

ARCHÉOMÉTRIE 2019 MONTREAL



9 AU 12 MAI, 2019 • MAY 9 TO 12, 2019



XXII^E COLLOQUE DU GMCPA
XXIIND GMCPA COLLOQUIUM

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL, MONTRÉAL, QUÉBEC, CANADA



Faculté des arts
et des sciences

Université 
de Montréal
et du monde.

**L'ARCHÉOMÉTRIE DANS TOUS SES ÉTATS :
PERSPECTIVES INTERDISCIPLINAIRES SUR UNE DISCIPLINE EN CONSTANTE ÉVOLUTION.**

ARCHAEOMETRY IN ALL OF ITS STATES:
INTERDISCIPLINARY PERSPECTIVES FOR A DISCIPLINE IN CONSTANT EVOLUTION.

ARCHÉOMÉTRIE 2019 MONTREAL

L'archéométrie dans tous ses états :
Perspectives interdisciplinaires sur une discipline en constante évolution.
XXII^e colloque du GMPCA
9 au 12 mai, 2019, Université de Montréal, Montréal, Québec, Canada

Archaeometry in all of its states:
interdisciplinary perspectives for a discipline in constant evolution
XXIInd GMPCA Colloquium
May 9 to 12, 2019, Université de Montréal, Montréal, Québec, Canada

FINAL PROGRAMME FINAL



Faculté des arts
et des sciences
Université 
de Montréal
et du monde.

Programme GMPCA 2019 Montréal, Québec, Canada

Bienvenue

Je souhaite la bienvenue à toutes et à tous à Montréal et à l'Université de Montréal! Nous sommes ravis de vous avoir ici chez nous. Vous trouverez dans ce programme tous les détails du colloque, l'horaire détaillé ainsi que les résumés pour chaque présentation. Vous trouverez aussi dans votre trousse un guide touristique de Montréal et un billet pour une entrée gratuite au Musée d'archéologie de Pointe-à-Callière dans le Vieux Montréal. Nous vous encourageons à visiter ce musée exceptionnel afin de mieux connaître l'histoire de notre ville.

Welcome

Welcome everyone to Montreal and to the Université de Montréal! We are excited to have you here with us. You will find in this programme all of the details pertaining to the conference, a detailed schedule, and the abstracts for each presentation. You will also find a tourist guide for Montreal and a ticket for one free admission to the Pointe-à-Callière archaeology museum in Old Montreal. We encourage you to visit this exceptional museum and to learn more about the history of our city.

Adrian L. Burke, Université de Montréal, au nom du GMPCA

Comité local - organisation du colloque / *Local organizing committee*

Adrian L. Burke, Professeur, Département d'anthropologie, Université de Montréal

Amélie Guindon, en charge du programme – program chair, Doctorante, Département d'anthropologie, Université de Montréal

Adelphine Bonneau, Chercheure postdoctorale Banting, Research Laboratory for Archaeology and the History of Art, School of Archaeology, University of Oxford

Florence Cattin, Maître de conférences, laboratoire ARTEHIS, UMR 6298, Université de Bourgogne-CNRS-Ministère de la Culture

Kenza Dufourmantelle, Directrice, recherche, conservation et services scientifiques, Institut canadien de conservation

Laetitia Métreau, Membre associée CELAT, Centre de recherche Cultures-Arts-Sociétés, Université Laval

Isabelle Ribot, Professeure, Département d'anthropologie, Université de Montréal

Geneviève Treyvaud, Grand Conseil de la Nation Waban-Aki & INRS-ETE (LABSCAN)

Marie-Ève Boisvert, étudiante au doctorat, Université de Montréal

Louis-Vincent Laperrière-Désorcy, étudiant au doctorat, University of Toronto

Comité scientifique du GMPCA / *Scientific committee of the GMPCA*

Adrian L. Burke (Université de Montréal, Directeur du groupe de recherche Archéoscience/Archéosociale)

Ludovic Bellot-Gurlet (MONARIS UMR8233, Paris)

Philippe Lanos (IRAMAT-CRP2A UMR5060, Rennes)

François-Xavier Le Bourdonnec (IRAMAT-CRP2A UMR5060, Pessac)

Sylvain Bauvais (IRAMAT-LAPA UMR5060, Saclay)

Yoann Chantreau (DRAC Grand est, CReAAH UMR6566, Rennes)

Emmanuelle Delqué-Kolic (LSCE-LMC14 UMR8212, Gif-sur-Yvette)

Aline Durand (CReAAH UMR6566, Nantes)

Estelle Herrscher (LAMPEA UMR7269, Aix-en-Provence)

Guillaume Hulin (INRAP, Paris)

Matthieu Le Bailly (Chrono-Environnement UMR6249, Besançon)

Remerciements / Thank You's

En premier lieu, merci au GMPCA de nous avoir confié l'organisation du colloque pour 2019. C'est un honneur et un privilège d'être les premiers hôtes dans les Amériques. Espérons que ça se répétera de ce côté de l'Atlantique! Un merci chaleureux pour Ludovic Bellot-Gurlet et François-Xavier Le Bourdonnec pour leurs précieux conseils, et surtout merci à François-Xavier pour son assistance avec la gestion des paiements par PayPal.

First of all, thank you to the GMPCA for giving us the opportunity to organize the 2019 conference. It is an honour and a privilege to be the first to host this conference in the Americas. Let's hope that it will happen again on this side of the Atlantic! A warm thank you to Ludovic Bellot-Gurlet and François-Xavier Le Bourdonnec for their timely advice, and thanks especially to François-Xavier for his help managing the PayPal payments.

Merci aux présidentes et présidents des sessions qui ont organisé des sessions à la fine pointe de notre discipline. Un très grand merci à Amélie Guindon pour son excellent travail sur le programme. Merci à la Faculté des arts et des sciences pour leur appui logistique et en particulier Benjamin Dubois pour son aide avec le site web du colloque.

Thank you to the session chairs for organizing sessions that reflect the state-of-the-art in our discipline. A huge thanks to Amélie Guindon for her meticulous work putting together the programme. Thank you to the Faculty of Arts and Sciences for their logistical support and in particular Benjamin Dubois for this help setting up and maintaining the web site.

Merci aux étudiant(e)s bénévoles qui ont su assurer le bon déroulement du colloque.
Thanks to our student volunteers who will make this conference run smoothly.

Marie-Ève Boisvert
Louis-Vincent Laperrière-Désorcy
Sarai Barreiro Argüelles
Jolyane Saule
Guyane Beaulieu
Maude Chapdelaine
Laetitia Masson
Marie-Michèle Bleau
Rose-Ann Bigué
Isabelle Coupal
Ihintza Marguirault
Murielle Gariépy
Lara Douville
Marie-Ève Boisjoli
Marie-Ève Dupuis
Geneviève Gagnon Ellis
Eléa Gutierrez
Svetlana Komarova

Merci aussi à nos commanditaires! / *Many thanks to our sponsors!*

Le groupe de recherche Archéoscience/Archéosociale (As²)
Society for Archaeological Sciences
Musée d'archéologie de Pointe-à-Callière
Bruker Corporation
Lalonde AMS dating laboratory
Le réseau Archéo-Québec
Beta Analytic Inc.
GEOTOP

Les repas et pauses café / *Meals and coffee breaks*

Les pauses café seront offertes chaque matin à côté des salles de conférence, ainsi que le jeudi après-midi dans la cafétéria. Le samedi matin, un petit-déjeuner vous sera servi à la pause-café pour vous aider à tenir jusqu'au repas à la Cabane à sucre. Nous vous suggérons ici-bas quelques adresses pour vous ravitailler lors des repas de midi! Prenez note qu'un buffet de sandwiches sera offert le dimanche midi lors de la session affiches. Voici une liste d'endroits situés tout près de l'Université de Montréal pour vous permettre de manger rapidement le midi.

Coffee breaks will be offered to participants on Thursday, Friday, Saturday and Sunday mornings, as well as Thursday afternoon. Saturday morning there will be a more complete breakfast instead of the normal coffee break. You will be on your own for lunch, except for Sunday when we will serve sandwiches and juice during the poster session. Here is a list of places close by where you can eat lunch quickly.

Dans les murs de l'université / *Within the university* (jeudi-vendredi, Thur.-Fri.) :

Cafétéria Chez Valère, 2^{ème} étage pavillon 3200 Jean-Brillant
Cafétéria du HEC, rez-de-chaussée pavillon 5255 Decelles
Café de Droit, pavillon Maximilien-Carron (au bout du 2^{ème} étage)

Dans les environs de l'Université de Montréal / *Near the university* :

Restauration rapide / Fast service :

- Monteiro - Grillades Portugaises, 5327 Avenue Gatineau.
- Caravane Café - 3506 Avenue Lacombe.
- La Panthère Verte - Végétarien, 3515 Avenue Lacombe.
- Al Amine - libanais, 3549 Avenue Lacombe.
- A&W – Burgers, 5195 Chemin de la Côte-des-Neiges.
- Première Moisson, 5199 Chemin de la Côte-des-Neiges (-10% étudiant).
- Kinton Ramen, 5216 Chemin de la Côte-des-Neiges.

Pubs (moins rapide / less fast) :

- Resto-Bar La Maisonnée, 5385 Avenue Gatineau.
- Saint-Houblon, 5414 Avenue Gatineau.
- Frite Alors, 3527 Avenue Lacombe.
- Le Zeppelin, 3518 Avenue Lacombe.
- McCarold, 5400 Chemin de la Côte-des-Neiges.

LOCALISATION DU COLLOQUE – LOCATION OF THE CONFERENCE

2^e et 4^e étage du pavillon 3200 Jean-Brillant, Université de Montréal

- 3200 rue Jean-Brillant (#28 sur la carte en bas). Entrée principale sur la rue Jean-Brillant. Les salles sont indiquées sur l'horaire du programme détaillé plus loin dans le programme et sur un plan détaillé de chaque étage.
- Pour se rendre : station métro Côte-des-Neiges ou Université de Montréal, ou prendre l'autobus #51, #165 ou #166 et descendre au coin de Jean-Brillant et Decelles. <http://www.stm.info>

2nd and 4th floor of the 3200 Jean-Brillant pavillion, Université de Montréal

- 3200 rue Jean-Brillant (#28 on the map below). Main entrance on Jean-Brillant street. Rooms are indicated in the detailed programme schedule as well as on the detailed floor plans for each floor.
- How to get here: Côte-des-Neiges or Université de Montréal subway stations, or buses #51, #165, or #166 and get off at the corner of Jean-Brillant and Decelles. <http://www.stm.info>



Accès au réseau sans fil (Wifi) / Access to Wifi

Vous trouverez dans votre trousse un code d'accès personnalisé ainsi qu'un mot de passe (Gmpc2019 – le même pour tout le monde) pour accéder au réseau sans fil. Vous avez deux choix de réseau : **UdeM avec cryptage** ou **UdeM non sécurisé**. Nous recommandons le réseau UdeM avec cryptage car il est plus stable.

*You will find in your conference packet a personal access code as well as a password (Gmpc2019 – same for everyone) to access the Wifi network. You have two choices of network: **UdeM avec cryptage** or **UdeM non sécurisé**. We recommend using the UdeM avec cryptage network as it is more stable.*

PROGRAMME GMPCA PROGRAMME

SURVOL / OVERVIEW

JEUDI 9 MAI 2019 / THURSDAY MAY 9, 2019

De 8h00 à 9h00	Accueil et inscription – Registration salle/room B-4205	
De 9h00 à 10h20	Ô temps suspend ton vol : chronologies et datations salle/room B-4215	Du vestige au territoire, de la détection à la modélisation salle/room B-4225
De 10h20 à 10h40	Pause-café / Coffee Break (20 min) B-4205	
De 10h40 à 12h00	Ô temps suspend ton vol : chronologies et datations	Du vestige au territoire, de la détection à la modélisation
De 12h00 à 13h30	Pause du midi / Lunch Break (90 min)	
De 13h30 à 14h50	Ô temps suspend ton vol : chronologies et datations	Du vestige au territoire, de la détection à la modélisation
De 14h50 à 15h20	Pause-café et mot de bienvenue / Coffee Break and introduction (30 min) Cafétéria sud (B-2242)	
De 15h20 à 16h50	Session poster A Cafétéria sud (B-2242)	

VENDREDI 10 MAI 2019 / FRIDAY MAY 10, 2019

De 9h00 à 10h20	Lieux d'Interactions Passées : la bioarchéologie combinée aux analyses multi-isotopiques et/ou paléogénétiques salle/room B-4215	Regards sur les Amériques : 13 000 ans de migrations, d'interactions et d'échanges salle/room B-4225
De 10h20 à 10h40	Pause-café / Coffee Break (20 min) B-4205	
De 10h40 à 12h00	Lieux d'Interactions Passées : la bioarchéologie combinée aux analyses multi-isotopiques et/ou paléogénétiques	Regards sur les Amériques : 13 000 ans de migrations, d'interactions et d'échanges
De 12h00 à 13h30	Pause du midi / Lunch Break (90 min)	
De 13h30 à 15h00	Conférence & table ronde : Archéosciences et sciences de la conservation Conference and round table on conservation science (B-2285)	
De 15h00 à 16h30	Assemblée générale du GMPCA / GMPCA annual meeting (B-2285)	
De 16h30 à 18h00	Cocktail – hors d'oeuvres et vin/bière (cafétéria sud, B-2242)	
De 18h00 à 20h00	Conférence plénière / Plenary conference : Dr Bernard Gratuze À travers le verre : 4500 ans d'histoire, d'innovations et d'échanges salle/room B-2285 (ouvert au public/open to the public, en français)	

SAMEDI 11 MAI 2019 / SATURDAY MAY 11, 2019

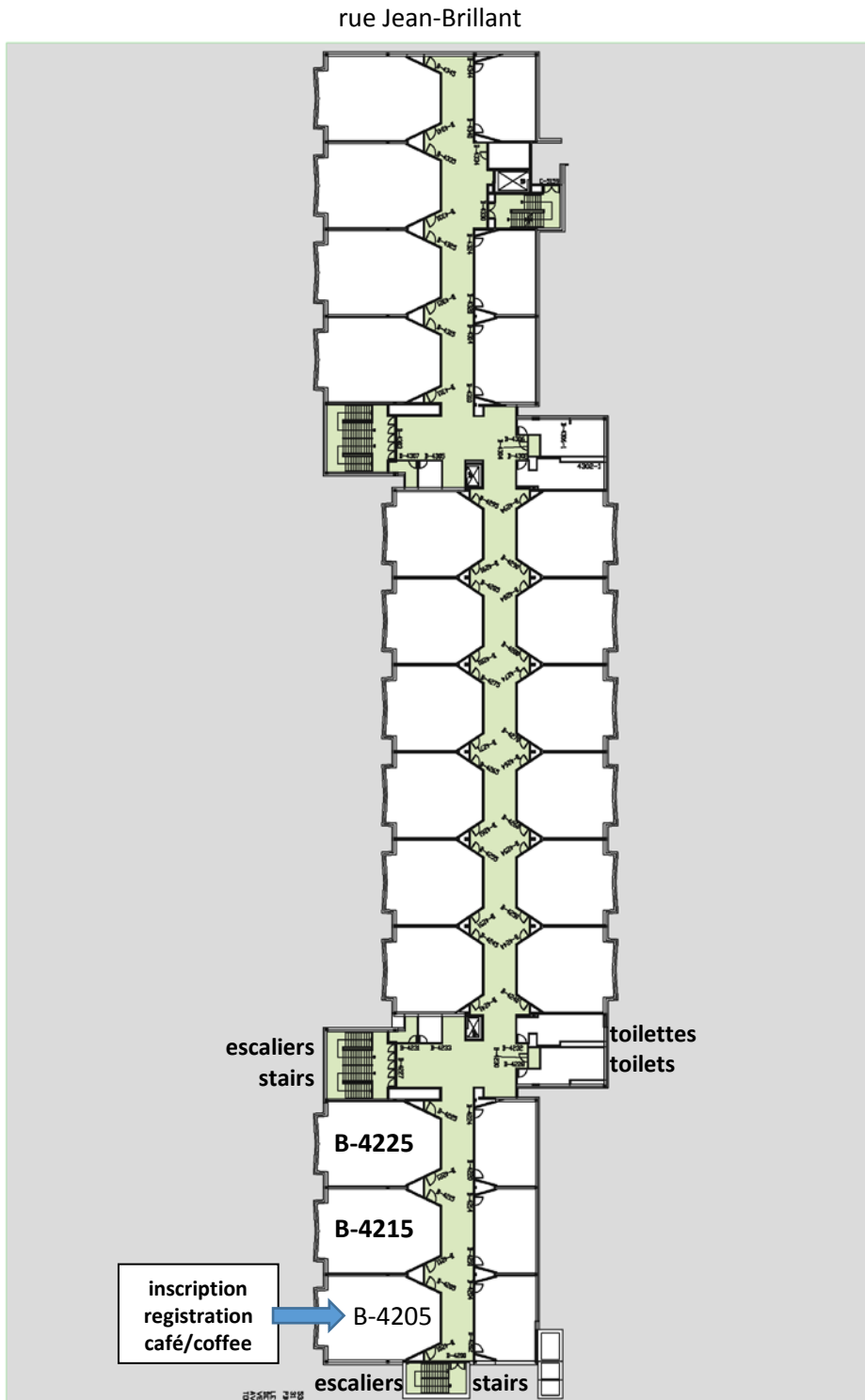
De 8h00 à 10h20	Matières premières, matériaux et objets : provenance, transformation, utilisation et altération (Bloc 1) salle/room B-4215	Approches géoarchéologiques et botaniques des matériaux archéologiques salle/room B-4225
De 10h20 à 10h40	Pause petit-déjeuner / Breakfast (20 min) corridor	
De 10h40 à 12h40	Matières premières, matériaux et objets : provenance, transformation, utilisation et altération (Bloc 1)	Approches géoarchéologiques et botaniques des matériaux archéologiques
À 13h00	Départ pour l'excursion en bus / Fieldtrip leaves on buses Point de rencontre devant le bâtiment sur la rue Jean-Brillant/ Meeting point in front of the building on Jean-Brillant street	
À 14h40	Début de la visite au site Droulers-Tsiionhiakwatha / Visit to Droulers site	
À 18h00	Souper à la cabane à sucre / Dinner at the sugar shack	
À 22h00	Retour à Montréal / Return to Montreal	

DIMANCHE 12 MAI 2019 / SUNDAY MAY 12, 2019

De 8h00 à 9h40	Matières premières, matériaux et objets : provenance, transformation, utilisation et altération (Bloc 2) salle/room B-4215	Dévoiler l'artéfact ! Les rayons X comme outil polyvalent pour l'étude du mobilier archéologique salle/room B-4225
De 9h40 à 10h00	Pause-café / Coffee Break (20 min) corridor	
De 10h00 à 11h40	Matières premières, matériaux et objets : provenance, transformation, utilisation et altération (Bloc 2)	Dévoiler l'artéfact ! Les rayons X comme outil polyvalent pour l'étude du mobilier archéologique
À 11h40 à 13h10	Session poster B Cafétéria sud (B-2242) accompagnée de jus & sandwiches / juice & sandwiches will be served	

Plan du 4^e étage du pavillon 3200 Jean-Brillant

Floor plan of the 4th floor of the 3200 Jean-Brillant pavilion



POINTE-À-CALLIÈRE

DÉCOUVREZ
LE LIEU DE FONDATION
DE MONTRÉAL



POINTE-À-CALLIÈRE

Cité d'archéologie et
d'histoire de Montréal

Montréal 

pacmusee.qc.ca

Conférence plénière / Plenary Conference

Vendredi, 10 mai, 2019, à 18H00 salle B-2285

Friday, May 10, 2019 at 6 pm, room B-2285 (the conference will be in French)

À travers le verre : 4500 ans d'histoire, d'innovations et d'échanges

Dr Bernard Gratuze

IRAMAT-CEB, UMR 5060 CNRS/Université d'Orléans

Inventé probablement de façon fortuite au Proche-Orient, vers le milieu du 3ème millénaire av. n.-è., le verre peut être considéré comme le premier produit de synthèse fabriqué par l'homme. À partir du milieu du 2e millénaire av. n.-è., la multiplication des découvertes archéologiques met en évidence une production bien maîtrisée et organisée en deux temps : fabrication de verre brut au sein d'ateliers primaires et élaboration d'objets au sein d'ateliers secondaires.



Avec l'invention du soufflage, au 1er s. av. n.-è., et l'évolution des moyens de production (fours), on assiste au début de notre ère à une diversification et une intensification de l'emploi de ce matériau (parure, contenant, vaisselle, architecture...) et à la "mondialisation" de sa diffusion. Coloré ou incolore, transparent ou opaque, ce matériau va, au fil du temps, se révéler indispensable à la vie quotidienne et devenir un acteur important de l'activité économique.

Les épaves d'Ulu Burun (14e s. av. n.-è., au sud de la Turquie) et des Embiez (2e s. de n.-è., au sud de la France), avec leurs chargements de verre brut et d'objets en verre, illustrent bien l'organisation de cette production et la commercialisation précoce de ce matériau sur de longues distances (sous la forme à la fois de produits finis et de matière première).

Si l'étude de la typologie des objets est très tôt apparue comme un paramètre majeur pour comprendre l'évolution et la diffusion des productions verrières, les apports de l'archéométrie se sont rapidement révélés indispensables. En effet la composition du verre, intrinsèquement liée aux matières premières utilisées, est un marqueur spatio-temporel de première importance pour retracer l'évolution des recettes employées par les artisans, identifier les mutations et les innovations de l'industrie verrière et suivre la diffusion de ses productions.

Les recherches effectuées sur la composition et la structure du verre ont aussi permis d'identifier et de comprendre les différentes recettes utilisées pour le colorer, le décolorer ou l'opacifier. Elles mettent enfin en évidence l'importance du recyclage et/ou du réemploi dont il a fait l'objet tout au long de son histoire.

À partir de différents exemples et en utilisant les principaux apports de l'archéométrie, cette conférence se propose de retracer les grandes mutations de l'industrie verrière et de suivre la diffusion de certaines de ses productions emblématiques. Parmi celles-ci, les perles nous serviront de fil conducteur.

En effet, de tous temps et sur tous les continents (mésopotamiennes ou égyptiennes à l'Age du Bronze ; européennes ou chinoises aux époques moderne et contemporaine), les perles, de formes et d'aspects variés, ont été utilisées comme parure, amulette, objets de troc et de traite. Employées pour confectionner des vêtements et ornements spécifiques, insignes de pouvoirs temporels ou magiques, associées à certains rituels, on les retrouve aussi bien en Europe, aux Proche et Moyen Orient, en Amérique du nord et du Sud, en Asie, en Afrique et jusque dans les îles du Pacifique.



TABLE RONDE : ARCHÉOSCIENCES ET SCIENCES DE LA CONSERVATION
ROUND TABLE: ARCHAEOLOGICAL SCIENCES AND CONSERVATION SCIENCE

Vendredi, 10 mai, 13H30-15H00, salle B-2285
Friday, May 10, 1:30-3:00 pm, room B-2285

Rejoignez-nous pour une conférence suivie d'une table ronde sur les sciences de la conservation et leur relation avec les sciences archéologiques. La conférence d'introduction sera donnée par Dre Kenza Dufourmantelle qui sera aussi la modératrice de la table ronde. Dre Dufourmantelle est Directrice de Recherche, services scientifiques et de conservation à l'Institut canadien de conservation. Tous les participants sont invités à participer aux questions et à la discussion.

Please join us for a conference followed by a round table on the current state of conservation science and its relationship to archaeological sciences. The introductory conference will be given by Dr. Kenza Dufourmantelle who will also moderate the round table discussion. Dr. Dufourmantelle is Director of Research, Conservation and Scientific Services at the Canadian Conservation Institute. All conference participants can participate in the questions and subsequent discussion.

Conférence / Conference : **Les demoiselles de Rochefort : archéo-sciences et sciences de la conservation / Les demoiselles de Rochefort : archaeological sciences and conservation science.**

Intervenantes pour la table ronde / Round table speakers : Kenza Dufourmantelle (Institut Canadien de Conservation/*Canadian Conservation Institute*), Despoina Kavousanaki (Parcs Canada/*Parks Canada*) & Aude Mongiatti (British Museum).



20^e ARCHÉO-QUÉBEC
anniversaire

**DEVENEZ MEMBRE ET PROFITEZ
D'AVANTAGES EXCLUSIFS!**

Rabais pour l'inscription au forum annuel d'Archéo-Québec
(Gratuit pour les membres étudiants)

Rabais sur le prix d'abonnement à la Revue
Recherches amérindiennes au Québec et au Magazine Continuité

et plusieurs autres !

Pour tous les détails
www.archeoquebec.com

Prix étudiant / Student Prize

La *Society for Archaeological Science* (SAS) a donné de l'argent cette année afin d'octroyer trois prix étudiants de 250 \$ US chaque. Les participants sont des étudiants à temps plein. Les présentations orales et les affiches sont incluses dans la compétition. Le jury sera composé de membres du comité scientifique du GMPCA. Les gagnants seront annoncés à la fin du colloque et seront invités à soumettre leur résumé pour publication dans le bulletin de la SAS.



The Society for Archaeological Science (SAS) has donated money this year for three student prizes of US \$250 each. The participants must be full time students. Oral and poster presentations are eligible. The jury is composed of members of the scientific committee of the GMPCA. The winners will be announced at the end of the conference and will be invited to submit their abstract for publication in the SAS bulletin.

Laboratoire A. E. Lalonde SMA

Centre canadien de recherche sur les radionucléides environnementaux



Radiocarbonate • Radioiodure • Isotopes Cosmogènes • Actinides • Tritium & Gaz Rares • Recherche & Développement SMA

www.ams.uottawa.ca

Suivez-nous sur Twitter

 @Lalonde_AMS

Excursion samedi - départ à 13h / Saturday fieldtrip - departure 1 pm

Visite au site archéologique de Droulers / Visit to the Droulers archaeological site

Nous allons visiter un site archéologique sur lequel les archéologues de l'Université de Montréal travaillent depuis 10 ans. Il s'agit d'un village iroquoien datant du 15^e siècle de notre ère qui est nommé Droulers, ou Tsiionhiakwatha en langue Mohawk. Il y a un centre d'interprétation et un village iroquoien reconstitué, incluant une palissade et des maisons longues (<http://www.sitedroulers.ca/site-fr/>). Le tout est basé sur des données archéologiques et ethnohistoriques.

We are going to visit an archaeological site that the archaeologists of the Université de Montréal have been excavating on for a decade. It is a 15th century CE Iroquoian village called Droulers, or Tsiionhiakwatha in the Mohawk language. There is an interpretation centre and a reconstructed Iroquoian village complete with palisade and longhouses (<https://www.sitedroulers.ca/site-en/>). This reconstruction is based on archaeological and ethnohistoric data.

La cabane à sucre : une tradition printanière au Québec

The Sugar Shack: A Springtime Tradition in Quebec

Au Québec, deux événements marquent l'arrivée du printemps : l'éveil de la nature et une visite à la cabane à sucre. Manger un copieux repas traditionnel dans un décor champêtre fait partie de ces traditions réjouissantes qui se perpétuent depuis la création de ces lieux propices aux rassemblements festifs. Car si la production de sirop d'érable justifie à elle seule cette escapade, s'y greffent souvent des activités d'animation, de la danse sur des airs folkloriques ainsi qu'un volet éducatif, avec une visite des installations. On y découvre le processus – ô combien odorant! – qui mène à la production du sirop d'érable, de la cueillette de l'eau d'érable jusqu'à la formation du sirop. Celui que l'on verse allègrement sur nos crêpes, sur nos gaufres ou sur notre pain doré, que l'on badigeonne sur nos viandes ou que l'on ajoute à plusieurs de nos recettes. Celui aussi que l'on exporte abondamment car le Québec génère 74 % de la production mondiale. (Tourisme Québec 2019)

Two events mark the arrival of spring in Québec: nature's reawakening and a visit to a sugar shack. Eating a copious traditional meal in a warm and cozy atmosphere are part and parcel to this joyful tradition that has been going strong ever since the festive sugar shack—ideal for friendly gatherings—was created. And, while the maple syrup alone makes the excursion worthwhile, these establishments often offer fun activities, dancing to folk songs and educational guided tours of their facilities. Visitors learn the so very sweet-smelling process of making maple syrup, from the collection of sap to the final product we douse our pancakes, waffles, French toast and even our meats with, or that we add to many of our recipes. It's a product we also export in great abundance; Québec accounts for 74% of the world's maple syrup production. (Tourism Quebec 2019)

JEUDI 9 MAI / THURSDAY MAY 9

Ô temps suspend ton vol : chronologies et datations

Chronologies and dating methods

9H00-14H50 : ADELPHINE BONNEAU, PRÉSIDENTE DE SÉANCE

Emmanuelle Delqué-Količ¹, Stéphanie Leroy², Brice Vincent³, Mitch Hendrickson⁴, Jean-Pascal Dumoulin¹, Enrique Vega², Ingrid Caffy¹, Marion Perron¹, Christophe Moreau¹, Philippe Dillmann² et Lucile Beck¹ :

La datation directe d'alliages ferreux par le carbone 14 : les renforts architecturaux et les armatures de statues en bronze étudiés dans le cadre du projet ANR IRANGKOR, le fer à Angkor.

¹Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE - LMC14) (CNRS, CEA, UVSQ, Université de Paris-Saclay) – France, ²Laboratoire Archéomatériaux et Préviation de l'Altération (LAPA) (IRAMAT UMR5060 CNRS et NIMBE UMR3685 CEA/CNRS) – France, ³Ecole Française d'Extrême-Orient, Paris – France, ⁴University of Illinois, Chicago – États-Unis.

Depuis 2015, le projet International ANR IRANGKOR apporte un éclairage nouveau sur les réseaux de production et de distribution du fer dans l'empire khmer du 9^{ème} au 14^e siècle. Le corpus d'étude, constitué de plus d'une centaine d'objets - renforts architecturaux provenant des temples et monuments d'Angkor, outils, armes et armatures de statues en bronze – ainsi que de minerais prélevés dans les grandes régions de production a fait l'objet d'études typologiques, d'analyses métallographiques et chimiques pour tenter d'identifier les grandes zones de provenance et les axes de circulation durant toute la période angkoriennne. Dans cette étude diachronique, le calage chronologique de certains éléments du corpus a été réalisé par datation carbone 14 des alliages ferreux. C'est le cas, en particulier, d'une quarantaine de crampons prélevés sur des édifices de la cité d'Angkor dont l'attribution culturelle restait imprécise, de plusieurs statues en bronze provenant de musées et dont l'authenticité pouvait être questionnée ainsi que d'une vingtaine d'outils découverts en contexte archéologique. Après avoir rappelé le principe et le protocole mis en œuvre pour la datation directe des alliages ferreux par le carbone 14, nous présenterons une synthèse des résultats obtenus sur plusieurs éléments d'architecture dans le contexte chronologique des monuments d'Angkor. Nous évoquerons également les conditions spécifiques de prélèvement sur les armatures en fer des statues khmers étudiées dans le cadre de l'ANR et discuterons les dates obtenues au regard des périodes identifiées par les historiens d'art.

Marie Ferrant¹, Anita Quiles² et Ludovic Bellot-Gurlet¹ :

Le textile : un marqueur chronologique pour l'Égypte ancienne – approches archéométriques croisées de caractérisation et datation.

¹Sorbonne Université, CNRS, MONARIS (UMR 8233), Paris, France, ²Institut Français d'Archéologie Orientale du Caire (IFAO), Pôle archéométrie, Le Caire, Égypte.

Les textiles, matériaux retrouvés couramment retrouvés dans de bons états de conservation lors de fouilles, sont des marqueurs de vie quotidienne et de pratiques funéraires de l'Égypte ancienne. Ils sont le reflet de fonctions diversifiées : domestiques (vêtements), rituels (embaumement) ou encore techniques. Selon son usage, un textile peut avoir été imbibé de différentes matières organiques (cires, résines, colorants, bitume...), qui peuvent s'avérer être des « contaminants » pour la datation ¹⁴C. C'est par exemple le cas du bitume, à base de carbone fossile, attesté à certaines périodes dans les baumes de momification ainsi que pour étanchéifier les textiles navals, qui vieillira systématiquement les datations s'il n'est pas correctement extrait avant l'analyse. Ce travail de recherche, ayant pour finalité la datation du textile, vise à développer une approche inédite de caractérisation des matériaux et de datation par le radiocarbone, de façon diachronique et sur l'ensemble du territoire égyptien, afin de pouvoir intégrer ce matériau dans des modèles chronologiques inédits. Il s'inscrit dans un projet plus large de l'IFAO sur la chronologie absolue de l'Égypte ancienne. Au-delà, il cherchera à restituer des pratiques techniques liées à l'usage

de textiles en Égypte. La caractérisation des matériaux s'appuie ici sur deux techniques peu destructrices : la spectroscopie infrarouge par réflexion totale atténuée (ATR-IR) et la spectroscopie Raman. De format portable, elles sont utilisables en laboratoire et *in-situ*. Complémentaires, elles permettent d'identifier les matières organiques dont les textiles ont été imbibés ainsi que les marqueurs de leur dégradation. A cette étude s'ajoute la caractérisation moléculaire par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) qui permettra d'identifier, si nécessaire, des bio-marqueurs déterminant la nature des substances organiques (résines...). Si une matière organique qui pourrait avoir un âge différent de celui du textile est identifiée, une extraction préalable complète dudit « contaminant » est indispensable. Dans cette communication, nous présenterons les résultats obtenus sur deux corpus d'échantillons collectés en contexte funéraire lors de fouilles archéologiques récentes dans la nécropole thébaine égyptienne et analysés par ATR-IR. Un premier protocole de vieillissement cherchant à reproduire les conditions d'enfouissement sera proposé afin d'étudier les interactions entre le textile et les matières imprégnées. Des tests expérimentaux, menés sur des lins modernes, détermineront le protocole d'extraction des « contaminants » en vue de datation ^{14}C . Cette méthodologie sera par la suite appliquée à des échantillons issus de différents sites archéologiques égyptiens, de différents contextes, allant de l'ancien Empire aux époques tardives. Ce vaste corpus pourra être complété par des artefacts archéologiques conservés dans les collections de musées européens afin de tracer un panel d'ensemble des cas d'études pouvant être rencontrés, et offrir à terme, une méthodologie inédite pour intégrer ce matériau dans des modèles chronologiques à haute résolution.

Cyrielle Messager¹, Lucile Beck¹, Ingrid Caffy¹, Emmanuelle Delque-Kolic¹, Jean-Pascal Dumoulin¹, Solène Mussard¹, Marion Perron¹, Christophe Moreau¹, Laurence De Viguerie² et Maguy Jaber² :

Étude thermogravimétrique pour la datation de peintures à base de blanc de plomb par la méthode du radiocarbone.

¹Laboratoire de Mesure du Carbone 14 (LMC14), LSCE/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette, France, ²Sorbonne Université, CNRS, Laboratoire d'Archéologie Moléculaire et Structurale (LAMS), Paris, France.

Le blanc de plomb est le principal pigment blanc utilisé dans l'histoire de la peinture européenne jusqu'au début du XX^{ème} siècle. Il est principalement composé de deux carbonates de plomb, la cérusite (PbCO_3) et l'hydrocérusite ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$). Ces deux carbonates de plomb sont essentiellement synthétisés depuis l'Antiquité à partir de plomb métallique, de vinaigre et de fumier de cheval. Récemment, il a été proposé que ce pigment puisse être daté par radiocarbone car il a été démontré que du CO_2 d'origine organique s'incorpore lors de son processus de synthèse. Des cosmétiques grecs et égyptiens ont ainsi pu être datés. Un protocole d'extraction du carbone issu des carbonates de plomb a été mis en place au LMC14, Saclay, France reposant sur la décomposition thermique du blanc de plomb. On se propose d'étendre et d'adapter la méthode d'extraction du CO_2 aux peintures murales et peintures de bâtiment contenant du blanc de plomb. Une peinture est constituée d'un ou plusieurs pigments mêlés par un liant. Si la présence de liant, généralement d'origine organique, n'est pas un obstacle à la datation radiocarbone du blanc de plomb, l'ajout de certains pigments carbonatés et d'origine naturelle (dépourvu de ^{14}C), comme le blanc de Meudon, peuvent fausser la datation. Une étude thermogravimétrique menée sur des mélanges carbonates de plomb et carbonates de calcium en présence de liant nous a permis d'adapter notre protocole aux cas des peintures et d'optimiser la séparation du blanc de plomb et du blanc de Meudon. Nous avons également testé sa robustesse sur un panel d'échantillons historiques d'âge connu préalablement caractérisés par différentes techniques d'analyse. Nous présenterons les résultats de l'étude et les datations obtenus avec l'AMS-ARTEMIS sur des peintures du XIV^{ème} au XVIII^{ème} siècle.

Christophe Moreau¹, C. Messenger², L. Beck², I. Caffy², E. Delqué-Kolic², J.-P. Dumoulin², S. Hain², S. Mussard², M. Perron², V. Setti², M. Sieudat² et B. Thellier² :

Datation au carbone 14 par Spectrométrie de Masse par Accélérateur d'échantillons à faible teneur en carbone.

¹Laboratoire de Mesure du Carbone 14 (LMC14), LSCE/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, F-91191 Gif-sur-Yvette, France, ²Laboratoire de Mesure du Carbone 14 (LMC14), LSCE/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, F-91191 Gif-sur-Yvette, France.

Le Laboratoire de Mesure du Carbone 14 (LMC14) est l'unique plateforme nationale pour la datation d'échantillons par la méthode du carbone 14 utilisant un Spectromètre de Masse par Accélérateur nommé ARTEMIS. Fondé en 2003 en tant qu'Unité Mixte de Service par cinq partenaires institutionnels (CEA-CNRS-IRD-IRSN-Ministère de la Culture), le laboratoire a évolué pour devenir plateforme nationale en 2015, rattaché à l'UMR-8212, Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement. La plateforme LMC14 est dédiée aux mesures C14 de hautes précisions pour les programmes de recherche et thématiques des organismes partenaires. Après plusieurs années de fonctionnement, les protocoles de prise en charge des échantillons ont été sans cesse développés et affinés, pour non seulement conserver une qualité de toujours au plus haut niveau international, mais aussi diversifier les échantillons datables sur la plateforme. Différents types d'échantillons bruts peuvent être préparés, graphités et mesurés, tels que les carbonates, les matières organiques mais aussi plus récemment des échantillons de carbone inorganique dissout dans l'eau et des alliages ferreux archéologiques. Le LMC14 a également défini des protocoles spécifiques pour les échantillons à très faible teneur en carbone, permettant de diviser par 100 la quantité de carbone nécessaire à une datation, tout en conservant la même démarche de qualité. Cette avancée a rendu ainsi possible la datation de certains matériaux non datable auparavant. Chaque année, la plateforme LMC14 mesure près de 4500 échantillons, 2800 pour les laboratoires partenaires, 1500 pour le contrôle et la réalisation des mesures (standard, blanc, calibration) et 200 dédiés aux recherches et développement propre au laboratoire. Les domaines d'application de la plateforme sont très variés, allant de la recherche en archéologie, climatologie, contrôle environnemental, muséologie, histoire de l'Art, histoire des techniques et des sociétés anciennes.

Julie Morin-Rivat¹ :

Cartographie temporelle bayésienne des activités humaines dans le sud du Cameroun.

