ! Phosphoric acid migrates towards the base of the pile while sulfuric and nitric acids escape in the form of aerosols above the guano. These aerosols, carried away by the convection and aerology of the cavity, condense on the cooler walls and roof. They actively dissolve the surrounding material, whether it is limestone, dolomite, marble, calcite or even rocks known to be less soluble. Depending on the size and location of the guano piles, the morphology of the cavity, the nature of the surrounding area, the aerology but also the ethology of the bats, a series of typical features are impressed in the host rock.

In recent years, we have therefore launched the creation of a catalog of forms of biocorrosion, by taking up some morphologies already studied in tropical regions but mostly by identifying new forms which had to be described and named. This catalog is aimed at all users of the underground environment and constitutes a new reading key which is completed and clarified according to the ongoing explorations. Thus, once able to identify these shapes, it is possible to complete the speleogenic history of the cavity, to identify former areas occupied by bats or to have clues about the evolution of the entrances or the aerology of the network, linked to the geomorphological evolution on the surface. This reading grid also makes it possible, in certain cases, to explain that galleries or cavities no longer contain rock art. If the bats came after the passage of prehistoric artists, the walls will have been stripped (Mas d'Azil and Aldène caves for example). The same goes for the absence of bone remains in the sediments which do not resist the acidic juices percolating under the piles of guano (Gatzarria and Portel Ouest caves for example). In the case of corroded speleothems, which were thought to be profiled by water, it is no longer necessary to raise the base level, and therefore that of the rivers, from the bottom of the valleys to explain their state. Very often, it is only a question of biocorrosion and the other features of walls as well as the phosphate deposits attest to this (Isturitz and Pech Merle caves for example). The geomorphological interpretation of these modified speleothems is now simpler... Finally, these discoveries also apply to built heritage which can shelter large colonies of bats. The ground, walls and vault undergo impacts comparable to those observed in caves and we can see early stages of biocorrosion which, in the long term, can endanger the stability of the structure.

To date, nearly thirty features have been distinguished and constitute as many recognizable indicators of biocorrosion, whatever the type of cavity or its geographical position. There is no doubt, however, that there still remain, just in front of our eyes, other clues that we do not yet know how to identify but which will soon complete and enrich this catalog of biocorrosion features.

Email de correspondance : laurent.bruxelles@cnrs.fr

LES LIMONS DE BERGERIE SONT-ILS DE BONS ENREGISTREURS ARCHÉOMAGNÉTIQUES ? UNE ÉTUDE MÉTHODOLOGIQUE À LA GROTTÉ DE PERTUS 2 (MÉAILLES, ALPES-DE-HAUTE-PROVENCE)

GWENAËL HERVÉ¹, CÉDRIC LEPÈRE², ANNICK CHAUVIN³

1 Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement/IPSL, UMR 8212, CEA, CNRS, UVSQ, Gif-sur-Yvette, France

2 Eveha, chercheur associé au CEPAM

3 Univ Rennes, CNRS, Geosciences Rennes - UMR 6118, Rennes, France

Les séquences de limons de bergerie en grotte, constituées d'une superposition de niveaux rubéfiés, sont à première vue des contextes archéologiques très utiles pour étudier la variation séculaire du champ magnétique terrestre. L'intégration des résultats archéomagnétiques dans des modèles chronologiques bayésiens permettrait aussi de s'interroger sur les temporalités d'occupation des grottes, notamment aux périodes caractérisées par un effet plateau sur la courbe de calibration radiocarbone. Les quelques études publiées semblent montrer la faisabilité de l'archéomagnétisme sur les limons de bergerie. Cependant, la comparaison des directions archéomagnétiques obtenues avec celles des rares fours et foyers contemporains disponibles dans la base de données montrent une concordance en déclinaison mais une tendance à des inclinaisons en moyenne plus faibles sur les limons de bergerie. Ce comportement pourrait suggérer une déviation de la direction de l'aimantation thermorémanente (ATR) après la chauffe à cause de processus de compaction par exemple. Vérifier la fiabilité de ces contextes archéologiques en archéomagnétisme apparaît donc un enjeu important.

