



ICA II

International Conference on Archaeometallurgy

Contributions of Experimental Archaeology to Excavation and Material Studies

25 septembre - 1er octobre 2019

ART & HISTORY MUSEUM

EA Cu OM

.be belspo



King Baudouin Foundation
Working together for a better society

irA^{CEB} irA^{LMC}

Maison des Sciences de l'Homme
PARIS-SACLAY

nanosciences & innovation
nimbe

cea



LETTRES
SORBONNE
UNIVERSITÉ



KU LEUVEN

DEPARTMENT OF EARTH AND
ENVIRONMENTAL SCIENCES
KU Leuven - BELGIUM



Institut für
Ägyptologie und Koptologie

universität bonn

BAM
Bundesanstalt für
Materialforschung
und -prüfung

EXARC.net
SINCE 2001

GHENT
UNIVERSITY



HEMIMEX®

Organisateurs / Organisers

Verly Georges, Musée Art et Histoire de Bruxelles – section antiquités égyptiennes

Téreygeol Florian, Laboratoire Archéomatériaux et Préviation de l'Altération : LMC IRAMAT UMR5060 CNRS et NIMBE UMR3685 CEA/CNRS

Somaglino Claire, Sorbonne Université – CNRS, UMR 8167 (Orient & Méditerranée), équipe Mondes Pharaoniques

Rademakers Frederik, KU Leuven - Department of Earth and Environmental Sciences

Comité organisateur / Organising committee

Verly Georges, Musée Art et Histoire de Bruxelles – section antiquités égyptiennes

Téreygeol Florian, Laboratoire Archéomatériaux et Préviation de l'Altération : LMC IRAMAT UMR5060 CNRS et NIMBE UMR3685 CEA/CNRS

Somaglino Claire, Sorbonne Université – CNRS, UMR 8167 (Orient & Méditerranée), équipe Mondes Pharaoniques

Rademakers Frederik, KU Leuven - Department of Earth and Environmental Sciences

Auenmüller Johannes, Institut für Ägyptologie und Koptologie Westfälische Wilhelms - Universität Münster

Bats Adeline, Sorbonne Université Lettres - CNRS, UMR 8167 (Orient & Méditerranée), équipe Mondes Pharaoniques

Paardekooper Roeland, EXARC

Marnais Jean-Philippe, Mines d'argent des Rois Francs de Melle

Méaudre Jean-Charles, Laboratoire Archéomatériaux et Préviation de l'Altération : LMC IRAMAT UMR5060 CNRS et NIMBE UMR3685 CEA/CNRS

Comité scientifique / Scientific committee

Auenmüller Johannes, Institut für Ägyptologie und Koptologie Westfälische Wilhelms - Universität Münster

Ballet Pascale, Directrice de la mission archéologique française de Bouto – Univ. Paris Nanterre, Archéologie et Sciences de l'Antiquité (ArScAn, UMR 7041)

Bats Adeline, Sorbonne Université Lettres - CNRS, UMR 8167 (Orient & Méditerranée), équipe Mondes Pharaoniques

Bonnet Charles, Co-directeur de la mission suisse-franco-soudanaise de Kerma Doukki Gel - Académie des Inscriptions et Belles-Lettres

Degryse Patrick, KU Leuven - Department of Earth and Environmental Sciences

Delvaux Luc, Musée Art et Histoire de Bruxelles – section antiquités égyptiennes

Faucher Thomas, Directeur de la mission archéologique du Désert Oriental - IRAMAT - Institut de Recherche sur les ArchéoMATériaux - CNRS UMR 5060 IRAMAT-CEB)

Marchi Séverine, Co-directrice de la mission suisse-franco-soudanaise de Kerma Doukki Gel - CNRS, UMR 8167 (Orient & Méditerranée), équipe Mondes Pharaoniques

Quiles Anita, IFAO, Institut français d'archéologie orientale du Caire, responsable du pôle archéométrie