¹Chaire de Recherche du Canada en Biologie Intégrative de la Flore Nordique, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, Canada.

Au 18^e siècle, le mathématicien Bayes a développé une branche particulière des statistiques probabilistes. L'application archéologique des statistiques bayésiennes a permis de mieux répondre aux questions soulevées par les archéologues : 1) en combinant les âges provenant de différentes méthodes (p. ex. radiométriques et par thermoluminescence), et 2) en améliorant chaque date individuellement au regard du contexte archéologique et des autres dates incluses dans la même analyse. En outre, la modélisation permet de lisser les erreurs et de réduire les parties marginales des densités de probabilité. Nous avons choisi d'appliquer les innovations récentes de la modélisation bayésienne à une région pour laquelle les données et interprétations archéologiques sont fragmentaires. L'objectif de notre étude était de mieux estimer la distribution temporelle des activités humaines à différentes échelles spatiales (*i.e.* de micro à macro = < 1 km² à 1-10 km²) dans deux sites localisés dans les forêts denses du sud du Cameroun. Chaque jeu de données comportait 25 dates radiocarbone obtenues par spectrométrie de masse par accélération et calibrées en BP. Nous avons d'abord testé chaque date pour détecter les potentielles valeurs aberrantes. Nous avons ensuite calculé la distribution de probabilité cumulée pour chaque site, combinée à un modèle bayésien. Nous avons utilisé ces distributions bayésiennes des âges radiocarbone pour dresser des cartes temporelles des sites par pas de temps de 200 ans. Cette première étape a permis d'évaluer l'emprise des activités humaines, villageoises et agricoles, sur le territoire et leur évolution au cours du temps. Nous pensons que les prises et déprises spatiales correspondent à des ajustements en termes de densité de population, dépendantes des conflits et des alliances entre groupes.

Philippe Lanos¹⁻² et Philippe Dufresne² :

Tempo-Plot et courbe d'Activité : Quantifier le rythme d'événements datés avec les outils de la modélisation chronologique bayésienne.

¹UMR 6118 Géosciences-Rennes, Université Rennes 1, France, ²CNRS, UMR 5060 IRAMAT-CRP2A, Université Bordeaux-Montaigne, France.

De nombreuses questions en archéologie visent à caractériser le rythme des événements qui se sont produits au sein d'une phase. On définit la phase comme un groupe d'événements datés, groupe qui est constitué sur la base de caractéristiques communes : phase lithique, céramique, architecturale, etc. Lorsque le nombre des événements datés devient important, il est possible d'estimer le rythme de ces événements, c'est-à-dire le nombre d'événements qui se sont produits avant une date donnée - le Tempo-plot -, ou encore le nombre d'événements qui se sont produits par unité de temps - la courbe d'Activité -. En réalité, les dates des événements sont entachées d'erreurs. Celles-ci peuvent être évaluées grâce aux algorithmes implémentés dans les logiciels de modélisation chronologique bayésienne (ChronoModel, OxCal, BCal). Il en résulte que le Tempo-plot et la courbe d'Activité sont eux-mêmes entachés d'erreur. On montre qu'il est maintenant possible de définir sur ces courbes des enveloppes d'erreur à un niveau de confiance fixé. Ces enveloppes permettent ainsi d'éviter une surinterprétation des variations sur le Tempo-plot ou des pics sur les courbes d'Activité. Nous présenterons des exemples d'applications issus de la littérature et discuterons de la pertinence de l'usage de ces outils comme proxy de la population par exemple.

Ninon Taffin¹, Christelle Lahaye¹, Guillaume Guérin¹, Daniel A. Contreras², Justin Holcomb³⁻⁴, Danica D. Mihailović⁵, Panagiotis Karkanas⁴, Dimitris Athanasoulis⁶ et Tristan Carter⁷ :

Géochronologie du site de Stelida à Naxos, Grèce.

¹UMR 5060 – CNRS / Université Bordeaux Montaigne, France; ²Department of Anthropology, University of Maryland, USA; ³Department of Archaeology, Boston University, USA; ⁴M.H. Weiner Laboratory of Archaeological Science, American School of Classical Studies at Athens, Greece; ⁵University of Belgrade, Department of Archaeology, University of Belgrade, Serbia ; ⁶KA' Ephoreia of Prehistoric and Classical Antiquities, Greek Ministry of Culture, Greece; ⁷Department of Anthropology & School of Geography and Earth Sciences, McMaster University, Canada.

Le site archéologique de Stelida, sur l'île de Naxos en Grèce, est étudié depuis 2013 sous la direction de Tristan Carter et Demetris Athanasoulis, dans le cadre du projet SNAP (Stelida Naxos Archaeological Project). Les nombreux sondages fouillés et étudiés permettent de mettre en évidence plusieurs phases d'occupations humaines, les plus anciens assemblages renvoyant au Paléolithique moyen, voire pour certains au Paléolithique inférieur. L'étude géochronologique, initiée en 2016, a consisté à dater la dernière exposition à la lumière des cristaux présents dans les sédiments, afin de mieux comprendre la chronostratigraphie du gisement, qui est composé de sédiments éoliens et de sédiments remobilisés par des colluvions et des dépôts de pente. Au cours de l'étude, l'OSL des quartz a été mesurée. Les caractéristiques des signaux n'ont cependant pas permis d'obtenir des datations. Les signaux IR50 et pIR-IR290 ont été mesurés sur la fraction riche en feldspaths potassiques. Les âges obtenus par ces deux signaux pour les échantillons du sondage DGA-001 sont présentés ici. Un modèle chronologique bayésien a été construit à partir du package R « BayLum », prenant en compte les contraintes stratigraphiques et les erreurs communes aux datations par IRSL. Les âges se suivent, en bon accord avec la stratigraphie. Ils permettent à la fois de formuler des hypothèses sur la taphonomie des différents niveaux concernés, et sur les âges des différents assemblages lithiques étudiés. Les premières occupations du site de Stelida, probablement liées à l'approvisionnement en matière première siliceuse qui affleure au sommet de la montagne, sont ainsi antérieures à 200 ka. Ces résultats permettent de suggérer une nouvelle voie de dispersion humaine vers l'Europe au Pléistocène moyen.

Laurence Forget Brisson¹, Michel Lamothe¹, François Hardy¹ et Kelly E. Graf² :

Apports de la géochronologie IRSL et ¹⁴C de sites archéologiques en Alaska centrale (États-Unis) pour la problématique du peuplement initial de l'Amérique / Contributions of IRSL and ¹⁴C geochronology of archaeological sites in Central Alaska (USA) for the problematic of initial settlement in America.

¹Laboratoire LUX, Département des sciences de la Terre et de l'atmosphère, Université du Québec à Montréal, ² Center for the Study of the First Americans, Department of Anthropology, Texas A&M University.

FRANÇAIS : Des sites archéologiques anciens de la région centrale de l'Alaska (États-Unis) ont été datés par luminescence stimulée optiquement (OSL) afin de documenter l'arrivée, l'adaptation et la dispersion des premiers groupes humains en Amérique. Des échantillons de sédiments éoliens (loess) issus de profils stratigraphiques provenant de plusieurs localités ont été systématiquement datés. Les âges obtenus suggèrent une occupation humaine de la région à la fin du Pléistocène supérieur, ce qui est en accord avec le cadre archéologique régional. Une relation peut être établie entre les taux de sédimentation des particules éoliennes et les modèles d'occupation territoriale des premiers groupes humains présents dans la région centrale de l'Alaska. Cette relation est implicitement liée aux paléo-environnements, qui représentent la réponse locale aux changements climatiques globaux. Les taux d'accumulation des sédiments éoliens sont associés au contexte glaciaire de la région, et donc aux processus environnementaux du passé. Un protocole de mesure pour la méthode de datation par luminescence avec stimulation infrarouge (IRSL) a été mis au point afin d'obtenir des résultats précis et fiables pour les minéraux extraits de ces sédiments de loess glaciaires tardifs. Le protocole LPH-IRSL (Low Preheat IRSL) de basse température permet donc dans ce cas-ci l'établissement d'un cadre géochronologique détaillé pour la région de l'Alaska centrale, permettant ainsi de préciser les paramètres de l'événement du peuplement initial de l'Amérique.

ENGLISH: Early archaeological sites from central Alaska (USA) have been dated using Optically Stimulated Luminescence (OSL) in order to document the arrival, adaptation and dispersion of early human groups in America. Eolian sediment samples (loess) from several localities have been systematically dated. The obtained ages suggest a human occupation of the area at the end of the Upper Pleistocene, which is in good agreement with the regional archaeological framework. A relation can be made between the sedimentation rates and the territorial occupability patterns of the early human groups present in central Alaska. This relationship is implicitly related to paleo-environments as well as climate change, since the accumulation rates of wind sediments are associated with the glacial context of the region, and thus with the environmental processes of the past. A measurement protocol for the luminescence dating method with infrared stimulation (IRSL) has been developed to obtain accurate and reliable results for the minerals extracted from these late glacial loess sediments. The low temperature LPH-IRSL (Low preheat IRSL) protocol thus allows in this case the establishment of a detailed geochronological framework for the Central Alaska region, thus making it possible to define the parameters of the event of the initial settlement of America.

Bonnie A.B. Blackwell¹, Joel I.B. Blickstein², Anne R. Skinner¹⁻² et Impreet Singh² :

Sedimentary Dosimetry at Paleolithic Sites: Increasing Accuracy and Precision in ESR and Luminescence Dating.

¹Department of Chemistry, Williams College, Williamstown, MA, 01267-2692, ²RFK Science Research Institute, Glenwood Landing, NY, 11547-0866.

ESR (electron spin resonance) and the luminescence methods (TL, OSL, etc.) can absolutely date Paleolithic sites, but accurate dates from these methods require accurate sedimentary dose rates, especially where thinly bedded or inhomogeneous layers surround the dating materials (i.e., teeth, molluscs, burnt flint, sediment, etc.). This study examines several Paleolithic sites found in different sedimentary facies. In each, detailed sedimentary radioactivity analyses required more advanced dosimetry strategies than just being satisfied with measuring one or two readings close to the dating materials. At three sites, several hearths complicate the stratigraphy and its dosimetry. Different fuels used in some hearths also made it more difficult to measure the dosimetry and to model it as it changed over time. At one site, the presence of tephra added much higher radioactivity: Missing that thin invisible

horizon within the stratigraphy around the dating samples during the dosimetry calculation would have significantly underestimated their sedimentary dose rates. In all the sites, failing to measure the doses arising from the sedimentary components, like *éboulis*, bone, charcoal, calcined bone, igneous or metamorphic pebbles, seriously reduce the accuracy and precision for the sedimentary dosimetry and the dates. In thinly bedded and/or inhomogeneous layers, optimal sedimentary dose measurement strategies require detailed sampling and volumetric averaging. In sites where sediment has suffered diagenesis, like migration of carbonate-rich or phosphate-rich water, cementation, dissolution, or post-depositional reworking of any sedimentary component(s), time-averaging will produce more accurate dosimetry measures and dates. In one site, missing the presence of four thin, now discontinuous, stalagmitic flowstone floors would have overestimated the time-averaged sedimentary dose rates. Cosmic dose rate measurements also require time-averaging to achieve the highest accuracy, especially if deflation or slow deposition rates prevailed. Such strategies require that the dating specialists, site geologists and archaeologists work as a team as the excavation progresses.

Pierre Guibert¹, Petra Urbanová¹⁻² et Jean-Baptiste Javel¹ :

Quoi de neuf en datation des mortiers par luminescence optiquement stimulée ? Un point sur des avancées majeures.

¹Institut de recherche sur les archéomatériaux – Centre de recherche en physique appliquée à l’archéologie, UMR 5060 CNRS Université Bordeaux Montaigne, Maison de l’Archéologie, F 33607 Pessac cedex, France, ²Università degli studi di Padova – Dipartimento dei beni culturali, Piazza Capitaniato 7, 35139 Padova, Italie.

Afin de dater par des méthodes physiques l’édification de monuments, les mortiers sont un matériau de choix à la différence des matériaux durs comme pierres et briques, car ils ne sont pas réutilisables en l’état. Dater par radiocarbone la carbonatation de la chaux des mortiers reste un défi expérimental en raison de limitations liées à la complexité du processus de carbonatation et à l’origine du carbone analysé qui s’opposent encore à un usage routinier, malgré un énorme potentiel, notamment par la précision des datations. Dater les mortiers par luminescence optiquement stimulée (OSL) est aujourd’hui une alternative opérationnelle. Le principe est que la luminescence des grains de quartz du sable ajouté à la chaux comme charge des mortiers, est remise optiquement à zéro durant le processus de fabrication ; c’est le blanchiment. Le moment daté est la dernière exposition à la lumière, contemporain de l’introduction du mortier dans une maçonnerie. Le problème physique principal qui a longtemps fait obstacle à une mise en œuvre de la datation des mortiers par OSL est le blanchiment partiel et hétérogène des grains. Cela conduit aujourd’hui à utiliser systématiquement la technique monograin (single grain : SG-OSL) revenant à étudier individuellement plusieurs milliers de grains par échantillon. Des outils statistiques de dépouillement des données sont à présent disponibles (modèle EED, *exponential exposure distribution* ou distribution exponentielle de l’exposition, modèle déduit d’une hypothèse d’indépendance de grains mobiles). On notera que l’état d’éclairement du mélange durant la fabrication du mortier, paramètre rattachable aux conditions d’élaboration du matériau, peut être déduit des données d’OSL. Nous présentons un bilan de la datation des mortiers par OSL à partir de l’expérience acquise sur des édifices offrant une longue séquence constructive depuis l’antiquité : réussites, précision obtenue, apport à l’archéologie, mais aussi situations aboutissant à l’impossibilité de dater.

Philippe Lanos², Jean-Claude Lefevre³ et Sébastien Gaimé¹ :

Un four à briques du Moyen Âge dans la région toulousaine (France), méthodes croisées pour la datation.

¹INRAP, Geolab UMR6042, ²CNRS, IRAMAT UMR 5060 et Géosciences-Rennes UMR 6118, ³CNRS, ARAR UMR 5138.

Une opération de fouille préventive, menée par une équipe de l’INRAP en février 2017, dans la région de Toulouse, en périphérie immédiate du bourg de Mondonville (Haute Garonne) a permis l’étude exhaustive d’un four à briques médiéval et son enregistrement grâce aux méthodes des relevés 3D. La construction assez élaborée et a priori inédite, permettait une adaptation au volume de briques à cuire. Typologiquement, le four présente la forme d’un sablier. Le foyer disposé au centre, est une construction rectangulaire excavée dans le substrat et munie de part et

d'autre d'alandiers trapézoïdaux et de 2 chambres de chauffe. L'homogénéité de la construction prouve qu'ils pouvaient fonctionner ensemble ou alternativement. En l'absence de mobilier caractéristique et de typochronologie fiable, nous avons eu recours à 2 méthodes d'Archéométrie. La combinaison de datations radiocarbones et d'une série de mesures d'archéomagnétisme a fourni l'intervalle [1254 ; 1287] AD à 95 % de confiance pour la dernière utilisation. Mais outre la datation, les dimensions permettent de faire un rapprochement avec un texte de 1289 réglementant le métier de tuilier à Toulouse. Ainsi, ce four pourrait être un témoignage direct de la véracité de l'application de ce règlement. Ici, loin des approximations chronologiques que l'on retrouve dans les autres régions de France pour le Moyen Âge, il est possible d'envisager ce four comme un modèle caractéristique du XIII^e siècle toulousain, alimentant peut-être les constructions de la ville. Par sa datation médiévale qui en fait un des plus anciens exemples médiéval découvert dans la région, par sa typologie très originale et par ses dimensions de plus de 23 m² pour le laboratoire, le four de Mondonville découvert chemin des Panedautes va, semble-t-il, constituer un jalon pour la connaissance de la production de la céramique architecturale médiévale régionale.

Asmodée Galy^{1,2}, Loïc Martin¹, Gaëlle Barbotin², Fanny Claverie², Edwige Pons-Branchu³, Chantal Tribolo¹, Norbert Mercier¹ et Christophe Pécheyran² :

Vers de nouvelles voies des datations par les séries de l'uranium : Apport du microéchantillonnage par ablation laser femtoseconde couplé à la spectrométrie de masse haute résolution.

¹Institut de Recherche sur les ArchéoMATériaux - Centre de Recherche en Physique Appliquée à l'Archéologie (IRAMAT-CRP2A), Université Bordeaux Montaigne, CNRS : UMR 5060, Maison de l'archéologie, Esplanade des Antilles 33607 Pessac Cedex, ²Institut des sciences analytiques et de physico-chimie pour l'environnement et les matériaux (IPREM), Université de Pau et des Pays de l'Adour, CNRS : UMR 5254, Technopole Hélioparc, 2 avenue P. Angot 64053 Pau Cedex 9, ³Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines ; CNRS : UMR 8212, Bât. 12, avenue de la Terrasse 91198 Gif-sur-Yvette Cedex.

Les datations par les séries de l'uranium sont une méthode plébiscitée depuis de nombreuses années dans des domaines variés tels que la géologie ou l'archéologie. Cette popularité est due à une très large période d'applicabilité de la méthode (de 10 à 500 ka), et ce sur un panel considérable de matériaux carbonatés. Ce dernier point en fait un atout important pour l'archéologie préhistorique, offrant l'accès à des datations directes de divers artefacts témoins des populations passées (spéléothèmes, ossements, dents, coquilles...). Néanmoins, l'applicabilité de cette méthode de datation est aujourd'hui restreinte par les difficultés à appréhender les possibles incorporations ou lessivages en uranium et thorium, et de mesurer les très faibles teneurs de ces radioéléments où ces contaminations sont absentes (quelques ppq seulement). Le nouveau protocole de datation par les séries de l'uranium que nous avons pu développer nous permet aujourd'hui de lever ces verrous technologiques. Des cartographies isotopiques sont réalisées sur des échantillons de natures diverses (coquilles, dents, spéléothèmes...) grâce au couplage d'un laser à haute cadence de tir et d'un spectromètre de masse haute résolution, offrant des datations directes et rapides (quelques heures), sur des quantités infimes de matière (100 à 1000 fois moins que par les protocoles traditionnels). Ce couplage instrumental original permet de plus de rendre compte des altérations des matériaux et des potentielles contaminations en radioéléments grâce à l'imagerie, tout en quantifiant de manière précise les ultra-traces des radioéléments dans les matériaux que nous avons étudié. Le protocole mis en place ouvre donc de nouvelles voies aux datations par les séries de l'uranium comme nous pouvons le voir au travers d'échantillons préhistoriques issus de sites majeurs d'Afrique du Sud ou encore du Moyen-Orient.

Du vestige au territoire, de la détection à la modélisation

Remote sensing, geomatics and paleoenvironmental modelling

9H00-14H50 : GUILLAUME HULIN ET YOANN CHANTREAU, PRÉSIDENCE DE SÉANCE

Guillaume Bruniaux¹, Vivien Mathé¹, Victor Legrand², François Lévêque¹ et Vincent Ard² :

Approche comparative entre la prospection magnétique en champ total et en gradient vertical sur des enceintes fossoyées néolithiques (Grand-Ouest de la France).

¹UMR 7266 LIENSs, Université de La Rochelle-CNRS, 2 rue Olympe de Gouges, F17000 La Rochelle, ²UMR 5608 TRACES, Université Toulouse Jean Jaurès-CNRS, Maison de la Recherche, 5 allées Antonio Machado, F31058 Toulouse.

L'étude des enceintes fossoyées néolithiques exploite de plus en plus la prospection géophysique pour cartographier l'organisation spatiale de ces sites. Cette approche apporte des informations sur la structuration de l'enceinte et les possibles aménagements présents à l'intérieur. Parmi les nombreuses méthodes que proposent la géophysique, la méthode magnétique est de loin la plus représentée. Nombreuses sont les études interdisciplinaires d'enceinte néolithique intégrant une carte magnétique, dont l'exploitation est à des fins diverses : documentation du site, conservation du patrimoine, implantation de sondages. L'efficacité de la méthode magnétique sur ce type de site s'explique principalement par l'existence d'un contraste d'aimantation important entre le comblement d'un fossé et son encaissant (l'intensité du contraste dépendra du contexte géologique, pédologique et archéologique). Ces contrastes sont associés à une anomalie du champ magnétique total qui peut être mesurée de différente manière suivant le type de capteurs et de magnétomètres employés. Dans cette présente étude, réalisée dans le cadre de l'ANR MONUMEN (*dir.* Ard Vincent et Mathé Vivien), nous nous intéressons à la comparaison entre un gradiomètre de type *fluxgate* et deux magnétomètres en champ total (vapeur de césium et vapeur de potassium). Cette approche comparative a pour objectif de mettre en évidence l'intérêt de l'utilisation d'un magnétomètre en champ total par rapport à un gradiomètre (plus couramment utilisé) en termes de capacité de détection de structures néolithiques. La comparaison n'ayant pas pour conclusion de privilégier le magnétomètre en champ total au détriment du gradiomètre mais plutôt d'une exploitation combinée de ces deux instruments et de montrer ce que l'un apporte par rapport à l'autre.

Bruno Gavazzi¹ et Marc Munsch¹ :

Champ total ou gradient ? Mesure ou calcul ? Un bilan des méthodes magnétiques utilisées en archéologie et perspectives d'amélioration des seuils de détection à travers l'utilisation de magnétomètres 3-composantes.

¹Institut de physique du globe de Strasbourg (IPGS) ; UMR 7516, Université de Strasbourg/EOST, CNRS ; 1 rue Blessig, F-67084 Strasbourg Cedex

Différentes méthodes et stratégies de mesures existent pour des applications en contextes archéologiques, chacune avec des avantages et des limites. Si les gradiomètres dits vectoriels sont aujourd'hui majoritaires on peut se retrouver en fonction des projets avec des cartes de l'intensité du champ magnétique ou du gradient, directement mesurées ou calculées à partir de données issues de magnétomètres ou gradiomètres scalaires ou vectoriels. Il est proposé ici de faire le point sur les différentes pratiques en place et de présenter les améliorations des seuils de détection et de la rapidité des mesures offertes par les avancées théoriques et méthodologiques sur l'utilisation de magnétomètres trois composantes. Ces derniers permettent en effet grâce à leur légèreté et leur capacité de compensation une mesure haute densité au plus proche des sources, révélant de nouvelles informations sur ces dernières et rendant possible la détection de structures fines comme des trous de poteaux. Ces résultats sont présentés en revenant sur la théorie, en explorant des cas synthétiques et en présentant des cas d'étude concrets.

Vivien Mathé¹, Vincent Ard², Victor Legrand², Emmanuel Mens², Pascal Mora³ et François Danie³ :

De la prospection à la restitution tridimensionnelle de monuments funéraires néolithiques.

¹UMR 7266 LIENSs CNRS-Univ. La Rochelle, ²UMR 5608 TRACES CNRS-Univ. Toulouse II-MCC, ³UMS 3657 Archéovision CNRS-Univ. Bordeaux-Montaigne-Univ. Bordeaux, Archéotransfert.

Depuis 2011, une vingtaine de monuments funéraires néolithiques du Centre-Ouest de la France ont fait l'objet de prospections géophysiques par l'équipe de La Rochelle. Les résultats obtenus par ces méthodes non-invasives permettent d'aborder diverses questions. i) Des éléments de la structuration interne de plusieurs cairns ont été identifiés grâce à des cartographies électriques à plusieurs profondeurs couplées à des sections de résistivité. ii) Les prospections électriques ont également permis de connaître l'état de conservation de plusieurs monuments et ainsi de localiser les zones ayant été le plus endommagées. iii) L'emprise de la zone d'épandage des matériaux de monuments arasés et la nature de ces matériaux ont été déterminées par des cartographies magnétiques ou électriques. On distingue ainsi les cairns de pierres des tertres de terre, et il on peut estimer l'emprise initiale de chaque monument. iv) Ces méthodes ont également été utilisées pour tenter de localiser des mégalithes visibles sur des représentations anciennes mais actuellement disparus. v) Enfin, la prospection magnétique a été mise en œuvre sur de larges espaces autour d'une dizaine de cairns ou dolmens afin de repérer d'éventuelles structures périphériques. Des signaux correspondant à des carrières, des fosses ou des fossés sont très souvent localisés autour des monuments. Les vérifications des hypothèses par des sondages ou des fouilles archéologiques ont été menées en parallèle des prospections sur plusieurs sites. Elles permettent de préciser les interprétations et d'obtenir à des informations inaccessibles par la géophysique. En retour, les prospections sont utilisées pour extrapoler certains résultats des fouilles à des structures prospectées mais non fouillées. Cette démarche, particulièrement efficace, apparaît à ce jour encore trop peu exploitée. Enfin, le croisement de ces données avec des études technologiques et architecturales ont permis dans certains cas d'aller jusqu'à la restitution tridimensionnelle de certains monuments.

Christelle Sanchez¹, Matthieu Thivet¹⁻², Julien Thiesson³ et Maria Grazia Masetti-Rouault⁴ :

Paysage et urbanisme durant la période assyrienne en Mésopotamie du Nord. Approche intégrée du site de Qasr Shemamok.

¹Laboratoire Chrono-environnement, UMR 6249, ²Université de Franche-Comté, ³Sorbonne Université, Laboratoire METIS, UMR 7619, ⁴Laboratoire Orient et méditerranée, UMR 8167.

Localisé dans l'actuelle province autonome du Kurdistan Irakien, le site de Qasr Shemamok, l'antique Kilizu, est situé à environ 25 km au sud-ouest d'Erbil. Il s'implante dans une plaine alluviale sur la rive gauche du Shwasor. Sa position stratégique, au croisement de plusieurs axes majeurs de circulation et d'échange, entre la vallée du Tigre et le piémont du Zagros, en fait un site important pour la compréhension des relations homme/environnement dans la longue durée dans cette région du Proche Orient. Ce territoire, au nord de la Mésopotamie est extrêmement attractive, en raison de son climat favorable permettant dès la préhistoire une agriculture sèche, sans irrigation. De fait le site et son environnement immédiat sont occupés de manière presque ininterrompu, du VI^e millénaire avant notre ère jusqu'à aujourd'hui. Il est composé d'un Tell de plus de 20m de haut auquel est associé une ville basse probablement datée du dernier millénaire avant notre ère, soit de la période assyrienne. La mise en place d'une approche intégrée sur le site permet aujourd'hui de combiner plusieurs types d'informations à différentes échelles d'analyse et renouvelle la vision globale du site. Ainsi, nous présenterons ici le bilan général des prospections magnétiques réalisées lors des différentes campagnes (2011-2012-2017) sur plus de 16ha soit environ 21% du site. Ces prospections apportent de nouveaux indices pour la compréhension des dynamiques d'urbanisation de la cité que nous confronterons avec les apports d'acquisitions récentes (2016-2018) réalisées par photogrammétrie aéroportée. Cette méthode nous offre aujourd'hui une nouvelle perception de la cité et de son environnement proche sur une surface de 172ha. L'analyse croisée de ces différentes données apporte des éléments inédits dans la compréhension de la structuration de la cité en relation avec son milieu (réseau viaire, canaux, paléochenaux...) ainsi que sur la taphonomie de ce site majeur de l'histoire assyrienne.

Rémi Landois¹, Jean-Pierre Garcia¹ et Amélie Quiquerez¹ (¹UMR 6298 ARTEHIS)

Nouveaux moyens de détection pour de nouveaux vestiges : la construction d'un paysage forestier sur le temps long en Bourgogne (France).

Le territoire du Val Suzon, situé à quelques kilomètres au nord-ouest de Dijon (Côte-d'Or, Bourgogne Franche-Comté, France), fait l'objet de recherches visant à reconstituer l'histoire de cet espace forestier. Ces recherches s'appuient sur différentes sources archéologiques et historiques, et notamment sur l'analyse des données de prospection LiDAR, acquises en 2013 sur l'ensemble du massif forestier du Val Suzon. Parmi la multitude de sites archéologiques ainsi repérés se trouve le village de Goa, constitué pendant le Haut Moyen Âge et dont les vestiges sont aujourd'hui préservés sous forêt. Les archives textuelles et le mobilier retrouvé lors de prospections permettent d'attester une occupation depuis le Xe siècle et un probable abandon du site au cours du XIIe siècle. Du fait du contexte forestier et grâce aux données LiDAR, il est possible d'appréhender l'organisation de ce village médiéval, autour de ses habitats groupés et d'un parcellaire périphérique, sur un large plateau calcaire. Ces analyses LiDAR ont été complétées par des prospections géophysiques, réalisées dans un champ à la lisière de la forêt, qui ont révélé la présence de fondations de bâtiments recouverts par des structures liées à l'extension du village médiéval. Ces structures pourraient appartenir à un schéma d'occupation plus ancien (gallo-romain ou carolingien), qui a précédé celui du village, et qui a potentiellement été identifié à d'autres endroits dans le Val Suzon. Cette étude sur le site de Goa s'inscrit d'ailleurs dans un travail de recherche plus large et qui concerne les dynamiques d'occupation et d'exploitation du territoire du Val Suzon. Ces recherches visent également à retracer l'évolution du paysage sur le temps long. Cette approche se voulant diachronique et multi-sources, elle s'intéresse par conséquent à l'origine comme au devenir du site après sa désertion.

Thivet Matthieu¹ :

Approche pluridisciplinaire des territoires arctiques : apport de la photogrammétrie aéroportée par drone réalisée sur les îles Dog Island et South Aulatsivik au Labrador.

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

Dans le cadre du projet ANR InterArctic (2018-2021), une première mission de terrain a été menée durant le mois de juillet 2018, au Labrador (CA) dans la région de Nain et plus particulièrement sur les îles « Dog Island » et « South Aulatsivik ». Ce projet de recherche, par nature pluridisciplinaire, a été l'occasion de mettre en œuvre et de tester de nouveaux protocoles d'enregistrement des données de terrain basé sur la photogrammétrie aéroportée. L'ensemble des données acquises lors de cette mission concerne des domaines et des problématiques de recherche variées allant de l'archéologie à la géomorphologie en passant par l'écologie. Les acquisitions ont été effectuées avec un drone de type DJI Phantom 4 Pro, particulièrement adapté à une mission en territoire isolé par sa légèreté, sa facilité de mise en œuvre, son autonomie, mais surtout par son extraordinaire stabilité en vol. Différents paramètres de vol ont été utilisés afin de répondre aux diverses problématiques posées, allant de la microtopographie à large échelle jusqu'à l'enregistrement de données écologiques à haute résolution. Au total, 22 vols ont été réalisés, permettant de cartographier près de 250 ha avec une résolution de 22 mm / pix. Pour des vols plus spécifiques (plan de vestiges archéologiques par exemple), une altitude de vol plus basse a permis d'affiner la résolution des modèles jusqu'à 4 mm / pix. Nous présenterons donc ici les protocoles d'acquisitions et de traitements employés ainsi que les premiers résultats obtenus aux différentes échelles, fournissant aujourd'hui à la communauté scientifique un corpus de données micro-topographique inédit au Labrador. Ces données serviront de socle à la construction progressive d'une carte archéologique actualisée permettant, entre autre, le développement de réflexions autour de la taphonomie et de l'organisation spatiale des occupations insulaires dans la longue durée.

Sylvain Rassat¹, Louis Hugonnier², François-Joseph Ruggiu³ et Thibaut Delval⁴ :

L'acquisition à haute densité et la modélisation 3d : Lidar, photogrammétrie et Building Information Model, comme nouveaux champs exploratoires.

¹C.N.R.S (UMR 8596), ²I.N.R.A.P (Hauts de France), ³C.N.R.S (INSHS), ⁴C.S.T.B.

Depuis près d'une décennie, la lasergrammétrie et la photogrammétrie révolutionnent les capacités et méthodes d'acquisition des données spatiales. Ces deux techniques d'enregistrement surfacique mettent à la disposition des topographes, cartographes et chercheurs, des semis, parfois, de plusieurs milliards de points. Jusque récemment, ces objets en trois dimensions (ou 3D) ne pouvaient réellement dépasser le stade d'une mise en forme esthétique ou, dans le meilleur des cas, cartographique. La technologie de la maquette numérique standardisée ou Building Information Model (B.I.M) oblitère cette césure entre les levers à haute densité et une véritable modélisation standardisée de l'information tridimensionnelle. Le B.I.M permet la modélisation 3D de tous les éléments géométriques et leur association avec des informations standardisées (identifiants de la carte archéologique, matricules cadastraux, éléments archivistiques, etc.). De plus, il est possible de profiter des potentialités offertes par les bases de données massives (ou BIG DATA) telle que l'étude de la quatrième dimension. L'exploitation simultanée et diachronique de toutes ces entités spatiales, archéologiques ou historiques est désormais réalisable. Cette présentation s'appuie sur trois cas d'étude utilisant des campagnes d'acquisition à haute densité, des bases de données et 3D standardisée. Les oppida de Saint Pierre en Chastre, de Vermand ainsi que l'étude de la ville de Charleville illustreront cette évolution du lien entre base de données scientifiques, informations et modélisation spatiale.

Léna Bassel¹, B. Dutailly², D. Lacanette³, R. Chapoulie¹, P. Mora², V. Feruglio⁴, B. Bousquet⁵ et C. Ferrier⁴ : Un SIG 3D pour l'exploitation de données archéométriques hétérogènes. Application aux grottes ornées.

¹UMR CNRS 5060 IRAMAT-CRP2A, Université Bordeaux Montaigne, ²UMS CNRS 3657 SHS3D Archéovision, ³UMR CNRS 5295 I2M, Bordeaux INP, ⁴UMR CNRS 5199 PACEA, Université de Bordeaux, ⁵UMR CNRS 5107 CELIA, Université de Bordeaux.

Dans le cadre des programmes ArTaPOC¹ et PHYT², un outil de géoréférencement 3D a été développé. Il constitue un moyen de sauvegarder les informations, mais aussi de les croiser par l'intermédiaire d'une base de données associée à la 3D des cavités. Les données générées par les différentes disciplines à l'œuvre dans l'étude et la conservation des milieux endokarstiques sont difficilement exploitables dans leur globalité de par leur hétérogénéité, mais aussi de par les difficultés d'appréhension de leur organisation spatiale. Nous avons développé une solution logicielle sous la forme d'un *plug-in* pour le logiciel Meshlab lié à une base de données en ligne à laquelle nous apportons de nouvelles fonctionnalités qui concernent les éléments géoréférencés. Ces derniers sont des points placés sur des maillages issus de numérisation 3D. Ils contiennent les données des chercheurs qui peuvent être un nom, un commentaire, la discipline concernée, et des données spécifiques comme les valeurs de capteurs (températures et CO₂) ou les résultats d'analyse physico-chimiques sous la forme de fichiers joints. Cette base de données est directement consultable dans le modèle 3D avec des outils de filtres et de recherche. Forts du succès de ces deux programmes de recherche, le SIG 3D continue d'évoluer dans trois directions : la recherche d'une granularité plus fine au niveau de la base de données afin de permettre l'accès aux données des chercheurs de façon uniforme, l'aspect collaboratif permettant de faciliter les recherches interdisciplinaires, et l'accessibilité aux données en faisant disparaître les difficultés de manipulations liées à la troisième dimension grâce aux casques de réalité virtuelle et aux lunettes de réalité augmentée.

1 : ArTaPOC « Archéologie et taphonomie de la paroi ornée à Cussac » - J. Jaubert UMR CNRS 5199 PACEA. Financement : LabEx LaScArBx. 2 : PHYT « Taphonomie et préservation des Grottes Ornées : étude multiphysique de faciès calcitiques » - R. Chapoulie UMR CNRS 5060 IRAMAT-CRP2A. Financement : Nouvelle Région Aquitaine.

Romain Lahaye¹ :

Les outils numériques appliqués aux arts rupestres : quels apports au-delà de la technicité ?

¹Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne (Institut des Mondes Africains).

Depuis une quinzaine d'années, l'essor de la photogrammétrie et des outils de traitement pour l'amélioration des images (DStretch[®]) a permis de renouveler l'acquisition et l'étude des données pour les arts rupestres. Les avantages de ces reconstitutions sont multiples et vont bien au-delà des aspects de conservation et de restitution mis en évidence depuis le début de l'application de ces outils à l'archéologie. Il s'agit bien évidemment de l'archivage des figurations et du relief environnant, à un instant « t », quelles que soient les évolutions ultérieures (concrétionnement, abrasion, dégradations des touristes, etc.). En palliant certains obstacles qui se posent lors des relevés manuels, la photogrammétrie permet une appréhension des tracés par le biais d'un autre degré de précision. La modélisation numérique des gravures et des peintures rupestres permet également de visionner ces dernières *ex situ*. Les logiciels de traitement des images photogrammétriques (AliceVision[®] et Agisoft Photoscan[®]) et d'amélioration des images (DStretch[®]) permettent également de changer la couleur de la matière, de supprimer la couleur du support, d'orienter un éclairage virtuel à 360°. Il est donc possible de voir de nouveaux éléments, imperceptibles ou difficilement visibles à l'œil nu, et de retourner sur le terrain vérifier ces nouveaux aspects. Ces logiciels facilitent ainsi l'étude des peintures et gravures en complétant les informations fournies par les relevés manuels (profondeur et superpositions des tracés, restitution des volumes, etc.). Des relevés numériques peuvent également être effectués sur écran. S'il est indéniable que ces outils permettent une étude technique plus complète (de par une meilleure connaissance des états de surface et une accentuation des figurations très peu visibles), en quoi peuvent-ils être utiles à la formulation, à la vérification d'interprétations et d'hypothèses davantage orientées vers des aspects sociaux de la production et de la signification de ces figurations ?

Joseph Gauthier¹, Christophe Ars² et Nicolas Florsch³ :

L'aéragé des volumes miniers complexes : essai de modélisation à partir d'un site fouillé à Sainte-Marie-aux-Mines (France).

¹ Chrono-environnement UMR 6249, CNRS-UFC, Besançon, France, ² Université Bordeaux Montaigne, Bordeaux, France, ³ UMMISCO UMI 209, Sorbonne Université, Paris, France.

La question de l'aéragé des anciennes mines a peu été traitée, du fait de la complexité des volumes souterrains creusés par l'homme. Des cas simples ont fait l'objet d'études qualitatives ou quantitatives. Aucune étude n'a été menée sur la ventilation des espaces reculés et complexes que constituent les zones de dépilage sur filons sub-verticaux. La découverte d'un tuyau utile à la circulation d'air dans une galerie sur filon de la mine *Giro* (Sainte-Marie-aux-Mines, France, XVI^e s.) a permis d'engager une réflexion autour du système destiné à rendre l'air respirable au sein des chantiers d'extraction. Le tuyau peut aisément être associé à des équipements connus par l'iconographie : un soufflet installé en extérieur de la mine. Aucune donnée historique ne renseigne cependant sur les aménagements du système en souterrain. Il n'est pas évident de reconstituer les volumes d'une mine à un instant T, comme il est impossible de procéder à une démarche expérimentale *in situ*, du fait de l'état actuel du site et des risques que cela entraînerait. La simulation numérique des écoulements d'air permet de contourner ces difficultés. A partir des données de fouilles, d'une géométrie minière simplifiée et d'hypothèses sur le débit de ventilation, il est possible de proposer une restitution quantitative de l'aéragé. L'analyse des champs de vitesse d'écoulement fournit ensuite des indications sur la qualité du renouvellement de l'air dans le dépilage. Plusieurs hypothèses ont été testées numériquement. Les résultats mettent en évidence le besoin d'aménagements complémentaires au système d'amenée de l'air. Le compartimentage du volume, par exemple en chicanes, devait donc être indispensable au bon fonctionnement du système afin de créer un cheminement unique de l'air dans les zones en cours d'exploitation. Des échafaudages pouvaient ainsi être utiles à la fois à l'abattage et à l'aéragé. Les données ainsi produites contribuent à une approche renouvelée de l'archéologie minière, qui forte de ces éclairages sera à même de recueillir plus finement les stigmates de l'invisible.