Dans cette communication, nous présentons les résultats obtenus sur les niveaux de limons de bergerie de la grotte de Pertus 2 (fouilles C. Lepère). L'échantillonnage s'est porté sur 16 niveaux du Néolithique moyen et final. Près de 100 prélèvements orientés ont été réalisés par carottage manuel dans les zones les mieux préservées. Au laboratoire, les spécimens (1-2 par carotte de 2,5 cm de diamètre) ont fait l'objet d'une caractérisation détaillée de la minéralogie magnétique, de désaimantations thermiques et par champ alternatif et enfin d'une détermination du tenseur d'anisotropie de l'aimantation anhystérétique. Les résultats mettent en évidence la présence de grains de magnétite qui portent une composante d'aimantation clairement définie interprétée comme l'ATR acquise lors de la dernière chauffe. Ce comportement à l'échelle du spécimen est considéré comme très favorable en archéomagnétisme. Cependant, à l'échelle de la couche stratigraphique, on observe une dispersion importante, parfois même entre 2 spécimens d'une même carotte, sur la moitié des niveaux prélevés. Cette dispersion résulte probablement des processus taphonomiques qui se sont produits après la chauffe (e.g. bioturbations). Sur les 8 autres niveaux, le regroupement des directions rend possible le calcul d'une direction moyenne. Les déclinaisons moyennes sont en bon accord le long de la séquence. Les inclinaisons en revanche montrent une variation en dents de scie avec deux groupes de valeurs autour de 55° et 65°. Si cette variation reflète celle du champ géomagnétique à cette période ou bien résulte d'un artefact dans l'enregistrement de l'inclinaison, par compaction par exemple, reste une question non-résolue. Les résultats d'anisotropie anhystérétique et les analyses micromorphologiques, en cours d'acquisition, apporteront peut-être un éclaircissement.

ARE MANURE HEAPS RELIABLE ARCHAEOMAGNETIC RECORDERS ? A METHODOLOGICAL STUDY AT PERTUS 2 CAVE (MÉAILLES, SOUTHERN FRANCE)

Sequences of manure in caves, made up of a superposition of reddened layers, are at first sight very useful archaeological contexts to study the secular variation of the geomagnetic field. Integrating archaeomagnetic results into Bayesian chronological models would also make possible to investigate the temporality of cave occupation, especially in periods characterized by a plateau effect on the radiocarbon calibration curve. A couple studies seem to demonstrate the feasibility of archaeomagnetism on manure heaps. However, the comparison of the archaeomagnetic directions with those obtained on the few contemporary ovens and hearths available in the database shows similar declination values but a tendency towards lower average inclination in the manure heaps. This behaviour could suggest a deviation of the direction of the thermoremanent magnetization (TRM) after heating, due to compaction processes for example. Checking the reliability of such archaeological contexts in archaeomagnetism is therefore an important issue.

In this communication, we present the results obtained on the manure levels of Pertus 2 cave in Southern France (excavations C. Lepère). Sampling focused on 16 levels dated in the Middle and Late Neolithic. Nearly 100 oriented samples were performed by hand coring in the best-preserved areas. At the laboratory, the specimens (1-2 per 2.5 cm diameter core) were subjected to a detailed study of the ferromagnetic mineralogy, to thermal and alternating field

demagnetization and finally to an investigation of the anisotropy of the anhysteretic remanent magnetization. The results highlight the presence of magnetite grains that carry a clearly defined magnetization component interpreted as the TRM acquired during the last heating. This behaviour at the specimen scale is considered very favourable in archaeomagnetism. However, at the scale of the stratigraphic layer, a significant dispersion, sometimes even within the 2 specimens from the same core, is observed on half of the sampled levels. This dispersion probably results from the taphonomic processes that occurred after heating (e.g. bioturbations). On the 8 other layers, the grouping of directions makes possible the calculation of an average direction. While the mean declination values are in good agreement along the sequence, the inclination values show a sawtooth variation with two groups around 55° and 65°. Whether this variation reflects the one of the geomagnetic field at this period or is related to a bias in the recording of the inclination, due to compaction processes for example, remains unclear. The results of magnetic anisotropy experiments and the ongoing micromorphological analyses will perhaps shed some light on these hypotheses.