Rademakers Frederik, KU Leuven - Department of Earth and Environmental Sciences

Salesse Kevin, Université Libre de Bruxelles - Anthropologie et génétique humaine

Sarah Guillaume, IRAMAT - Institut de Recherche sur les ArchéoMATériaux - CNRS UMR 5060 IRAMAT-CEB)

Snoeck Christophe, FWO Postdoctoral Researcher, VUB - CRUMBEL Scientific Coordinator

Somaglino Claire, Sorbonne Université – CNRS, UMR 8167 (Orient & Méditerranée), équipe Mondes Pharaoniques

Tallet Pierre, Sorbonne Université Lettres - CNRS, UMR 8167 (Orient & Méditerranée), équipe Mondes Pharaoniques

Téreygeol Florian, Laboratoire Archéomatériaux et Prévision de l'Altération : LMC IRAMAT UMR5060 CNRS et NIMBE UMR3685 CEA/CNRS

Verly Georges, Musée Art et Histoire de Bruxelles – section antiquités égyptiennes

Warmenbol Eugène, Département d'Histoire, Arts et Archéologie, Faculté de Philosophie et Sciences sociales ULB

Institutions partenaires / Partnerships

Musée Art et Histoire de Bruxelles – section antiquités égyptiennes

EACOM

BELSPO

MSH Paris-Saclay

UMR 3685 NIMBE, LAPA, Saclay

DRAC-SRA Nouvelle Aquitaine

Mines d'Argent de Melle

Ville de Melle

UGent - Faculty of Sciences / Department of Physics and astronomy – Centre for X-Ray Tomography

KU Leuven - Department of Earth and Environmental Sciences

Archéosite d'Aubechies

Egyptian Museum of the University Bonn

EXARC

Sorbonne Université, faculté des Lettres - CNRS, UMR 8167 (Orient & Méditerranée), équipe Mondes Pharaoniques

IRAMAT - Institut de Recherche sur les ArchéoMATériaux - CNRS UMR 5060 IRAMAT-LAPA

Institut für Ägyptologie und Koptologie Westfälische Wilhelms - Universität Münster

Sponsors

Hemimex (<http://hemimex.be>, Avenue Hamoir, 24 F2, 1180-Bruxelles, Tel. +32 (0)2-3722111)

Colloque ICA II

Programme / Program

25 septembre 2019 (Sorbonne Université / Sorbonne University)

08h30 Accueil / Welcome

08h50 **Verly Georges** (Art & History Museum Brussels) : *Introduction et remerciements / Introduction and acknowledgments*

09h00 **Somaglino Claire & Bats Adeline** (Lettres Sorbonne Université) : *L'expérimentation dans l'archéologie de l'Égypte antique : bilan d'étape (p. 14)*

Archéometallurgie / Archaeometallurgy

09h20 **Bonnet Charles & Marchi Severine** (Académie des Inscriptions et Belles-Lettres / CNRS - UMR 8167 Orient & Méditerranée, équipe Mondes Pharaoniques) : *Kerma, l'apport pluridisciplinaire et l'expérimental (p. 15)*

09h40 **Rademakers Frederik & Verly Georges** (KU Leuven / Art & History Museum Brussels) : *Kerma, un four unique (p. 16)*

10h00 **Somaglino Claire** (Lettres Sorbonne Université) : *Expérimentation et fouilles archéologiques - retour d'expérience pour Ayn Soukhna (mer Rouge) (p. 17)*

10h20-10h50 : Pause-café / Coffee Break

10h50 **Verly Georges & Rademakers Frederik** (Art & History Museum Brussels / KU Leuven) : *Ayn Soukhna - une chaîne opératoire complète du cuivre au Moyen Empire (p. 18)*

11h10 **Auenmüller Johannes** (University of Münster): *The remains of a copper-alloy workshop at Amara West (Sudan) (p. 19)*

11h30 **Humphris Jane** (British Institute in East Africa): *How to excavate and understand a 2000-year-old furnace workshop: lessons from experimental archaeology at Meroe (Sudan) (p. 20)*