Jean-Baptiste Barreau¹⁻², Elen Esnault²⁻³, Jérôme Foucher⁴, Manon Six⁵, Cécile Le Faou⁵ et Sandrine Lalain³ :

Modélisation 3D de l'état XVe des Portes Mordelaises de Rennes.

¹Univ Rennes, CNRS, ²CRéAAH UMR 6566, ³Inrap Bretagne, ⁴Société Polymorph Software, ⁵Musée de Bretagne.

Les Portes Mordelaises, vestiges de l'enceinte médiévale de la ville de Rennes (France), ont fait l'objet de plusieurs fouilles archéologiques, et ce jusqu'en 2017. À partir des différents résultats, nous avons réalisé une restitution 3D des bâtiments extérieurs, de leurs abords et de l'intérieur des tours dans leur état au 15^e siècle. Dans le cadre de l'exposition « Rennes, les vies d'une ville » (20/10/2018-25/08/2019), reconnue d'intérêt national par le ministère de la Culture, la direction générale des patrimoines et le service des musées de France, nous présentons cette restitution aux visiteurs à l'aide d'un dispositif de réalité virtuelle. Les questions soulevées par cette démarche concernent les origines de Rennes, sa construction, son organisation, sa transformation au cours du temps, et ses liens avec son territoire. L'objectif de cette présentation est ainsi d'observer, autour de l'exemple d'un site archéologique majeur et complexe, comment numérisation d'existant, modélisation d'hypothétique et interactions en réalité virtuelle peuvent nourrir la production de savoirs archéologiques, dont la valorisation peut se co-construire à l'aide des retours critiques du grand public.

VENDREDI 10 MAI / FRIDAY MAY 10

Lieux d'Interactions Passées : la bioarchéologie combinée aux analyses multi-isotopiques et/ou paléogénétiques

Bioarchaeology combined with multi-isotope and/or paleogenetic analyses

9H00-12H00 : ISABELLE RIBOT, PRÉSIDENTE DE SÉANCE

Estelle Herrscher¹ et Modwene Poulmarc'h² :

Impact of biological and social factors on Neolithic diets in the Southern Caucasus / Impact des facteurs biologiques et sociaux sur l'alimentation néolithique dans le Caucase du Sud.

¹Aix Marseille Université, CNRS, LAMPEA, Aix-en-Provence, France, ²Université de Lyon 2, CNRS, Archéorient, Lyon, France.

The Southern Caucasus, situated between the Black and Caspian Seas at the crossroads between Europe, the Middle East and Central Asia, presents several high mountain chains and valleys providing different climatic and biogeographic systems and hosting an exceptional diversity food resources and great corridors for movement of human groups. Based on a biochemical approach ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$), the main objective of the paper is to reconstruct the Neolithic diet in this region using data from two major sites located in the Kura and Araxes Valley respectively, in Azerbaijan and Armenia in order to understand the impact of biological and social factors on the diversity of the dietary practices (Humans: Mentesh Tepe: n=28; Aknashen: n=5). In order to improve the restitution of past human diet, our research aims at documenting the isotopic variability of several animal and botanical dietary resources. Bioarchaeological samples are composed of 66 wild and cultivated seeds, 125 wild and domestic terrestrial animals and 34 modern and archaeological freshwater fishes. Isotopic ratios of plant and animal remains allowed us to define the type of environment around each site with the presence of a more significant C4 vegetation cover in Aknashen, than in Mentesh. In agreement with archaeological and modern botanical records, the C4 plants would be wild species, like Chenopodiaceae, Botriochloa. Considering all dietary resources, results showed at Mentesh Tepe an isotopic overlap between several food sources whereas at Aknashen, they are isotopically distinct making possible to infer more precisely their respective contribution into human diet. Human dietary practices, at each site, showed a diversity marked by a differential contribution of freshwater fish and pulses into the diet according to individuals, but not related with the type of burials or even the age at death of deceased. Such a pattern would suggest a lack of norm of dietary practices during the Neolithic that might be explained either a diversity of food choices or mobility of people. This research was done within the ORIMIL project funded by the National Agency for Research (ANR13-JSH3-0003-01, PI E. Herrscher).

Lucie Martin¹⁻⁴, Claire Delhon², Estelle Herrscher³, Charline Giguet-Covex⁴, Laetitia Riboud², Cédric Lepère²⁻⁵, Lionel Gourichon², Manon Vuillien², Erwan Messenger⁴ et Janet Battentier² :

A cave and a flock : contribution of bioarchaeology of coprogenic deposits to the study of Neolithic pastoralism in the Alps / Une grotte et un troupeau : apport de la bioarchéologie des dépôts coprogènes à la connaissance du pastoralisme alpin au Néolithique.

¹Université de Genève, Laboratoire d'archéologie préhistorique et anthropologie, Uni Carl-Vogt, Geneva, Switzerland, ²Université Côte d'Azur, CNRS, CEPAM, ³LAMPEA, MMSH, Aix-en-Provence, ⁴CNRS, EDYTEM University Savoie Mont-Blanc, Le Bourget-du-Lac, France, ⁵Eveha.

In the South of France, many Neolithic and Bronze Age "sheepfold caves" have a sedimentary filling largely composed of fossil dung. These coprogenic deposits carry a wealth of information about the life of the herders and their flocks, and therefore about pastoral systems: site status, mobility systems, seasonality, pastoral practices,

etc. These dung levels constitute a record at the interface of fauna, flora and human practices; however integrated bioarchaeological approaches remain difficult to set up. The CoproArchéo project proposes to use the Neolithic site of Pertus II (Méailles, Alpes de Haute-Provence) as a laboratory to bring together different fields of studies. In addition to the range of "classical" bioarchaeological approaches (archaeobotany and archaeozoology), phytolith analysis, determination of the isotopic composition (C, N) of animal bones and cultivated plant seeds, as well as sedimentary DNA analysis have been carried out. By crossing this data, we aimed to refine our knowledge of the environment around the site, to specify the diet of the herd and herders, to better understand the place of agricultural activities, and to gain information on the seasonality of the occupations. The approaches implemented are all exploratory, to varying degrees. One of the goals of the project is to better understand their potential, or even to test them for the first time in such contexts, and to improve protocols to optimize the cross-referencing of results. This presentation will detail the first results of the project. Preliminary data show that Pertus II has a very rich and varied carpological spectrum suggesting elaborate agricultural practices. Isotopic carbon and nitrogen values measured on cereals, legumes and different animal species (wild and domestic) could reveal irrigation and/or soil fertilization practices, or specify the type of fodder used, including the use of crops such as legumes or cereal threshing residues. Another very innovative aspect is the use of sedimentary DNA analyses, which remains very rare for archaeological contexts, due to a lack of knowledge of the impact of taphonomic phenomena on the genetic material contained in sediment. If it works, DNA metabarcoding could reveal the diversity of plants and mammals whose DNA could be stored in dung levels. The excellent preservation of plant and animal remains at Pertus II should therefore permit comparisons, to assess the relevance of this approach and to refine protocols and methodology.

Leïa Mion¹, Guy André¹ et Estelle Herrscher¹ :

L'alimentation sur les îles méditerranéennes au début du Moyen Âge, le cas du Sud-Est de la France.

¹Aix Marseille Univ, CNRS, Minist Culture & Com, LAMPEA, Aix-en-Provence, France.

Les habitants des îles méditerranéennes vivent à la période de transition entre l'Antiquité et le Moyen Âge des trajectoires différentes. Certains vont cultiver leur isolement tandis que d'autres vont profiter de la position privilégiée entre Mer et continent pour transformer leurs îles en centre économique et politique. Ce phénomène est d'autant plus accentué par l'arrivée dans le nord du bassin méditerranéen de nouvelles populations. À partir de deux exemples de la côte Sud Est de la France, l'île de Lérins au large de Cannes qui voit la mise en place d'un monastère et l'île de Maguelone qui devient le centre d'un évêché rivalisant avec celui de Nîmes sous influence mérovingienne, cette recherche tente de déterminer l'impact de ces deux types de situations sur les modes de vie des habitants au travers du prisme de l'alimentation. Pour ce faire, des analyses isotopiques ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) ont été réalisées sur des échantillons de collagène osseux provenant de six individus inhumés sur l'île de Lérins et quinze inhumés sur l'île de Maguelone mais également sur quinze et vingt-quatre spécimens de faune des deux îles. Les résultats permettent de proposer l'hypothèse d'un approvisionnement en ressources carnées qui se fait autant par une production locale que par des échanges avec le continent. Il a aussi été possible de mettre en évidence une alimentation centrée sur les ressources marines à Maguelone comme à Lérins avec vraisemblablement une différence dans la proportion de protéines animales ou dans les espèces marines consommées. Enfin, la comparaison des résultats avec deux autres ensembles insulaires du bassin méditerranéen, les îles Baléares au large de la Catalogne et la Crète au large de la Grèce montrent que l'influence des populations wisigothiques visibles dans les pratiques funéraires de Maguelone ne s'arrête pas à ce seul aspect culturel.

Kevin Salesse¹⁻², Christophe Snoeck³⁻⁴, Henrica Annaert⁵, Mathieu Boudin⁶, Giacomo Capuzzo¹, Sarah Dalle⁷, Guy De Mulder⁷, Marta Hlad⁵, Ioannis Kontopoulos⁵, Charlotte Sabaux⁷, Amanda Sengeløv¹, Elisavet Stamatake⁵, Dries Tys⁵, Barbara Veselka⁵, Eugène Warmenbol⁸ et Martine Vercauteren⁷ :

Clothes for the dead - An attempt to detect the presence of garments worn by the deceased. Contribution of stable isotope analysis on cremated bones.

¹Université Libre de Bruxelles, Unité d'Anthropologie et de génétique humaine, CP192, Avenue F.D. Roosevelt 50, 1050 Bruxelles, Belgique, ²Université de Bordeaux, CNRS, UMR 5199: "PACEA - De la Préhistoire à l'Actuel: Culture,

Environnement et Anthropologie”, bâtiment B8, allée Geoffroy St. Hilaire, CS 50023, F-33615 Pessac cedex, France, ³Vrije Universiteit Brussel, Analytical, Environmental & Geo-Chemistry, Department of Chemistry, AMGC-WE-VUB, Pleinlaan 2, 1050, Brussels, Belgium, ⁴School of Archaeology, University of Oxford, 1-2 South Parks Road, Oxford, OX1 3TG, UK, ⁵Vrije Universiteit Brussel, Department of Art Sciences & Archaeology, Pleinlaan 2, 1050 Brussels, Belgium, ⁶Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonim, Jubelpark 1, 1000 Brussel, Belgium, ⁷Universiteit Gent, Vakgroep Archeologie, Sint-Pietersnieuwstraat 35, 9000 Gent, Belgium, ⁸Université Libre de Bruxelles, Centre de Recherches en Archéologie et Patrimoine, CP133, Avenue F.D. Roosevelt 50, 1050 Bruxelles, Belgique.

If post-cremation life histories of cremains and cremation-related deposits can be readily investigated as they refer to the last handling of the deceased, the treatment of the corpse during the burning act itself is little addressed by textual sources thus is at present extremely difficult to define. Recent advances in biogeochemical techniques present a unique opportunity to finally be able to characterize the act of cremation itself and bring a new breakthrough in our current archaeo-anthropological knowledge of the burning act itself through time. In this paper, we will focus on the possibility to detect the presence of garments worn by the deceased through stable isotope evidences ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) on calcined bones. More specifically, we will investigate whether the deceased was shod or not, as the latter is likely one of the clothing items most resistant to fire and might represent a proxy to discuss whether an individual was dressed or not. It is hypothesized that foot bones encased in shoes might experience heating conditions characteristic to confined-space cremation (low oxygen availability, poorly ventilated). These heating conditions could differ from those without shoes. To do this, experimental cremations with shod and unshod pig feet have been performed in Belgium. Results from these experiments will be presented.

Jacinthe Vigeant¹, Isabelle Ribot¹ et André Poirier² : (¹Université de Montréal, ²Géotop)

Étude paléochimique des facteurs environnementaux et socioculturels liés à une forte prévalence de la carence en vitamine D durant l'enfance chez une population protestante du 18^e et 19^e siècle, à Québec.

En 1771, quelques années après la Conquête de la Nouvelle-France par les Britanniques, le cimetière Saint-Matthew entre en fonction, à la ville de Québec, afin d'inhumier le nombre croissant de défunts de la nouvelle population de confession protestante. Exhumés de 1982 à 2009, les squelettes de près de 200 individus ont fait depuis l'objet de plusieurs études, certaines utilisant la géochimie isotopique afin d'aborder des questions portant sur la migration, l'alimentation et l'état sanitaire. La présente étude paléochimique continue dans cette visée en explorant la relation entre la présence de dentine interglobulaire (DIG), un défaut de minéralisation pathognomonique de la carence en vitamine D durant l'enfance et le contexte bioculturel. Cette maladie métabolique a connu un essor général suite à l'urbanisation et à l'industrialisation et plusieurs articles portent sur sa prévalence dans les Iles Britanniques, à l'époque, mais très peu de commentaires concernent sa présence en Amérique du Nord, chez les populations migrantes. Pour mener cette recherche, les individus représentés soit pas une première molaire permanente (M1) et/ou une deuxième molaire (déciduale [m2] et/ou permanente) ont été sélectionnés et ils ont fait l'objet d'observation de la dentine et d'analyses au spectromètre de masse ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ et $\delta^{18}\text{O}$ de la portion organique et minérale des dents et des os). Les données préliminaires obtenues pour 65 individus, indiquent que 78% d'entre eux présentent soit un stade léger (n=22) ou sévère (n=29) de DIG. Seule une différence statistiquement significative du $\delta^{13}\text{C}$ du carbonate des dents saines (n=6, -13,9‰ vs VPDB) comparativement aux individus présentant un stade sévère de DIG (n=10, -13‰ vs VPDB) ($p=0,039$) a été notée. Davantage d'analyses sont nécessaires afin d'interpréter ces résultats.

Alexia Nguyen-Trung¹, Bastien Boussau¹ et Vincent Daubin¹ :

Dater les migrations ancestrales d'*Homo sapiens* à partir de ses bactéries symbiotiques.

¹Laboratoire de Biométrie et de Biologie Evolutive (LBBE), Université Claude Bernard Lyon 1, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5558, 43 Bld du 11 Novembre 1918 69622 Villeurbanne Cedex – France.

L'héritage génétique d'*Homo sapiens* est bien plus substantiel et complexe que la génétique du XX^e siècle ne le présentait. Nous savons aujourd'hui que chaque individu humain est le lieu et finalement le produit de l'interaction

d'une multitude d'organismes mutualistes ou antagonistes, portant chacun leur propre génome. Certaines de ces associations sont stables au cours de la vie, et même dans certains cas au cours des générations. Ainsi, *Helicobacter pylori*, une bactérie généralement considérée comme pathogène de l'Homme, a accompagné son hôte au cours de ses pérégrinations sur les différents continents, au point que la phylogénie des souches actuelles retrace dans les grandes lignes l'histoire des migrations humaines depuis leur sortie d'Afrique. L'analyse des génomes des souches d'*Helicobacter pylori* pourraient permettre de compléter les inférences qui sont faites à partir des données génétiques issues du séquençage des populations humaines actuelles et fossiles. En particulier, *Helicobacter pylori*, comme de nombreuses espèces bactériennes, a la capacité d'acquérir des gènes par transfert horizontal. Le transfert de gènes entre souches d'*Helicobacter*, qui nécessite qu'elles aient été présentes simultanément au même endroit fournit des informations temporelles et spatiales inédites. Nous avons développé une méthode de reconstruction ces événements de transfert qui permet de renseigner les dates relatives de diversification des groupes, et nous pensons qu'elle pourrait aussi permettre de documenter des contacts anciens entre populations. Dans une analyse préliminaire à cette thèse, nous avons montré que les transferts de gènes entre souches d'*Helicobacter pylori* indiquaient la contemporanéité des lignées humaines, et pouvaient affiner et dater l'histoire des migrations humaines. Cette présentation sera une discussion de nos résultats après avoir intégré davantage de génomes bactériens prélevés autour du globe ; et permettra d'ouvrir les perspectives quant à l'exploration de l'Histoire des populations humaines à partir de la relation intime entre l'Homme et les bactéries.

Kévin Roche^{1,2}, Tyler Murchie³, Isabelle Jouffroy-Bapicot², Boris Vannière², Alain Bouet¹, Matthieu Le Bailly², Hendrik Poinar³ et Olivier Dutour⁴ :

Systematic approaches and completeness in paleoparasitology, and integration of molecular paleoparasitology.

¹Université Bordeaux Montaigne, UMR 5607 AUSONIUS, ²Université Bourgogne Franche-Comté, UMR 6249 Chrono-Environnement, ³McMaster University, Ancient DNA Centre, ⁴Ecole Pratique des Hautes Etudes ; Université de Bordeaux, UMR 5199 PACEA.

Paleoparasitology aims to study the evolution and past ecology of parasites through their remains in paleontological, archaeological, environmental or medical samples. In archaeological context, those organisms can shed lights on migration process, food consumption, agronomy, health and hygiene of past populations...Up to now, sampling strategies rarely leaned on site sized investigations. Indeed, the majority of paleoparasitological studies in the past covered more or less restricted areas of archaeological sites, in terms of surface or chronology. Completeness in paleoparasitology notably showed its interest in studying large numbers of paleofeces on paleoamerican sites. We applied this approach in two other contexts. First, the hellenistic-roman city of Delos, Greece. Latrines and their sewers in this extensively excavated site, were studied in order to have a better understanding of wastes management in the eastern graeco-roman world. This gave us the opportunity to collect sediment and paleofeces samples in 66 latrines distributed in the whole settlement. We were thus allowed to have a more comprehensive look on the parasitic burden that plagued such a city. The second example concerns the Asi Gonia peat bog in the cretan White Mountains, Greece. We aimed to test the feasibility of paleoparasitological investigations in this kind of context and, if any, to participate to the paleo-environmental reconstruction and comprehension of the making of the landscape over the last 2000 years. We collected sediment samples along a 6-m core radio-carbon dated from the roman period to the present days. Parasitic remains were successfully observed, and their diversity allowed usefull comparisons with multi-proxy analyses. As far as we know, it's the first time that a paleoparasitological research covers an ancient city surface in such an extent, and is applied to peat bog studies. Both of them showed their feasibility and meaningfulness, pleading for a greater consideration of systematic and complete paleoparasitological samplings when planning future bioarchaeological studies. Finally, we present our ongoing work on the same sites regarding metagenomics approach. Completeness is here reinforced by looking for a wide diversity of parasitic species through their molecular signature.

Dominique Castex¹, Anna Loeffl¹⁻², Rémy Chapoulie³, Delphine Syvilay³, Ronan Ledevin¹, Yannick Lefrais³, Priscilla Munzi⁴, Jean-Pierre Brun⁵ et Henri Duda¹ :

Le diagnostic de fluorose sur des os humains brûlés, apport des méthodes archéométriques.

¹PACEA – De la Préhistoire à l'Actuel : Culture, Environnement et Anthropologie, UMR 5199 CNRS – Université de Bordeaux, 33615 Pessac Cedex, France, ²École française de Rome, I-00186 Rome, Italie, ³IRAMAT-CRP2A – Centre de Recherche en Physique Appliquée à l'Archéologie, UMR 5060 CNRS – Université Bordeaux Montaigne, 33607 Pessac Cedex, France, ⁴Centre Jean Bérard, USR 3133 CNRS – EFR, 80121 Naples, Italie, ⁵Collège de France, 75005 Paris, France.

L'étude anthropologique des restes brûlés issus des sépultures secondaires à crémation du site romain de Cumes (Campanie) a mis en évidence par des pesées un alourdissement du squelette chez certains sujets (II^e siècle av. J.-C. – fin du I^{er} siècle av. J.-C.). La cause pourrait en être une trop forte teneur en fluor dans les eaux de boisson ; la fluorose constitue actuellement une pathologie endémique dans l'aire vésuvienne qui se traduit par une ostéocondensation (ostéopétrose). Nous avons vérifié cette hypothèse en appliquant diverses méthodes (MEB-EDX, LIBS, micro-CT) à l'étude des os brûlés. L'analyse de matériaux poreux (céramique, ciment, sédiment) soumis aux mêmes conditions d'enfouissement a permis d'écarter une éventuelle contamination taphonomique (ennoiment des tombes par la nappe phréatique). Nous avons ensuite analysé plusieurs fragments de fémurs de sujets provenant de Cumes, qu'ils soient suspectés de fluorose ou non, et d'un sujet témoin brûlé provenant d'une nécropole située en dehors d'une zone d'endémie, afin de détecter la présence de fluor et de caractériser la structure osseuse interne. Contrairement au sujet témoin, tous les sujets cumains présentent une surcharge en fluor, même ceux qui ne montrent pas de signes évocateurs d'une fluorose (alourdissement du squelette notamment au niveau du tronc). L'atteinte est cependant plus massive lorsqu'il existe un alourdissement significatif du squelette. Le diagnostic de fluorose sur des os humains brûlés constitue une première à l'échelle internationale, étant donné que les études antérieures portant sur des populations anciennes se sont focalisées sur les atteintes dentaires (or l'émail éclate lors de la crémation). Nous disposons désormais d'une méthodologie pertinente couplant analyses physico-chimiques et étude anthropologique. Elle permettra de traiter ce cas d'école pour une écotoxicologie historique que constitue l'impact biologique, social et culturel de la fluorose. Diverses applications incluent : la prévalence à l'échelle d'une population archéologique (crémations et inhumations avec pour ces dernières la possibilité de déterminer les altérations osseuses et dentaires qui signent une telle pathologie), l'évolution pathologique et la fluctuation au cours du temps, l'origine des eaux de boisson, la mobilité des individus.

Regards sur les Amériques : 13 000 ans de migrations, d'interactions et d'échanges

Perspectives on the Americas: 13,000 years of migrations, interactions and exchange

9H00-11H40 : AMÉLIE GUINDON ET ADRIAN L. BURKE, PRÉSIDENTE DE SÉANCE

Robert Barlow¹, Ryan M. Parish² et Steven Meredith³ :

Raw Material Selection and Tool Curation During the Younger Dryas in the Tennessee River Valley of North Alabama.

¹Mississippi State University, ²University of Memphis, ³Wiregrass Archaeology Inc.

This study examines raw material selection and tool curation throughout the Younger Dryas (YD) in north Alabama. The study sample was obtained from Richard L. Kilborn, an avocationalist who collected from a single open-air site in Limestone County, Alabama for over two decades. The Kilborn collection includes 701 bifaces that span the Clovis through Big-Sandy traditions. The reflectance spectrometry and metric data obtained from the sample can potentially discern human response to abrupt climate change through the examination of temporal shifts in stone tool economies. It is postulated that selection of certain raw materials and intense resharpening of bifaces may indicate reduced availability of raw material through the YD and/or diminished returns from hunting with spears during the Late Pleistocene. Previous work in the region suggests that increased regionalization due to the settling-in process, rather than paleoecological changes brought on by the YD, were the cause of such behavioral changes. Here, a single site approach is employed to hold space as a constant variable and determine the temporal variation in behavioral adaptations to changes in resource structure for hunter-gatherer groups throughout the YD on a sub-regional level.

Alain Queffelec¹, Pierrick Fouéré², Ludovic Bellot-Gurlet³, Céline Paris³, Christian Stouvenot⁴ et Jean-Baptiste Caverne :

Style and raw material used in lapidary artwork during the early Saladoid period (500 B.C. – 500 A.D.) in the Lesser Antilles, a way of studying the cultural network.

¹CNRS UMR5199 PACEA, Univ. Bordeaux, Ministère de la Culture, ²INRAP, CNRS UMR5608 TRACES, Univ. Toulouse Jean Jaurès, ³CNRS UMR8233 MONARIS, Sorbonne Université, ⁴DAC Guadeloupe, Ministère de la Culture, UMR8096 ARCHAM, Univ. Panthéon Sorbonne.

Lapidary artwork is a specificity of Amerindian crafting during the early Saladoid period in the Antilles area, a ceramic age culture lasting about from ca. 500 B.C. until 500 A.D. Diverse types of beads and pendants are often recovered in their settlements remains, processed in a wide variety of raw materials. These gemstones are very often referred to as *exotic* since they are not coming from the island where they have been discovered by archaeological excavations. Their wide regional distribution led to the hypothesis of a pan-Caribbean network during this period. Our recent work updates the previous data by studying newly excavated sites as well as refining outdated mineral characterizations. New results for the French islands, combined to a literature-based database, allowed for the creation of an improved and renewed vision of the distribution and potential provenance of these numerous gemstones. Exhaustive mineralogical analysis for all the artifacts from Guadeloupe and Martinique led to the identification of new raw materials, unknown so far. It also allowed for the stylistic comparison of the objects from the French islands, poorly studied so far, with the rest of the archeological record. This study lays the foundation for further work in the region.

François Lévêque¹ et Mickaël Mestre² :

À la poursuite des traces d'occupations humaines précolombiennes dans la forêt guyanaise.

¹LIENSs UMR7266 CNRS-Université de La Rochelle, France, ²INRAP Cayenne, France.

Sous l'égide du LABEX CEBA (Centre d'étude de la Biodiversité Amazonienne) dans le cadre du projet LongTime (Long term impact of ancient Amerindian settlements on Guianese forests), codirigé par Guillaume Odonne, LEEISA-CNRS & Jean-François Molino, AMAP-IRD et avec le soutien du ministère de la culture et de la mission à l'interdisciplinarité du CNRS, des prospections magnétiques (mesures *in situ* de susceptibilité et de viscosité magnétiques ; relevés géomagnétiques) ont été réalisés sur le secteur de la réserve naturelle des Nouragues, Guyane française. Une couverture LIDAR sur environ 32 km² (CEBA, 2015) a permis d'identifier deux structures à fossés, communément dénommées « montagne couronnée » l'une située sur la partie haute d'un plateau, de superficie supérieure à 1 ha, l'autre correspondant à une colline dont le sommet est tronqué et entouré d'un fossé, d'une superficie inférieure à 1 ha. L'utilisation du feu par les sociétés vivant dans la forêt est multiple, pour le défrichage et l'entretien par brulis des parcelles cultivées (abattis), pour la réalisation de foyers à des fins diverses. L'élévation de température engendre la néoformation de minéraux magnétiques dans le sol et si la structure est conservée, l'ordre magnétique engendré par la dernière chauffe est la source d'une déformation du champ magnétique local. Ainsi, la prospection géomagnétique est la méthode de prospection géophysique la plus adaptée pour localiser des foyers. La forte densité des arbres complique l'implantation d'un carroyage tandis que la densité de la canopée interdit l'utilisation d'un géopositionnement dynamique par satellite. Bien que la spatialisation de la mesure s'avère un frein, il est possible de prospecter en recherchant les pics d'anomalies du champ magnétique sans réaliser de carte. Ainsi, diverses anomalies magnétiques, attribuables à des activités humaines passées en relation avec l'utilisation du feu ont été localisées. Une cartographie de superficie, limitée sur le sommet de la colline couronnée, a permis d'identifier des anomalies singulières. Des sondages archéologiques ont révélé la présence de fosses dont l'une contenait deux céramiques superposées.

Benjamin Keenan¹, Peter Douglas¹, Andrew Breckenridge² et Kevin Johnston³ :

Faecal stanols from a tropical lake core as a proxy for population change at Itzan in the southwestern Maya Lowlands.

¹McGill University, ²University of Wisconsin-Superior, ³Independent Scholar.

Understanding patterns of human response to climate change in the past requires indicators of human population dynamics that can be directly linked to palaeoclimate proxies. Coprostanol, the main 5 β -stanol found in human faeces, is a potential useful proxy for human populations that can be analysed alongside other palaeoenvironmental proxies in lake sediments. This proxy relies on the premise that the ratio of coprostanol to cholestanol, a more widely produced bacterial stanol, correlates with the amount of human waste transported to the lake, and that the amount of human waste correlates with population size. I will present initial results of faecal stanol analyses from sediment cores from Laguna Itzan in Guatemala, as a proxy for the population of Itzan, an ancient Maya population centre. We find quantifiable and variable amounts of faecal stanols throughout the Laguna Itzan sediment core, potentially implying changes in human population through time. We see a peak in the coprostanol/cholestanol ratio at about 639 BCE. with substantially lower ratios in later Maya archaeological periods. This is in contrast to archaeological estimates indicating peak local populations during the Late Classic period (~600 to 800 CE). We also see evidence for settlement in the area by at least 1350 BCE, which is earlier than has been inferred from the archaeological record. These discrepancies with the archaeological record will require further exploration, and may indicate that the coprostanol record is strongly influenced by factors such as waste management or the distribution of human residences. These data indicate that faecal stanols could be a powerful tool for tracing human population dynamics in tropical lake watersheds that can be used to complement archaeological datasets, and to link human populations with environmental change.

Émilie Gauthier¹, Vincent Bichet, Richard Hervé, Charly Massa et Laurent Millet :

**Interaction Hommes/Environnement et adaptation au fil des migrations du dernier millénaire.
Chasseurs et agriculteurs du Groenland.**

¹Université de Franche-Comté.

Le réchauffement global actuel en Arctique a des répercussions variées en termes de changements environnementaux, sociaux, économiques et culturels. Compte tenu de ces bouleversements et de l'intérêt stratégique que revêtent les régions arctiques/subarctiques, il est fondamental de comprendre et de documenter les relations qui ont existées, au cours du dernier millénaire, entre les sociétés humaines et leur environnement. Cette période couvre l'optimum climatique médiéval, le Petit Age Glaciaire et le réchauffement récent, et ces fluctuations climatiques ont affecté la dynamique et l'évolution culturelle des populations du fait de leur influence directe sur l'environnement et la disponibilité des matières premières. Comprendre une évolution culturelle ou une stratégie d'adaptation donnée est donc un exercice complexe : dans une démarche de retro-observation associant archéologie, analyses paléo-environnementales et anthropologie sociale, nous examinerons deux cas d'études, celui des agriculteurs médiévaux et modernes du sud du Groenland, et celui des chasseurs Thulé et Inuit de la côte Est. Les norrois, arrivés un peu avant l'an Mil dans les fjords du sud du Groenland, ont développé un système agropastoral directement inspiré de ce qu'ils connaissaient en Scandinavie. Ils se sont cependant adaptés au refroidissement du petit Age Glaciaire en changement de stratégie d'alimentation. Les agriculteurs modernes, installés dès 1920, ont également dû faire face à l'instabilité climatique caractéristique du climat groenlandais. Les réponses apportées leur permettent de survivre mais ont des conséquences sans précédents sur l'environnement. Sur la côte Est, des groupes Thulé arrivés par le nord (1400-1850) ont su jusqu'à un certain point s'adapter aux conditions rigoureuses du Petit Age Glaciaire. En 1925, une communauté inuit sera redéployée pour des raisons cynégétiques dans ce même secteur déserté (Ittoqqortoormiit). Aujourd'hui, cabanes de chasse et sites archéologiques sont installés aux mêmes endroits stratégiques et nous prendront plus particulièrement l'exemple des sites à proximité des colonies de mergules nains.

Simon-Pierre Gilson¹, C. Gates St-Pierre² et A. Lessa¹ :

L'utilisation de dents de requin au Brésil : étude expérimentale et tracéologique.

¹Musée National de Rio de Janeiro-Université Fédérale de Rio de Janeiro (Brésil), ²Université de Montréal (Canada).

Les restes de requins sont des éléments communément rencontrés dans les collections archéologiques de plusieurs régions côtières dans le monde, notamment au Brésil d'où provient le matériel archéologique utilisé dans cette étude. Les dents ont souvent fait l'objet d'une attention particulière de la part des groupes humains qui ont chassé ces grands prédateurs marins. Les artefacts produits par les groupes polynésiens en sont d'actuels témoins visibles. Pourtant, peu de travaux ont été consacrés à la compréhension de la fonction remplie par ces éléments dans les différentes cultures qui les ont utilisés. Dans ce sens, une étude expérimentale et tracéologique a été réalisée afin de tester différentes matières et différents gestes pour comprendre quelles furent les fonctions des dents de requin utilisées sur le site de Rio do Meio (Florianópolis, Brésil). Le référentiel ainsi créé est le premier du genre et pourra être partagé et utilisé pour comprendre la fonction des dents de requins ouvragées provenant d'autres sites, régions et périodes.

Table ronde : archéosciences et sciences de la conservation

Round Table on Archaeological Sciences and Conservation Science

13H30-15H00 : KENZA DUFOURMANTELLE, PRÉSIDENTE (SALLE/ROOM B-2285)

Kenza Dufourmantelle : Les demoiselles de Rochefort : archéo-sciences et sciences de la conservation / Les demoiselles de Rochefort : archaeological sciences and conservation science.

Table ronde, intervenantes : *Kenza Dufourmantelle* (Institut Canadien de Conservation), *Despoina Kavousanaki* (Parcs Canada) et *Aude Mongiatti* (British Museum).



SAMEDI 11 MAI / SATURDAY MAY 11

Matières premières, matériaux et objets : provenance, transformation, utilisation et altération (Bloc 1)

Raw materials, materials and objects: provenience, transformation use and alteration (Block 1)

8H00-12H40 : FLORENCE CATTIN ET LAETITIA MÉTREAU, PRÉSIDENCE DE SÉANCE

Luc Doyon¹⁻², Z. Y. Li¹⁻³, H. Li⁴⁻⁵, Q. Wang¹, Z. Q. Zhang¹, Q. P. Zhao¹⁻³, A. Queffelec², F.-X. Le Bourdonnec⁶ et F. d'Errico²⁻⁷ :

Engravings on weathered bones from the archaic hominin site of Lingjing (Xuchang, Henan, P. R. of China).

¹Institute of Cultural Heritage, Shandong University, Jinan, P.R. of China, ²CNRS – UMR5199 PACEA, Université de Bordeaux, Pessac, France, ³Henan Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology, ZhengZhou, P.R. of China, ⁴Key Laboratory of Vertebrate Evolution and Human Origins, Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, P.R. of China, ⁵CAS Centre for Excellence in Life and Paleoenvironment, Beijing, P.R. of China, ⁶CNRS – UMR5060 IRAMAT-CRP2A, Université Bordeaux Montaigne, Pessac, France, ⁷SFF Centre for Early Sapiens Behaviour (SapienCE), University of Bergen, Bergen, Norway.

ENGLISH: The production of abstract engravings is considered an indicator of modern cognition and a mean for recording and transmitting information in a durable manner. Few abstract engravings were discovered at archaeological sites predating the African Later Stone Age and the European Upper Palaeolithic. No convincing evidence of such behaviour is known from East Asia prior to 40 ka. We report the first examples of deliberate engravings found from this region. They come from Lingjing (Xuchang, Henan), a site dated to 105-125 ka, which has recently yielded important hominin remains. The engravings consist of sub-parallel incisions produced on rib fragments. Microscopic analysis shows the lines were carefully engraved with a sharp lithic point on weathered bone, which excludes the possibility of an unintentional or utilitarian origin. The chemical analyses performed on the red residues found inside the lines and on the sediment trapped in the spongy bone of one engraving, as well as on the sediment from Lingjing, layer 11 include SEM-EDS, Raman spectrometry and ED-XRF. The results indicate the lines of one specimen were intentionally filled with ochre, probably to highlight its design. This discovery suggests ochred engravings were used for symbolic purposes by East Asian early Late Pleistocene hominins. FRANÇAIS : La production de gravure avant 40 ka AP est rare tant en Afrique qu'en Europe et aucun indice convaincant d'un tel comportement n'est connu pour l'Asie orientale avant cette date. Nous présentons les premiers cas de gravures délibérément produites mises au jour à Lingjing (Xuchang, Henan), un site daté entre 105-125 ka. Les analyses microscopiques démontrent que les lignes qui les composent ont été produites à l'aide d'un fin tranchant lithique sur fragments de côte altérés. Les analyses chimiques des sédiments suggèrent que de l'hématite a été ajoutée sur l'une des pièces, probablement pour mettre en valeur le motif.

Giovanni Cavallo¹⁻², F. Negrino³ et J. Riel-Salvatore⁴ :

Mineralogical characterization of Mousterian and Protoaurignacian ochre fragments from Riparo Bombrini, Balzi Rossi, Liguria, Italy.

¹Institute of Materials and Constructions, University of Applied Sciences and Arts - Supsi, Switzerland, ²Dept. of Earth and Environmental Sciences, University of Pavia, Italy, ³Dipartimento di Antichità, Filosofia e Storia, University of Genoa, Italy, ⁴Département d'anthropologie, Université de Montréal, Canada.

Riparo Bombrini is located in the Balzi Rossi site complex in Italy, a few hundred meters from the French border. First tested by Luigi Cardini in 1938, the site was first excavated by Giuseppe Vicino in 1976 and again more recently

between 2002 and 2016 by an international team directed by two of the authors (Negrino and Riel-Salvatore). These various projects have revealed a stratigraphy capped by rich Protoaurignacian deposits dating to ca. 42-36 ky cal BP. An erosional surface separates the base of the Protoaurignacian levels from the underlying Late Mousterian ones, which are dated ca. 45-42 ky cal BP. Ochre fragments from Protoaurignacian sequence were analysed by means of petrographic (Polarized Light Microscopy, PLM) and mineralogical (X-ray Powder Diffraction, XRPD) techniques. In contrast, because it is mostly present as red powder residues recovered from the archaeological soil, ochre from the Mousterian sequence was analysed through optical (PLM) and electron microscopy (SEM/EDX). Ochre fragments are primarily composed of well-sorted detrital quartz associated with pellets of glauconitic minerals. Glauconitic minerals exhibit marked alterations most probably induced by heat treatment, as the original optical characteristics are generally not well preserved. Experimental heat treating of glauconitic sandstones collected in an area along the Italian and French border very close to Riparo Bombrini caused a change of their optical properties comparable to those found in the archaeological samples, leading to the hypothesis that original glauconitic-rich ochre was heated during the Protoaurignacian. Other samples are composed of Fe-oxides and detrital quartz whilst just a few samples are composed of weakly crystalized hematite. It is very difficult to make correlations between the ochre of the two temporal sequences as the amount of Mousterian ochre is rather scarce. Protoaurignacian ochre, on the other hand, can be grouped into four main types according to their mineralogical and textural characteristics. Additionally, the presence of glauconitic minerals in many samples suggest a strong relationship with the Cretaceous green glauconitic sandstones outcropping extensively very near to the archaeological site.

Claire Chanteraud¹, E. Chalmin¹, H. Salomon¹, J.-J. Delannoy¹, P. Guillermin² et J. Monney¹ :

Des matières colorantes ferrugineuses au Paléolithique supérieur dans le canyon de l'Ardèche : Grotte aux Points et Abri des Pêcheurs (Gard et Ardèche, France).

¹Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, EDYTEM, 73000 Chambéry, France, ² Grand Site de France de l'Aven d'Ornac La Grotte & La Cité de la Préhistoire 07150 Ornac L'Aven, CNRS, TRACES, France.