Email de correspondance : gwenael.herve@lscce.ipsl.fr

APPROCHE MULTIDISCIPLINAIRE DE L'ANALYSE DE COPROLITHES DE MOUTON/ CHÈVRE DU SITE DU BRONZE ANCIEN DES MONGETS, SÉVRIER (HAUTE-SAVOIE)

MARIE LELIEVRE¹, LAURENT BOUBY², YVES BILLAUD³, ANA EJARQUE², MARLU KÜHN⁴,
CAROL MOREAU⁵, CAROLINE PONT⁵, JÉRÔME SALSE⁵, MANON CABANIS¹

1 Université Clermont Auvergne, CNRS, INRAP, GEOLAB, F-63000 Clermont-Ferrand, France

2 ISEM, UMR 5554, Université Montpellier, CNRS, IRD, EPHE, Montpellier

3 Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines (DRASSM), Marseille, UMR 5138 ArAr Archéologie et Archéométrie

4 Integrative Prehistory and Archaeological Science (IPAS), Department of Environmental Sciences, University of Basel, Basel, Switzerland

5 UCA-INRAE UMR 1095 Genetics, Diversity and Ecophysiology of Cereals (GDEC), Clermont-Ferrand

Bien que des coprolithes aient été retrouvés sur des sites palafittiques depuis le XIX^{ème} siècle (Kuhn *et al.* 2013), la reconnaissance de leur potentiel dans la recherche sur les pratiques agro-pastorales du passé est encore en plein essor (Jakobitsch *et al.* 2023). Les sites de milieux humides permettent une préservation exceptionnelle des vestiges organiques grâce aux conditions anoxiques. Ce poster vise à tester une approche multidisciplinaire incluant carpologie, palynologie et analyse de l'ADN ancien sur les coprolithes retrouvés sur le site des Mongets en Haute-Savoie.

Ce site, sur la rive ouest du lac d'Annecy, est daté par radiocarbone de l'âge du Bronze ancien : il est donc une exception parmi les occupations alpines françaises, la plupart datées du Néolithique ou de l'âge du Bronze récent (Billaud et Marguet 1997). Cette étude réalisée sur une demi-douzaine de coprolithes retrouvés dans un prélèvement carpologique de cette occupation vise à étoffer notre compréhension de l'environnement de ce site et des activités qui y étaient pratiquées, à travers l'emploi d'analyses multidisciplinaires et multiscales.

En effet, les fèces excrétées par des moutons ou des chèvres pourraient révéler des informations sur la diète et les conditions de vie de ces animaux. L'étude des restes végétaux piégés dans les coprolithes renseigne sur les aliments consommés par le bétail, livrant des données sur les types de végétaux et de milieux exploités, les pratiques de gestion des animaux et leur saisonnalité (e.g. Akeret et Jacomet 1997). Aussi, la palynologie permet de reconstituer la végétation des environnements fréquentés par les caprinés : les pollens, présents dans l'air, l'eau et sur les végétaux, sont ingérés par les caprinés et se retrouvent dans la matrice du coprolithe (e.g. Akeret *et al.* 1999). De plus, l'étude des microfossiles non-polliniques peut révéler la trace de parasites intestinaux touchant le bétail. Enfin, des analyses ADN pourraient permettre d'étendre l'éventail d'espèces végétales identifiables et confirmer l'espèce de capriné, là où la morphométrie et d'autres types d'analyses ne permettent pas de différencier le mouton de la chèvre (Shahack-Gross 2011). Le croisement de ces méthodes, à échelles micro, macroscopique et moléculaire permettra d'élargir le spectre de taxons identifiés et de proposer une interprétation plus complète des activités pastorales pratiquées aux Mongets.