11h50 Discussions / Discussion

12h20-14h00 : Pause déjeuner / Lunch Break

Alimentation / Food and Food Preparation

- 14h00 **Budka Julia** (LMU Munich): *The Egyptian fire dogs – a re-assessment of possible use and function (p. 21)*
- 14h20 **Bats Adeline** (Lettres Sorbonne Université) : *La chaîne opératoire du pain au début du Moyen Empire d'après les vestiges du site d'Ayn Soukhna (p. 22)*

Sites archéologiques / Archaeological Sites

- 14h40 **Ballet Pascale & Mazou Loïc** (Laboratoire HeRMA / Université Paris Nanterre - ArScAn, UMR 7041) : *Bouto - un centre majeur des arts du feu aux époques ptolémaïque et impériale en Égypte (p. 23)*
- 15h00 **Müller Miriam** (Leiden University): *Metalworking in the city of Avaris (p. 24)*
- 15H20 **Hunkeler Charlotte** (University of Basel): *New Results on the Manufacture and Durability of Cartonnage: Experimental archaeology as a method to understand the history of the 22nd Dynasty cartonnage cases from KV40 (Thebes, Egypt) (p. 25)*

15h40-16H10 : Pause-café / Coffee Break

- 16h10 Films expérimentations / Short Film Screening
- 16h50 Discussions / Discussion

Cocktail à l'Université Sorbonne / Cocktail at Sorbonne University

26 septembre 2019 (ENS PARIS-SACLAY, CACHAN)

Archéoméallurgie / Archaeometallurgy

- 08h50 **Téreygeol Florian** (LMC IRAMAT UMR5060 CNRS et NIMBE UMR3685 CEA/CNRS) : *Introduction*
- 09h00 **Sarah Guillaume, Flament Julien, Arles Adrien & Téreygeol Florian** (CNRS CEB IRAMAT UMR5060 / ArkeMine, CNRS IRAMAT UMR5060) : *La métallurgie extractive de la galène argentifère : bilan des campagnes d'expérimentation de réduction (p. 26)*
- 09h20 **Loepp David** (orfèvre indépendant / Independent Goldsmith - Rome): *Some observations on the replication of precious metal artifacts in experimental archaeology (p. 27)*
- 09h40 **van Bennekom Joosje, Téreygeol Florian & van Bork Ellen** (Rijksmuseum / CEA Saclay / Rijksmuseum): *Metallurgy, silver refinement (p. 28)*
- 10h00 **Shalev Sariel** (University of Haifa & Weizmann Institute of Science): *The use of living traditional craft as "readymade" experimental field lab for studying ancient metals: the case of Myanmar bells (p. 29)*

10h20-10h50 : Pause-café / Coffee Break

Agriculture et Alimentation / Agriculture and Food Production

- 10h50 **Huitorel Guillaume** (UMR 7041 ArScan, GAMA) : *Caractériser les équipements agricoles de Gaule romaine. Apports et limites de l'approche expérimentale (p. 30)*
- 11h10 **Chantran Aurélie & Cagnato Clarissa** (Université Panthéon-Sorbonne) : *Bouilli, frit ou rôti ? Déterminer les modes de cuisson utilisés au Moyen Âge dans le nord de la France (p. 31)*
- 11h30 **Ayeb Loubna & Witzig Sophia** (UMR 5133 Laboratoire Archéorient, Université de Lyon) : *Expérimentation éthno-archéologique de la bière Mésopotamienne (p. 32)*
- 11h50 Discussions / Discussion

12h00-13h30 : Pause déjeuner / Lunch Break

Session posters / Poster Session

13h30-15h00 Session posters, avec présentation oral - Poster Session, including Poster Slam / Par ordre alphabétique - In alphabetical order