L'étude des matières colorantes dans le canyon de l'Ardèche permet de questionner la chaîne opératoire des matières colorantes ayant eu pour finalité la réalisation des peintures pariétales. Dans ce contexte propice à une telle recherche le cycle de vie des matières colorantes brutes, transformées et appliquées peut être appréhendé en s'intéressant aux nombreuses actions humaines et naturelles qui les ont transformées de leur affleurement aux parois. Parmi les vestiges d'occupations humaines sous le porche de la grotte aux Points, des matières colorantes cohésives, de très petite taille (<4mm) présentent des lithologies étudiées à différentes échelles. La carte d'identité chimique a été confrontée à celle des applications de pigment rouge sur les parois (dessins d'animaux et points paumes) et à celle des différentes ressources environnantes. Pour ces différents types de vestiges, la faible quantité de matière disponible pour l'analyse présente un obstacle important pour restituer le cycle de vie des ressources utilisées. C'est pourquoi, une comparaison avec les vestiges colorants d'autres sites ardéchois a été entreprise. L'assemblage de matières colorantes de l'abri des Pêcheurs, conservé au Musée du Grand Aven d'Ornac (Ardèche), présente un triple avantage : (1) les vestiges y sont nombreux et de taille pluricentimétrique, (2) il permet de documenter des matières premières disponibles dans le paysage minéral accessible au Paléolithique, très certainement modifié depuis et (3) la taphonomie de ces matières peut être documentée avec plus de précision, en particulier pour ce qui est des modifications des surfaces et de leur géochimie. Cette collection ancienne révèle des gammes de matières colorantes aux caractéristiques similaires à celles de la grotte aux Points, tant pour ce qui est de leurs macromorphologies que pour la présence d'inclusions vertes, particulières. Il s'agit de céladonite. De plus la signature chimique de cette matière première est marquée par une corrélation du fer, du molybdène et de l'antimoine. Enfin, les comparaisons avec les références géologiques enregistrées et documentées dans le cadre du Projet Collectif de Recherche *Pigmentoθήque* laisse envisager que des choix étaient autrefois orientés vers des gammes de matières colorantes rouges, au fort pouvoir colorant, homogènes, tendres et faiblement résistantes pour les réduire en poudre.

Maryline Lambert¹, F.-X. Le Bourdonnec², K. Peche-Quilichini³, H. Paolini-Saez⁴, J.-L. Milanini⁵, P.-J. Comiti⁶, R. Skeates¹, I. Shyha⁷, C. Ottley⁸, J. Cesari⁹, P. Courtaud¹⁰ et J. Magdeleine :

Composition and uses of reddish processed stones from Corsican prehistory.

¹Department of archaeology, Durham University, ²IRAMAT-CRP2A, Université Bordeaux Montaigne, ³INRAP Méditerranée and ASM UMR 5140, Université Paul-Valéry, Montpellier, ⁴Laboratoire Régional d'Archéologie, ⁵Education Nationale, ⁶Service de l'Inventaire, direction du Patrimoine, Collectivité de Corse, membre associé LA3M, UMR 7298, ⁷Department of Mechanical Engineering, Northumbria University, UK, ⁸Department of Earth Sciences, Durham University, UK, ⁹LAMPEA UMR 7269, ¹⁰PACEA, Université Bordeaux I.

Special attention has recently been given to haematite artefacts in prehistoric and protohistoric Corsica. Testimonies abound both in domestic and burial contexts from the Mesolithic to the Iron Age at the scale of the island. These objects essentially consist in a large number of processed blocks which bear grinding traces. Taking into account the challenges of characterising iron-oxide rich materials, we employ a multi-technique approach (ICP-MS, PIXE, SEM-EDX, XRF, XRD and petrography) which includes highly sensitive methods to tackle the question of quantifying trace elements and identifying potential signatures. Current geological prospections allow us to gather new data and enable distinguishing potential compatible sources and stimulate the debate on the geographical and chronological variations in the procurement patterns during pre and protohistory. In this study, raw materials from North and South Corsica and Sardinia are examined in combination with artefacts from ten sites across Corsica. In complement to the chemical characterisation, we also discuss aspects related to the use and transformation of the blocks through a quantitative assessment of their use-wear traces. On top of the pigmenting properties of these stones, their role and value for Bronze and Iron age communities are further explored.

Carole Biron¹, A. Mounier, G. Le Bourdon, L. Servant, R. Chapoulie et F. Daniel :

Les couleurs des « images du monde flottant ». Analyses non-invasives d'estampes japonaises ukiyo-e (18e et 19e siècles, collection F. Torralba, Musée de Saragosse, Espagne).

¹IRAMAT-CRP2A, Université Bordeaux Montaigne

L'impression d'estampes avec des plaques de bois gravés connaît un tournant au XVIIe siècle au Japon avec la production des estampes *ukiyo-e*. Produites pendant plus de trois siècles, ces scènes de la vie quotidienne reflètent les changements sociaux et économiques de la société nipponne durant les ères Edo (1615-1868) et surtout Meiji (1868-1912) qui voit l'ouverture du Japon au commerce international. L'arrivée de pigments importés au XIXe va modifier la palette traditionnelle. L'étude matérielle des estampes *ukiyo-e* a pour objectif l'identification des matériaux colorants employés, la compréhension de leurs processus de fabrication et de mise en œuvre dans les ateliers d'imprimerie, mais également l'éventuelle intégration de matériaux importés d'occident. La fragilité des œuvres impose le recours à des mesures in-situ et non-invasives. Leur complexité matérielle (composés inorganiques et organiques) oblige à une multiplicité de méthodes analytiques. Si les spectroscopies XRF et Raman sont largement utilisées pour l'identification des pigments inorganiques, celle des matériaux organiques est généralement réalisée par des méthodes de spectro-imagerie (Hyperspectral Imaging, HSI), dont l'interprétation est parfois complexe en raison de l'influence de différents paramètres (pH, charges minérales, liants...). Les récents développements de la spectroscopie infrarouge en mode réflexion dans les proche et moyen infrarouges se révèlent efficaces pour l'identification non-invasive à la fois des composés inorganiques et organiques. Dans le cadre de cette étude, plusieurs techniques de spectroscopie infrarouge (Fourier Transform InfraRed portable, Near Infrared Fibre Optic Reflectance Spectroscopy - FORS, HSI dans le proche infrarouge) ont été mises en œuvre sur des nuanciers de référence (base de données) ainsi que sur des estampes *ukiyo-e* de la collection F. Torralba (Musée de Saragosse, Espagne), représentatives du point de vue des couleurs et de la chronologie de production de ces objets. Si les pigments organiques (indigo, carthame, curcuma, gamboge par exemple) présentent des signatures infrarouges spécifiques mises en évidence sur les modèles de références, leur identification dans le cadre d'impressions d'estampes s'avère plus complexe et nécessite un travail spécifique de traitement de données. Dans ce cadre, la possibilité de coupler données spectrales vibrationnelles et imagerie hyperspectrale se révèle prometteuse.

Jean-Marc Vallet¹, F. Suméra², O. Grauby³, J. Berthonneau⁴ et V. Heresanu³ :

Caractérisation des anciennes chaux en contextes archéologiques.

¹LABCOM UMR 3495 MAP-CICRP (Centre Interdisciplinaire de Conservation et de Restauration du Patrimoine), Marseille, ²UMR7299 CCJ-SRA (Centre Camille Jullian-Service Régional de l'Archéologie), Aix en Provence, ³UMR7325 CINaM (Centre Interdisciplinaire de Nanosciences de Marseille), Marseille, ⁴UMI <MSe>² (MultiScale Materials Science for Energy and Environment), Marseille.

La fabrication et les usages de la chaux par les populations pré et protohistoriques constituent des sujets peu documentés pour lesquels les témoignages archéologiques sont souvent ambigus. Les difficultés d'interprétation des dépôts blanchâtres notamment en contextes funéraires, reposent sur les spécificités physico-chimiques de ce matériau métastable qui redevient rapidement une calcite de premier abord sans caractéristique particulière. L'étude conduite ici a été motivée par la volonté d'identifier les usages de la chaux pendant la période gauloise et avant la généralisation de l'usage des mortiers de chaux qui caractérise la période romaine. Les échantillons analysés pour cette étude proviennent essentiellement d'un panel de structures et de mobilier archéologiques gaulois qui témoignent de la fabrication de la chaux et des diversités des usages de la chaux hors la construction au mortier. Les prélèvements analysés proviennent notamment de fours à chaux, d'enduits appliqués sur des constructions en terre, et de dépôts sur poterie. L'étude a permis d'identifier des éléments caractéristiques d'une cristallisation de la calcite après cuisson et donc issue de la chaux. Sept critères discriminants répondant à des caractérisations morphologiques, cristallographiques et isotopiques ont été identifiés en recourant à des analyses par microscopies optique et électronique, par diffraction des rayons X et mesures des isotopes du carbone et de l'oxygène. L'association de ces critères permet de répondre maintenant sans équivoque aux interrogations des archéologues concernant l'interprétation de certains dépôts blanchâtres rencontrés en contexte de fouilles et permet de distinguer des anciennes chaux de calcaires broyés et concrétionnés.

Rachida Mahjoubi¹, S. Kamei², C. Khalki¹ et M. Kbir Alaoui³ :

Caractérisation des mortiers de l'époque romaine du site antique de Rirha (Sidi Slimane, Maroc).

¹UR. Géosciences de l'Environnement et Géophysique appliquée aux ressources naturelles et Patrimoine, Université Moulay Ismaïl, Faculté des Sciences, Meknès, Maroc. UR. Géosciences de l'Environnement et du Patrimoine, Université Moulay Ismaïl, Faculté des Sciences, Meknès, Maroc, ²Association MEDISTONE, Maroc, ³Institut National des Sciences de l'Archéologie et du Patrimoine, Rabat – Maroc.

Dans les structures de l'époque romaine du site antique de Rirha au MAROC, le mortier est utilisé pour assembler les moellons (mortier de hourdage) et pour les enduire (enduit de recouvrement). Ce dernier est stratifié et comporte en général une couche d'accrochage de 1 à 2 cm d'épaisseur qui supporte un enduit de finition de chaux de 3 mm maximum sur lequel est appliqué un badigeon blanchâtre à rosâtre. Ce mortier d'assemblage est formé par des granulats de forme généralement émoussée à arrondie avec une taille allant des silts aux graviers. Le tri du granulats est généralement médiocre rappelant celui des sédiments fluviatiles des terrasses anciennes et actuelles de l'Oued Beht. Ce sédiment est composé d'un mélange des apports des rides pré-rifaines avoisinantes et ceux du Maroc central. Les éléments sont noyés dans une phase de liaison carbonatée et poreuse. Les carbonates, de type calcite, sont issues de la transformation presque complète de la chaux. La nature des granulats, qui occupent ½ volume du matériel, permet de distinguer deux types de mortiers : Un mortier, utilisé dans les murailles des pièces de la domus, est composé d'agrégats sablo-graveleux de composition variée. Ces agrégats seraient tamisés à partir des sédiments fluviatiles. Et un mortier des thermes riche en fragments de tuileau, de taille graveleuse et de forme anguleuse, qui sont utilisés probablement pour jouer un rôle réfractaire.

Matthieu Labaune¹, F. Cattin², M. Chiaradia³, A. Mucci⁴ et I. Richer⁴ :

L'approvisionnement en cuivre en Corse à la fin du Néolithique et au débuts de l'âge du Bronze : analyses élémentaires et isotopes du plomb.

¹Université de Bourgogne, France, ²Artheis, UMR 6298, Université de Bourgogne-Franche Comté - CNRS - Ministère de la Culture et de la Communication, 6 Bd Gabriel, Bât. Sciences Gabriel, F-21000 Dijon, France, ³Section of Earth

and Environmental Sciences, University of Geneva, ⁴Département des sciences de la Terre et des planètes, Université McGill, 3450 rue Université, Montréal QC H3A 0E8, Canada.

Dans le contexte de la Corse de la fin du Néolithique et du début de l'âge du Bronze, cette présentation a pour but d'apporter de nouveaux éléments de réponses concernant l'origine de la matière première utilisée pour réaliser les premiers objets métalliques insulaires à l'aide d'analyses géochimiques (composition élémentaire et isotopes du plomb). Il s'agit de tester l'hypothèse d'un approvisionnement local ou extrarégional. La production ancienne d'objets en cuivre en Corse est attestée au 4^e millénaire et au 3^e millénaire avant notre ère. Elle peut être soutenue par la présence de ressources métallifères locales qui permettraient un approvisionnement régional en cuivre. Cependant, d'autres possibilités peuvent être envisagées. L'île est en effet située à la croisée de plusieurs pôles métallurgiques anciens possédant d'abondantes ressources métallifères et particulièrement actifs sur le plan minier : la Toscane et la Ligurie dès le 4^e millénaire avant notre ère, la Sardaigne et le Sud de la France à partir de la 2^e moitié du 4^e millénaire avant notre ère. Au final, il s'agit de confronter des modèles de développement des sociétés des âges des Métaux, mis en avant par la recherche archéologique, à des analyses archéométriques inédites. Il en découle un questionnement sur l'adéquation ou l'indépendance des systèmes technologiques et des structures économiques par rapport aux institutions sociales.

Justine Vernet^{1,2}, G. Ghiara¹ et P. Piccardo^{1,2} : (¹DCCI-UNIGE, ²CNR-ICMATE)

Can tin oxides inclusions in early archaeological bronzes be a marker of metal recycling?

Bronze artefacts from Early Bronze Age often contain white inclusions, that are identified as tin oxides (SnO₂). These inclusions are interpreted as un-smelted residues coming from the copper ore and are generally mixed with more complex oxidized inclusions, which contain sulphur, antimony, arsenic, silver, nickel and cobalt. The nature, shape and distribution of these partially smelted tin inclusions give information on the alloying process of tin bronzes. Depending on the technological context and the geographical areas, the presence of such inclusions might indicate that the material has been produced by selecting and supplementing raw materials containing SnO₂ (co-smelting or cementation). The methodologies of development and spread of metallurgical practices, along with supplying procedures of some elements (as tin), still remain important issues in archaeometallurgical studies. In addition, considering that recycling in ancient casting practices occurred, the presence of tin oxide inclusions could be a marker for ancient metallurgical productions. In order to understand the role of tin oxide inclusions in the production of bronzes and possible recycling procedures, a crosscutting investigation has been carried out, based on both archaeometry and experimental researches. The first part of this study focuses on the metallographic characterization of several artefacts from EBA Europe hoards, made of low alloyed tin bronze presenting different metallurgical states. The second part consists of laboratory-casting sessions in order to produce low tin bronzes from pure metallic copper and Cassiterite powders. Several steps of melting and casting have been performed with a systematic metallographic examination of the as-cast ingots. The results show that tin oxides do not completely reduce during the first melting stage but rather after several re-melting cycles whose iterations are deeply correlated with the temperature reached by the molten alloy and the residence time at that temperature before casting.

Gaspard Pagès¹, M. Gosselin¹, P. Dillmann², E. Vega², I. Guillot³, L. Long⁴ et P. Fluzin² :

Les qualités de fer du monde romain occidental.

¹CNRS, UMR7041, ²CNRS, UMR5060, ³CNRS, UMR7182, ⁴Ministère de la Culture.

Plinie le jeune dans son Histoire Naturelle (livre XXXIV) distingue de nombreuses qualités de fer qu'il caractérise principalement par leur souplesse/dureté et par leurs domaines d'utilisation privilégiés. Dans cet ouvrage, Plinie expose aussi le lien établi par ces contemporains entre qualité des métaux et origine. À cette occasion, il mentionne également les matières déterminantes utilisées et les gestes techniques spécifiques qui influent sur la fabrication de certaines qualités de fer au cours du processus de réduction, mais aussi au cours des phases de compactage qui accompagnent la mise en forme des demi-produits, ces barres de fer destinées au commerce. Or, depuis maintenant plus de 10 ans, un consortium interdisciplinaire d'équipes de recherche du CNRS et du Ministère de la Culture Français étudie les barres de fer découvertes en France et en Europe avec une approche intégrée associant

archéologie, étude des formes et des estampilles, analyses des matériaux et des provenances. Ces études révèlent à la fois l'existence de plusieurs natures d'alliages ferreux, dont les propriétés mécaniques peuvent varier, suggérant ainsi la possibilité de considérer plusieurs qualités, au sens où Pline pouvait l'entendre. Cette notion se doit cependant d'être discutée et précisée. Pour ce faire, notre communication a pour but de proposer une synthèse sur les connaissances acquises en la matière et de les confronter aux écrits antiques contemporains de Pline. L'enjeu est donc ici de dégager des constantes communes entre écrits antiques et recherches contemporaines qui permettront de mieux comprendre la perception que les antiques se faisaient de la notion de qualité - ici des fers -, mais également de pointer les incohérences qu'il reste à expliquer. L'enjeu est aussi de commencer à mesurer l'influence que peut avoir la notion de qualité sur le commerce du fer dans l'Empire romain occidental, entre gisements exploités et espaces de consommation.

Mélissa Morel¹, C. Radimilahy et V. Serneels : (¹Université de Fribourg, Suisse)

La métallurgie du fer sur la côte Nord-Est de Madagascar (7^e-15^e siècle), étude de la variabilité des technologies.

En 2017 et 2018 deux missions de fouille et de prospection se sont déroulées dans le Nord-Est de Madagascar. De nombreux ateliers de production du fer ont pu être identifiés et permettent de définir un véritable district métallurgique. Notre étude vise à caractériser les traditions techniques qui se sont développées dans cette région. Les travaux de terrain permettent de décrire la chronologie (¹⁴C), l'organisation spatiale des ateliers et l'architecture des fourneaux ainsi que de récolter des échantillons représentatifs des différentes catégories de matériaux intervenant dans le processus métallurgiques (minerais, scories, parois de fourneaux, etc). Ces matériaux font l'objet d'analyses de laboratoire (XRF, XRD, microscopies optique et électronique). D'ores et déjà on voit se dessiner une certaine variabilité au sein de cet ensemble.

Cette région a été occupée entre le 7^e et le 15^e siècle AD par les Rasikajy, une population islamisée en contact avec le grand commerce de l'Océan Indien. La comparaison des technologies observées dans le Nord-Est de Madagascar avec les technologies connues dans le pourtour de l'Océan Indien (entre de l'Afrique de l'Est jusqu'en Chine en passant par l'Inde et l'Arabie) permettrait d'appréhender les questions de l'origine géographique et des modalités du transfert de cette technologie.

Estelle Camizuli¹⁻², J. Gauthier², C. Begeot², J. Flament³, G. Sarah³, A.-V. Walter-Simonnet², F. Gimbert² et P. Fluck¹ :

Caractérisation des minéralisations Pb-Cu-Ag de l'Altenberg : un secteur minier exploité à la période médiévale (Sainte-Marie-aux-Mines, Vosges, France).

¹CRESAT EA 3436, Université de Haute-Alsace, ²Chrono-environnement UMR 6249, CNRS-Université de Franche-Comté, ³Centre Ernest Babelon, IRAMAT UMR 5060, CNRS-Université d'Orléans.

Au sein du district minier de Sainte-Marie-aux-Mines (Alsace, France), le massif de l'Altenberg est le secteur le plus anciennement exploité. La galène argentifère y est extraite dès les VIII^e-IX^e s. AD, puis de manière quasi-continue jusqu'à la première moitié du XVII^e s. Afin de déterminer la variabilité éventuelle de composition des minerais sur ce secteur, les échantillons ont été prélevés dans une dizaine de mines réparties sur l'ensemble du faisceau filonien. Les caractérisations minéralogique, géochimique et isotopique (Pb/Pb) apportent des informations tant du point de vue géologique qu'archéologique et environnemental. Les observations au microscope métallographique offrent une meilleure connaissance des différentes paragenèses. Les cartographies au MEB et les analyses à la microsonde renseignent sur les minéraux porteurs de l'argent (cuivres gris, miargyrite) tandis que les analyses LA-ICP-MS viennent compléter ces données en précisant les éléments traces caractéristiques pour chaque échantillon (gallium, germanium, baryum et arsenic). Les analyses isotopiques, réalisées sur lame mince à la sonde ionique, permettent de discriminer certains sites miniers et montrent au moins deux événements minéralisateurs. Ces nouvelles données seront à même d'éclairer les recherches archéologiques sur le plan de l'organisation des différents sites d'extraction. Les analyses isotopiques pourront également servir à tracer les sources de contamination métallique dans les archives environnementales. À ce jour, aucune synthèse concernant les

différents minerais de ce secteur n'avait été réalisée. Cette étude, qui s'inscrit dans un projet Interreg V Rhin supérieur *Regio mineralia* (dir. P. Fluck & J. Gauthier) débuté en 2016, vient combler cette lacune.

Joseph Gauthier⁵, A. Gebhardt¹⁻²⁻³, E. Camizuli⁴⁻⁵, A. Poszwa¹, D. Bartier⁶ et C. Guilleux¹ :

Apport des données archéologiques, sédimentaires et géochimiques à la compréhension du fonctionnement d'un atelier minéralurgique du XV^e s. à Sainte-Marie aux-Mines (Vosges, France).

¹LIEC UMR 7360, CNRS-Université de Lorraine, Nancy, France, ²LIVE UMR 7362, CNRS-Université de Strasbourg, France, ³INRAP, ⁴CRESAT EA 3436, Université de Haute-Alsace, Mulhouse, France, ⁵Chrono-environnement UMR 6249, CNRS-Université de Franche-Comté, Besançon, France, ⁶CREGU, Georessources, CNRS-Université de Lorraine, Nancy, France.

Le site minéralurgique *Berg Armuth* (Alsace, France, XV^e s. AD) a livré des structures de stockage de résidus de lavage finement lités en lien avec l'exploitation de la galène et des cuivres gris. L'analyse micromorphologique de la séquence de sédimentation des résidus confirme la cyclicité observée sur le terrain : des dépôts grossiers y alternent avec des plus fins et des accumulations de fragments micro-organiques. Au microscope, des figures micro-sédimentaires révèlent courants, érosion, figures de charge, dessiccation..., liées au fonctionnement du bassin. Ont ainsi pu être mis en lumière des arrêts de fonctionnement de la laverie dont la rythmicité reste à définir. Les analyses géochimiques renseignent sur la nature des sédiments de lavage et le comportement chimique des éléments dans ces structures. Les analyses core-scanner XRF, sur prélèvements consolidés, permettent de suivre l'évolution des quantités relatives de plomb en fonction des niveaux identifiés par l'analyse micromorphologique. Les cartographies MEB mettent en évidence des alternances entre silicates et sulfures, mais renseignent également sur la nature des phases et la forme des grains. Des analyses géochimiques complémentaires sur les sédiments « en vrac » de la halde et du bassin de stockage apporteront des données sur les éléments susceptibles de se retrouver dans l'environnement : teneurs totales (majeurs et traces) et teneurs en certains éléments mobilisables par altération (Cd, Cu, Ni, Pb, et Zn). Des analyses par diffraction des rayons X compléteront cette étude en apportant des informations minéralogiques. Pour mieux comprendre ces processus de sédimentation/décantation, une comparaison avec des processus obtenus en contexte expérimental viendra compléter les observations. Les méthodes d'observations et d'analyses mises en œuvre sur ces déchets minéralurgiques viennent éclairer la qualité des matériaux archéologiques et, partant, les modes opératoires qui les ont produits. Les données acquises contribuent également à mesurer l'influence de ces résidus sur l'environnement actuel.

Approches géoarchéologiques et botaniques des matériaux archéologiques

Geoarchaeological and botanical approaches to archaeological materials

8H00-12H40 : CÉCILIA CAMMAS ET CHANTAL LEROYER, PRÉSIDENCE DE SÉANCE

Marie-Soleil Bélanger¹, Sébastien Sauvé², Sung Vo Duy², Chiara Panelli³⁻⁴, Roberto Maggi⁵ et Julien Riel-Salvatore¹ :

Les plus anciennes traces de bière au Néolithique moyen de la Caverne des Arene Candide (Ligurie, Italie).

¹Département d'anthropologie et Laboratoire d'archéologie de l'Anthropocène, Université de Montréal, ²Département de chimie, Université de Montréal, ³Dipartimento di antichità, filosofia e storia (DAFIST), Università degli studi di Genova, ⁴CEPAM UMR7264 CNRS, Université Nice Sophia Antipolis, ⁵Laboratorio di archeologia e storia ambientale (LASA), Università degli studi di Genova.

Cette étude présente des données indiquant la présence de bière dans les niveaux néolithiques moyens de la Caverne des Arene Candide (Finale Ligure, SV, Italie), un site de référence pour la préhistoire du Bassin méditerranéen occidental. Ont été prélevés 84 échantillons sur des tessons céramiques attribués au Néolithique ancien (5800-5000 BC) et au Néolithique moyen (5000-4250 BC) et analysés à l'aide d'une méthodologie à deux pans : l'analyse chimique par HPLC-MS de résidus des céramiques indique la présence d'oxalate de calcium, marqueur de la bière, tandis que l'observation des granules d'amidon au microscope électronique à balayage (MEB) montre leurs transformations le long de la chaîne opératoire. Le croisement de ces méthodes livre des données indiquant que de la bière était produite dans cette région de l'Europe dès le Néolithique moyen ; il s'agit des plus anciennes traces d'alcool identifiées à ce jour en Méditerranée occidentale. Cette méthodologie, appuyée par une expérimentation préalable, permet également de dégager plusieurs variantes à la chaîne opératoire. Ainsi, il semble que la bière faisait partie du quotidien durant le Néolithique moyen des Arene Candide et aidait à la cohésion sociale avant 4250 BC. L'amoindrissement de la diversité des ressources alimentaires produites observée à partir du Néolithique semble donc s'accompagner d'une augmentation de la variété des « recettes » élaborées avec ces mêmes ressources. L'étude de la transformation des céréales offre ainsi de nouvelles perspectives sur l'optimisation des apports nutritifs de celles-ci de même que sur les structures sociales dans lesquelles la boisson s'insérait. Il semblerait que la bière, en plus de donner une seconde vie aux surplus alimentaires, ait eu un effet transformatif sur l'individu et sa société.

Marie-Caroline Charbonnier¹ : (¹Inrap - UMR 5140 ASM)

Archéologie et microscopie : approche géoarchéologique et micromorphologique des axes de circulation antiques en France.

L'approche géoarchéologique et micromorphologique des niveaux de circulation fait partie intégrante des recherches portant sur l'interaction homme/milieu, sur la dynamique des sols et sur la structuration du paysage à différentes échelles (du quartier de ville au territoire). Les résultats issus de différentes opérations d'archéologie préventive dans le nord et le sud de la France ont révélé la présence de portions d'espaces de circulation présentant diverses matérialités. Les travaux géoarchéologiques et micromorphologiques menés sur ces opérations s'inscrivent dans une problématique large qui vise à documenter le mode de construction, l'organisation et la caractérisation des tronçons de voies. Ces travaux visent à dégager des constantes liées à la circulation fondée sur l'étude et l'analyse de ces tronçons. Dans cette perspective, plusieurs sites archéologiques ont été sélectionnés, car, d'une part, ils sont localisés dans des contextes pédologiques différents, et, d'autre part, ils présentaient, sur le terrain, des portions d'espaces de circulation présentant des matérialités différentes. L'objectif de cette communication est d'appréhender la nature des niveaux de voirie sur ces sites en couplant les observations faites sur le terrain aux analyses au microscope. Plus particulièrement, pour les espaces apparaissant non aménagés, les

questions archéologiques posées portent sur la possibilité de distinguer des traces de passage intense et/ou de roulement. Pour les espaces aménagés, les questions concernent la différenciation de réfections et d'unités dévolues à la circulation.

Lenka Lisá¹, Petr Kočár², Marek Peška³, Antonín Zůbek³, Aleš Bajer⁴ et Pavel Lisý¹ :

The Earth Floor – a voice of human lifeways from Medieval to recent times.

¹Institute of Geology CAS v. v. i., Rozvojová 269, Prague 6, 165 00, Czech Republic, ²Institute of Archaeology of the Czech Academy of Sciences, Prague, v. v. i., Letenská 4, 118 01, Prague 1, Czech Republic, ³Archaia Brno z. ú., Bezručova 15, 602 00 Brno, Czech Republic, ⁴Department of Geology and Pedology, Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel University in Brno, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic.

Is there a story that floor layers tell us about human history? Architecture is often used as a source of information for the way people lived and maintained their houses in the past. Earthen floors can yield a surprising amount of detail about everyday life. The method of micromorphology combined with macroremain analyses and geochemistry have been used in various case studies to explain different aspects of the sedimentary record captured in earthen floors inside Medieval houses. Earthen floors investigated in recently lived in houses in the eastern part of Czech Republic and Romania were used as a reference for the same type of investigation of Medieval house floors located in major towns in Czech Republic, i.e. Prague, Brno, Jihlava, Olomouc, Náchod and Litomyšl. The sedimentary records in the investigated case studies show that the similarities in maintenance processes can be detected not only over the time, but also throughout periods of cultural change and status of the domestic households. The material used for the floors usually reveals information about the local geology. Other additives are a reflection of cultural practices, as well as local customs, the number of people living in the house, social status and wealth of the house owner. The composition of the floor in different rooms can be used for interpretations of the room functions.

Etienne Dambrine¹, Alois Reveret¹, Vincent Darves-Blanc¹, Michel Thinon² et Jacques-Elie Brochier² :

Les sols des reposoirs d'altitude / Soils of sheep resting places in the alps.

¹UMR CARTELE, INRA-Université de Savoie Mont-Blanc, Le Bourget du Lac, ²Aix-Marseille Université.

FRANÇAIS : Sur les extrémités des crêtes des montagnes alpines, jusqu'à plus de 2500 d'altitude, on trouve des « couchades », où les animaux domestiques, le plus souvent des ovins, se rassemblent pour y passer les nuits. Les sols contiennent de très fortes accumulations de carbone organique, mais aussi d'azote et de phosphore, et leur pH est remarquablement élevé étant donnée la rigueur du climat local. Ils s'apparentent aux sols des grottes-bergeries utilisées par les pasteurs au néolithique. Ces situations pédologiques paradoxales sont intéressantes à plus d'un titre. Elles pourraient en particulier fournir des archives terrestres de la colonisation par l'élevage des alpages. ENGLISH: Night resting places, where domestic sheep gather repeatedly can be found on the edges of many alpine mountains, up to the altitude of 2500m asl. Soils contain huge accumulations of organic matter, and phosphorus, and their pH is remarkably high in comparison to surrounding soils. They are comparable to soils found in rock shelters and caves used par Neolithic shepherds. These situations are quite interesting and might be used do date the beginning of pastoralism in alpine landscapes.

Christian David¹ : (¹INRAP)

La question des stratégies de fouille et des stratégies analytiques appliquées aux accumulations sédimentaires anthropiques à lisibilité réduite comme les « terres noires » urbaines et rurales. Vers le nécessaire recours à la géophysique à très faible profondeur d'investigation et à maille superfine préalablement à la fouille et aux études ? Exemples de résultats par la méthode électrique à maille superfine (10 cm) et à très faible profondeur d'investigation (10 et 20 cm).

Ces sédiments anthropisés nommés par les anglo-saxons « dark earth » sont communément étudiés, avec des fortunes diverses, en Europe du nord depuis une cinquantaine d'années. Ce n'est pas le cas en France où ces dépôts

souvent stigmatisés sous l'inexact vocable de « terre(s) noire(s) » (elles ne sont toutefois qu'exceptionnellement très sombres) sont rarement prescrits par l'état. Cela conduit à ne pratiquer leur fouille et leur étude que trop occasionnellement, avec des méthodes hétérogènes souvent guidées par le seul intérêt de l'équipe archéologique et fortement limitées par les insuffisants moyens mis en œuvre. Néanmoins, diverses publications concernent le sujet dont certaines alertent sur le risque d'absence de témoignage archéologique de plus d'un demi-millénaire de l'histoire urbaine, en raison justement d'une absence chronique de prise en compte de ces dépôts. On pourrait affirmer que c'est dans le cadre d'une archéologie programmée que ces obscures couches d'occupation doivent être étudiées et ce fut en effet le cas dans le dernier quart du siècle dernier à Rouen, par exemple, et jusqu'à aujourd'hui à Tours. Mais cela n'a pas fait progresser significativement la compréhension et le statut de ces dépôts dans le contexte de la ville de l'antiquité tardive ou du haut moyen âge. Dans le cadre de l'archéologie préventive, ces formations anthropiques particulières sont fréquemment rencontrées mais rarement étudiées. Il semblerait que ce soit le manque de potentialités archéologiques entrevues lors du diagnostic de ces accumulations sédimentaires et le déficit informationnel à l'issue des rares fouilles qui les condamnent à être insuffisamment prescrites. Même prescrites, elles ne sont fouillées que très partiellement, leur échantillonnage ne reposant le plus souvent sur aucune donnée objective. C'est pour palier à ces difficultés que des prospections géophysiques à très faible profondeur d'investigation et à maille superfine ont été sporadiquement menées depuis 1999 sur les niveaux décapés.

Jeanne Brancier¹, Cécilia Cammas², Martijn Van Den Bel³ et François Lévêque⁴ :

L'anthroposol archéologique du Fort Hollandais, première *terra preta* guyanaise ?

¹LEEISA – 275 route de Montabo, BP 70620, 97334 Cayenne & Adeprina, ²INRAP, UMR ASM 5140, AgroParisTech, av. Lucien Brétignières, 78850 Thiverval-Grignon, ³INRAP Guyane – 842 Chemin Saint-Antoine, 97300 Cayenne, ⁴LIENSs UMR7266 CNRS-Université de La Rochelle, France.

En Guyane française, l'étude des anthroposols archéologiques précolombiens s'est développée ces dernières années, afin d'éclairer leurs processus de formation et de documenter les modes d'occupation passés. Dans le bassin amazonien, plus spécifiquement au Brésil, les nombreuses études dans ce domaine montrent que les sols naturels sont pauvres alors que les anthroposols archéologiques (*terra preta*) sont fertiles et riches en matières organiques. En Guyane française, les résultats des études géoarchéologiques (micromorphologie, chimie) sur les premiers contextes investigués (plaine alluviale, sols latéritiques) indiquent que les anthroposols archéologiques témoignent d'un enrichissement globalement moins important que pour les *terra preta* du Brésil. Cependant, le cas de l'anthroposol archéologique du site du Fort Hollandais (commune de Régina), dont l'étude est détaillée dans cette communication, se démarque des cas précédemment étudiés. L'approche micromorphologique et physico-chimique a permis de caractériser et de décrire les propriétés intrinsèques de ce sol et de le rapprocher très nettement des *terra preta*. L'analyse magnétique de ces sols permet de souligner leur singularité. En lames minces, trois phases superposées semblent s'individualiser, et une particularité de ce sol est la préservation de fragments d'os, observés pour la première fois dans un anthroposol archéologique en Guyane. Le pH du sol témoigne alors d'un milieu propice à la conservation des os. Ce sol contient également d'abondants composants anthropiques (céramiques, charbons) à mettre en lien avec les concentrations en matière organique et en certains éléments chimiques caractérisant l'occupation ancienne (phosphore, calcium, zinc ou cuivre). Les données de la géoarchéologie et la réponse magnétique de ces sols ont conduit à l'interpréter comme une zone dépotoir d'époque précolombienne. Ainsi, les observations microscopiques, les données physico-chimiques et géophysiques apportent une vision complémentaire des propriétés des sols et permettent de remonter aux activités humaines à l'origine de leur formation. Plus largement, ces travaux alimentent le référentiel des anthroposols archéologiques amazoniens.

Cécilia Cammas¹, Jeanne Brancier et Carole Vissac³ :

Composants et processus de formation des sols noirs : au-delà des Terres Noires urbaines et des Terra Preta.

¹INRAP, UMR ASM 5140, AgroParisTech, av. Lucien Brétignières, 78850 Thiverval-Grignon, ²LEEISA – 275 route de Montabo, BP 70620, 97334 Cayenne & Adeprina, ³Géoarchéon.

FRANÇAIS : Les sols noirs constituent l'un des principaux indices d'anthropisation, et leur étude contribue à la détection des sites archéologiques ainsi qu'à la connaissance des modes d'occupation passés. Les analyses micromorphologiques se sont étendues ces dernières années à de multiples contextes géographiques et chronoculturels, principalement grâce aux opérations d'archéologie préventive. Ces analyses, parfois complétées par des analyses physico-chimiques ont permis de préciser la part de la nature des composants des sols, de leur évolution post-dépositionnelle, en relation avec les facteurs stationnels (matériau parental, climat) dans l'acquisition de ces caractères de terrain. Ainsi, nous présenterons une synthèse des résultats de nos travaux sur des Terres Noires urbaines, des terres noires guyanaises (Terra Preta), mais également au-delà de ces cas les plus connus, seront inclus dans le corpus d'autres situations moins fréquemment présentées telles que des gadoues urbaines, ou encore des terres de jardin. ENGLISH: Dark soils are one of the main indicators of anthropization, and their study contributes to the detection of archaeological sites as well as to the knowledge of past occupation patterns. Micromorphological analyzes have extended in recent years to multiple geographical and chronocultural contexts, mainly through rescue archeology excavations. These analyzes, sometimes supplemented by physico-chemical analyzes, made it possible to specify the part of the nature of the soil components, their post-depositional evolution, in relation to the local factors (parental material, climate) in the acquisition of these characters. Thus, we will present a synthesis of the results of our studies on urban Dark Earth, dark Guianese soils, but also beyond these most well-known cases, will be included in the corpus less well known cases studies such as urban slush, or garden soils.

Aline Durand¹, Vincent Bernollin², Hamid Arioua³ et Hassan Daide³ :

Le charbonnage en fosse : approche ethnoarchéologique d'une pratique méconnue dans le Rif (Talayne Lhaj, Maroc).

¹Laboratoire CReAAH UMR CNRS 6566, Le Mans université, France, ²CAPRA Centre Allonnais de prospection et de Recherches archéologiques, CERAM Pierre Térouanne, France, ³Laboratoire d'étude urbaines - Faculté des lettres et des sciences humaines Dhar El Mahraz, Université SIDI MOHAMED BEN ABDELLAHFES, Fès, Maroc.

Dans la société médiévale, la fabrication du charbon de bois est l'une des sources d'énergie essentielles pour transformer les matières premières. Si la fabrication du charbon de bois en meule commence à être mieux étudiée, celle du charbon de bois en fosse est demeurée longtemps dans l'ombre. En Provence, ces dernières années, des fosses identifiées comme des fours enterrés pour fabriquer du charbon de bois et datées des VIIIe-XIIe s. ont été mises à jour. Afin de mieux les comprendre et les interpréter, une recherche ethnoarchéologique a été conduite. Le choix du Rif marocain s'est imposé parce que cette pratique y a encore cours et parce que les milieux biogéographiques sont identiques (étage bioclimatique mésoméditerranéen) et donc, de part et d'autre de la Méditerranée, comparables. Le travail d'observation sur le terrain a consisté à suivre quatre cuissons effectuées par trois artisans de la même région afin d'observer l'ensemble de la chaîne opératoire technique depuis l'acquisition de la matière première jusqu'à l'obtention du produit fini. Outre le minutage du temps technique de l'ensemble des différentes opérations, un enregistrement selon les méthodes de l'archéologie des fosses avant et après le processus de cuisson a été réalisée. La matière ligneuse a été pesée avant sa mise en fosse et la quantité de charbon de bois obtenue également afin de pouvoir calculer les rendements pour chaque cuisson. L'impact spatial de ce prélèvement sur l'environnement peut être évalué grâce au relevé topographique systématique de tous les arbres sur lesquels la matière végétale mise à pyrolyser a été prélevée. Des analyses calorimétriques ont été effectuées à partir des échantillons prélevés sur les parois et au fond de ces fosses. Les résultats présentés sont préliminaires : ils seront enrichis par des missions de terrain ultérieures.