La méthodologie proposée est adaptée de Kühn *et al.* (2013). Il s'agit d'abord de 'nettoyer' l'extérieur de chaque coprolithe afin de retirer de possibles contaminants ; les mesurer et les peser ; enfin, les disséquer dans de l'eau déminéralisée à l'aide d'une loupe binoculaire pour en extraire les carpolestes. Une partie de la fraction restante fait l'objet d'une analyse palynologique, tandis que l'autre fera l'objet d'une analyse de l'ADN ancien préservé dans l'échantillon. Les phases de préparation à ces analyses, ainsi que l'étude carpologique et l'analyse paléogénétique auront lieu dans un laboratoire confiné afin d'éviter les risques de contamination par du pollen ou de l'ADN moderne.

A MULTI-DISCIPLINARY APPROACH TO SHEEP/GOAT COPROLITE ANALYSIS AT EARLY BRONZE AGE LES MONGETS, SÉVRIER (FRANCE)

Although dung and coprolites have been found in ancient wetland settlements since the 19th century (Kuhn *et al.* 2013), their potential as a source of information on past societies has only recently come to full recognition (Jakobitsch *et al.* 2023). Anaerobic conditions in wetland sites provide exceptional preservation of organic remains. This poster investigates coprolites discovered at Les Mongets, an Early Bronze Age site situated on the shores of Lake Annecy in the French Alps, by employing a multi-disciplinary approach, including botanical macroremains identification, palynological analysis and ancient DNA testing.

Les Mongets is a "pile-dwelling" site on the western shore of Lake Annecy, radiocarbon dated to the Early Bronze Age (Billaud 1992), a rare find among French Alpine settlements, which are mostly dated to the Neolithic or Late Bronze Age (Billaud and Marguet 1997). This study, carried out on six coprolites found in a sediment sample from this occupation,

aims to expand our understanding of its environment and the pastoral activities that were practiced there, through the use of multidisciplinary and multiscale analyses.

The sheep and goat dung pellets found at Les Mongets, provide a glimpse into the diet and human management of these animals. The extraction of seed, leaf and plant fiber fragments from the dung matrix, and the determination and quantification of taxa offer direct knowledge of the animals' diet, informing us on the types of plants and environments that were exploited such as forest, fallows, grassland and cultivated plants, the way animals were cared for (grazing, stall feeding) and the seasonality (e.g., Akeret and Jacomet 1997). In addition, pollen analysis provides valuable insights into the environments frequented by sheep and goats: pollens, which are present in the air, water and plants that the animals ingested, become trapped in the dung matrix (e.g., Akeret *et al.* 1999). Furthermore, examination of non-pollen palynomorphs in these coprolites can inform on parasitic worms affecting livestock. Finally, DNA analysis could expand the panel of identifiable plant species present in the environments frequented by herds as well as confirm the species of *caprinae* when morphometry and other analyses cannot distinguish between sheep and goats. (Shahack-Gross 2011). Combining these methods at micro, macroscopic and molecular scales will enable us to broaden the spectrum of taxa identified and provide a more complete interpretation of pastoral activities at Les Mongets.

The proposed methodology is adapted from Kühn *et al.* (2013). It involves scraping of the exterior of the dung pellets to remove any contaminants; the pellets are then weighted and dissected in demineralized water under a stereomicroscope to extract botanical macroremains. A portion of the coprolites will undergo pollen analysis, while another fraction of the coprolites will be sent for ancient DNA testing. The preparation phases for these analyses, the macroremains study and the paleogenetic analysis will take place in a confined laboratory in order to avoid the risk of contamination by modern pollen or DNA.