Chantal Leroyer¹, Vincent Bernard², Yannick Le Digol³ et Frédéric Prodeo⁴ :

Une résidence seigneuriale de l'An Mil au regard de la palynologie et de la dendrochronologie : le site de Pineuilh, La Mothe (Gironde, France).

¹Ministère de la Culture/UMR 6566 CReAAH, ²CNRS/UMR 6566 CReAAH, ³Dendrotech/UMR 6566 CReAAH, ⁴Inrap.

Grâce à un mobilier archéologique très riche et à une approche paléoenvironnementale et dendrochronologique conjointe, l'évolution du site fossoyé de Pineuilh (Gironde, France) a pu être suivie dans le détail depuis son

implantation en fond de vallée à la fin du Xe s. jusqu'à sa profonde restructuration aux XII-XIII s. Une stratégie de prélèvement systématique est à l'origine de plus de 2000 échantillons de bois d'œuvre, dont 500 ont été sélectionnés pour étude. L'étude palynologique repose, elle, sur quatre séquences de référence hors-site et quatre colonnes extraites dans le comblement organique du fossé. La géolocalisation des bois et le croisement des données ont permis de proposer un modèle avec trois phases d'occupation et de gestion du milieu entre 976/977 et 1200 AD. Une première phase correspond à l'installation sur les lieux (1a = 976/977 à 994/995 AD) puis à une extension orientale (1b = 994/995 à 1044-1045 AD). Les activités agricoles (cultures et élevage) sont alors bien développées mais des boisements persistent : ripisylve en fond de vallée et chênaie-charmaie sur les versants. De vieux chênes de futaie sont employés pour les constructions. Le fossé est utilisé comme dépotoir (rejets d'excréments). Dans une deuxième phase (1044/1045 – 1123 AD), l'accès au site est modifié et orienté vers le sud. La céréaliculture progresse tandis que la ripisylve est exploitée. Les bois utilisés sont plus jeunes, issus de taillis et plus diversifiés (ormes et aulnes aux côtés des chênes). Entre 1123 et 1200 AD, le statut et la vocation du site changent : une nouvelle résidence est implantée en zone exondée à une centaine de mètres au Nord. Une reprise forestière se marque en fond de vallée tandis que les activités agricoles régressent.

Julie Morin-Rivat¹ et Guillaume De Lafontaine¹ :

L'analyse macrofossile des charbons du sol pour inférer l'histoire des feux et la composition forestière passée.

¹Chaire de Recherche du Canada en Biologie Intégrative de la Flore Nordique, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, Canada.

Plusieurs méthodes sont communément utilisées pour reconstituer les environnements anciens, basées soit sur l'analyse d'éléments chimiques (ex. isotopes), soit sur celle d'éléments biologiques (ex. pollen). Parmi ces méthodes, l'analyse macrofossile des charbons de bois du sol est une approche émergente qui permet de déterminer le régime des feux et la composition forestière *in situ* sur plusieurs millénaires. Les charbons peuvent être datés par la méthode radiocarbone, afin d'établir la chronologie des incendies. L'identification taxonomique à partir de l'anatomie du bois carbonisé permet, quant à elle, de connaître les assemblages ligneux passés. Les récentes avancées en matière de cartographie temporelle, combinant les approches temporelle et spatiale, permettent de définir l'emplacement des feux et de reconstituer l'évolution du paysage forestier au cours du temps. Nous présentons ici les avantages de cette approche globale dans le cadre d'une recherche visant à établir le portrait régional des feux et de la composition forestière au Bas-St-Laurent (Québec, Canada) au cours des derniers millénaires. Cette région est habituellement considérée comme sujette à un régime de feux faible. Jusqu'à maintenant, les reconstitutions historiques des feux et de la forêt préindustrielle sont limités à une période relativement récente, puisque basées sur l'analyse d'inventaires et de cartes d'archives. La découverte de charbons dans les sols de cette région indique la pertinence et la robustesse de cette approche novatrice pour détecter les incendies et inférer la composition végétale à une échelle temporelle plurimillénaire.

Baelhadj Hamdi-Aïssa^{1,2}, Fouzia Youcef¹ et Mahfoud Hadj-Mahammed¹ :

Géoarchéologie des paléolacs en bordure du site médiéval de Sedrata (Ouargla), Sahara d'Algérie : Approche micromorphologique.

¹Univ Ouargla, Fac. des sciences de la nature et de la vie, Lab. Biogéochimie des milieux désertiques, Ouargla, Algérie, ²UMR INRA/AgroParisTech ECOSYS, Thiverval-Grignon, France.

Les reconstitutions paléo-climatiques reposant sur l'analyse de « géo-archives » nécessitent une bonne compréhension des processus sédimentaires et pédologique contrôlant la distribution et l'organisation des matériaux dans un bassin versant, ainsi que leur évolution au cours du temps. Au Sahara les conditions d'aridité actuelle lui confèrent une grande importance quant à la reconstitution des changements environnementaux passés. Le présent travail a comme objectif l'étude pédo-sédimentaire et micromorphologique des paléolacs du Nord Sahara. Les investigations ont été réalisées dans plusieurs coupes stratigraphiques de paléolacs en bordures du site archéologique médiéval de Sedrata (cuvette de Ouargla, Algérie). L'étude morphologique des coupes a été

poursuivie par une caractérisation analytique et micromorphologique sous microscope. Les coupes se composent d'une alternance contrastée de couches tourbeuses et de niveaux sableux homogènes plus ou moins hydromophes montrant un paysage lacustre nettement différent du milieu aride actuel. Ces couches reflètent respectivement une suite de phases humides et de périodes aride marquant la déflation éolienne. La surface du sol est dominée par des croutes gypseuses. Leur épaisseur d'environ 20cm indique que leur formation a eu lieu sous un climat nettement plus humide que l'actuel. Les trais cristallins gypseux sont formés à partir d'eau souterraine saturée en ions Ca²⁺ et SO₄²⁻. Ils offrent une grande diversité des micro-assemblages qui implique un scénario de hiérarchisations des épisodes d'aggradation et de dégradation de gypse. Les niveaux calcaires étudiés ont une origine lacustre où les précipitations étaient importantes. Les micrites et microsparites de nappes ont aggradé dans ces régions pendant plusieurs épisodes quand les sols ont été saturés en eau de faible charge ionique. Ceci peut traduire un apport élevé d'eaux douces et une évaporation limitée. Les couches organiques noires et grises et les niveaux tourbeux observés au fond de la coupe indiquent l'évolution de la matière organique à une période plus humide.

Amandine Angeli¹⁻², Émilie Gauthier¹⁻², Hervé Richard² et Vincent Bichet² :

Des champs au lac : interactions hommes environnement dans les villages en bord de lac. Analyse multi-paramètres d'une carotte lacustre (Chalain, Jura, France).

¹Université de Bourgogne – Franche-Comté, ²Laboratoire Chrono-environnement UMR 6249.

Le lac de Chalain est un lac de moyenne montagne situé sur le premier plateau jurassien (540 m d'altitude). Il abrite les vestiges de villages lacustres datés du Néolithique moyen à la fin de l'âge du Bronze (3800 à 800 cal. BC). Les nombreuses années de fouille ont permis de dater plus d'une trentaine de sites dotés d'un matériel exceptionnel et classés depuis 2011 au patrimoine mondial de l'UNESCO. Le contexte sédimentaire, favorable à la conservation des vestiges organiques, a également été le terrain fertile de nombreuses études paléoenvironnementales intrasites, offrant de précieuses informations sur les modalités d'occupations et les conditions de vie de ses habitants. En 2015 et 2017, deux séquences sédimentaires lacustres ont été prélevées à quelques mètres des sites archéologiques en vue de réaliser une étude multi-paramètres (pollen, microfossiles non polliniques, sédimentologie...) à haute résolution temporelle. Le but était de mieux percevoir l'impact de l'homme sur l'environnement en évitant les sur- ou sous présentations polliniques de taxons liées aux activités humaines. La séquence présentée ici (7,5 m) est datée à l'aide de 8 dates radiocarbone et permet de reconstituer plus de 14 000 ans d'histoire de l'environnement autour du lac. Les premiers indices d'anthropisation apparaissent vers 4900 cal. BC.), bien avant les premiers vestiges archéologiques mis au jour. La présence des sites néolithiques et protohistoriques correspond à un impact régulier sur l'environnement avec des mises en culture et des successions de défrichements n'entraînant cependant pas la disparition de l'espace forestier. Les différentes phases d'installations autour du lac, dont la chronologie est bien connue, sont tout à fait perceptibles et il est même possible de montrer la proximité des villages par rapport au lieu de forage. Cette étude offre en outre la possibilité de suivre l'évolution des d'indices d'anthropisation durant les périodes postérieures aux villages palafittiques (de 800 cal. BC à aujourd'hui) et non renseignées par l'archéologie.

DIMANCHE 12 MAI / SUNDAY MAY 12

Matières premières, matériaux et objets : provenance, transformation, utilisation et altération (Bloc 2)

Raw materials, materials and objects: provenience, transformation use and alteration (Block 2)

8H00-11H40 : FLORENCE CATTIN ET LAETITIA MÉTREAU, PRÉSIDENCE DE SÉANCE

Catherine Ferrier¹, P. Lambert¹, J.-C. Mindeguia², D. Lacanette³, J. Claude Leblanc⁴ et J. Jaubert¹ :

Les thermo-altérations des spéléofacts de la grotte de Bruniquel : approche expérimentale et archéométrique.

¹UMR CNRS 5199 PACEA, Université de Bordeaux, ²UMR CNRS 5295 I2M, Université de Bordeaux, ³UMR CNRS 5295 I2M, Bordeaux INP, ⁴UMR CNRS 5608 TRACES, Université Toulouse Jean Jaurès.

L'utilisation du feu dans la partie profonde des cavités, au Paléolithique, a laissé des traces sur les sols telles que des concentrations de charbons de bois et des aires de combustion, parfois accompagnées par des altérations thermiques plus ou moins développées des sédiments sous-jacents, voire des parois calcaires. Dans la grotte de Bruniquel (Tarn-et-Garonne), qui a révélé la plus ancienne preuve de la fréquentation humaine du milieu souterrain, ce sont les concrétions utilisées pour la construction des structures, presque uniquement des stalagmites, qui portent des marques thermiques. Les résultats acquis dans le cadre du programme CarMoThaP « *Caractérisation et Modélisation des Thermo-altérations et des résidus de combustion sur les Parois* », à partir de l'étude de la réaction à la chauffe du calcaire et de la calcite, ont été utilisés pour mieux comprendre les thermo-altérations associées au foyer 5 de la grande structure A de cette cavité. Ils ont été obtenus à partir d'expérimentations de foyers *in-situ* en domaine souterrain et sur des essais en four, en laboratoire. Ces expérimentations ont permis de reproduire les thermo-altérations visibles sur les « spéléofacts » (matériau utilisé pour les constructions) et de proposer un référentiel des températures correspondantes à partir de l'analyse multi-physique des matériaux. De plus, la capacité de deux combustibles, le bois et l'os, à produire ces thermo-altérations a été testée. Ceci a permis de discuter de la quantité minimale de combustible nécessaire à leur reproduction ainsi que des avantages de chacun d'entre eux (durée de combustion, température, dégagement de CO et CO₂). Ces résultats pourront être utilisés pour étayer les discussions sur la fonction des feux dans la grotte de Bruniquel

Eric Goemaere¹, T. Goovaerts¹, A. Hauzeur², I. Jadin³, C. Jungels⁴, T. Leduc¹, M. Toussaint⁵ et Y. Vanbrabant¹ :

Apport déterminant de la μ Spectrométrie Raman à la recherche des provenances des matériaux des herminettes en roches noires au Néolithique ancien de Belgique. Caractérisation pétrophysique et circulation des produits finis au départ des ateliers.

¹Service géologique de Belgique, Direction Opérationnelle Terre et Histoire de la Vie, Institut Royal des sciences naturelles de Belgique. 29, rue Vautier, B-1000 Bruxelles, Belgique, ²Sarl Paleotime, ULg, IRSNB et MNHA Luxembourg, ³Homme et Environnement au Quaternaire, Direction Opérationnelle Terre et Histoire de la Vie, Institut Royal des sciences naturelles de Belgique. 29, rue Vautier, B-1000 Bruxelles, Belgique, ⁴Préhistomuseum, 128, rue de la Grotte, B-4400 Flémalle, Belgique, ⁵Paléoanthropologue, Belgique.

La révolution du Néolithique ancien (environ 6.300-5.900 avant notre ère) est passée par la Moyenne Belgique, en Hesbaye liégeoise et sur les sources de la Dendre, principalement. À côté des herminettes importées en roches vertes alpines s'est développé un substitut en roche noire, dont les productions ne sont pas banales et que ses traces pourraient se retrouver dans les collections des aires voisines. Celles-ci ont fait l'objet de recherches antérieures qu'il convient de préciser. Les analyses pétrographiques (MOP, MEB), diffractométriques et chimiques

(EDS) ont permis de caractériser deux types de matériaux différents et leur variabilité lithologique. Le premier est une phthanite tandis que le second (dénommé « Grès micacé de Horion-Hozémont » par les archéologues) est une roche détritique à spicules d'éponges et à ciment siliceux issu de leur dissolution. La coloration noire est due à de la matière organique finement dispersée. Les palynomorphes sont absents et ne permettent donc pas une datation biostratigraphique. L'étude du degré de graphitisation thermique de la matière organique par microspectrométrie Raman a permis d'identifier deux types de signatures Raman des matières premières : l'une correspondant à un matériel ayant subi durant son histoire géologique des conditions de métamorphisme épizonal, tandis que l'autre correspond à un matériel n'ayant subi que de la diagenèse. La comparaison des signatures Raman entre les artefacts et les échantillons géologiques, respectivement le Cambrien d'Ottignies-Mousty et le Namurien inférieur de Horion-Hozémont, est très bonne. Cette méthode rapide et non destructive a été appliquée sur des pièces issues d'un atelier de taille d'herminettes et sur de nombreux sites d'habitat afin de dresser une carte de distribution de ce matériau.

Arthur Leck¹, F.-X. Le Bourdonnec¹ et R. Chapoulie¹ :

Circulations, mobilités et échanges intra-île en Corse pré- et protohistorique, les roches locales comme traceurs.

¹Institut de Recherches sur les Archéomatériaux - Centre de Recherche en Physique Appliquée à l'Archéologie (IRAMAT-CRP2A) – Univ. Bordeaux Montaigne, CNRS : UMR5060 – Maison de l'Archéologie, Esplanade des Antilles, 33607 Pessac, France.

Au cours de la pré- et protohistoire, les premiers habitants de la Corse ont importé de nombreux matériaux lithiques pour confectionner leur outillage, notamment de l'obsidienne et du silex de Sardaigne, deux matériaux de très bonne qualité et absent du paysage corse. Ces roches exogènes ont été au cœur de la plupart des études typo-technologiques et de provenance menées sur les séries lithiques mises au jour en Corse, mettant en lumière les réseaux de diffusion à grande distance empruntés par ces matériaux. Des roches endogènes ont également été utilisées, en particulier des rhyolites, une roche volcanique siliceuse à grain fin largement répandue en Corse, mais elles ont fait l'objet de bien moins d'attention, notamment par manque d'outils méthodologiques. En effet, des études de provenance de silex et d'obsidienne sont menées depuis plusieurs décennies à de nombreux endroits dans le monde et de multiples développements méthodologiques ont déjà été accomplis, ce qui n'a pas été le cas pour les rhyolites. Or, ce matériau semble avoir circulé à différentes échelles au sein de l'île, du local au régional, et est ainsi potentiellement porteur d'informations sur la mobilité, les réseaux d'échanges ou la territorialité des populations, inaccessible à partir de l'étude des matériaux exogènes. Après avoir mis en place un protocole analytique efficace et non destructif nous permettant de déterminer la provenance des rhyolites corses, nous avons analysé plusieurs séries archéologiques, du Néolithique ancien au Bronze moyen. Nos résultats sont encore préliminaires et d'autres sites devront être étudiés pour obtenir une vision plus fine, mais ces études nous permettent déjà d'entrevoir des réseaux de diffusion intra-île insoupçonnés, d'éclairer les rapports entre sites littoraux et sites montagnards et nous informent sur les manières dont ces populations exploitaient leur environnement.

Céline Bressy-Leandri¹, P. Fernandès², B. Melosu³, M. Piboule et C. Luglie⁴ :

Approvisionnements en silex entre la Corse et la Sardaigne : nouvelles recherches sur la caractérisation des matériaux siliceux du Bassin de Perfugas (Sardaigne).

¹Ministère de la Culture et de la Communication, DRAC de Corse ; UMR 5608 TRACES, ²SARL Paleotime, UMR 5199 PACEA, Université de Bordeaux, bâtiment B18, allée Geoffroy-Saint-Hilaire, 33615 Pessac cedex, France, ³L.A.S.P., Dipartimento di Storia, Beni Culturali e Territorio - Università degli studi di Cagliari, Italie, ⁴Dipartimento di Storia, Beni Culturali e Territorio - Università degli studi di Cagliari, Italie.

A partir des années 2000, des travaux sur les relations entre la Corse et la Sardaigne durant le Néolithique ont été développés à travers le prisme de la circulation des silex. Ces recherches ont montré que la principale source d'approvisionnement en silex de la Corse était le bassin de Perfugas (Nord Sardaigne). Depuis quatre ans, une

étude approfondie des silicites du bassin miocène de Perfugas est menée sur le terrain et en laboratoire sur la caractérisation des échantillons géologiques. Elle vise à élaborer une classification des faciès, variés, de cette aire-source afin de déterminer avec précision, rapidité et fiabilité la provenance des matériaux composant les séries archéologiques corse dans un contexte de développement des fouilles préventives et programmées livrant du silex. Notre approche est interdisciplinaire et multiscale. Elle intègre les avancées méthodologiques récentes relatives au concept de chaîne évolutive des silex qui prend en compte les processus successifs d'altération enregistrés par le silex postérieurement à sa formation (Fernandes and Raynal 2006 ; Fernandes et al. 2007). Concrètement, la démarche pétrographique descriptive « classique » relative au microfaciès sédimentaire est complétée par des informations sur les surfaces corticales (dissolution, accrétion, polis), la porosité et la poronécrose. A ce jour, sur les 224 échantillons prélevés sur 85 gîtes, une soixantaine a été caractérisée à la loupe binoculaire, montrant la coexistence de quatre faciès : lacustre, margino-lacustre, évaporitique et pédologique. Une dizaine d'échantillons représentatifs de chacun de ces microfaciès a été sélectionnée pour l'analyse en lames minces. Celles-ci révèlent des caractéristiques minéralogiques discriminantes et permettent de mieux comprendre les processus de formation des silex. Des analyses géochimiques sont en cours pour identifier certaines phases minérales observées en lame minces. Ces différents niveaux d'analyse permettent d'argumenter la classification des silicites du bassin de Perfugas et d'appréhender ces géoressources de manière globale. Les applications archéologiques portent notamment sur la collection de Basi, site de référence pour le Néolithique corse. Elles témoignent d'un gain en temps et en précision des attributions et révèlent ainsi en négatif, outre l'évolution des approvisionnements corses, l'histoire de l'exploitation du bassin de Perfugas.

Tiziana Gallo¹, L. Xie¹ et D. Macdonald² :

Propriétés mécaniques de matériaux et leurs effets sur le développement tracéologique : La fabrication et l'utilisation de pelles et de houes en dolomie oolitique.

¹University of Toronto, ²University of Tulsa.

FRANÇAIS : L'analyse tracéologique d'objets lithiques tend à se concentrer sur des matières homogènes. Nous explorons ici les effets qu'ont la composition minéralogique et texturale de pierres hétérogènes sur le développement tracéologique. Huit répliques de houes et de pelles préhistoriques en dolomie oolitique ont été utilisées en conditions réalistes, en Chine, pour labourer des champs agricoles et acquérir du sol servant à la construction de maisons et de murailles. Des approches microscopiques de basse et de haute puissance ont permis de différencier les traces causées par l'abrasion de fabrication de celles causées par différents sols. L'analyse pétrographique de la dolomie oolitique et des grès utilisés lors de la mise en forme et de l'aiguisage, l'intensité d'utilisation, la granulométrie des sols travaillés, leur taux d'humidité et leur résistance à la pénétration clarifient la relation entre divers types de développements tracéologiques et de matériaux de contact. Les résultats contribuent à l'avancement méthodologique de l'analyse tracéologique des matériaux lithiques hétérogènes et enrichissent les bases de données visant l'analyse d'outils de travail du sol et les analyses fonctionnelles d'objets en pierre polie. ENGLISH: Our research on ground stone earth-working implements explores the effects of mineralogical composition and texture on a heterogeneous material's wear development. Replicas of prehistoric stone hoes and shovels were made of oolitic dolomite and used for tilling in agricultural fields and procuring soils under realistic conditions in China. Various approaches of microwear analysis were employed to discriminate between manufacturing-grinding wear and earth-working wear. The petrographic characteristics of both the grinding media and the earth-working implements, the tool's use intensity, the worked sediments' particle sizes, water content and hardness further deepened our understanding of microwear development. The results advance the methods for use-wear analyses on heterogeneous stones and enrich the use-wear dataset for analyzing earth-working activities and for functional analysis of ground stone tools.

Elodie Mezzatesta¹, A. Perraud², C. Mathe¹ et C. Vieillescazes¹ :

Human Egyptian mummies: chemical analyses of mummification balms.

¹University of Avignon (France). UMR IMBE (Mediterranean Institute of marine and terrestrial Biodiversity and Ecology; CNRS 7263/IRD 237), Restoration Engineering of Natural and Cultural Heritage, ²University of

Montpellier(France). UMR 5140 Archéologie des Sociétés Méditerranéennes, équipe Égypte Nilotique et Méditerranéenne.

28 mummies and 45 heads of mummies from Ancient Egypt (from the twelfth dynasty to the Ptolemaic period), belonging to the Egyptian collection of the Confluences Museum in Lyon, have never been studied. This PhD work is part of a scientific project called HELYCOM (Human Egyptian LYon CONfluences Mummies) within the framework of the Labex Archimede, led by an interdisciplinary research team. The aim is to characterize and identify the nature of the chemical elements present in the mummification balms. A wide variety of natural substances can be used in the formulation of balms, including plants oils or animal fats, resins, bitumen or beeswax. Given the molecular richness of these materials, their identification within an archaeological sample represents a real challenge. Indeed, these materials can undergo oxidation, degradation and alteration processes, naturally over time (aging) or due to anthropogenic factors. Degraded molecules can act an important role in the species identification. To carry out this work, it is necessary to use different analytical techniques, each providing complementary information, such as Fourier Transform Infrared (FT-IR) and Gas Chromatography-Mass Spectrometer (GC-MS). An infrared spectroscopy study accompanied by a statistical data processing by Agglomerative Hierarchical Clustering (AHC) was performed on 61 mummies' samples permitting to characterize the different chemical families present in each balms and to group them into clusters. On the basis of these first results, a complementary gas chromatographic study was able to refine the molecular identification of these balms composition. Following these results, it turned out that some chemical families, like bitumen for instance, are difficult to detect because of their low concentration and the very high proportion of fatty acids present in all of the balms. Thus, an extraction method by "Solid Phase Extraction" has been successfully developed to increase the knowledge of the molecular chemical composition of balms.

Dominique Frère¹⁻⁵, P. Marinval²⁻⁵, N. Garnier³⁻⁵, J.-M. Beausoleil⁴⁻⁵, V. Bel⁴⁻⁵, A.-F. Cherel⁴⁻⁵, B. Dubuis⁴⁻⁵, F. Mazière⁴⁻⁵, M. Saurel⁴⁻⁵ et P. Séjalon⁴⁻⁵ :

Le vin dans les rituels funéraires en Gaule (VIIe-IIIe s. av. J.-C.). Les données des programmes ANR "Magi" et "Viniculture".

¹Université Bretagne Sud, ²CNRS, ³Laboratoire LNG, ⁴INRAP, ⁵Programme ANR Magi.

Le programme Magi (2013-2017), financé par l'Agence Nationale de la Recherche, portait sur l'étude pluridisciplinaire des produits biologiques destinés aux défunts dans les espaces de la tombe et de l'enclos funéraire pour une période s'étendant de la fin de l'âge du Bronze à la fin de l'âge du Fer. En complément à l'archéozoologie, les approches croisées de l'archéobotanique et de la chimie moléculaire des contenus ont permis de caractériser la nature et d'estimer la diversité des offrandes funéraires biologiques, en particulier celles contenues dans les vases en céramique et en bronze, comme le grand cratère de la tombe princière de Lavau. En France, une collaboration étroite avec l'INRAP a donné lieu à la sélection de contextes funéraires remarquables s'étalant entre le début du VIIe et la fin du IIIe s. av. J.-C. : Les Joncasses à Cournonterral (Hérault, VIIe s.), Camp de l'Eglise Nord à Flaujac-Poujols (Lot, VIe-Ve s.), Guipry (Ille-et-Vilaine, début du Ve s.), Lavau (Aube, début du Ve s.), Saint-Pierre Nord et Sud à Lattes (Hérault, Ve-IVe s.), Warcq (Ardennes, fin du IIIe s.), Vergèze (Gard, fin du IIIe s.). Les résultats font apparaître que les boissons fermentées, en particulier le vin, jouent un rôle important au cœur des rituels funéraires, au-delà des importantes différences culturelles entre régions et périodes. La première partie de la communication portera sur une synthèse des résultats tandis que seront abordées dans la deuxième partie des questions concernant la nature du vin et les différents modes de son utilisation rituelle.

Olfa Dammak¹, S. Bouhlel² & H. Garnit² : (¹Institut National du Patrimoine de Tunis, ²Faculté Sciences de Tunis)

Détermination archéométrique de la céramique romaine commune de la fouille de la nécropole Sousse et identification des sources de la matière première.

L'analyse d'une collection de 22 échantillons de céramique romaine commune permet de définir 2 ensembles pétrographiques. L'analyse minéralogique par la Diffraction des Rayons X montre que la température de cuisson se situe aux alentours de 750-850°C. L'analyse chimique des céramiques collectées montre une similitude (en %) dans les teneurs des éléments suivants MgO, SiO₃, Fe₂O, Na₂O et K₂O pour le premier groupe pétrographique, et

en MgO, SiO₃, Na₂O et K₂O pour le deuxième groupe. Cette variation pétrographique et chimique correspond à des centres de production distincts. Afin de réaliser une étude de corrélation on a effectué des prélèvements d'argile de 3 gisements qui sont éloignés de 45 km de Sousse ; le gisement d'El Gamgouma, le gisement A. El Berk et le gisement ChaabSidezir. Les résultats montrent qu'il y a une corrélation entre la composition chimique des céramiques étudiées et celles du gisement de ChaabSidezir. Ce travail est complété par une étude comparative réalisée avec une autre collection d'époque punique dans un autre article qui n'est pas encore publié. Les analyses ont permis de conclure que la pâte d'époque punique est riche en CaO et en Al₂O₃ et P par rapport à celle d'époque romaine. Ainsi une similitude en composition chimique est attestée avec les gisements d'El Gamgouma et ChaabSidezir. Ceci montre que, d'après les analyses géochimiques, les potiers d'époque punique ont utilisé le gisement d'El Gamgouma et Chaab Sidezir pour extraire l'argile. À l'époque romaine, il paraît qu'El Gamgouma est devenu moins actif puisque l'argile de ChaabSidezir est la plus utilisée

Nadia Cantin¹ et A. Mayor² :

Analyses des céramiques actuelles au Sénégal : un référentiel pour l'archéologie ?

¹IRAMAT-CRP2A, UMR 5060 CNRS, Université Bordeaux Montaigne; Maison de l'archéologie, Esplanade des Antilles, 33607 Pessac Cedex, ²Laboratoire Archéologie et peuplement de l'Afrique, Unité d'anthropologie de l'Université de Genève, pour l'archéologie et l'ethnoarchéologie.

Dans le cadre du programme « Peuplement humain et paléoenvironnement en Afrique », un travail de documentation ethnographique des pratiques potières a été entrepris au Sénégal oriental depuis 2012. Il a permis notamment de collecter un corpus de matières premières employées par les potières et de produits finis correspondants, en vue d'analyses de laboratoire. Les enquêtes ont été réalisées dans 46 villages situés sur un vaste territoire allant de la frontière mauritanienne à la frontière guinéenne, et s'étirant tout le long de la frontière malienne, soit dans des contextes environnementaux, historiques et culturels variés. Le corpus est aujourd'hui composé de 39 échantillons de céramiques et de 55 matières premières (argiles et dégraissants). La méthodologie repose sur des analyses chimiques et minéralogiques à l'aide d'outils analytiques utilisés classiquement en archéométrie (pétrographie, diffraction de rayons X, MEB-EDS et XRF). La présentation des résultats sera l'occasion de s'interroger sur l'apport d'un tel référentiel pour l'archéomètre des céramiques, et notamment sur les pratiques et les limites des modèles interprétatifs. Qu'apportent les analyses d'échantillons actuels à la compréhension des tessons archéologiques ? Peut-on discerner les étapes des processus de fabrication et identifier les techniques employées ? Peut-on révéler les choix opérés par les artisans et la nature des contraintes dont ils relèvent ? Quel est le potentiel d'application à l'archéologie régionale et quel est le degré de généralisation possible ?

Yannick Lefrais¹ : (¹IRAMAT-CRP2A, Maison de l'Archéologie, Pessac, France)

L'image en archéométrie – Traitements et analyses.

L'image est omniprésente dans tous les domaines de l'archéométrie, que ce soit pour les études de caractérisation ou de datation (céramiques, métaux, peintures...). Elle peut être acquise à l'aide de nombreuses techniques : appareil photographique, binoculaires, cathodoluminescence optique, microscopie optique en lumière naturelle ou polarisée, microscopie électronique, imagerie hyper-spectrale, autoradiographie... Faute de connaissances des techniques de traitement d'images et/ou de temps pour approfondir le sujet, nombre d'images sont acquises de façon peu pertinente et mal ou sous-exploitées. La communication proposera un tour d'horizon rapide de logiciels adaptés et utilisables par tous, à partir de cas concrets. Quelles peuvent être les limites de certains produits commerciaux bien connus mais « boîtes noires » ? Quelles sont les réflexions à avoir en amont ? A travers quelques exemples nous verrons différents outils tant qualitatifs que quantitatifs : 1) assemblage d'image et reconstruction focale, maîtrisés, à l'aide des logiciels libres Hugin et/ou ImageJ; 2) quantification de tailles de grains en microscopie optique en lumière naturelle ou polarisée à l'aide du logiciel libre ImageJ (ou Fiji); stratégies; remarques sur l'acquisition et la représentativité des mesures; 3) Dstrech : mise en évidence de représentations pariétales; 4) analyses MEB/EDS automatiques de particules dans le cadre de la datation par luminescence. Particulièrement développée dans certains domaines de la recherche, notamment en biologie, l'analyse d'image au sens large mérite que l'on s'y attarde davantage. L'archéométrie peut y gagner tant du point de vue qualitatif que quantitatif, en tant que nouveaux jeux de données.

Dévoiler l'artéfact! Les rayons X comme outil polyvalent pour l'étude du mobilier archéologique

X-rays as a versatile tool for the study of archaeological materials

8H00-11H20 : GENEVIÈVE TREYVAUD, PRÉSIDENTE DE SÉANCE

Ki Suk Park¹, Ralf Milke¹, Erik Rybaki², Ilias Efthimiopoulos², Ljiljana Puskar³, Regine Ricarda Pausewein⁴, Sabine Reinhold⁵ et Ulrich Schade³ :

Multiproxy-, multiscale-approach for the identification of the ceramic pottery production technologies in North Caucasus (Russia) in the Bronze/Iron Age.

¹Institut für Geologische Wissenschaften, Freie Universität Berlin, Malteserstraße 74/100, 12249 Berlin, Germany, ²Deutsches GeoForschungsZentrum, GFZ, Section 4.3, Telegrafenberg, 14473 Potsdam, Germany, ³Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH, BESSY II photon source, Albert-Einstein-Strasse 15, 12489 Berlin, Germany, ⁴Rathgen-Forschungslabor, Schloßstraße 1, 14059 Berlin, Germany, ⁵Deutsches Archäologisches Institut, Im Dol 2-6, Haus II, 14195 Berlin, Germany.

Resource gathering strategy, pyrotechnology and shaping techniques have been the most important subjects for the study of ancient production technology and technological styles. However, heterogeneity caused by various chemical and mineralogical compositions, firing states and alteration makes it difficult to identify material production technologies. Moreover, massive amounts of such ceramic sherds should be investigated, in order to answer archaeological questions. In this study, petrography, SEM-EDS/WDS, XRD, transmittance and reflectance FTIR/SR-FTIR and 3D μ -CT were employed, in order to overcome these limitations. The scale of this approach ranges from a macro- to a micro-scale. It enabled us to identify the relationship between firing temperature in the reducing or oxidizing atmosphere, pyrometamorphic process of clays and pore topology. Various shape parameters of sand grains (>250 μ m) and their alignment together with pores in the archaeological ceramics provide evidence about the ceramic paste and inner structure of pottery. The samples were excavated at two archaeological sites in the North Caucasus, Ransyrt 1 (Middle/Late Bronze Age) and Kabardinka 2 (Late Bronze/Early Iron Age) and they were compared to the ceramics found at Levinsadovka and Saŕ'janovo around the Sea of Azov, Russia (Late/Final Bronze Age). Morphological changes by sintering measured by 2D-/3D-image analysis and transformation of indicator minerals such as calcite, hematite, spinel, gehlenite, quartz and cis/trans-vacant 1M illite provide temperature thresholds. With the laboratory based FTIR/SR-FTIR, vibrational changes yield an order and classification of the ceramics with regard to firing conditions between the samples as well as the unraveling of temperature profiles within a single sample. According to the size distribution, sphericity and circularity of coarse sands, the local geological environment around the production site was distinguished, while the shaping techniques show similar variations between the sites. Finally, it is expected that local technological styles are reconstructed in each archaeological site.

C. Le Carlier de Veslud¹, B. Gehres, H. Gandois et L. Rousseau : (¹Université de Rennes)

La technologie de la réduction en vase-four, en contexte campaniforme sur la façade atlantique française, mise en évidence par les analyses p-XRF couplées à l'observation pétrologique.

En France, les éléments permettant de mettre en évidence des travaux métallurgiques sur les sites datant du Campaniforme sont extrêmement rares, et correspondent à des résidus cuivreux, collés ou non à des céramiques, sous forme de nodules voire de scorie. Le site de Talmont Saint Hilaire (Vendée) fouillé à nouveau en 2014, après les opérations de 1988 et 1990 qui avaient permis la découverte de résidus cuivreux, a livré un fragment de céramique commune présentant un résidu cuivreux sur la face interne. Les analyses au MEB-EDS sur les billes de métal emprisonnées ont montré la présence d'un métal hétérogène, en cuivre quasiment pur ou allié avec As (1.5 à 40.4%), Ni (1.8 à 32%), Sb (1.5 à 2.5 %) et Fe (0.5 à 4.2 %). L'analyse par p-XRF a de plus montré la présence du soufre indiquant l'introduction de la matière première sous forme de minerai dans le vase-four qui correspond à

une céramique commune, et un enrichissement en phosphore indiquant la présence de charbon. La céramique autour du résidu cuivreux présente un aspect poreux ou presque vitrifié, indiquant une chauffe à haute température. L'analyse par p-XRF, d'autres fragments de céramiques, sans résidu cuivreux mais plus ou moins dégradées sur la face interne, a montré la présence nette du cuivre (406 à 1319 ppm) et de l'arsenic (157 à 257 ppm), éléments absents de la pâte céramique intacte. Ces tessons correspondent à de la céramique commune réemployée en métallurgie. Hors secteurs miniers de production, cette métallurgie a pu être mise en œuvre en contexte domestique. Sans trace évidente de résidus cuivreux, elle passe alors totalement inaperçue. Ainsi, cette première métallurgie, considérée comme très rare en France, pourrait être plus présente que la connaissance que nous avons actuellement. L'analyse par p-XRF de nombreux tessons de céramiques communes campaniformes permettra ainsi de mieux en évaluer l'ampleur.

Mikaël Guivarc'h¹ et Guirec Querré¹ :

Provenance des lames polies néolithiques en fibrolite de l'Ouest de France : première synthèse des analyses par pXRF.

¹Laboratoire Archéosciences – UMR6566 CReAAH, Université de Rennes1 – Campus de Beaulieu CS 74205 – 35042 Rennes cedex, France.

La plupart de ces haches polies en fibrolite ont été mises au jour sur le pourtour du golfe du Morbihan au sein de grandes sépultures datant de la seconde moitié du Ve millénaire aux côtés d'autres objets précieux de provenances lointaines (haches en jadéite, perles en variscite, ambre, jais...). L'objectif de notre étude est de déterminer par analyse élémentaire, la provenance des haches polies néolithiques en fibrolite du Grand Ouest de la France. La fibrolite est une roche rare composée de sillimanite fibreuse, minéral issu du métamorphisme, de formule chimique $Al_2O(SiO_4)$. Des gisements de fibrolite susceptibles d'avoir été exploités par les préhistoriques sont connus dans le Massif armoricain. Il s'agit des gisements de Plouguin et du Conquet dans le Finistère et d'Arzon dans le Morbihan. Du fait de la grande diversité de couleur et de texture des fibrolites, l'aspect visuel ne permet pas de déterminer la provenance des objets. Par contre, les analyses élémentaires non destructives par spectrométrie de fluorescence X permettent de renouveler l'approche. C'est par la comparaison entre les données issues des analyses sur les objets archéologiques et les résultats acquis sur les échantillons bruts des gisements armoricains que nous abordons la question de la provenance. Dans un premier temps les analyses chimiques ont porté sur un échantillon représentatif des principaux gisements connus en prenant compte des variations intrinsèques de faciès et les différentes zones d'exploitation de chacun d'eux. Ces analyses sont ensuite comparées à celles obtenues sur une série de haches polies issues des sites emblématiques du Morbihan : tumulus Saint Michel (Carnac), Lannec er Gadouer (Erdeven), Er Lannic (Arzon). Notre approche permet de mettre en évidence d'éventuels gisements armoricains non connus, voire des importations depuis d'autres massifs anciens (Massif central, Péninsule ibérique, ...).

Mathieu Des Roches¹, Geneviève Treyvaud¹⁻², Pierre Francus¹, Théophile Nicolas³, Ronan Gaugne⁴, Louis-Frédéric Daigle¹, Marie-Anne Paradis⁵, Jean-Baptiste Barreau⁶, Valérie Gouranton⁴ et Réginald Auger⁵:

Analyse d'image tomographique pour la caractérisation des modes de fabrication et des matériaux appliquée à un vase du campaniforme du site de Kerbors «Men ar Rompet».

¹INRS-ETE, Québec, ²GCNWA, ³Laboratoire CNRS Trajectoires (UMR 8215), Inrap, Rennes, France, ⁴Univ Rennes, Inria, CNRS, IRISA, ⁵Université Laval, Québec, ⁶Univ Rennes, CNRS, CReAAH (UMR 6566), Rennes, France.

L'objectif général du projet Introspect est de développer une méthodologie numérique d'étude intégrée non-destructive du mobilier archéologique afin d'en améliorer le diagnostic, la compréhension, la manipulation, la conservation et la diffusion pour les chercheurs en archéologie. Parmi les nombreux objets d'études, les vases de terre cuite présente un grand intérêt archéologique puisqu'ils sont porteurs d'un ensemble de savoir en lien avec les connaissances des ressources naturelles, les modes de transformation, de fabrication et d'utilisation. La tomographie (ou CT-scan) des vases de Kerbor a permis d'accéder aux structures internes de l'objet

dévoilant ainsi les inclusions (densité et forme), variations d'épaisseurs, pâtes et dégraissants (nature et pourcentage). L'élaboration d'une méthodologie d'analyse visuelle et numérique de l'entièreté des vases a pu être réalisée grâce à une opération de déroulement numérique de la matière. Cette méthode permet de visualiser l'objet, de forme pseudo-cylindrique, en déroulant la matière pour former un plan 2D. Ce nouveau point de vue facilite l'accès et enrichie l'information pertinente aux études archéologiques.

Ronan Gagne¹, Stéphanie Porcier²⁻³, Théophile Nicolas⁴, François Coulon⁵, Odile Hays⁵ et Valérie Gouranton¹ :

Étude introspective d'une momie animale.

¹Univ Rennes, Inria, CNRS, IRISA, Rennes, France, ²Laboratoire CNRS HiSoMA (UMR 5189_MOM) Lyon, France, ³Univ. Paul-Valéry, Labex ARCHIMEDE, Montpellier, France, ⁴Laboratoire CNRS Trajectoires (UMR 8215), Inrap, Rennes, France, ⁵Musée des Beaux-Arts de Rennes, Rennes, France.

Au cours de la dernière décennie, grâce à une meilleure accessibilité des nouvelles technologies d'imagerie médicale, la recherche sur l'étude des momies animales de l'Égypte ancienne a connu des avancées importantes qui permettent de mieux comprendre l'histoire et la culture de cette civilisation. Nous proposons de combiner une technique d'imagerie médicale, la tomodynamométrie, avec les technologies 3D de réalité augmentée et d'impression 3D pour aller plus loin dans l'étude de ce type de momies. Notre travail se concentre sur une momie de chat particulière dans un processus global ayant pour objectif d'accompagner et soutenir simultanément une étude scientifique de l'objet et une préparation à une action de médiation dans un musée. Notre démarche a permis d'acquérir de nouvelles connaissances sur la momie, et de réaliser plusieurs actions de médiation originale dans un Musée, et dans plusieurs événements scientifiques et grand public. Une présentation d'une partie du travail est disponible sur vidéo à l'adresse: <https://vimeo.com/273019916>

Flavien Lécuyer¹, Valérie Gouranton¹, Ronan Gagne¹, Théophile Nicolas², Grégor Marchand³ et Bruno Arnaldi¹ :

De la tomographie à la fouille virtuelle.

¹Univ Rennes, Inria, CNRS, IRISA, Rennes, France, ²Laboratoire CNRS Trajectoires (UMR 8215), Inrap, Rennes, France, ³CNRS, Univ Rennes, UMR CReAAH.

De notre passé, seuls quelques artefacts peuvent témoigner aujourd'hui. Le but de l'archéologie est de sauvegarder et comprendre ce passé en étudiant les artefacts. Toutefois, cette étude peut elle-même être destructive pour ces fragiles témoins du temps. Même réalisée avec toutes les précautions possibles, la fouille modifie irrémédiablement l'artefact et le sort de son contexte. Pour éviter toute perte critique, l'archéologie se tourne désormais vers les technologies de numérisation telles que la tomographie, qui permettent de voir l'intérieur d'un objet avant de le fouiller, et d'analyser les données obtenues pour en extraire des informations précieuses sur le contenu. Malheureusement, ces technologies requièrent généralement l'aide d'un expert, puisque les données acquises sont souvent trop complexes pour être appréhendées avec les outils classiques de visualisation. En effet, ceux-ci manquent d'interactivité et l'objet est représenté sur un écran 2D. Nous proposons d'utiliser la Réalité Virtuelle via une méthodologie pour étudier la donnée 3D, en simulant le processus d'une fouille dans un environnement virtuel. Notre outil permet de préparer la fouille, en acquérant une certaine connaissance sur le contenu interne de l'artefact et de son contexte. Contrairement à une fouille réelle, la version virtuelle est sans risque pour l'artefact et permet de profiter de multiples outils pour faciliter la fouille. Par exemple, l'utilisateur peut placer un plan de coupe, obtenir des informations de volume simplement, faire des annotations, ce qui fait de cet outil une précieuse source d'information pour l'archéologue. Cet outil ouvre donc la voie vers une nouvelle pratique de l'archéologie, plus efficace et plus sûre pour les fragiles représentants de notre passé.

Théophane Nicolas¹, Ronan Gaugne², Émilie Millet⁴, Renaud Bernadet, Cédric Tavernier³ et Valérie Gouranton³ :

Soulever le voile d'un mobilier archéologique complexe ; prélèvements en bloc et nouvelles technologie 3D.

¹Laboratoire CNRS Trajectoires (UMR 8215), Inrap, Rennes, France, ²Univ Rennes, Inria, CNRS, IRISA, Rennes, France, ³Image ET, France, ³Univ Rennes, Inria, CNRS, IRISA, Rennes, France, ⁴INRAP - Institut National de Recherches Archéologiques Préventives, France.

L'usage des technologies d'imagerie médicale se démocratise dans le domaine de l'archéologie car elles permettent un accès non destructif à la structure interne d'artefacts souvent fragiles. Toutefois et la plupart du temps, cette utilisation reste limitée à une simple visualisation et porte généralement sur des pièces exceptionnelles (momies, artefacts de grande valeur). Les données obtenues par ces technologies d'imagerie (tomodensitométrie...) sont constituées d'informations retranscrites de manière visuelle, mais dont la richesse intrinsèque peut être exploitée de manière plus large grâce à des technologies issues des dernières recherches en 3D, telles que la fabrication additive. Cette dernière est de plus en plus usitée dans le processus du patrimoine culturel, par exemple pour reproduire, compléter, étudier ou exposer des artefacts. Dans la plupart des cas, la copie 3D reste limitée à la surface extérieure des objets. Dans des travaux ultérieurs, nous avons montré l'intérêt de combiner l'impression 3D et la tomodensitométrie pour extraire des artefacts dissimulés à l'intérieur de matériel archéologique plus volumineux. La méthode était basée sur des techniques de segmentation 3D au sein de données volumiques obtenues par tomodensitométrie pour isoler les objets imbriqués. Cette approche est utile pour effectuer une extraction numérique, mais dans certains cas, il est également intéressant d'observer l'organisation spatiale interne d'un objet complexe afin de comprendre son processus de fabrication, ou sa composition. Nous proposons ici une méthode basée sur ces technologies pour accompagner un processus d'étude et de restauration de matériel archéologique issu de prélèvements en blocs dans une tombe aristocratique gauloise exceptionnelle, mise au jour en contexte d'archéologie préventive, à Warcq, dans le département des Ardennes en France. Les technologies mises en œuvre sont basées sur une combinaison de tomodensitométrie et de techniques d'impression 3D émergentes mêlant couleurs et parties transparentes.

Geneviève Treyvaud¹⁻², Théophane Nicolas³, Ronan Gaugne⁴, Mathieu des Roches¹, Louis-Frédéric Daigle¹, Marie-Anne Paradis⁵, Jean-Baptiste Barreau⁶, Pierre Francus¹, Réginald Auger⁵ et Valérie Gouranton⁴ :

Récits de voyage des wampums W8banaki et Huron-Wendat. Tomodensitométrie et méthodes numériques 3D pour le patrimoine culturel des Premières Nations.

¹INRS-EET, Québec, ²GCNWA, ³Laboratoire CNRS Trajectoires (UMR 8215), Inrap, Rennes, France, ⁴Univ Rennes, Inria, CNRS, IRISA, ⁵Université Laval, Québec, ⁶Univ Rennes, CNRS, CReAAH (UMR 6566), Rennes, France.

Des techniques innovantes d'acquisition et de caractérisation 3D ont été utilisées pour numériser, modéliser, et étudier virtuellement deux wampums offerts par les Premières Nations huronne-wendat et W8banaki au chapitre de la cathédrale de Chartres à la fin du XVIIIe siècle. Des chercheurs de plusieurs domaines et des représentants de ces Premières Nations se sont associés pour retrouver les secrets de la fabrication de ces objets exceptionnels utilisés pour sceller des traités diplomatiques par les Premières Nations d'Amérique du Nord. Nous proposons de présenter les premiers résultats issus de cette étude numérique qui a combiné différentes technologies telles que la tomodensitométrie, la photogrammétrie ou la lasergrammétrie, et qui a permis de produire des restitutions inédites des deux wampums. Ce travail est réalisé dans le cadre d'un projet pluridisciplinaire dont l'objectif est d'accéder à l'intérieur des objets archéologiques, sans les détruire, pour aider à en déterminer la nature, la fabrication, l'usage et la provenance, grâce à une combinaison d'imagerie médicale et de technologies 3D telles que la réalité virtuelle, la réalité augmentée et l'impression 3D. Ce projet associe des scientifiques en archéologie,

informatique et sciences de la Terre. Une vidéo des opérations de numérisation est disponible ici : <https://www.youtube.com/watch?v=GZtMSLCKE08&feature=youtu.be>

Marie-Anne Paradis¹, Théophile Nicolas², Ronan Gaugne³, Jean-Baptiste Barreau⁴, Réginald Auger¹ et Valérie Gouranton⁵ :

Réalité Virtuelle : Révéler et contextualiser la culture matérielle.

¹Université Laval, Québec, Canada, ²Inrap, UMR Trajectoires, France, ³Univ Rennes, Inria, CNRS, IRISA, France, ⁴Univ Rennes, CNRS, CReAAH, France, ⁵Univ Rennes, INSA Rennes, Inria, CNRS, IRISA, France.

La Réalité Virtuelle nous révèle d'année en année son immense potentiel pour le patrimoine archéologique, la recherche phénoménologique et la médiation grand public. Nous proposons d'ajouter un nouvel angle à explorer au croisement entre l'informatique et l'archéométrie : la contextualisation d'un artefact, de la nature intrinsèque de celui-ci, à son contexte de découverte, de celui de fabrication, ou d'usage. La Réalité Virtuelle offre la possibilité de dépasser les limites physiques du monde réel (visuelles et spatio-temporelles) en plus de regrouper tous les formes d'information au même endroit afin de redécouvrir plus en profondeur la culture matérielle. On dépasse la simple reconstruction mentale de l'archéologue en proposant une simulation visuelle efficace, extérieure à ses schémas mentaux complexes à partager. Cette méthode permet une nouvelle forme de présentation les informations 2D et 3D sur les artefacts et d'ouvrir l'interprétation aux autres experts, mais également au public. Le cas d'étude présenté est celui de statuettes égyptiennes (oudjas) retrouvées au site du Palais de l'Intendant à Québec lors des fouilles archéologiques de 2009. Nous avons donc réalisé une démonstration 4D multi-échelles scénarisée en lien avec les statuettes et leur contexte. La première échelle révèle l'intérieur d'une de ces statuettes, dévoilée grâce à la technique de tomodensitométrie. La deuxième consiste à visualiser à quel endroit elles ont été retrouvées, c'est à dire l'aire de fouille de l'escalier monumentale du deuxième palais. Puis, afin de mieux comprendre leur contexte d'usage, nous pouvons voir une reconstitution de l'escalier monumentale à l'époque de déposition des statuettes. Ce retour dans le temps vient nous confronter à la réelle utilisation de ces artefacts, mais également au contexte historique du site de l'Îlot des palais au début du XVIIIe siècle. Enfin, la dernière démonstration est celle de l'état actuel du palais de l'Intendant et de la ville de Québec.

SESSION POSTERS A

JEUDI 9 MAI / THURSDAY MAY 9, 15H20 - 16H50

(les affiches seront installées à partir de 10H / posters will be installed starting at 10 am)

Sessions	Cafétéria sud (B-2242)
<p>Lieux d'Interactions Passées : la bioarchéologie combinée aux analyses multi- isotopiques et/ou paléo-génétiques</p>	<p>#1 <i>Caroline Gauthier</i>¹, <i>Éric Douville</i>¹, <i>Antoine Zazzo</i>², <i>Michel Mouton</i>³ et <i>François René</i>⁴ : Utilisation des pâtures à Petra (Jordanie) au cours de la période antique (IV^e siècle av. J.-C. - V^e siècle ap. J.-C.) - Apport de la géochimie des isotopes strontium dans l'émail dentaire de caprinés.</p> <p>¹LSCE, UMR8212 CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, 91198 Gif-sur-Yvette, ²AASPE, UMR 7209 CNRS-MNHN, 75005 Paris, ³IFPO, UMR 8167, 94204 Ivry-sur-Seine, ⁴INRAP, 93120 La Courneuve.</p> <p>Alors que la période Nabatéenne du site de Petra (Jordanie) est bien documentée, les phases antérieures d'occupation restent aujourd'hui peu décrites. Par ailleurs, les pratiques pastorales des sociétés occupant le site entre le 4^e siècle avant et le 5^e après JC commencent à être étudiées au travers des méthodes géochimiques. Cette étude a pour objectif de préciser la mobilité des troupeaux de caprinés à Pétra grâce à l'étude des isotopes du strontium. L'étude des variations du rapport isotopique du strontium (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr) dans le squelette et l'émail dentaire fossile est une méthode bien établie pour reconstituer les déplacements des populations et des troupeaux. Pour mener à bien cette étude et retracer les déplacements des troupeaux dans le passé, nous avons mis en place un référentiel local à partir de plantes et d'animaux actuels. Les dents archéologiques, datées par ¹⁴C, ont été sélectionnées pour couvrir les phases Hellénistique, Romaine et Nabatéenne, et sont issues des fouilles de la mission archéologique du Qasr al-Bint. Entre 2 et 4 prélèvements ont été effectués le long de l'axe de croissance pour chacune des dents pour la mesure du rapport ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr, et réalisés en fonction de la saisonnalité donnée par les isotopes de l'oxygène. La comparaison des compositions isotopiques en Sr du référentiel local actuel et des dents archéologiques ne permet pas de mettre en évidence une d'évolution diachronique dans la gestion des aires de pâture au cours des 9 siècles étudiés. Toutefois, quelques individus montrent des valeurs qui sortent de la variabilité locale, attestant soit de parcours de nomadisation effectués sur de plus grandes distances soit de pratiques d'échanges avec d'autres sociétés.</p> <p>#2 <i>Eléa Gutierrez</i>¹, <i>Isabelle Ribot</i>¹ et <i>Jean-François Hélie</i>² : Exploring weaning in Montreal between the 17th and 19th centuries via nitrogen analysis of dentine.</p> <p>¹Université de Montréal, ²UQAM.</p> <p>Weaning occurs when the contribution of breast milk decreases relatively to the child's total diet compared to an increase in other foods. Here, we explore the similarities and differences in weaning practices between two Montreal populations which lived in slightly different habitats, urban vs rural: Notre-Dame (1691 – 1796) and Pointe-aux-Trembles (1709 – 1843). By analysing the paleochemical composition of dental tissue, which does not remodel during life, we can explore the weaning process in both adults (permanent first molars n=27) and infants (deciduous first molars n=19) on an individual level. The micro-sampling of dentine and the isotopic analysis of nitrogen allows us to observe the trophic enrichment between an infant and its mother. The population of Pointe-aux-Trembles weaned their children earlier (< 1 year old) than in Notre-Dame (between 18 and 24 months), or even did not breastfeed them at all. The presence of wet nurses, attested by historical data, where</p>

a woman breastfeeds another individual's child, could explain these results. We also detected no differences in the weaning age between sexes, but boys seemed to have consumed more protein than girls in the post-weaning phase. Early weaning (before twelve months), or a complete absence of breastfeeding was observed in some individuals (N=19), and it could also reflect variation in weaning practices amongst individuals and/or communities (First Nations vs Colonists). In conclusion, the weaning process in Montreal during the colonial period is poorly understood geochemically. Hence, the above research allowed us to explore the subject and propose hypotheses.

#3 Malwine-Octavia Klagba¹, Rebecca Rainville¹, Michelle Drapeau¹ et Isabelle Ribot¹ : Investigating how variation in estimates of bone length affects cross-sectional properties.

¹Université de Montréal.

When analysing the cross-sectional properties of fragmentary bones, researchers have to estimate complete bone length in order to determine where to take their measurements. Depending on preservation, previous studies have demonstrated relatively large variations in estimates of maximum long bone length, which could be significant for biomechanical analyses since cross sections are recorded at specific locations. This project aims to determine whether this variation in femoral length estimates is significant when measuring cross-sectional properties at midshaft. Firstly, we estimated maximum femoral length using the Steele method for a sample of complete femora (n=40) from 18th and 19th century archaeological collections from Quebec. Our estimates of femoral length differed from actual lengths by up to 6 cm. Since this variation in estimates will shift the location of the recorded cross sections, we investigated whether a margin of ± 3 cm on either side of a section will result in significantly different cross-sectional properties. Secondly, we used already scanned complete femurs from populations of Central Africa (n=10) dated to the same period as our Quebec sample. Cross sections were taken with a medical scanner and sections at the midshaft of the bone were selected for analysis, as well as slices at 1, 2, and 3 cm proximally and distally to the midshaft. Data was processed using the program NIH image and the plugin BoneJ to calculate cross-sectional properties. Our results suggest that variations of up to 3 cm on either side of the midshaft are not significant for cortical area (CA), maximum second moment of area (I_{max}), and polar moment of area (J). However, minimum second moment of area (I_{min}) showed a small variation at 1 cm proximal to the midshaft. In conclusion, a margin of error of up to 6 cm in femoral length estimates is acceptable when measuring cross-sectional properties.

#4 Mélie Le Roy¹ et Gwenaëlle Goude² : Who was buried there? Multi-disciplinary approach on Early Bronze Age people in South of France.

¹Aix Marseille Univ, CNRS, Minist Culture, LAMPEA, LabexMed, ²Aix Marseille Univ, CNRS, Minist Culture, LAMPEA, Aix-en-Provence, France.

Recent publications suggest that a multi-disciplinary approach is the more relevant way to inform on past society behaviors, considering, for example, stable isotopes (C, N, S, Sr), aDNA, biological records (age-at-death, sex, stature), environmental, economic (plants, animals) and societal data (funerary practices). Until now in Southern France, French studies mostly focused on early farmers' communities. In this state of research, the burial pitfall of Janna (Saint-Privat-de-Champclos, France), dated from the early Bronze Age (1877-1566 cal BC), gives the rare opportunity to document population biology and economic organisation in a successive chronological context, for whom only scarce data is known. Based on recent findings, it

	<p>appears that funerary practices are quite homogeneous in this area during a rather long time, while no data is available yet on origin and behaviors for these communities. The burial site of Janna considers nine individuals (two females, one male and three juveniles). No selection depending on health status, age-at-death or sex seems to have taken part in the funerary process. Bone collagen stable isotope analysis (carbon, nitrogen, sulphur) are performed to infer diet and mobility, in addition to the biological records of the individuals. A Geographic Information System is also used to undertake archaeothanatological analysis and to reconstruct the original funerary deposit. Although the MNI was calculated on skull, humerus was preferentially sampled for biochemical analysis in order to allow comparison with previous studies on late Neolithic individuals, buried in similar collective context in the same geographical area. The variability of biochemical data obtained indicates potential different subsistence patterns according to individuals and allow a diachronic insight of the same region of interest. This study is the first step of a wider project where other funerary contexts, as megalithic structures, will be taken into consideration to document diet, origin, mobility and social organisation through funerary and biological scope.</p>
<p>« Les demoiselles de Rochefort » : archéosciences et sciences de la conservation</p>	<p>#5 <i>Estelle Ottenwelter</i>¹⁻², Šárka Krupičková³, Ludmila Barčáková¹, Lumír Poláček⁴, Luc Robbiola² et Jan Frolík¹ : Technical study of Early Medieval gombiky (spherical hollow buttons) from Mikulčice, Great Moravia and Lumbe’s Garden cemetery, Prague Castle.</p> <p>¹Institute of Archaeology CAS, Prague, v.v.i., Letenska 4, 118 01 Praha 1, Czech Republic, ²CNRS-UMR 5608-TRACES, Maison de la recherche, Université de Toulouse le Mirail, Toulouse, France, ³Institute of Archaeology CAS, Brno, v. v. i., Čechyňská 363/19, 602 00 Brno, Czech Republic, Czech Republic, ⁴Institute of Archaeology CAS, Brno, v. v. i., Čechyňská 363/19, 602 00 Brno, Czech Republic, Czech Republic.</p> <p>Mikulčice and Prague Castle are two major political, ecclesiastical and economical centres in the Early Medieval Period located on the territory of present day Czech Republic. Mikulčice was probably the seat of the Moravian ruler and the capital of Great Moravia, the first Slavic pre-state while Prague Castle became the main seat of the Bohemian rulers at the turn of the tenth century after the fall of the Moravian Empire. A high concentration of prestigious grave goods belonging to the Moravian and Bohemian ruling elite was discovered in both localities. Among them, are gombiky (spherical hollow buttons), used as prestigious clothing fasteners or pendants, as well as luxurious amulet usually found in pairs. This type of jewels appears in Moravia in the ninth century and became a symbol of the ruling elite in Bohemia too. At the fall of the Moravian Empire, we find new types of gombiky in Bohemia which could suggest a local production. In order to trace production of specific workshops, a technological study was performed to characterize metal composition, construction, and manufacturing processes of these type of jewels. Thirty specimens from Mikulčice and twenty specimens from Prague Castle were investigated by observation under optical stereomicroscope (Olympus SZ60), X-ray radiography, scanning electron microscopy (SEM), supplemented by electron microanalysis (EDS). Replicas of each main type of gombiky were manufactured by a professional goldsmith. Results have evidenced the use of almost pure gold, silver alloys, gilded copper, different type of soldering techniques, gilding by fire-gilding, specific tool marks and high skills in chasing, filigree and granulation work. They also evidenced similarities and differences in technology which points to different influences and transfer of knowledge. The importance of past restoration treatment on the objects and their impact on surface analysis will also be also stressed upon.</p>

#6 Despoina Kavousanaki¹ : Canada's national historic buildings and their contribution to architectural paints research.

¹Conservation Science/Preventive Conservation Laboratory, Parks Canada, 1800 Walkley Rd, Ottawa, Ontario, K1H 8K3, Canada.

Canada's historic buildings are a great source of paint samples that bear information on the materials and use of the building that are derived from. A complete analysis of the paint layers on surfaces within a structure can tell a great deal about the sequence of alterations that have occurred within a building as well as potentially providing ranges of dates for some of these changes. By establishing a full sequence of paint layers, specific features can be associated with specific paint layers, helping recreate a decorative scheme of a particular period. The following results are derived through the exposure of the complete stratigraphy of resin-set samples and its study with various analytical techniques. It is by studying the different paint layers that the individual decoration schemes are revealed, therefore discovering the architectural development of the building. The Conservation Science/Preventive Conservation laboratory at Parks Canada studies the microstructure and composition of the paints with means of microscopic techniques, spectroscopic techniques (FTIR-ATR, Raman spectroscopy), X-ray analysis (SEM/EDX) and chromatographic techniques (py-GC/MS). The demanding analysis of the complete stratigraphy of paints requires the knowledge of the analytical potentials of the techniques offered as well as the alterations of the paint's components due to ageing. The interpretation of the analytical results leads to a better understanding of the building's early decorative schemes, providing thus a concrete conclusion regarding the materials and also the dates that a particular paint layer was applied. In this way, conclusions on paints' materials, state of preservation or suitability of a technique could be reached.

#7 Francois Lévêque¹, Céline Rémazeilles², Corine Sanchez³, Marie-Pierre Jézégou⁴, Laure Meunier⁵ et Jonathan Letuppe⁶ : Relation bois/fer : identification et stabilité des produits de corrosion du fer dans les épaves.

¹LIENSs UMR7266 CNRS-Université de La Rochelle, France, ²LaSIE UMR7356 CNRS-Université de La Rochelle, France, ³ASM, UMR-5140 CNRS - Université. Paul Valéry - Montpellier, Lattes, France, ⁴DRASM, Marseille, France, ⁵Arc-Nucléart, Grenoble, France, ⁶EVEHA, Clermont-Ferrand, France.

À l'occasion de la fouille d'une épave, au lieu-dit de Mandirac, dans le cadre du programme de recherche sur les ports antiques de Narbonne (France), une cartographie magnétique à résolution spatiale pluricentimétrique a révélé une imprégnation différentielle du bois par des produits magnétiques. Les cœurs d'enrichissement sont localisés autour des clous fantômes d'assemblage. L'analyse magnétique a permis de révéler la présence de Greigite, un sulfure de fer magnétique (Fe_3S_4), de maille cristalline analogue à celle de la magnétite (Fe_3O_4), l'oxyde de fer naturel le plus magnétique. Les variations de teneur estimées varient de 0.3 à 6500 ppm. Les méthodes d'analyse conventionnelles ont permis d'identifier deux autres sulfures : la Mackinawite (FeS) et la Pyrite (FeS_2). La Greigite est classiquement identifiée comme étant la phase de transition intermédiaire entre ces deux dernières phases dans le processus de corrosion du fer métal en présence de sulfures et en absence d'oxygène. Cette épave provient d'un marais côtier influencé par la mer. Des échantillons provenant de deux épaves antiques de milieux fluviaux (Lyon-Saint Georges – LSG4, Rhone et Sainte-Courbiac, Charente) ont été analysés. Les échantillons de l'épave LSG4 correspondent à des morceaux extraits par aimant dans des débris de l'épave, donc riches en phase magnétique, traités ou non au PEG. Les échantillons de l'épave de Courbiac proviennent d'une membrure associée à des

clous dont le métal est resté intègre. La Greigite est systématiquement identifiée magnétiquement. La concentration, seulement quantifiable pour l'épave de Courbiac, est au moins un ordre de grandeur inférieur à celle de Mandirac. Par contre, de la magnétite est détectée, en teneur moindre et très variable à la fois pour LSG4 et Courbiac. L'analyse de nouvelles épaves devra permettre de déterminer l'origine de la présence de Magnétite et si ce mode d'investigation peut apporter des outils de diagnostic dans une démarche de conservation.

#8 Julie Gordon¹⁻², Anne Genachte-Le Bail³, Sigrid Mirabaud³, Marie-Anne Loeper-Attia³, Rémi Catillon⁴, Anne-Laure Carre⁴, Mandana Saheb⁵, Céline Paris¹, Ludovic Bellot-Gurlet¹ et Solenn Reguer² : Étude multidisciplinaire des objets métalliques peints pour la compréhension de leurs mécanismes de dégradation.

¹Sorbonne Université, CNRS, MONARIS (UMR 8233), 4 Place Jussieu, 75005 Paris, France, ²Synchrotron SOLEIL, Ligne DiffAbs, BP 48, 91192 Gif Sur Yvette, France, ³Laboratoire de recherche de l'Institut National du Patrimoine (INP), 124 rue Henri Barbusse, 93300 Aubervilliers, France, ⁴Musée des Arts et Métiers (CNAM), 292 Rue Saint-Martin, 75003 Paris, France, ⁵Université Paris-Est Créteil, CNRS, LISA (UMR7583), 61 avenue du Général de Gaulle, 94010 Créteil, France.

FRANÇAIS : Les objets patrimoniaux métalliques peints représentent un défi pour la science de la conservation en raison de leur nature composite. Les couches de peinture peuvent subir des dégradations physico-chimiques ou mécaniques telles que la décoloration, la fissuration, l'écaillage tandis que le support métallique peut se corroder. Les objets métalliques peints nécessitent un traitement de conservation adapté qui doit permettre d'une part, de consolider les couches de peinture et d'autre part, d'inhiber la corrosion. L'élaboration d'un tel traitement nécessite l'expertise et la coopération de physico-chimistes, conservateurs et restaurateurs. Initié en 2015, le projet CoPaiM réunit une équipe pluridisciplinaire autour de cette problématique de la conservation des métaux peints. Au cours de la communication seront présentés les caractérisations analytiques détaillées réalisées sur une sélection d'objets provenant des collections du Musée des Arts et Métiers (CNAM, Paris, France). Ces caractérisations du système altéré peinture-métal constituent la première étape pour décrire les éléments à traiter pour la conservation et pour documenter les mécanismes d'altération de ces objets composites. Une étude diagnostique macroscopique de l'état global de conservation des objets a tout d'abord été réalisée par des restaurateurs. Des micro-échantillons ont ensuite été prélevés afin de caractériser en détail les couches picturales et les produits de corrosion à l'aide d'analyses multi-échelles et multi-techniques (microscopie optique et électronique, diffusion des rayons X, spectroscopie Raman et chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse). Ces données morphologiques, élémentaires et structurales permettent une description complète de la nature des matériaux mis en œuvre sur les objets et leurs altérations. Au-delà, ces résultats alimentent une documentation généralement réduite de l'histoire des techniques en révélant la formulation des peintures utilisées sur des objets industriels au cours des 19e et 20e siècles. ENGLISH: Heritage objects with painted metal surfaces present a challenge for conservation science due to their composite nature. The paint layers can undergo changes such as fading, peeling or cracking, and the metal support can become degraded by corrosion. The paint-metal system requires a complex treatment that will consolidate the paint layers as well as inhibit corrosion. Developing such a treatment requires the expertise and cooperation of physico-chemists, restorers, curators and historians. Initiated in 2015, the CoPaiM project has brought together a multidisciplinary team to advance the research surrounding the conservation of painted metals. The project began with a selection of painted iron

	<p>objects from the collection of the <i>Musée des Arts et Métiers</i> (CNAM, Paris, France) and a diagnostic study of their states of alteration by restorers. Following this, micro-samples of paint and corrosion products were taken from the objects and underwent a multi-scale analysis using optical and electron microscopy, X-ray techniques, Raman spectroscopy and gas chromatography coupled to mass spectrometry. Morphological, elementary and structural data led to a complete chemical characterization of the degraded paint-metal system. These characterizations are the first step in attempting to document the alteration mechanisms of the paint-metal system. Furthermore, they provide information on the formulation of paints used on industrial objects during the 19th and 20th centuries, a poorly documented subject.</p>
<p>Regards sur les Amériques : 13 000 ans de migrations, d'interactions et d'échanges</p>	<p>#9 <i>Dante Pareja Anyosa</i>¹, <i>Nino Del-Solar-Velarde</i>², <i>Rémy Chapoulie</i>¹ et <i>Luis Jaime Castillo</i>³ : La céramique utilitaire ou domestique du peuple Mochica (côte nord du Pérou, 700-850 apr. J.-C.) : étude physico-chimique et comparative.</p> <p>¹IRAMAT-CRP2A UMR 5060, Université Bordeaux Montaigne, Pessac, France, ²Ministerio de Cultura del Perú, Cusco, PEROU, ³Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, PEROU.</p> <p>Le site archéologique de San José de Moro est localisé au nord du Pérou, dans le département de La Libertad. Ce site fut occupé entre la période Mochica Moyenne (500-700 apr. J.-C et la période Transitionnelle (850-950/1000 apr. J.-C.) par le peuple Mochica (Castillo, 2003, 2010). Ce site a constitué un espace géographique et culturel de communication et d'échange entre les sociétés côtières et celles des hautes terres du Pérou précolombien. Jusqu'à présent la plupart des études physico-chimiques des céramiques archéologiques de ce site ont pris en compte un type de matériel particulier : les artefacts fins considérés comme des objets prestigieux ou des marqueurs sociaux pendant la période du Mochica Tardif (700-850 apr. J.-C.) (Del-Solar-Velarde, 2015). A San Jose de Moro, les céramiques domestiques, objets de la vie quotidienne, n'ont pas été étudiées du point de vue archéométrique. C'est l'objectif de ce travail de recherche qui porte sur l'étude des matériaux des céramiques utilitaires ou domestiques et sur une comparaison avec les céramiques dites de prestige. Nous avons ainsi réalisé une caractérisation multiproxy de la céramique utilitaire ou domestique, à travers l'étude des pâtes (16 échantillons), en utilisant des méthodes d'analyses complémentaires : MEB-EDS, cathodoluminescence, DRX et pétrographie. Ensuite, nous avons comparé nos résultats avec ceux obtenus par Del-Solar-Velarde (2015), en tenant compte des différentes fonctions pour ces deux types de céramiques. Cela nous permettra de montrer si les artisans mochicas utilisaient les mêmes matières premières pour réaliser les deux types de céramiques. Cela impliquera l'existence ou non d'un contrôle de la part des élites mochicas quant à l'accès aux matières premières</p>
<p>Ô temps suspend ton vol : chronologies et datations</p>	<p>#10 <i>Jean-Pascal Dumoulin</i>¹, <i>G. Maurant</i>², <i>I. Caffy</i>¹, <i>E. Delqué-Količ</i>¹, <i>C. Moreau</i>¹, <i>L. Beck</i>¹ et <i>M. Lebon</i>² : Développement d'une méthode d'extraction et de datation des oxalates au LMC14. Premiers résultats sur les sites ornés de Namibie.</p> <p>¹Laboratoire de Mesure du Carbone 14 (LMC14), LSCE/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, F-91191 Gif-sur-Yvette, France, ²UMR 7194 - Histoire Naturelle de l'Homme Préhistorique. Département Homme et environnement, du Muséum national d'Histoire naturelle, CNRS, UPVD, SU. Musée de l'Homme, 17 Place du Trocadéro. 75116 Paris –France</p> <p>La datation de peintures rupestres est un challenge difficile dans la mesure où les quantités de carbone issues des couches picturales est infime ou parfois inexistant. La datation 14C de dépôts d'oxalates de calcium recouvrant les peintures rupestres</p>

peut alors fournir une limite haute, un terminus ante quem pour l'âge des représentations. Nous avons testé une technique d'extraction chimique des oxalates à partir de la croûte minérale prélevée sur des parois ornées de Namibie (Massif de l'Erongo). Nous avons ainsi pu séparer la partie oxalate de la partie résidus organiques des parois et réaliser les datations sur les différentes fractions. Nous avons mesuré les teneurs en carbone de chaque fraction sur un analyseur élémentaire. Nous avons également pu suivre en FTIR les différentes phases de prétraitement allant des échantillons bruts jusqu'aux oxalates purs ainsi que leurs résidus organiques. Cette étude technique préliminaire nous a permis de définir un protocole solide et fiable pour l'extraction des oxalates. Différents modes de collecte des oxalates ont été testés afin d'optimiser les rendements et de recueillir les quantités de carbone nécessaires pour effectuer des datations correctes. Nous exposerons les différents développements techniques de notre étude et le protocole choisi pour dater les oxalates recouvrant des peintures rupestres. Nous présenterons les résultats de l'analyse élémentaire, les spectres FTIR et les datations sur la partie oxalate et sur la fraction de résidus organiques.

#11 Gwenaël Hervé¹⁻²⁻³, Marylise Marmara⁴, Annick Chauvin⁵, Christophe Vaschalde⁶, Benoît Brossier⁶ et Elodie Martin-Kobierzyki⁷ : Datation de structures de combustion à Saint-Maximin-la-Sainte-Baume : intercomparaison de l'archéomagnétisme, du radiocarbone, de la dendrochronologie et de la chronotypologie céramique.

¹UMR5060 IRAMAT-CRP2A, Université Bordeaux Montaigne, Pessac, France. ²Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRA, Coll France, CEREGE, Aix-en-Provence, France. ³UMR6118, Géosciences Rennes, Rennes, France. ⁴Mosaïques Archéologie, Cournonterral, France. ⁵Université Rennes 1, UMR6118 Géosciences Rennes, Rennes, France. ⁶Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier, UMR5554, Montpellier, France. ⁷Société ConcepTruelle, archéologie et médiation scientifique, directrice. Chercheuse associée, Aix Marseille Université, CNRS, Centre Camille Jullian, Aix-en-Provence, France.

La fouille préventive du site de Clos de Roques/Route de Barjols à Saint-Maximin-la-Sainte-Baume en 2016 a mis au jour des niveaux néolithiques et protohistoriques. Les vestiges principaux de l'occupation protohistorique sont dix structures de combustion fossoyées à pierres chauffantes. Huit d'entre elles, avec des dimensions d'environ 2,50 m de longueur sur 80 cm de largeur, sont organisées en deux alignements parallèles, alors que les deux autres, plus petites, sont isolées. Le comblement des structures est constitué de charbons de bois et de pierres brûlées. Le mobilier céramique de six structures est caractéristique du VII^e siècle et de la première moitié du VI^e siècle av. J.-C. Celui des quatre autres structures renvoie à l'âge du Fer sans plus de précision. Afin de compléter ces éléments de datation, trois méthodes chronométriques ont été mises en œuvre : le radiocarbone sur trois charbons de bois, la dendrochronologie sur des bûches carbonisées et l'archéomagnétisme sur les huit structures de combustion les mieux conservées. Cette présentation se focalise sur cette dernière méthode. La direction d'aimantation a été déterminée après désaimantation thermique et par champ alternatif. La distribution des huit directions moyennes illustre la forte diminution de la déclinaison à l'âge du Fer en Europe occidentale. Les datations, réalisées avec les courbes de variation séculaire locales s'échelonnent entre le début du VII^e siècle et le second âge du Fer. Pour quatre structures, elles concordent avec les datations céramiques aux VII^e et VI^e siècles. Dans les quatre autres cas, l'archéomagnétisme, corroboré par une des dates radiocarbone, donne une date plus tardive aux IV^e et III^e siècles, suggérant la présence de mobilier plus ancien dans le comblement des structures. L'occupation

plus longue du site soulève de nouvelles hypothèses sur la fonction et sur l'organisation spatiale de ces structures de combustion à pierres chauffantes.

#12 Gwenaël Hervé¹⁻²⁻³, Mireille Perrin², Luis Alva-Valdivia³, Brina Madingou Tchibinda⁴, Alejandro Rodriguez Trejo³, Arnaldo Hernandez Cardona³, Mario Cordova Tello⁵ et Carolina Meza Rodriguez⁵ : Peut-on utiliser l'intensité du champ magnétique terrestre à des fins de datation archéomagnétique en Amérique centrale ? Acquisition de nouvelles données à Chalcatzingo et analyse critique de la base de données de référence.

¹UMR5060 IRAMAT-CRP2A, Université Bordeaux Montaigne, Pessac, France. ²Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRA, Coll France, CEREGE, Aix-en-Provence, France. ³UMR6118, Géosciences Rennes, Rennes, France. ³Universidad Autonoma de Mexico, Mexico City, Mexico. ⁴UMR7330 CEREGE, Aix-en-Provence, France. ⁵Instituto Nacional de Antropologia e Historia, Centro Morelos, Mexico.