Akeret Ö., Jacomet S., 1997. Analysis of plant macrofossils in goat/sheep faeces from the Neolithic lake shore settlement of Horgen Scheller – an indication of prehistoric transhumance? *Vegetation History and Archaeobotany* 6, p. 235–9

Akeret Ö., Haas J. N., Leuzinger U., Jacomet S., 1999. Plant macrofossils and pollen in goat/sheep faeces from the Neolithic lake-shore settlement Arbon Bleiche 3, Switzerland. *Holocene* 9, p. 175–182

Billaud Y., Marguet A., 1997. L'archéologie subaquatique dans les lacs Alpains Français, In: *Dynamique du paysage: Entretiens de géoarchéologie* (Table ronde tenue à Lyon les 17 et 18 novembre 1995), Lyon: Alpara, p. 219-264

Jakobitsch T., Dworsky C., Heiss A. G., Kühn M., Rosner S., Leskovar J., 2023. How animal dung can help to reconstruct past forest use: a late Neolithic case study from the Mooswinkel pile dwelling (Austria), *Archaeological and Anthropological Sciences* 15(20), 18 p.

Kühn M., Maier U., Herbig C., Ismail-Meyer K., Le Bailly M., Wick L., 2013. Methods for the examination of cattle, sheep and goat dung in prehistoric wetland settlements with examples of the sites Alleshausen-Taschenwiesen and Alleshausen-Grundwiesen (around cal 2900 BC) at Lake Federsee, south-west Germany, *Journal of Environmental Archaeology* 18(1), p. 43-57

Shahack-Gross R., 2011. Herbivorous livestock dung: formation, taphonomy, methods for identification, and archaeological significance, *Journal of Archaeological Science* 38, p. 205-218

Email de correspondance : marie.lelievre@uca.fr

LES GROTTES FRANÇOIS I À AIGUEBELETTE (SAVOIE), UNE NOUVELLE GROTTA BERGERIE MÉDIÉVALE

PIERRE-JÉRÔME REY¹, ERWAN MESSAGER¹, OLIVIER LEMPEREUR²

1 UMR 5204 EDYTEM, Université Savoie Mont Blanc, CNRS, Le Bourget du Lac, France

2 UMR 5189 HISOMA, Maison de l'Orient et de la Méditerranée - Jean Pouilloux, Lyon, France

Une campagne de sondages réalisée en 2018 dans le bassin versant du lac d'Aiguebelette a permis d'intervenir pour la première fois sur deux cavités jumelles qui s'ouvrent à 870 m d'altitude sur le flanc ouest de la montagne de l'Épine. Ce chaînon jurassien raide n'est pas caractérisé par la présence d'alpages importants. Des sondages de 1 m² ont révélé un remplissage dominé par des fumiers minéralisés, de plus d'un mètre d'épaisseur, dans la grotte la plus spacieuse, alors que la cavité la plus petite présente des traces ténues d'occupation humaine. Quelques vestiges mobiliers suggèrent l'utilisation simultanée des deux cavités et placent le début du fonctionnement de la bergerie vers la fin de l'Antiquité. Plusieurs datations par le radiocarbone sont en cours pour préciser la durée de cette pratique. L'intérêt de la bergerie des grottes François I réside dans sa chronologie assez tardive et sa position relativement septentrionale par rapport à l'état des connaissances sur ces sites spécialisés. Elle apporte un éclairage intéressant sur les pratiques pastorales mal connues au cours de la première moitié du Moyen Âge, dans l'avant-pays savoyard.

THE FRANÇOIS I CAVES AT AIGUEBELETTE (SAVOIE), A NEW MEDIEVAL SHEEPFOLD CAVE

A survey campaign carried out in 2018 in the Lac d'Aiguebelette watershed enabled us to work for the first time on two twin cavities that open up at 870 m altitude on the western flank of the Montagne de l'Épine. This steep Jura chain is not characterized by the presence of any significant mountain pastures. Test pits measuring 1 m² revealed a mineralized manure-dominated fill more than one meter thick in the largest cave, while the smallest cavity showed faint traces of human occupation. Few archaeological remains suggest simultaneous use of the two cavities, and place the beginning of the use of one cave as sheepfold around the end of Antiquity. Several radiocarbon dates are currently underway to determine the duration of this practice. The interest of the François I cave sheepfold lies in its rather late chronology and its relatively northerly position in relation to the state of knowledge on these specialized sites. It sheds interesting light on little-known pastoral practices in the Savoy foreland during the first half of the Middle Ages.