Grâce à son riche patrimoine archéologique, la Mésoamérique est une région très propice au développement de la datation archéomagnétique. Les améliorations de la base de données de référence ont récemment permis la construction de courbes de variation séculaire de l'intensité du champ géomagnétique. Mais elles souffrent encore de lacunes particulièrement au Préclassique (entre 1500 et 500 av. J.-C.) et à l'Épiclassique (entre 650 et 900 ap. J.-C.). Dans cette communication, nous présentons 36 nouvelles intensités de référence sur des poteries préclassiques et épiclassiques du site de Chalcatzingo (Etat de Morelos). Les intensités ont été acquises par le protocole de Thellier-Thellier avec corrections d'anisotropie et de vitesse de refroidissement sur au moins trois spécimens par poterie. La majorité des nouvelles données ne concorde pas avec les courbes existantes qui prédisent de plus fortes valeurs de l'intensité. Afin de comprendre les raisons de cette contradiction, nous avons compilé les 193 intensités de référence datées des quatre derniers millénaires disponibles en Amérique centrale. Une analyse critique fondée sur la cohérence interne et le protocole d'acquisition de chaque donnée met en évidence une forte influence de la qualité des intensités sur les courbes. Les données avec un faible nombre de spécimens par donnée et l'absence d'une correction fiable des effets de l'anisotropie augmentent la dispersion, alors que l'absence de la correction de vitesse de refroidissement aboutit à une surestimation de l'intensité. Au final, seulement 25% des données peuvent être considérées de qualité suffisante pour être prises en compte dans la construction d'une courbe de variation séculaire fiable. En attendant l'acquisition de nouvelles données, la datation archéomagnétique à partir de l'intensité semble prématurée en Mésoamérique.

#13 Anaïs Lachambre¹⁻², Philippe Barral¹, Philippe Lanos³ et Sylvie Barrier²⁻⁴ : Une nouvelle approche de la chronologie de l'oppidum de Bibracte (Bourgogne, France) : premiers résultats.

¹Université de Bourgogne-Franche-Comté, UMR 6249 – Laboratoire Chrono-environnement, ²EPCC Bibracte, ³IRAMAT-CRP2A, UMR 5060, Université Bordeaux Montaigne et Géosciences-Rennes, UMR 6118, Université Rennes 1, ⁴IASA, Université de Lausanne.

Bibracte, situé sur le Mont Beuvray (Bourgogne, France) est l'un des sites les plus importants pour l'étude de la protohistoire européenne. Les recherches effectuées depuis 1984, date de la reprise des fouilles sur l'oppidum, ont conduit à une augmentation significative des données chronologiques relatives à la période d'occupation principale du site. Elles renouvellent nos connaissances sur les étapes d'émergence, de développement et d'abandon de la ville gauloise. Néanmoins, une difficulté majeure réside dans la diversité des données et leur caractère non continu

	<p>: des catégories d'artefacts avec leur propre typochronologie et leurs propres références temporelles (monnaies, céramiques, ornements, matériaux et techniques architecturales, etc.) ; des données chrono-stratigraphiques (observations de terrain) ou encore des données archéométriques (dendrochronologie, archéomagnétisme, radiocarbone). L'affinement du cadre chronologique de l'<i>oppidum</i> de Bibracte nécessite donc de combiner ces différentes sources d'information entre elles et d'en effectuer la synthèse. Cela passe par l'établissement d'un protocole d'analyse adapté, fondé sur la mise en œuvre de méthodes statistiques multivariées (analyse factorielle des correspondances, classification ascendante hiérarchique, etc.) et de modèles chronologiques fondés sur la mise en œuvre de la statistique bayésienne au travers du logiciel « ChronoModel ». Les résultats des premiers traitements montrent le potentiel de cette nouvelle approche pour les études chronologiques en archéologie.</p> <p>#14 <i>Ségolène Vandeveldé</i>¹, <i>Adelphine Bonneau</i>², <i>Jacques É. Brochier</i>³, <i>Christophe Petit</i>¹ et <i>Ludovic Slimak</i>⁴ : Fuliginochronology: a new way of studying fire events chronicles in archaeological sites. Example of the Grotte Mandrin during glacial period.</p> <p>¹University Paris 1 – Panthéon-Sorbonne; UMR7041 – ArScAn, Environmental archaeologies research team, 2RLAHA, School of Archaeology, University of Oxford, ³CNRS, UMR7269 – LAMPEA, ⁴CNRS, UMR5608 – TRACES.</p> <p>In this poster, we will introduce a pioneer method for studying fire traces left by human groups in an archaeological site. This method is called <i>Fuliginochronology</i>, from Latin <i>fuliginosus</i>, <i>fuligo</i>: soot, fuliginous, and from Greek <i>khronologia</i>: chronology. It consists of studying the succession of soot deposits trapped in a matrix. Here we will only develop the cases of soot trapped in carbonate deposits and more specifically in speleothems. In the particular case of an archaeological site like a rock shelter or a cave, these fuliginous calcite deposits (i.e. stalagmite, parietal crust, flowstones) are a record of past human occupations, which can be enumerated (Vandeveldé et al. 2017; 2018; Vandeveldé et Dupuis 2017). Rhythms of human occupations in a site can also be recorded. This pioneer method is based on high-resolution observation of soot layers trapped in calcite deposits and of the speleothems themselves, coupled with complementary analyses (only characterisation of soot by SEM and Raman analyses will be presented here). This pioneering study shows that fuliginochronological analysis provides high temporal resolution archaeology and allows here to rethink the MP/UP transition with an unmatched temporal resolution, by demonstrating the very rapid succession (inferior to a human life generation) between Neanderthal and <i>Homo sapiens</i> on this particular site.</p>
<p>Du vestige au territoire, de la détection à la modélisation</p>	<p>#15 <i>Philippe Gardère</i>¹⁻², <i>Delphine Barbier-Pain</i>¹⁻⁵, <i>Florent Hirschberger</i>, <i>Aurélien Lacoste</i>⁴, <i>Clément Laplaige</i>² et <i>Amélie Laurent-Dehecq</i>²⁻³ : Dynamique morphosédimentaire de la vallée de Cosson à Chambord. Approche pluridisciplinaire.</p> <p>¹Inrap, ²UMR 7324 Citères-LAT, Univ. Tours, ³Service Archéologique du Loiret, ⁴EA 6293 GÉHCO, Univ. Tours, ⁵UMR 6566 CNRS – CReAAH, Univ. Bretagne Sud.</p> <p>L'analyse de la structuration des assises profondes à proximité du château de Chambord s'intègre dans un programme interinstitutionnel, entre deux services d'Archéologie Préventive et l'Université de Tours. Le projet vise à reconstituer l'évolution de la dynamique du Cosson à l'échelle de sa vallée durant l'Holocène et le Pléistocène supérieur. Préalablement aux travaux de restauration des jardins, les</p>

parterres du château de Chambord (Centre Val de Loire, France), ont fait l'objet d'une fouille archéologique, menée par l'Inrap pendant l'été 2016. Les problématiques de reconstitution des jardins aménagés autour du château et de l'évolution de leur organisation depuis la Renaissance ont été accompagnées d'un volet d'études paléoenvironnementales. Celles-ci visaient à documenter les transformations sur la longue durée d'un milieu fortement marqué par le rivièrè Cosson. Les données issues des carottages et des analyses par pénétrömètre PANDA® ont été confrontées aux résultats de prospections géophysiques antérieures et ont permis de caractériser la structuration géomorphologique du substrat calcaire et des alluvions. Deux paléochenaux principaux, datés par 14C, ont ainsi été identifiés. En amont du château, les séquences sédimentaires post-Dernier Maximum Glaciaire témoignent de dynamiques fluviales d'assez forte énergie, suffisantes pour transporter des éléments grossiers et attestées par la présence en faible quantité de dépôts argileux et de matière organique de type tourbe. Les analyses des colonnes palynologiques ont permis de restituer l'évolution de l'environnement à partir de la fin de la période glaciaire jusqu'à à l'époque moderne, fournissant des données inédites pour ce secteur de la Sologne relativement peu étudié. D'un point de vue méthodologique, carottages et pénétrogrammes s'avèrent d'une complémentarité bénéfique pour l'étude des cortèges sédimentaires masqués par d'épais remblais modernes et contemporains. Cette technique permet de trouver un équilibre entre procédés lourds et coûteux d'une part et acquisition moins onéreuse de données autorisant des corrélations fiables d'autre part.

#16 Amélie Laurent-Dehecq¹ : Utilisation du pénétrömètre dynamique léger PANDA® pour la détection et la caractérisation des sols anthropiques en Région Centre-Val-de-Loire, France.

¹Service d'Archéologie Préventive du Département du Loiret / UMR 7324 CITERES – Laboratoire Archéologie et Territoires, Université de Tours.

Dans le cadre des opérations archéologiques préventives et programmées, il est nécessaire de détecter et caractériser le plus précisément possible le gisement archéologique des sites. Pour répondre à ces objectifs, plusieurs méthodes de détection ponctuelles peuvent être mises en œuvre en couplage avec les sondages mécaniques traditionnels et les méthodes de détection surfaciques (géophysiques). En région Centre-Val-de-Loire (France), des recherches sont menées depuis 15 ans sur l'application du pénétrömètre dynamique léger PANDA® en milieu urbain mais également en contexte castral ou pour des problématiques géomorphologiques. Les expériences ont été menées à partir de coupes de références et, dans certains cas, en couplage avec des sondages carottés ou des prospections géophysiques. Un référentiel archéo-mécanique a été mis en place en confrontant les observations archéologiques et les propriétés mécaniques du sous-sol. Les résultats montrent qu'il est possible de distinguer les sols anthropiques des formations géologiques. Il est également possible de proposer une stratigraphie des zones étudiées et des hypothèses fonctionnelles des couches stratigraphiques. Cette présentation vise à présenter l'approche méthodologique et une synthèse de ces résultats. Ces derniers sont appréhendés à l'échelle des sites et des territoires.

#17 François Lévêque¹, Maitena Sohn², Albane Burens³ et Marine Gay¹ : Fonction des structures de combustion à galets chauffés néolithiques du sud de la France : quelles informations peuvent apporter les méthodes magnétiques ?

¹LIENSs UMR7266 CNRS-Université de La Rochelle, France, ²Toulouse-Métropole, France, ³GEODE UMR 5602 CNRS-Université Toulouse Jean Jaurès.

Les méthodes magnétiques offrent des techniques variées pour étudier des archéomatériaux ayant été chauffés. Elles sont fondées sur des mesures réalisées *in situ*, non invasives et non destructives, ou bien en laboratoire sur échantillons. Ces mesures permettent soit de quantifier l'évolution de la capacité d'aimantation du matériau –dont les transformations minéralogiques à l'origine sont engendrées par les conditions thermochimiques du milieu de combustion et de son environnement–, soit de reconstituer l'enregistrement du champ magnétique ambiant au cours du dernier refroidissement (pour autant que la température atteinte suffise à débloquent l'aimantation des porteurs d'aimantation puis à la figer préférentiellement selon la direction du champ magnétique ambiant). Les prospections géomagnétiques à résolution infradécimétrique opérées sur plusieurs sites ayant livré des amas de galets révèlent qu'un même amas présente systématiquement plusieurs cœurs d'anomalies. L'analyse détaillée d'un amas du site néolithique du Château-de-Percin (Seilh, Haute-Garonne) montre que les différences de capacité d'aimantation des différents galets ne permettent pas d'expliquer ces multiples anomalies. Une vingtaine de galets représentatifs (nature et répartition spatiale) ont été prélevés. La déformation du champ magnétique qu'ils engendrent à leur proximité est bien inférieure à celle constatée au-dessus de l'amas. Le substrat sous les galets semble donc porter une aimantation dont la contribution sur la déformation du champ magnétique local semble majeure. Ces cœurs d'anomalies pourraient alors être interprétés comme des cœurs de chauffe, lieu de transformations thermochimiques plus importantes. L'analyse des aimantations thermorémanentes des galets échantillonnés indique pourtant qu'ils ont tous atteint des températures permettant les transformations minéralogiques impliquées, réfutant cette hypothèse. Les enrichissements magnétiques différentiels du substrat suspectés semblent donc être gouvernés par des différences de condition chimique (plus réductrice au niveau des anomalies) et non thermique. Il faudra, après démontage complet d'un nouvel amas, réaliser l'étude magnétique complète du substrat pour valider cette hypothèse et comprendre son origine.

#18 Vivien Mathé¹, Victor Legrand², Friedrich Lüth³, François Lévêque¹, Guillaume Bruniaux¹ et Vincent Ard² : Prospection géophysique : des vestiges au territoire, et inversement !

¹UMR 7266 LIENSs CNRS-Université de La Rochelle, ²UMR 5608 TRACES CNRS-Université Toulouse II-MCC, ³DAI-Berlin.

Combiner les moyens d'intervention et les approches de deux équipes de prospection géophysique permet d'obtenir depuis quelques années de remarquables résultats sur deux micro-territoires du département de la Charente. Les études ont débutées par quelques sites monumentaux néolithiques, en apparence isolés. Elles se sont poursuivies par la prospection de leurs abords immédiats, notamment pour rechercher des structures périphériques (par exemple un habitat hors d'une enceinte ou une carrière dans le voisinage d'un tumulus). Ces investigations peuvent avoir aussi pour objectif de caractériser l'environnement naturel du site (par exemple localiser la berge d'une zone humide). La question s'est ensuite posée de la représentativité, à l'échelle de micro-territoires de quelques dizaines de km², des sites connus et contemporains. Le recours à des prospections motorisées a autorisé ce changement d'échelle et a été la source de nombreuses découvertes de sites. De nouveaux sites qui ont alors donné lieu à des investigations géophysiques manuelles complémentaires, permettant de compléter et de préciser la caractérisation des vestiges, sur des fenêtres limitées. Au final, le recours à diverses méthodes géophysiques, en combinant prospections manuelles et prospections motorisées, fournit une vision territoriale et diachronique de l'occupation humaine. Bien qu'elle

	<p>ne soit pas exhaustive, cette démarche permet d'aborder les problématiques d'archéologie du territoire sous un angle nouveau.</p> <p>#19 Quentin Verriez¹, Damien Vurpillot², Sébastien Durost³ et Matthieu Thivet⁴ : De la truelle au musée : un protocole de production, d'exploitation et de valorisation de la donnée archéologique numérique de terrain.</p> <p>¹Bibracte EPCC - laboratoire ARTEHIS (UMR 6298) – Université de Bourgogne-Franche-Comté, ²Intelligence des Patrimoines - CESR (UMR 7323) – Université de Tours, ³Bibracte EPCC, ⁴Laboratoire Chrono-Environnement (UMR 6249) – Université de Franche-Comté.</p> <p>L'archéologie de terrain, comme c'est le cas pour beaucoup d'autres disciplines, tire pleinement avantage de la « révolution numérique ». Si cette démarche incite aujourd'hui les chercheurs à faire considérablement évoluer leurs méthodes de travail, l'utilisation des données numériques permet également de briser le « quatrième mur » de l'archéologie en facilitant le partage en masse d'une information « brute », jusqu'alors inaccessible au plus grand nombre. En effet, si l'on anticipe la valorisation de cette donnée avant d'entamer le processus de création, les nouvelles technologies ne se limitent plus à « proposer une reconstitution », mais permettent véritablement d'amener le grand public à appréhender une fouille archéologique à travers les yeux de l'archéologue. C'est d'ailleurs l'un des objectifs du projet de développement numérique intégré « Bibracte Numérique », conduit par le site de Bibracte, un oppidum du peuple Eduen où les fouilles modernes ont repris depuis plus de 30 ans. Il est proposé ici de suivre le cheminement de la donnée archéologique numérique depuis sa production sur le chantier de fouille jusqu'à sa valorisation rapide sur le web à travers l'exemple de la fouille du chantier pilote de la <i>domus</i> PC2. Cela en raisonnant chaque étape de la chaîne opératoire : la production, le traitement, l'analyse, l'archivage et la diffusion. Le but de cette réflexion est multiple. Tout d'abord, optimiser le travail de terrain, en termes de temps et de qualité de l'information enregistrée. Mais également de favoriser le partage et l'interopérabilité de la donnée, et ce à différentes échelles : au sein de l'équipe de terrain, avec la communauté scientifique et vers le grand public. <i>In fine</i>, notre ambition est de créer un véritable flux de données capable de gérer les informations numériques issues de la fouille à destination de l'ensemble des usagers de Bibracte.</p>
<p>Approches géoarchéologiques et botaniques des matériaux archéologiques</p>	<p>#20 Héloïse Barbel¹, James Woollett¹ et Dominique Todisco² : Étude taphonomique de dépotoirs hivernaux inuit du XIX^e siècle (Labrador, Canada) : approche comparative expérimentale.</p> <p>¹Centre d'études nordiques et département des sciences historiques, Université Laval, Québec, ²UMR 6266 IDEES, département de géographie, Université de Rouen, France.</p> <p>Les recherches archéologiques menées jusqu'à présent sur les sites inuit au Labrador se sont majoritairement intéressées à des sites hivernaux datant des XVII^e et XVIII^e siècles, dans un contexte de développement des contacts avec les Européens. Kaplan (1983) et Woollett (2003) ont ainsi contribué à documenter les économies de subsistance des Inuit de cette période, à travers les études zooarchéologique et typologique des restes retrouvés dans les dépotoirs hivernaux, replacés dans leur contexte macro-stratigraphique. Depuis quelques années, une attention est plus particulièrement accordée aux processus taphonomiques de formation des dépotoirs, dont la compréhension s'avère essentielle pour permettre une interprétation adéquate des artefacts et écofacts qu'ils contiennent, notamment</p>

concernant la temporalité des occupations humaines qui les ont générés. Ce projet de doctorat vise à documenter les processus taphonomiques impliqués dans la déposition et l'enfouissement des dépôts anthropiques et naturels qui constituent ces dépotoirs hivernaux. Pour ce faire, une étude géoarchéologique des dépotoirs de maisons hivernales d'un site inuit (HdCi-20) du XIXe siècle, situé dans la baie de Nain, sera couplée à une analyse géoarchéologie d'un dépotoir expérimental. En replaçant le site dans son contexte local, des analyses macro- et micro-stratigraphiques et géochimiques (ICP-AES) seront effectuées afin de renseigner sur la structure et de la composition des dépôts. L'étude de l'altération des artefacts et des écofacts et de leur distribution documentera le rôle des processus dépositionnels et post-dépositionnels dans les conditions de préservation des restes archéologiques et de leur possible redistribution spatiale. La fouille préliminaire des dépotoirs suggère l'occurrence de quelques occupations circonscrites dans le temps. Les données seront comparées à celles issues des recherches de Foury (2017) et Couture (2014) sur le site de Dog Island, situé à proximité, dont la complexité de la structure des dépotoirs, issus d'occupations hivernales réitérées durant les XVIIe et XVIIIe siècles, rend l'interprétation chronostratigraphique laborieuse.

#21 *Mihaela Danu*¹, *Claire Delhon*² et *Olivier Weller*³ : Prehistoric salt spring from Hălăbutoaia - Țolici (Romania): contribution of phytolith analysis to palaeoenvironmental reconstruction and human activities.

¹Alexandru Ioan Cuza University of Iași, Romania, Faculty of Biology, Research Departement, Carol I Blvd., No. 20A, Iași, 700506, Romania, ²EPAM-UMR 7264 CNRS, Université Côte d'Azur, Pôle universitaire Saint Jean d'Angély, SJA3 ; 24 avenue des Diables Bleus, F-06357 Nice Cedex 4, France, ³Trajectoires-UMR 8215 CNRS, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 21 allée de l'Université, 92023 Nanterre cedex, France.

The sub-Carpathian area from Eastern Romania is characterized by a high density of salt water springs. The exploitation of some of these dates back from the Early Neolithic and represents one of the earliest evidence of salt production in Europe. Moreover, contrarily to other prehistoric salt springs in Europe those from Eastern Romania have been constantly exploited through time, and the natural brine is still used by locals nowadays (Alexianu et al., 1992). The *Hălăbutoaia - Țolici* (Neamț County) salt water spring is one of the sites from this area which present direct and very accurate evidence of salt exploitation during the Neolithic and Chalcolithic periods (Dumitroaia, 1994). Two techniques seems to have been practiced: pouring natural brine onto combustion structures during the Early Neolithic and evaporation in specific ceramic containers from the Chalcolithic onwards (Sordoillet et al., 2018). The whole salt extraction process involves not only the exploitation of the brine itself, but also of several other natural resources, of which a major one is fuel. In order to better understand the use of plants in the salt production process, especially for the heating of saltwater, and to document the palaeoenvironment and the impact of human activities on this territory, we carried out a detailed study of phytoliths in several archaeological levels. The underlying issues concerned the influence of the environment on the salt extraction process, and more specifically the impact of the local vegetation on the salt extraction techniques. As they are a link of the operational chain, the availability of the plants used as fuel may have influenced the whole process and it may be one of the reasons why this activity could have been seasonal. Moreover, the recourse to phytolith analysis allows tracing non-wood plants, which are often underestimated when the question of fuel is considered.

#22 François Lévêque¹, Jeanne Brancier², Martijn Van Den Bel³, Cécilia Cammas⁴ et Marine Gay¹ : Signature magnétique d'une terre noire archéologique du Fort Hollandais, première terra preta guyanaise ?

¹LIENSs UMR7266 CNRS-Université de La Rochelle, France, ²LEEISA – 275 route de Montabo, BP 70620, 97334 Cayenne & Adeprina, ³INRAP Guyane – 842 Chemin Saint-Antoine, 97300 Cayenne, ⁴INRAP, UMR ASM 5140, AgroParisTech – av. Lucien Brétignières, 78850 Thiverval-Grignon.

Le site du Fort Hollandais, sur la rive droite de l'Approuague (Guyane française), est une place forte commerciale implantée au XVII^e siècle sur une terrasse alluviale qui s'avère avoir été le lieu d'un campement à fossé amérindien. Deux fosses archéologiques ont révélé des accumulations stratigraphiques de nature très contrastée. La fosse 1 montre un horizon noir recelant des artefacts amérindiens, posé directement sur des alluvions présentant des indices d'altération. Un second horizon légèrement plus clair coiffe ce niveau sombre. La fosse 2, qui recoupe le remplissage du fossé amérindien, montrent un comblement polyphasé par des matériaux plus clairs que dans la fosse 1. Des mesures in situ de susceptibilité et de viscosité magnétique par mesure de contact révèlent également un très fort contraste entre ces différents horizons. L'analyse des (oxyhydr)oxydes de fer magnétiques par méthode magnétique en laboratoire démontre la très forte implication de matériaux chauffés dans l'horizon noir le plus profond et dans une moindre mesure dans l'horizon le coiffant, avec une transition progressive pouvant être attribuée à des phénomènes de dilution/remaniement lors des accumulations superficielles successives (fosse 1). Concernant le remplissage du fossé, celui-ci présente des matériaux sur lesquelles l'action de la pédogenèse (à l'origine d'enrichissement magnétique naturel) reste modeste (fosse 2). La confrontation de ces données magnétiques avec les analyses micromorphologiques et physico-chimiques ainsi que la comparaison avec les signatures magnétiques des remplissages de fossés internes de campement néolithique de Charentes, permet de supposer que l'horizon noir, comme les terra preta brésiliennes correspond à un dépotoir où ont été réunis des restes alimentaires, des vidanges de foyers et des débris de sols d'habitat. L'horizon sus-jacent est très certainement associé à l'histoire plus récente du site. Cette étude met en exergue l'intérêt des méthodes magnétiques pour appréhender la genèse des sols archéologiques en relation avec le feu.

#23 Aline Durand¹, Claire Venot²⁻³ et Frédéric Guibal³ : Les bois architecturés de la basse-Provence rupestre médiévale : nouvelles approches interdisciplinaires.

¹Laboratoire CREAAH UMR CNRS 6566, Le Mans université, avenue Olivier Messiaen, 72 085 Le Mans cedex 09, France, Laboratoire d'archéologie médiévale et moderne en Méditerranée LA3M UMR 7298, ²Maison méditerranéenne des Sciences de l'Homme, BP 647, 5 rue du château de l'horloge, 13 091 Aix-en-Provence cedex 1, France, ³Institut méditerranéen de la Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale (IMBE) UMR CNRS 7263, Europôle Méditerranéen de l'Arbois, Bat. Villemin, BP 80, 13545 Aix-en-Provence cedex 4, FRANCE.

En basse Provence médiévale, l'absence d'artefact ligneux sur les sites archéologiques non subhumides est un frein pour l'étude des bois architecturés. Afin de mieux en aborder l'étude, il convient de développer de nouvelles voies d'approche. La Provence calcaire ou gréseuse renferme un certain nombre de sites rupestres, dont le potentiel archéologique est connu, mais qui n'ont jamais encore fait l'objet de travaux suivis et synthétiques. Ces sites présentent de nombreuses encoches et des traces en négatif du bois creusées dans le rocher. Ces encoches sont susceptibles de restituer la morphologie minimale des bois et d'approcher le

traitement de charpenterie ou de menuiserie qu'ils ont subis. Moyennant l'élaboration d'un protocole d'enregistrement spécifique, ces traces d'encastrement ont été systématiquement relevées et enregistrées sur les sites castraux médiévaux des Alpilles et de basse Provence. Elles témoignent des usages du bois dans l'architecture vernaculaire rurale. Elles ouvrent la voie pour approcher la chaîne opératoire technique du travail du bois (charpenterie, menuiserie) et aussi la conduite forestière qui a été adoptée par les villageois pour gérer leur milieu. En effet, la dendroécologie complète et appuie les données obtenues par l'étude des traces d'encastrement. Dressées à partir de stations de fertilité actuelles proches des sites archéologiques médiévaux, les courbes de croissance d'essences clefs choisies à partir des données anthracologiques acquises sur ces mêmes sites castraux outillent l'archéologue pour aborder ces questions. Elles ont été partiellement complétées par des analyses pédo-anthracologiques. Le croisement des trois approches, anthracologiques, dendroécologiques et archéologiques, conduit à proposer des modèles de croissance, voire de conduite forestière, des bois architecturés utilisés dans la construction rurale des XIIe-XIVe siècles, particulièrement de sites castraux.

#24 Carole Vissac¹ : Les constituants organiques dans leur milieu de dépôt : étude micromorphologique en contexte archéologique.

¹GéoArchÉon.

Les dépôts étudiés dans le cadre de fouilles archéologiques peuvent faire l'objet d'analyses micromorphologiques afin de renseigner leur processus de formation et d'identifier des activités anthropiques. Si la composante organique de ces dépôts est couramment attestée, son état peut varier selon les conditions de milieu et la nature de l'impact anthropique. Elle recouvre différentes formes dans des contextes saturés en eau ou au contraire exondés. Cette présentation permet d'illustrer les apports d'une reconnaissance ou de l'identification de la fraction organique sur lame mince pour l'interprétation archéologique. Les cas présentés concernent des investigations menées lors de fouilles préventives ou d'opérations programmées en France et dans différents contextes, au sein de structures archéologiques ou dans les séquences stratigraphiques des sites. Les questionnements sont relatifs aux paléoenvironnements, à l'usage de certains matériaux ou espaces, à la détermination de dépôts anthropiques. L'étude des dépôts requière des descriptions adaptées à la présence de constituants d'origine végétale sous forme de restes identifiables par leur structure interne, de microfossiles, de formes organiques dégradées, décomposées ou plus évoluées. Les faciès étudiés permettent de documenter l'origine du dépôt, la nature du milieu et son évolution, les conditions de conservation des restes organiques. Dans certains cas, ils peuvent indiquer des activités spécialisées. Les résultats de ces études concernent des occupations développées notamment sur ou à proximité de zones humides. Ils sont complémentaires d'autres études (macrorestes végétaux, palynologie ou géochimie par exemple). L'intérêt de la lecture micromorphologique est en effet de pouvoir intégrer l'étude des formes de matières organiques dans leur contexte de dépôt en prenant en compte l'ensemble des processus sédimentaires et pédologiques.

SESSION POSTERS B

DIMANCHE 12 MAI / SUNDAY MAY 12, 11H40 - 13H10

(les affiches seront installées à partir de 10H / posters will be installed starting at 10 am)

Sessions	Cafétéria sud (B-2242)
Matières premières, matériaux et objets : provenance, transformation, utilisation et altération	<p>#1 <i>Emmie Beauvoit</i>¹, <i>N. Cantin</i>¹, <i>C. Sireix</i>², <i>V. Marache</i>², <i>R. Chapoulie</i>¹ et <i>A. Ben Amara</i>¹ : Les émaux en relief : techniques et matières. Le cas de la manufacture Vieillard et Cie (Bordeaux, France, XIX^{ème} siècle).</p> <p>¹IRAMAT-CRP2A, UMR 5060 CNRS, Université Bordeaux Montaigne, Maison de l'Archéologie, Domaine Universitaire, Esplanade des Antilles, 33607 Pessac Cedex, France, ²Centre Archéologie Préventive de Bordeaux Métropole, Esplanade Charles de Gaulle, 33045 Bordeaux Cedex, France.</p> <p>Durant la deuxième moitié du XIX^e siècle, la fabrication d'objets céramique décorés par des émaux en relief occupe une place de choix dans diverses faïenceries françaises. C'est à travers l'exemple de la production de la manufacture Vieillard et C^{ie} (Bordeaux, France, XIX^{ème} siècle) que nous aborderons l'étude technique de ce procédé de décoration. L'objet de ce travail est de mieux appréhender les spécificités de cette technique de décoration, tant d'un point de vue des procédés de fabrication que des matières utilisées. Un corpus de 8 tessons de faïences d'émaux en relief, provenant de sondages archéologiques menés dans les dépotoirs de la manufacture bordelaise, a été étudié ici. Différentes analyses ont été mises en œuvre (MEB-EDS, fluorescence X, microspectrométrie Raman, imagerie hyperspectrale) afin de caractériser à la fois le support argileux et les émaux colorés. La méthodologie mise en place consiste à combiner une étude approfondie des tessons par des analyses dites destructives avec d'autres techniques non invasives. L'ensemble des données obtenues a permis de mieux connaître la nature des chromogènes des décors (textures, compositions élémentaire et minéralogique) et ainsi d'établir la « palette » des artistes ayant produit ce type d'objets décoratifs dans cette faïencerie. Par ailleurs, il est à noter que ce travail constitue une étape préliminaire à l'étude non invasive des objets issus des musées et des collections privées. En effet, étant donné qu'ils représentent un panel plus large de la production il est nécessaire de les inclure afin de mieux appréhender la variabilité des techniques et des matières employées. Il s'agit donc ici de construire une base de données, qui servira par la suite lors de l'étude des objets devant garder leur intégrité physique.</p> <p>#2 <i>Philippe Dillmann</i>¹, <i>É. Bérard</i>¹⁻³, <i>V. Tourelle</i>³, <i>C. Verna</i>² et <i>A. Williams</i>⁴ : Approche matérielle de l'armure : nature, choix des matériaux et gestes techniques.</p> <p>¹LAPA : NIMBE UMR3685 CEA/CNRS et LMC IRAMAT UMR5060 CNRS, ²EA 1571, Université de Paris 8, ³EA 7392, Université de Cergy-Pontoise, ⁴Wallace Collection.</p> <p>A la fin du Moyen Âge l'armure est un objet à la fois de grande consommation et d'usage courant mais également un produit de luxe. Sa fabrication, dominée par différents centres européens de grande renommée, comme les villes de Milan et Nuremberg, requiert des savoir-faire spécifiques afin de mettre en forme le métal. Par conséquent l'étude de la fabrication et du commerce des armures peut fournir un exemple de choix pour comprendre les échanges européens d'un matériel de guerre parfois à forte valeur ajoutée, ainsi que des techniques et des savoir-faire anciens. Afin d'étudier ces différentes questions un corpus composé de plus d'une centaine de pièces a été constitué. Certains éléments sont issus d'une même armure,</p>

tandis que d'autres se rapportent à un même centre de fabrication voire à un même atelier identifié par les marques des armuriers apposées sur les pièces. C'est notamment le cas de Valentin Siebenbürger, armurier nurembergeois du XVIe s. Les prélèvements effectués ont été étudiés selon les modes opératoires développés au NIMBE/LAPA (métallographie, analyses MEB-EDS et LA-ICP-MS). Les résultats ont permis de déterminer la nature ainsi que la qualité des alliages ferreux employés mais également de discuter de l'origine géographique du métal ainsi que du procédé de réduction utilisé pour le produire. L'ensemble des informations acquises offre ainsi la possibilité d'étudier les pratiques d'atelier mises en œuvre par les armuriers que ce soit pour la fabrication d'une armure complète, ou pour des pièces de qualité proche issues d'un même atelier.

**#3 *Adelphine Bonneau*¹, *D. G. Pearce*², *M. Wojcieszka*³, *R. Erasmus*⁴ et *R. King*⁵
Premières analyses physico-chimiques sur la pierre de Mapote : références pour l'étude des peintures rupestres San.**

¹School of Archaeology, University of Oxford, Royaume-Uni, ²Rock Art Research Institute, University of the Witwatersrand, Afrique du Sud, ³Evolutionary Studies Institute, University of the Witwatersrand, Afrique du Sud, ⁴School of Physics and Microscopy and Microanalysis Unit, University of the Witwatersrand, Afrique du Sud, ⁵Institute of Archaeology, University College London, Royaume-Uni.

Dans les années 1930, un vieil homme du nom de Mapote a réalisé des peintures selon la technique utilisée par les San sur deux pierres, pour Marion How. De cet épisode, nous avons un témoignage précis des recettes utilisées à travers le livre écrit par cette dernière, « The Mountain Bushmen of Basutoland ». Le rouge fût réalisé avec de « l'hématite » et du sang, le blanc avec une peinture achetée au village et de la sève d'une plante appelée « Asclepia Gibba », et le noir à partir de charbon de bois et d'eau. Une des deux pierres est actuellement conservée à l'Origins Centre, University of the Witwatersrand, Afrique du Sud. Afin de confirmer et d'obtenir des spectres de référence, des observations au microscope et des analyses par spectroscopie Raman et spectroscopie DRIFT (Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform Spectroscopy) ont été réalisées directement sur la pierre avec des instruments portatifs et de laboratoire. Aucun prélèvement n'a été autorisé. Nous présenterons les résultats obtenus, qui concordent avec le témoignage historique, ainsi que les aménagements mis en place pour la conduite de cette étude.

#4 *Roberto Bugini*¹ et *L. Follis*¹ : Origine des agrégats des mortiers Romains de Lombardie (1ère étape) : caractères minéralogiques des dépôts sableux actuels. / Origin of aggregates of Roman mortars of Lombardy (1st stage): mineralogical features of sand deposits.

¹Istituto CNR Conservazione Beni Culturali, via Roberto Cozzi 53, 20125 Milano (Italie).

FRANÇAIS : Les mortiers des sites archéologiques romains de la Lombardie, analysés du point de vue minéralogique (microscopie optique sur lame mince), montrent des agrégats composés de matériaux sableux de composition variée: grains de quartz, silicates, calcite, carbonates etc. Cependant les indications sur la provenance de ces agrégats sont encore aléatoires. Les Romains, en Lombardie, avaient à disposition le sable de rivière (harena fluviatica) des dépôts alluviaux actuels, de "cave" (harena fossicia) des dépôts alluviaux anciens, morainiques ou fluvio-glaciaires. Ces matériaux présentent des différences de composition qui se rattachent à la complexe lithologie de la région, caractérisée par des roches silicatées (gneiss, granites etc. - Alpes), par des roches carbonatées (calcaires, dolomies - Préalpes) et par l'action des glaciers. La première étape de la recherche concerne les dépôts fluviaux de l'entier

réseau hydrographique de la Lombardie : on a opté pour un échantillonnage distribué dans plusieurs emplacements pour chaque fleuve car la présence d'obstacles dans les cours actuels a modifié le contexte par rapport à l'Antiquité. Les échantillons furent lavés et tamisés (tamis de 1 mm), une portion pulvérisée et analysée par diffractométrie aux rayons X. La dimension de 1 mm est très proche aux dimensions des grains utilisés dans les agrégats romains. La recherche établit donc une base de données incontestable au sujet de la composition minéralogique des sables fluviatiles de la Lombardie, en vue d'une comparaison qui permettra de déterminer l'origine et les voies d'approvisionnement des matières premières à l'époque romaine. ENGLISH : Sandy aggregates of Roman mortars in Lombardy show various composition but the references to the regional lithology are scarce. The research point out the composition of sands of the whole hydrographic network in order to provide a database useful for comparisons concerning the provenance and the supply of mortar aggregates.

#5 Marie Orange¹⁻²⁻³, F.-X. Le Bourdonnec², J. Thomalsky⁴, R. Berthon⁵, V. Bakshaliyev⁶ et C. Marro⁷ : Explorer les stratégies et modalités d'exploitation préhistorique de l'obsidienne au Caucase, du Néolithique à l'Âge du Bronze : les projets PAST-OBS (2016-2018) et SCOPE (2018-2021).

¹Archaeology and Palaeanthropology, School of Humanities, Arts and Social Sciences, University of New England, Australie, ²Université Bordeaux Montaigne, IRAMAT CRP2A, UMR 5060 CNRS, France, ³Southern Cross GeoScience, Southern Cross University, Australie, ⁴German Archaeological Institute, Tehran Branch, Iran, ⁵Archéozoologie, archéobotanique : sociétés, pratiques et environnements, UMR 7209, Muséum national d'Histoire naturelle, CNRS, France, ⁶Department of Archaeology, National Academy of Science of Azerbaijan, Nakhchivan, Azerbaijan, ⁷CNRS UMR 5133 Archéorient, Environnements et sociétés de l'Orient ancien, Maison de l'Orient et de la Méditerranée - Jean Pouilloux, France.

Le projet *De la Transhumance à la Mine. Le Rôle des Pasteurs Nomades dans les Exploitations Protohistoriques de l'obsidienne en Iran et au Caucase* [PAST-OBS, ANR-10-LABX-52], mené de 2016 à 2018, s'est attelé à explorer la relation entre exploitation des ressources naturelles, innovations technologiques et pasteurs nomades. Dans ce but, ce projet s'est concentré sur la caractérisation géochimique et techno-fonctionnelle des assemblages en obsidienne collectés dans la région depuis 2006, tout en menant de nouvelles campagnes de prospections et sondages. Grâce au concept de 'stratégie analytique' développé par notre équipe, plus de 2000 artefacts ont pu être analysés de façon non-destructive, dans un temps et budget limités. Reconstituer une 'économie' de l'obsidienne à travers une approche exhaustive et intégrée (provenance – chaîne opératoire) permet en effet de retracer des itinéraires de circulation inattendus. Dans le cadre du projet PAST-OBS, nos résultats ont déjà révélé des axes de circulation nord-sud (Caucase – Iran), mais également des contacts orientés est-ouest (Anatolie – Caucase), et donc à priori en dehors des chemins de transhumance traditionnels. Le projet *Southern Caucasus Obsidian Prehistoric Exploitation* [SCOPE], débuté en 2018, a pour but d'approfondir les recherches entamées par le projet PAST-OBS. L'objectif principal de ce programme est la mise en évidence de potentiels changements dans l'orientation des axes de diffusion du matériau 'obsidienne' au moment de l'introduction de la métallurgie extractive, mais aussi la documentation de changements éventuels au niveau des stratégies d'approvisionnement à l'apparition des produits secondaires dérivés de l'élevage. La sélection plus exhaustive de sites étudiés – de l'Azerbaïdjan de l'est au sud du lac d'Urmiah – donne à ce projet un avantage crucial sur la plupart des travaux menés jusqu'à présent dans la région. Notre communication présentera

un bilan des résultats du projet PAST-OBS, ainsi que les résultats préliminaires obtenus dans les limites du projet SCOPE.