Email de correspondance : pierjrey@free.fr

ANALYSES GÉNOMIQUES DE COPROLITHES DE *CROCUTA CROCUTA* DU CENTRE DE L'ITALIE COMME PROXY POUR LES RECONSTRUCTIONS PALÉOENVIRONNEMENTALES ET PALÉOÉCOLOGIQUES

MARCO ROMBONI¹, FLAVIO DE ANGELIS^{2,3}, MAURIZIO GATTA⁴, MARIO FEDERICO ROLFO⁴,
LUCA ALESSANDRI⁵, DAMIANO MARCHI^{1,6}, SERGIO TOFANELLI¹, GIOVANNI BOSCHIANI^{1,7}

1 Department of Earth Sciences, University of Pisa, Pisa, Italy

2 Department of Biology, California State University Northridge

3 Department of Mental, Physical Health and Preventive Medicine, University of Campania "L. Vanvitelli"

4 Department of History, Culture and Society, University of Rome "Tor Vergata", Rome, Italy

5 Groningen Institute of Archaeology, University of Groningen, Groningen, The Netherlands

6 Centre for the Exploration of the Deep Human Journey, University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa

7 Palaeo-Research Institute, University of Johannesburg, Johannesburg, South Africa

Les paléofèces et les coprolithes sont des sources précieuses d'informations sur les espèces qui les ont produites et les environnements qu'elles ont habités.

Les coprolithes peuvent être analysés selon plusieurs méthodes en termes de morphologie, de présence de macro ou de microfossiles, et d'analyses biomoléculaires, dont la combinaison pourrait fournir une vue d'ensemble de l'alimentation et de la santé d'un organisme. Plus précisément, les coprolithes fournissent des informations sur les schémas alimentaires à une résolution temporelle très détaillée, ce qui permet également de déterminer l'occupation saisonnière du site. Le pollen, les graines, les parasites, ainsi que la matière végétale et animale récupérée à partir de coprolithes sont couramment utilisés à cette fin.

Les coprolithes sont également des sources d'ADN ancien (aDNA) de diverses origines; les molécules d'ADN provenant de l'individu déposant, de leurs proies, voire des microorganismes associés, sont potentiellement conservées au sein de la matrice du coprolithe, représentant un enregistrement alimentaire et environnemental de quelques jours, ce qui peut aider à améliorer la résolution et les informations sur le paléoenvironnement local et l'écologie. Par conséquent, l'exploration génomique de ce matériau pourrait permettre d'obtenir des informations fiables sur l'organisme qui l'a produit, sa diversité populationnelle, la présence de pathogènes dans le microbiome fécal, voire l'identification de restes de repas.

Dans cette optique, six coprolithes de *Crocota crocuta* provenant de deux sites du Pléistocène en Italie centrale (Cava Muracci et La Sassa) ont été analysés à l'aide du séquençage shotgun et de l'analyse métagénomique pour étudier l'alimentation des hyènes des cavernes datant d'environ 40 à 32 ka cal BP, représentant la première étude pilote sur l'évaluation génomique des coprolithes du Pléistocène de la péninsule italienne.

La zone étudiée est la plaine pontine, une petite plaine dans le centre de l'Italie, bien étudiée par plusieurs travaux sur les assemblages fauniques et les enregistrements polliniques provenant des dépôts lacustres et des coprolithes, caractérisée par la coexistence de différents habitats à quelques kilomètres pendant le Pléistocène supérieur.

Ce travail vise à démontrer l'utilité de l'analyse de l'aDNA à partir de coprolithes comme un proxy intégratif pour la reconstruction des conditions paléoenvironnementales locales, complétant les précédentes investigations multidisciplinaires dans la région.

Les résultats de l'analyse génomique ont fourni des informations sur l'alimentation de *C. crocuta* dans la plaine pontine, en accord avec les assemblages fauniques et les enregistrements polliniques, soutenant ainsi les reconstructions paléoenvironnementales existantes. Les échantillons de coprolithes de La Sassa ont révélé la présence de plusieurs taxons d'herbivores dans l'alimentation des hyènes, reflétant un schéma alimentaire hétérogène. La détection de divers taxons d'herbivores dans les mêmes coprolithes (*Bos primigenius*, *Cervus elaphus* et *Equus ferus*) implique leur présence contemporaine en proximité de la grotte, renforçant les reconstructions précédentes décrivant une zone boisée avec des conditions climatiques tempérés pendant le MIS 3.

Nous avons également analysé les échantillons de La Sassa pour détecter l'ADN du pollen. Malgré des résultats modestes en raison de divers facteurs diagenétiques, l'ADN des plantes identifiées renforce les reconstructions environnementales antérieures basées sur la présence de formations de steppe/prairie et de zones boisées pendant les périodes glaciaires.

De plus, le génome mitochondrial presque complet récupéré à partir d'un échantillon de coprolithe de La Sassa, datant d'environ 32-33 ka, fournit les premières informations génomiques sur les hyènes des cavernes dans la péninsule italienne. L'analyse de l'échantillon est conforme aux données génomiques précédemment publiées, le plaçant dans la lignée européenne et africaine (Haplogroupe A) et étendant sa plage géographique en Europe du Sud.

En conclusion, cette étude met en évidence le potentiel des coprolithes en tant que source directe d'informations par le biais de l'ADN ancien et son importance en tant que proxy pour les reconstructions paléoenvironnementales.

GENOMIC ANALYSES OF *CROCUTA CROCUTA* COPROLITES FROM CENTRAL ITALY AS A PROXY FOR PALEOENVIRONMENTAL AND PALEOECOLOGICAL RECONSTRUCTIONS

Paleofeces and coprolites serve as valuable information sources about the species that produced them, and their environment.

Coprolites can be analysed through multiple methods, including morphology, presence of macro or microfossils, and biomolecular analyses, whose combination can provide a comprehensive view of the diet and health of an organism. Specifically, coprolites provide information on dietary patterns at very detailed temporal resolution, which can be used to determine even seasonal site occupancy.

Pollen, seeds, parasites, and vegetal and animal matter recovered from coprolites are routinely used for this aim.

Coprolites are also sources of ancient DNA (aDNA) of various origins ; DNA molecules from the depositing individuals, their prey, and even associated microorganisms are potentially preserved within the coprolite matrix, representing a dietary and environmental record of a few days, which can help to improve the resolution and the information about the local paleoenvironmental and ecology.

Accordingly, genomic exploration of that material can provide reliable information about the organism that produced it, the diversity of its population, the presence of pathogens in the fecal microbiome, and can even help identifying meal remains.

For this purpose, six coprolites of *Crocuta crocuta* from two Pleistocene sites in central Italy (Cava Muracci and La Sassa) were analysed using shotgun sequencing and metagenomic analysis to investigate the diet of cave hyenas dating back to approximately 40 to 32 ka cal BP, representing the first pilot study on the genomic evaluation of Pleistocene coprolites from the Italian peninsula.

The investigated area is the Pontine Plain, a small plain in central Italy, well investigated by several studies on faunal assemblages and pollen records from lacustrine deposits and coprolites, characterised by the coexistence of different habitats within a few kilometers during the Late Pleistocene.

This work aims to demonstrate the utility of aDNA analysis from coprolites as an integrative proxy for reconstructing local paleoenvironmental conditions, complementing previous multidisciplinary investigations in the region.

The results of genomic analysis provided insights into the diet of *C. crocuta* in the Pontine plain, aligning with faunal bone assemblages and pollen records, thus supporting existing palaeoenvironmental reconstructions. Coprolite samples from the site of La Sassa revealed multiple herbivore taxa in the diet of hyenas, reflecting a heterogeneous dietary pattern.

Detecting various herbivore taxa in the same coprolites (*Bos primigenius*, *Cervus elaphus*, and *Equus ferus*) implies their contemporaneous occurrence in proximity of the cave, possibly within 15/20 km, supporting previous reconstructions describing a wooded area with mild conditions during MIS 3.