#6 Eric Goemaere¹, S. Challe², D. Demaiffe³ et T. Leduc¹ : Les glaçures médiévales plombifères dans le contexte des laitons mosans (Belgique) : caractérisation minéralogique et chimique et géochimie isotopique du plomb.

¹Service géologique de Belgique, Direction Opérationnelle Terre et Histoire de la Vie, Institut Royal des sciences naturelles de Belgique. 29, Rue Vautier, B-1000 Bruxelles, Belgique, ²Agence Wallonne du Patrimoine, Service public de Wallonie, 1, Rue des Brigades d'Irlande, B-5100 Jambes, Belgique, ³Département Géosciences, Environnement et Société (DGES), CP 160/02, Université Libre de Bruxelles (ULB), Avenue F.D. Roosevelt, 50, B-1050 Bruxelles, Belgique.

Les pâtes céramiques médiévales porteuses de glaçures plombifères trouvées en Belgique sont encore mal connues. La région mosane (Dinant, Bouvignes) en particulier revêt un intérêt majeur par la production d'objets en laiton distribués largement en Europe et la présence dans la région d'Andenne d'argiles plastiques kaoliniques cryptokarstiques qui cuisent blancs et présentent une bonne réflectivité. Certains récipients en terre imitent les objets en alliages cuivreux. Les recherches pluridisciplinaires récentes et régionales associent céramologie et analyses archéométriques telles que la pétrographie (MOP et MEB), la minéralogie (DRX) et la géochimie (LA-ICP-MS, EDS). Le travail présenté vise à caractériser la composition des mélanges glaçurants et à tracer la source des matières premières. L'absence de fours à glaçures décrits dans nos territoires pose l'origine géographique et géologique du plomb. Des analyses isotopiques du plomb ont été réalisées sur des glaçures de céramiques de Dinant (occupation artisanale de production de laiton entre le XIVe et le XVIe siècle fouillés par M. Verbeek, archéologue SPW) et d'Andenne (production céramique des XIIe au XIVe siècles mises au jour lors de la fouille de la « résidence Noël » à Andenne par C. Hardy et E. Delaunois, archéologues SPW) a été réalisée en vue. Ces analyses ont été effectuées au spectromètre de masse à plasma à couplage inductif et multi-collecteurs (DGES, ULB). Les données isotopiques inédites sont comparées avec celles obtenues pour les gisements plomb-zinc du Paléozoïque de Belgique et d'Europe occidentale en vue d'identifier la province géologique d'où le minerai de plomb a été extrait, de rechercher les éventuels mélanges de plomb issus de différentes provinces métallogéniques et aussi de comparer nos résultats avec les données isotopiques obtenues récemment (Raepsaet et al, 2015) sur les artefacts en plomb d'époque romaine ou grecque couvrant un territoire situé entre la Seine et le Rhin.

#7 Manon Gosselin¹⁻², J.-C. Méaudre², F. Téreygeol², Y. Tendo³ et P. Dillmann² : La forge de Castel-Minier au XIV^e siècle : une économie de subsistance.

¹Nanterre Université Arscan UMR7041, ²LAPA-IRAMAT, NIMBE, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA Saclay 91191 Gif-sur-Yvette France, ³Telecom ParisTech LTCI UMR 5141.

Castel-Minier se trouve situé sur l'actuelle commune d'Aulus-les-Bains dans le département de l'Ariège. Ce site, connu pour être un des plus grands sites argentifères du royaume de France, présente également une activité sidérurgique non négligeable dès la fin du XIII^e siècle jusque vers 1580. Nous nous intéressons plus particulièrement dans le cadre de cette étude, à l'introduction de la métallurgie du fer par le biais d'une forge datée du début de l'exploitation. Celle-ci témoigne d'une activité de transformation et de mise en forme du métal dans un contexte artisanal, antérieure à l'introduction de l'activité de réduction du minerai de fer. Différents lopins et tôles en cours de travail ont été retrouvés en place. Une analyse

morphologique a mis en évidence un travail de mise en forme de ces objets : découpe, percement, écrasement ... Puis, une analyse métallographique a montré qu'ils s'agissaient d'aciers carburés contenant peu d'inclusions. Sur deux d'entre eux, des soudures ont pu être observées. Des structures de trempe, volontaire ou accidentelle, ont été mises en évidence. Des mesures de microdureté ont permis d'apprécier la qualité du fer utilisé à cette période. L'étude de ces demi-produits nous permet de comprendre la place occupée par les alliages ferreux au sein du site de Castel Minier lors du début de la mise en exploitation du gisement minier. Ces semi produits doivent être mis en relation avec l'outillage nécessaire à l'activité minière que nous avons également retrouvé. Cette première installation s'inscrit dans une économie de subsistance qui tranche avec les systèmes de production qui se mettent en place sur le site quelques décennies plus tard. Cette étude s'intègre également dans une démarche générale comparative visant à mieux cerner la nature des alliages ferreux produits dans différents contextes technico-économiques en Europe occidentale. Nous pouvons d'ores et déjà observer que les alliages ferreux produits à Castel Minier se classent parmi les plus carburés des demi-produits analysés. Cette caractéristique serait à rapprocher de l'usage du minerai au manganèse.

#8 *Pilar Prieto Martínez*¹, *O. Lantes Suárez*², *O. Viveiro Veiga*³, *L. H. Flores Rivas*³, *B. Guimarei Fernández*⁴, *F. Alonso Toucido*⁵ et *A. González Pazos*⁶ : **Bonxe workshop (Lugo, NW of Spain). A study of traditional pottery from a contextual and archaeometrical perspective.**

¹Grupo Sin crisis, Universidad de Santiago de Compostela. Galicia. Spain, ²Archaeometry Unit. RIAIDT. Universidad de Santiago de Compostela. Galicia. Spain, ³Asociación Cultural Canaveira. Lugo. Galicia. Spain, ⁴Sistema de Información Territorial (SIT). Universidad de Santiago de Compostela. Galicia. Spain, ⁵Universidad de Santiago de Compostela. Galicia. Spain, ⁶X Ray Unit. RIADIT. Universidad de Santiago de Compostela. Galicia. Spain.

Terra Chá is a region of Galicia (northwest of the Iberian Peninsula) with a strong ceramic tradition, supported by the presence of more than 37 ovens. Currently, there is only one pottery workshop left in the place called 'Bonxe'. The tradition probably dates back to the Middle Ages, but the presence of pottery is documented from the Neolithic period. There are numerous tumuli with ceramics from that period and the remains of pottery from the Middle Neolithic, Bell Beaker, Iron Age, Roman period and the Middle Ages are also frequent. In this work we study three of the excavated burial mounds, we map the traditional pottery activity (kilns, pottery routes, ceramic typology) and analyze raw materials (clays) -extracted from different collection sites of contemporary use- and different ceramics from different chronologies. We have been able to verify, applying X-ray Diffraction (XRD), X-ray Fluorescence (XRF), and Tomography (TAC) as analytical techniques, that the tradition is different along the time, and the use of raw materials is slightly different or, at least, they made different mixes, but the origin of clays is always local. Our aim is to offer a synthesis of this preliminary research. This study, based on the analysis of 85 samples (6 C horizons, 29 clays samples, 10 sherds of tiles, 26 samples of traditional pottery and 14 samples of archaeological pottery), is the first step to develop a more extensive prehistoric, historical and ethnographic study on the life of the people of this region.

#9 *Pilar Prieto Martínez*¹, *O. Lantes Suárez*² et *F. Alonso Toucido*³ : **The glazed ceramics from A Rocha Branca (A Coruña, Spain).**

¹Grupo Sin crisis, Universidad de Santiago de Compostela. Galicia. Spain, ²Archaeometry Unit. RIAIDT. Universidad de Santiago de Compostela. Galicia. Spain, ³Universidad de Santiago de Compostela. Galicia. Spain.

A Rocha Branca (Padrón, A Coruña) is an archbishop's castle from the Late Middle Ages (XIII - XV centuries) with a residual occupation until the middle of the s. XVII, one of the three large fortified centers of the ecclesiastical lords of the land of Santiago de Compostela. It provides a wide variety of ceramics among which stand out glazed pieces belonging to luxury vessels. In the present work the results of the study of a part of them are shown, focusing mainly in the archaeometric study of 19 representative samples of the set. The ceramic body is analyzed through X-ray powder diffraction (XRD) to identify the mineralogy and X-ray fluorescence spectrometry (XRF) to determine the elemental composition. The glazes are micro-sampled and analyzed in scanning electron microscopy coupled with an X-ray microprobe (SEM-EDX) to study their morphology and determine their elemental composition. The characteristics of their pastes and glazes provide us with information about their manufacturing techniques as well as their possible exogenous origin, data of vital importance to understand the ceramic trade of the moment. Our aim is to try to determine areas of origin of the ceramics.

**#10 Christoph Nitsche¹, S. Velomora⁴, C. Radimilahy², G. Schreurs³ et V. Serneels¹ :
Petrology and Medieval Indian Ocean Trade: Studying Amphibole-bearing Softstone Vessels and Quarries in North Eastern Madagascar.**

¹Department of Geosciences, University of Fribourg, Fribourg, Switzerland, ²University of Antananarivo, Antananarivo, Madagascar, ³Institute of Geological Sciences, University of Bern, Bern, Switzerland, ⁴University of Tuléar.

During the Medieval Period, the North Eastern Coast of Madagascar was settled by the Islamised Rasikajy Population, who established several small towns along the coast. The archaeological record of this period yields abundant findings of local and imported ceramics, iron smelting slags and turned softstone pots, many of which were discovered in the famous cemetery site of Vohémar. Extraction and first brute shaping of these pots was carried out in quarries in the hinterland, while the finishing most likely took place in coastal manufacturing centres. Up to now, around 20 of these quarries are known for Northern Madagascar and are being sampled systematically for this study. The aim of this study is a petrographic and geochemical characterisation of the quarries to allow subsequent provenance applications. In the literature, the raw material used for the vessel production in Madagascar is referred to as chloriteschist, an ambiguous term considering its mineralogy and general lack of deformation. It is a mafic to ultramafic meta-cumulate, that was metasomatically metamorphosed under greenschist to amphibolite conditions and should be called Talc-Chlorite-Amphibole-Granofels by modern petrographic standards. It crops out in small 10 to 100 m scale lenses, seemingly independent of the respective geological units. This rock type can be compared to an occurrence in Southern Germany, where it was first mentioned, described and named Hoesbachite after its location in the Spessart Mountains. Due to the textural complexity and heterogeneous nature of this rock, we use a combined approach of texturally controlled microanalytics, bulk rock chemistry and optical parameters for the characterisation of the quarried localities. Establishing a petrographical and taxonomical database of quarries and artefacts will allow the tracing of shipping routes both in Madagascar and along the Indian Ocean Trade network, as the occurrence of amphibole distinguishes this material from conventional soapstones described e.g. in Egypt and Southern Iran.

#11 Hamane Ghania¹ et Hamil Samira² : Identification de traces d'utilisation des meules, Néolithique de Dehar El-manjel (Algérie).

¹Université de Médéa – Algérie, ²Centre universitaire Tipaza– Algérie.

Dans ce travail est présenté une étude et recherche sur les traces de stries et quelques traces de coloration rougeâtre observées sur des fragments des meules néolithiques, issues d'une opération de sondage de l'abri Dehar El-manjel, situé à 3km nord-ouest de la région El-maleh, et à 60 km d'Oran. L'observation et la description a été effectuée par microscopie électronique à balayage (MEB) qui est une méthode indispensable, elle parvient à lecture et à la connaissance des données préservées à la surface de ces objets, ce qui nous permet aussi d'élucider les traces d'utilisation, et nous permis d'envisager une interprétation du statut technique de ces meules au sein des activités quotidiennes des populations néolithiques.

#12 Lauriane Martinet¹, F.-X. Le Bourdonnec² (communiquant), J. Sicurani³, D. Binder¹ et C. Lugliè⁴ : Teghja di Linu II (Haute-Corse, France) : Nouvelles données sur la technologie et l'économie des obsidiennes au IIIe millénaire av. J.-C.

¹Université Côte d'Azur, CNRS, Culture et Environnements, Préhistoire, Antiquité, Moyen-Âge (CEPAM, UMR 7264), 24, avenue des Diables Bleus, 0657 Nice Cedex 4, France, ²Université Bordeaux Montaigne, CNRS, Institut de Recherche sur les Archéomatériaux, Centre de Recherche en Physique Appliquée à l'Archéologie (IRAMAT-CRP2A, UMR 5060), Esplanade des Antilles, 33607 Pessac, France, ³Université de Corse, CNRS, Lieux, Identités, Espaces, Activités (LISA, UMR 6240), Campus Mariani, avenue Jean Nicoli, 20250 Corte, France, ⁴Università di Cagliari, Laboratorio di Antichità Sarde e Paletnologia (LASP) - Dipartimento di Lettere, Lingue e Beni Culturali, Italy.

La caractérisation des obsidiennes et des sources via l'analyse des éléments traces permet de mieux appréhender la mobilité des hommes, des produits et/ou des savoir-faire durant le Néolithique. En Corse, ces analyses se font de plus en plus systématiques et complètes au sein des sites archéologiques. La démarche techno-économique suivie ici repose sur le croisement systématique des informations concernant les lithotypes et celle qui concernent les différents modes de débitage et de façonnage. Cette méthodologie permet de formuler de nouvelles hypothèses sur l'organisation sociale, les systèmes d'échanges, et la structuration des relations interculturelles à différentes échelles. Malheureusement, il existe encore qu'un nombre limité de sites corses suffisamment documentés aussi bien en termes de provenance que de typo-technologie pour la période Néolithique, en particulier pour le Néolithique Final (III^e millénaire av. N.-E.). C'est cette approche que nous avons appliquée sur les obsidiennes du site de Teghja di Linu II (commune de Calenzana, Haute-Corse). Ce gisement est caractérisé par plusieurs occupations néolithiques, datées du III^e millénaire, auxquelles est associée une quarantaine d'artefacts en obsidienne. Dans le but de compléter nos connaissances sur les modalités d'acquisition de ce matériau en Corse préhistorique, nous avons procédé, au sein du laboratoire IRAMAT-CRP2A (Pessac, France), à une analyse de caractérisation géochimique non destructive par EDXRF. Cette technique a permis d'identifier les provenances pour 80 % des pièces en obsidienne. Les résultats obtenus jusqu'ici ont révélé qu'elles provenaient du massif volcanique sarde du Monte Arci, à l'exception d'une pièce qui sous réserve de confirmation serait issue du gisement de Lipari. Cette composition singulière, semblable au site voisin et contemporain d'A Fuata, entraîne des questionnements, et de nouvelles pistes de recherches sur les structures culturelles et socio-économiques en Corse ou plus globalement en Méditerranée occidentale au cours du III^e millénaire.

#13 Arthur Leck¹, F.-X. Le Bourdonnec¹, C. Bressy-Leandri², M. Rigoreau³, R. Chapoulie¹ et K. Peche-Quilichini⁴ : Réseaux et mobilités en Corse pré- et protohistorique : l'exemple des approvisionnements en matériaux lithiques du Monti Barbatu (Corse-du-Sud).

¹Institut de Recherches sur les Archéomatériaux - Centre de Recherche en Physique Appliquée à l'Archéologie (IRAMAT-CRP2A) – Univ. Bordeaux Montaigne, CNRS : UMR5060 – Maison de l'Archéologie, Esplanade des Antilles, 33607 Pessac, France, ²Direction Régionale des Affaires Culturelles-Corse – Service régional de l'archéologie, Villa San Lazaro 1, chemin de la Pietrina, 20704 Ajaccio Cedex 9, France, ³Univ. Bordeaux Montaigne, Domaine Universitaire, Esplanade des Antilles, 33607 Pessac, France, ⁴Institut National de Recherches Archéologiques Préventives (INRAP) – INRAP Méditerranée – France.

Le site pré- et protohistorique de Monti Barbatu (Olmeto, Corse-du-Sud) se situe dans le golfe du Valincu, dans le sud-ouest de la Corse. Découvert au début des années 1980, il a fait l'objet de sondages durant cette décennie, puis de fouilles en 2013, 2017 et 2018. Plusieurs habitats se superposent sur ce relief acéré au sommet rocheux, très caractéristique dans le paysage local. Une occupation basienne (vers 4000-3500 av. J.-C.) nous a laissé une industrie céramique et lithique abondante et diversifiée. L'occupation se poursuit, apparemment de façon moins dense, au Chalcolithique et au Bronze ancien. Au Bronze moyen, les zones sommitales se dotent d'une enceinte cyclopéenne enserrant un habitat qui se répartit également sur les pentes. Vers le début du Bronze final, sur le plateau situé à l'est du sommet, à proximité d'une tombe mégalithique non datée, un alignement de menhirs et statues-menhirs est dressé. La plupart des aménagements bâtis protohistoriques seront détruits ou transformés lors des occupations médiévales. Depuis 2017, les matériaux lithiques (silex, obsidienne, rhyolite) mis au jour au Monti Barbatu font l'objet d'études de provenance, combinant plusieurs méthodes d'analyses macroscopiques et géochimiques, qui nous permettent de percevoir l'existence de réseaux intra et inter régionaux, probablement structurés le long des côtes de la Sardaigne et de la Corse. Ce type d'étude, généralement réservé aux seuls sites néolithiques, nous permettent pour la première fois d'apprécier l'évolution des stratégies d'approvisionnement en matière première lithique ainsi que la transformation des réseaux de diffusion entre Corse et Sardaigne, du Néolithique récent au Bronze moyen.

#14 Guirec Querré¹, G. Marchand¹, M. Guiavarc'h¹, N. Naudinot², A. Flageul¹, O. Spinelli-Sanchez¹⁻³, M. de Parthenay¹ et J.-C. LeBannier¹ : Les silex des cordons marins, source de matière première au cours de la Préhistoire. Exemple des galets de la baie d'Audierne (Finistère, France).

¹Laboratoire Archéosciences Rennes, UMR 6566 CReAAH campus de Beaulieu 35042 Rennes (France), ²Université de Nice Sophia Antipolis, Campus Saint-Jean-d'Angély - 24, avenue des Diables Bleus. 06357 Nice Cedex (France), ³Université Bordeaux Montaigne, IRAMAT CRP2A-UMR5060, Esplanade des Antilles, 33600 Pessac cedex (France).

Le Massif armoricain constitue un ensemble géologique dépourvu de gisement de silex en position primaire susceptible d'avoir servi de source de matière première pour la réalisation d'outils taillés au cours de la Préhistoire. Cette donnée pose la question des stratégies d'approvisionnement des populations préhistoriques vivant dans l'ouest de la France et l'évolution de ces stratégies au cours du temps. Trois grandes ressources sont envisageables selon les périodes : (i) Depuis la partie orientale, l'importation de silex issus des deux grands bassins sédimentaires voisins

(Bassins parisien et aquitain) ainsi que du seuil du Poitou (ii) Durant les périodes froides, collecte des silex en gisements primaires affleurant sur la plateforme continentale actuellement submergée au nord, à l'ouest et au sud du Massif armoricain (iii) Enfin, ramassage de galets de silex, en position secondaire, sur les cordons marins des côtes armoricaines anciennes ou actuelles, cordons localisés également au nord, à l'ouest et au sud. Les gisements de premier type sont toujours accessibles et font l'objet de recherches intégrant la chaîne évolutive des silex. Les gisements du second type sont très difficiles d'accès puisque submergés et malheureusement non documentés. Quant au troisième type, nous avons accès aux cordons actuels, susceptibles d'avoir été exploités par les préhistoriques. Ce sont ces formations géologiques secondaires sur lesquelles nous nous sommes concentrés afin d'établir, dans un premier temps, un protocole d'étude des galets marins en silex. A terme, il s'agit d'inventorier tous ces gisements armoricains, de déterminer leurs caractéristiques propres afin de pouvoir les comparer aux assemblages lithiques issus des sites préhistoriques de l'ouest. Cette communication présente les premières recherches menées sur ce type de formation en prenant comme exemple les galets de la baie d'Audierne, située à l'extrême pointe sud du Finistère. La communication présentera tout d'abord le protocole d'échantillonnage des galets sur le terrain, puis les premiers résultats des travaux d'analyse en laboratoire, principalement pétrographiques, paléontologiques et géochimiques.

#15 Florence Cattin¹, P. Degryse², B. Moulin, E. Thirault³, I. M. Villa⁴ et J. Vital⁵ :

Minéralogie et isotopes du plomb d'un site minier de l'âge du Bronze dans le massif des Grandes Rousses (Isère/Savoie, France).

¹Artheis, UMR 6298, Université de Bourgogne-Franche Comté - CNRS - Ministère de la Culture et de la Communication, 6 Bd Gabriel, Bât. Sciences Gabriel, F-21000 Dijon, France, ²Earth and Environmental Sciences, KU Leuven, Celestijnenlaan 200E, box 2408, BE-3001 Leuven, Belgium, ³Université Lumière Lyon 2, UMR 5133 du CNRS, 7 rue Raulin, 69365 Lyon cedex 7, France, ⁴Centro Universitario Datazioni e Archeometria, Università di Milano Bicocca, 20126 Milano, Italie; et: Universität Bern, 3012 Bern, Suisse, ⁵Archéologie des Sociétés Méditerranéennes, Université de Montpellier, CNRS, MCC, Inrap, France.

Connu depuis longtemps pour les travaux miniers qui y ont été entrepris au Moyen Âge, le massif des Grandes Rousses (Isère/Savoie, France) a révélé une exploitation de minerais de cuivre avec abattage au feu remontant au début de l'âge du Bronze (fin du 3e millénaire et début du 2e millénaire avant notre ère). Localisée à très haute altitude entre 2300 et 2650 m, cette découverte est exceptionnelle, puisque seul le site minier et métallurgique de Saint-Véran (Alpes-de-Haute-Provence, France) avait été reconnu jusqu'alors dans les Alpes occidentales. Même à l'échelle européenne, de tels sites sont encore rares au Néolithique et au début de l'âge du Bronze, reflétant peut-être une lacune dans leur identification. Les sites miniers constituent le premier jalon d'une longue suite d'opérations conduisant à l'objet fini. Alors que les lieux où prenaient place les étapes intermédiaires de la chaîne opératoire nous sont le plus souvent inconnus, le recours à des traceurs géochimiques et géoisotopiques permet de rechercher le marché auquel se destinait le métal extrait des minéralisations des Grandes Rousses. Dans cette optique, une étude géologique de terrain a permis d'appréhender l'étendue des champs filoniens sur plusieurs km² et de caractériser les filons : orientation, typologie, nature des minéralisations sulfurées dominantes (chalcopyrite et cuivres gris), des minéraux d'altération et des gangues, etc. Cette étude a été couplée à l'analyse des rapports isotopiques du plomb de 51 échantillons minéraux récoltés sur plusieurs secteurs miniers. Si le district minier des Grandes Rousses présente une signature isotopique du plomb qui

peut être qualifiée d' « alpine », il s'avère néanmoins qu'il recoupe à peu d'occasions les champs isotopiques de mines préhistoriques connues et documentées par leurs rapports isotopiques du plomb. Dès lors, en l'état des connaissances, les produits en cuivre/bronze issus du district des Grandes Rousses peuvent potentiellement être identifiés.

#16 Laure Dayet¹, J.-P. Faivre², E. Discamps¹, F.-X. Le Bourdonnec³, F. d'Errico² et A. Turq⁴ : Usage d'oxydes de fer et de manganèse à la fin du Paléolithique moyen, quelle signification culturelle ? L'exemple de la séquence de Combe-Grenal, Dordogne, France.

¹UMR5608 Travaux et Recherches Archéologiques sur les Cultures, les Espaces et les Sociétés (TRACES), CNRS-Université Toulouse Jean Jaurès, ²UMR5199 de la Préhistoire à l'Actuel : Culture, Environnement et Anthropologie (PACEA), CNRS-Université de Bordeaux, ³UMR5060 Institut de Recherche sur les Archéomatériaux – Centre de Recherche Appliqué à l'Archéologie, Maison de l'Archéologie (IRAMAT-CRP2A), CNRS-Université Bordeaux Montagne, ⁴Musée Nationale de Préhistoire, Les Eyzies, France.

Ces dernières années, la fin du Paléolithique moyen dans le sud-ouest de la France a fait l'objet de révisions importantes permettant d'alimenter une réflexion sur la valeur culturelle des technocomplexes identifiés sur la base de l'étude des industries lithiques. Dans cette réflexion, d'autres types de productions peuvent entrer en ligne de compte. Les vestiges de matières colorantes tels que les oxydes de fer et de manganèse ouvrent cette perspective, étant donnée leur abondance sur plusieurs sites du Paléolithique moyen de cette région. Cependant, leur portée en tant que marqueurs culturels reste à démontrer en l'absence de manifestation graphique. En effet, on ignore s'il existe des variations significatives dans leurs caractéristiques (composition, couleur, modalités de transformation, etc.), permettant de distinguer des ensembles cohérents dans le temps et l'espace. Pour débiter ce travail, la séquence de Combe-Grenal est idéale car elle présente une succession de plusieurs couches dans lesquelles ont été mis au jour des oxydes de fer et des oxydes de manganèse (Demars 1992). Dans le but de déterminer leur distribution diachronique, un nouvel inventaire a été réalisé, suivi d'analyses physico-chimiques (MEB-EDS, DRX, pXRF) couplées à une analyse technologique. Les résultats montrent trois tendances : une utilisation dominante d'oxyde de manganèse noir, associée à une phase Quina avec racloirs ; une diminution dans l'usage de matières colorantes à la fin de cette phase ; une probable utilisation d'oxydes de fer rouge et jaune, dans les phases Discoïde et Discoïde/Levallois à denticulés. L'exploitation des oxydes de manganèse ne semble dépendante ni de l'accès aux sources ni d'une fonction en particulier. La baisse importante de leur utilisation pourrait marquer une certaine forme de changement culturel. Ce changement est corrélé à un changement dans le type d'outils produits. Ces résultats ouvrent de nouvelles perspectives dans la caractérisation des trajectoires culturelles du Paléolithique moyen.

#17 Océane Spinelli Sanchez¹⁻², G. Querré¹, J.-C. Le Bannier¹, G. Marchand¹, M. Guiavarc'h¹ et N. Naudinot³ : Caractérisation géochimique de galets de silex marins de la baie d'Audierne (Sud-Ouest du Massif armoricain).

¹Laboratoire Archéosciences Rennes, UMR 6566 CReAAH campus de Beaulieu 35042 Rennes cedex (France), ²Université Bordeaux Montaigne, IRAMAT CRP2A-UMR5060, Esplanade des Antilles, 33600 Pessac cedex(France), ³Université de Nice Sophia Antipolis, Campus Saint-Jean-d'Angély - 24, avenue des Diabls Bleus. 06357 Nice Cedex (France).

	<p>Les seuls silex disponibles sur le Massif armoricain proviennent de trois sources principales : 1) les silex des marges du massif Aquitain et Parisien ; 2) les silex des sources Crétacées aujourd'hui immergées et difficilement accessibles ; 3) les galets de silex échoués dans des cordons littoraux. En l'absence de cortex, aucun critère ne permettait de différencier ces différents types de matières. L'impossibilité de les distinguer constitue aujourd'hui un verrou majeur à la compréhension des mobilités des groupes humains sur cet espace dont le trait de côte a considérablement varié au cours de la Préhistoire. Cette étude se concentre sur la caractérisation d'un corpus de 12 galets ramassés sur la baie d'Audierne (Finistère) et 12 artefacts par un protocole qui intègre la géochimie au concept de chaîne évolutive, pour définir les stigmates caractéristiques du transport marin sur des pièces sans partie corticale. De premières observations ont été menées à la binoculaire sur les surfaces des néocortex et sur les coupes des galets. L'objectif était de comprendre la succession des altérations subies par le galet, telles que les phases de chocs mécaniques ou d'altérations chimiques, témoins de transports ou de dépôts sur le littoral. Les profils d'analyses au LA-ICP-MS ont pour but de comprendre la diffusion des éléments chimiques dans le galet en fonction de la chronologie relative des altérations préétablies. Les 465 analyses menées permettent de mettre en évidence des zones d'altération opaques, aisément identifiables sur les artefacts et indépendantes de la provenance primaire de la roche. Elles présentent des enrichissements en lithium et en lanthane, corrélées à un appauvrissement en uranium et en bore. La géochimie, tout en levant l'ambiguïté quant aux interprétations à l'échelle mésoscopique et en distinguant altérations et caractères issus de la formation, permet ici d'apporter des critères permettant de tracer l'origine marine des artefacts.</p> <p>#18 Alain Queffelec¹, L. Bellot-Gurlet², E. Foy³, E. Fritsch⁴ et P. Fouéré⁵ : Multi-characterization of a yet unknown gemological material used by Amerindians in the Antilles: the sudoite (Mg₂Al₃Si₃AlO₁₀(OH)₈), a mineral from the chlorite group.</p> <p>¹CNRS UMR5199 PACEA, Univ. Bordeaux, Ministère de la Culture, ²CNRS UMR8233 MONARIS, Sorbonne Université, ³CNRS UMR3685 LAPA-NIMBE, ⁴CNRS UMR6502 IMJR, Univ. Nantes, ⁵INRAP, CNRS UMR5608 TRACES, Univ. Toulouse Jean Jaurès.</p> <p>The exhaustive analysis of all lapidary artifacts from Guadeloupe and Martinique led to the identification of a new gem used by the Amerindian during the early Saladoid period, a ceramic age culture lasting about from ca. 500 B.C. until 500 A.D. This mineral, which has been quite difficult to correctly identify, is the sudoite (Mg₂Al₃Si₃AlO₁₀(OH)₈), a mineral from the chlorite group. It had never been identified in the archaeological record of the Antillean area, as most of the studied collections so far did not rely on precise mineralogical attributions. But even more interestingly, it had never been identified as a gemstone anywhere on the planet nor in any chronocultural context. It is thus the first time this material is analyzed as a gem, and it has been identified in several archaeological sites, both in Guadeloupe and Martinique. The source of this material is yet unknown, even if geological settings in the Caribbean could theoretically provide such a material.</p>
<p>Dévoiler l'artéfact! Les rayons X comme outil polyvalent pour l'étude du mobilier archéologique</p>	<p>#19 Arthur Leck¹, F.-X. Le Bourdonnec¹ et R. Chapoulie¹ : Référentiel géochimique des rhyolites corses : méthodologie analytique et recherches de terrain.</p> <p>¹Institut de Recherches sur les Archéomatériaux - Centre de Recherche en Physique Appliquée à l'Archéologie (IRAMAT-CRP2A) – Univ. Bordeaux Montaigne, CNRS : UMR5060 – Maison de l'Archéologie, Esplanade des Antilles, 33607 Pessac, France.</p>

On retrouve dans les sites pré- et protohistoriques corses de nombreux matériaux lithiques utilisés dans la fabrication d'outillage tranchant ou perçant. Parmi ces matériaux, seules les roches exogènes que sont le silex et l'obsidienne ont fait l'objet de nombreuses études de provenance confirmant une origine sarde quasi exclusive. Les matériaux locaux comme la rhyolite, une roche volcanique siliceuse à grain fin largement répandue en Corse, ont été peu étudiés alors qu'ils renferment de nombreuses données sur les mobilités et les modalités d'exploitation des territoires des populations du Néolithique à l'Âge du Bronze. Nous avons donc développé un protocole d'analyse non destructive qui met en œuvre la Fluorescence de Rayons X en Dispersion d'Énergie (EDXRF) afin de caractériser ces rhyolites et ainsi permettre de déterminer leur provenance. La caractérisation de ce matériau et la discrimination des sources présentent de nombreuses difficultés : c'est une roche relativement hétérogène, les gisements peuvent être nombreux sur de petits territoires et les minéraux qui la composent sont souvent sujets à l'altération et au métamorphisme. Nous présentons ici une méthodologie analytique adaptée aux rhyolites corses issue d'une recherche menée depuis 2016 à l'aide de nombreuses techniques de caractérisation différentes. Si l'EDXRF nous semble être la méthode la plus efficace, d'autres méthodes de caractérisation peuvent nous apporter des informations complémentaires (Pétrographie, DRX, Susceptibilité magnétique, PIXE, LA-ICP-MS, etc.). Nous présentons également un référentiel géochimique des gisements potentiellement exploités par les populations néolithiques, encore en construction, mais régulièrement alimenté de nouveaux échantillons, qui malgré un état encore incomplet nous permet déjà de mener de premières études de provenances sur des séries archéologiques.

#20 Lucie Beneteaud¹, Mikaël Guivarc'h¹ et Guirec Querré¹⁻² : Caractérisation des métadolérites épizonales par spectrométrie de fluorescence X : détermination des sources de matière première des haches polies néolithique et apports méthodologiques.

¹Université de Rennes 1, UMR 6566 CReAAH, ²Ministère de la Culture, France.

Les haches polies sont au cœur des problématiques de sourcing pour la Préhistoire récente. Dans l'Ouest de la France, le Massif armoricain offre un substrat géologique tout à fait particulier. La spectrométrie de fluorescence X permet d'en caractériser les différentes métadolérites épizonales, roches extrêmement présentes dans ce massif cristallin et très fortement exploitées durant le Néolithique. La discrimination des sources de matières premières ayant servies à la fabrication de haches polies se voit à la fois rapide et fiable. Cette communication présente les premiers résultats des analyses chimiques réalisées sur la matière première de gisements présents sur le Massif armoricain et sur des objets archéologiques. Des éléments chimiques discriminants sont proposés, permettant de localiser les différentes sources d'approvisionnement, ou a minima de déterminer des provenances communes à différents d'outils polis. Grâce à l'utilisation de cette technique d'analyse non invasive et portable, l'acquisition de données en laboratoire ou directement sur le terrain facilite le référencement des gisements et leur comparaison avec un mobilier issu de divers contextes de découverte. Ainsi, la géochimie se met au service des questionnements archéologiques autour de l'acquisition et de la diffusion de roches, reflet des réseaux de transferts sociaux qui animent les populations de la Préhistoire atlantique.

#21 Pilar Prieto Martínez¹ et Oscar Lantes Suárez² : The transport of vitriol in the 19th century: The transatlantic voyage of four stoneware vessels.

¹Grupo Sin crisis, Universidad de Santiago de Compostela. Galicia. Spain,
²Archaeometry Unit. RIAIDT. Universidad de Santiago de Compostela. Galicia. Spain.

We present the study of 4 German stoneware vessels manufactured in the 19th century, possibly commissioned by the English government. The 'chaîne opératoire' of these ceramics has been reconstructed from an archaeological and archaeometric study. Four main analytical techniques have been used: DRX, FRX, SEM-EDX and TAC. DRX and FRX to characterize the pastes, additives and fillers and SEM-EDX for pigments and glazes, establishing 3 sampling zones in different parts of each container. Finally, the TAC has been used to obtain an overview of the objects. Despite not having information about its archaeological context, a biography of the vessels has been reconstructed showing a complex history in which different manufacturing events tell of a long trip possibly from Germany to America to return to the North of Spain. It has been possible to reconstruct from their place of manufacture, until they finally reached the hands of their current owner. The detailed application of a complex analytical program combined with archeology procedures has allowed to carry out this reconstruction. The objective of this work is to show a synthesis of the complete biography of these vessels.

#22 Ana Belén Galán López¹⁻², Ariane Burke² et Sandrine Costamagno³⁻¹ : Emorph Project: Reconstructing habitat type and mobility patterns of Rangifer tarandus during the Late Pleistocene in Southwestern France: an ecomorphological study.

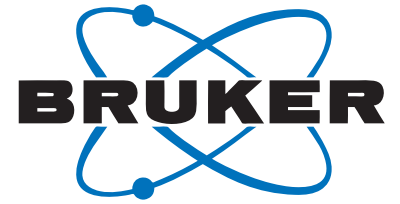
¹Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), ²Université de Montréal,
³Université de Toulouse Jean Jaurès.

Reindeer (*Rangifer tarandus*) was one of the most important prey species for human populations in Western and Central Europe during much of the Palaeolithic period, notably during the Glacial periods (Costamagno et al. 2015). As a result, many studies have focused on the role of reindeer in Upper Palaeolithic systems, particularly during the Magdalenian (17,000-12,000 years ago). Modern ethological data indicate that reindeer herds adopt different mobility strategies that correlate with habitat type and topography. The mobility patterns of prehistoric reindeer, therefore, should be predictable since palaeoenvironmental reconstructions allow us to identify whether or not they lived in more open or more wooded environments. Despite numerous attempts to reconstruct the migratory behaviour of Palaeolithic reindeer, however, there is no clear model explaining their movement. An animal's habitat and pattern of mobility hypothetically affect bone density and limb bone morphology, as has been demonstrated in several large vertebrate species (DeGusta and Vrba, 2003; Bignon et al. 2005; Van Asperen, 2010). This project will identify the impact of habitat type and mobility on bone density and morphology of reindeer living in different habitats using Computer Tomography (CT) and geometric morphometric techniques (GMM). Once the relationship between habitat, mobility and bone structure has been quantified, the information collected will be applied to faunal assemblages from Upper Palaeolithic archaeological sites in Southwestern France and used to reconstruct patterns of prey mobility. Thus, this project proposes an actualistic approach that will allow us to reconstruct migratory patterns of Palaeolithic reindeer and how they affected human hunting strategies and socioeconomic decisions, which will enable us to better understand their behaviour and identify the precise role of reindeer in their economy.

#23 Charlotte Sabaux¹, Christophe Snoeck, Dries Tys, Martine Vercauteren, Mathieu Boudin, Eugène Warmenbol, Rica Annaert, Giacomo Capuzzo, Sarah Dalle, Marta Hlad, Ioannis Kontopoulos, Kevin Salesse, Amanda Sengeløv, Elisavet Stamataki, Barbara Veselka et Guy De Mulder : Cremation urns from top to bottom: excavation methods and contribution of 3D imagery.

¹Ghent University.

Cremation is the dominant funerary rite in northern Europe for ancient times. However, burned human remains have long been neglected by archaeologists because of their deformation and fragmentation. Only recently have they attracted the interest of anthropologists. Today, different methods of manual excavation exist. 3D imaging begins also to be used to study cinerary remains. The aim of this research is to compare these different methods of excavation on Late Bronze Age sites of the Meuse Basin in Belgium and combine this with 3D imaging to see which method is the most suitable and relevant. The importance of tomography / CT scan prior to manual excavation will be evaluated. This work is conducted within the framework of the CRUMBEL project (Cremation Urns and Mobility – Population Dynamics in Belgium). The goal is to study the old and recent Belgian archaeological collections of burnt human bones dating from the Neolithic to the medieval period to improve our current knowledge of the living conditions in Belgium between 3000BC and 700AD by means of anthropological and isotopic analyses.



Analyseur XRF Portable | Cartographie μ -XRF Portable | Portable IR et Raman
Handheld XRF Analyzers | Portable μ -XRF Mapping | Portable IR and Raman

Solutions d'analyse de Laboratoire Mobiles Mobile Analytical Lab Solutions

- Analyse Élémentaire
Elemental Analysis
- Imagerie Élémentaire
Elemental Imaging
- Contenu moléculaire des Composés
Molecular Content of Compounds

www.bruker.com

sales.hmp@bruker.com