We also analysed La Sassa samples to detect pollen DNA. Despite modest results due to various diagenetic factors, identified plant DNA reinforces prior environmental reconstructions based on the presence of steppe/grassland formations and wooded areas during glacial periods.

Additionally, the recovered near-complete mitochondrial genome from a coprolite sample from La Sassa, dated to around 32-33 ka cal BP, provides the first genomic insights into cave hyenas in the Italian peninsula. Analysis of the sample aligns with previously published genomic data, placing it within the European and African lineage (Haplogroup A) and extending its geographic range in southern Europe.

In conclusion, this study highlights the potential of coprolites as a direct source of information through ancient aDNA and its importance as a proxy for paleoenvironmental reconstructions.

Email de correspondance : marco.romboni@phd.unipi.it

ADRESSES ÉLECTRONIQUES • EMAIL ADDRESSES

JACQUELINE ARGANT

j.argant@wanadoo.fr

CHÉÏMA BARHOUMI

cheima.barhoumi@gmail.com

LUCILE BECK

lucile.beck@cea.fr

SAMMY BEN MAKHAD

sammy.benmakhad@gmail.com

CHARLÈNE BOUCHAUD

charlene.bouchaud@mnhn.fr

JEAN-PHILIP BRUGAL

jean-philippe.brugal@univ-amu.fr

LAURENT BRUXELLES

laurent.bruxelles@cnrs.fr

CHRISTIANE CHENEUX-BERTHELOT

christiane.cheneux@gmail.com

CAROLE CHEVAL

chevalcarole@gmail.com

VLADIMIR DABROWSKI

vladimir.dabrowski@gmail.com

MARTA DAL CORSO

marta.dalcorso@unipd.it

CLAIRE DELHON

claire.delhon@cepam.cnrs.fr

THIERRY DUTOIT

thierry.dutoit@imbe.fr

DAVID ETIENNE

david.etienne@univ-smb.fr

KAI FECHNER

Kai.Fechner@inrap.fr

AROA GARCÍA-SUÁREZ

a.garcia-suarez@imf.csic.es

EMILIE GAUTHIER

emilie.gauthier@univ-fcomte.fr

IGOR GIRAULT

igor.girault@neuf.fr

DANIELA GRIMBERG

daniela.grimberg@etu.univ-paris1.fr

GWENAËL HERVÉ

gwenael.herve@lsce.ipsl.fr

SIXTINE HOELLINGER

hoellinger.sixtine@hotmail.fr

JÉRÉMY JACOB

jeremy.jacob@lsce.ipsl.fr

SANDRA JAEGGI-RICHOZ

s.jaeggi@icp.fr

SOPHIE LALIGANT

sophie.laligant@univ-tours.fr

MATTHIEU LE BAILLY

matthieu.lebailly@univ-fcomte.fr

MARIE LELIEVRE

marie.lelievre@uca.fr

MARTA MATEU

mmateu@icac.cat

YOLAINE MAIGROT

yolaine.maigrot@cnrs.fr

JOSU NARBARTE

josu.narbarte@ehu.eus

NICOLAS POIRIER

nicolas.poirier@cnrs.fr

ALESSANDRO PEINETTI

alessandro.peinetti@inrap.fr

PIERRE-JÉRÔME REY

pierjrey@free.fr

JOAN CARBONELL ROCA

jcarbonellroca@gmail.com

JÉRÉMY ROLLIN

jeremy.rollin@univ-tours.fr

MARCO ROMBONI

marco.romboni@phd.unipi.it

ELIA ROULÉ

elia.roule@univ-fcomte.fr

VANESSA ROUPPERT

vanessa.rouppert@inrap.fr

MONTSERRAT SANZ

montsesanzborras@ub.edu

DOMINIQUE SORDOILLET

dominique.sordoillet@inrap.fr

ISABELLE THERY-PARISOT

isabelle.thery@cnrs.fr

TJAŠA TOLAR

tjasa.tolar@zrc-sazu.si

NOTES

NOTES