Badr Nour Mohamed, Ali Mona Fouad & El Hadidi Nesrin M.N. (Conservation Centre-Grand Egyptian Museum - Ministry of Antiquities / Conservation Department - Faculty of Archaeology – Cairo University): *Experimental study and treatment of the Ptolemaic polychrome coffin lid from Abusir El-Meleq-Ancient Egypt (p. 33)*

Celauro Angela & Maass Alexander (University of Rome La Sapienza / Freiburg Institute for Paleoscientific Studies): *Cadmea and Metalla Aeris in Plinius - The question of zinc in Campania (Italy) and overseas* (p. 34)

Debèque Axelle, Verly Georges, Rademakers Frederik, Marchi Severine & Bonnet Charles (Université Libre de Bruxelles / History Museum Brussels / KU Leuven Art / CNRS-UMR 8167 Orient & Méditerranée, équipe Mondes Pharaoniques / Académie des Inscriptions et Belles-Lettres) : *Les trois fours circulaires de Doukki Gel : archéologie expérimentale, étude technologique et archéométrie* (p. 35)

Fizsman Shana & Snoeck Christophe (ULB-VUB) : *Contaminations métalliques d'ossements anthropiques en contexte funéraire : archéologie expérimentale, anthropologie et archéométrie* (p. 36)

Iannarilli Francesca, Callegher Silvia & Ciampini Emanuele (Université Ca-Foscari de Venise - Italian Archaeological Mission in Sudan): *Natakamani and the Bronze Oil Lamp: Some evidence of metallurgy from Jebel Barkal (Soudan)* (p. 37)

Magdi Shaimaa & Martinez Philippe (Ministry of Antiquities-Egypt): *The interdisciplinary archaeological research project of the tomb of Paser TT367 at Sheikh Abdel Qurna- Luxor* (p. 38)

Mansour Ahmed & Verly Georges (Bibliotheca Alexandrina / Musées royaux d'Art et d'Histoire de Bruxelles – EACOM): *Case Study of Metallurgical Workshops of Ain Sukhna* (p. 39)

μCT-scans et 3D / μCT-scans and 3D

15h00 **De Kock Tim & Boone Matthieu** (Ghent University): *High-resolution X-ray tomography: advantages, limitations and use in (experimental) archaeology* (p. 40)

15h20 **Méandre Jean-Charles, Arles Adrien, Sarah Guillaume & Téreygeol Florian** (UMR 3685 NIMBE, LAPA, SACLAY / ArkeMine, CNRS IRAMAT UMR5060) : *Photogrammétrie et archéométaballurgie expérimentale* (p. 41)

15h40 **Pubblico Diletta** (University of Napoly « L'Orientale »): *The transcultural network between science and the humanities: an interdisciplinary approach to the study of animal mummies* (p. 42)

16h00 **Gauthier Joseph, Ars Christophe, Heckes Jürgen & Florsch Nicolas** (CNRS UMR 6249 Chrono-environnement) : *Première approche des systèmes d'aéragé forcé en mine par modélisation numérique des flux d'air* (p. 43)

16h20-16H50 : Pause-café / Coffee Break

16h50 Films expérimentations / Short Film Screenings

17H10 Discussions / Discussion

27 septembre 2019 (ENS PARIS-SACLAY, CACHAN)

Archéométaballurgie / Archaeometallurgy

- 08h50 **Rademakers Frederik** (KU Leuven) : *Introduction*
- 09h00 **Méaudre Jean-Charles, Le Quellec Vincent, Guihard Pierre-Marie, Blanchet Guillaume & Téreygeol Florian** (Pôle archéologique départemental de l'Aisne / UMR 3685 NIMBE, LAPA, Saclay) : *Le faux-monnayage du « Clos-Paul » à Charleville-Mézières. Essai de restitution d'une chaîne opératoire complexe (p. 44)*
- 09h20 **Bauvais Sylvain & Disser Alexandre** (LAPA-IRAMAT, NIMBE, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA Saclay) : *Le rôle des ajouts de forge dans la signature chimique des objets en fer : récents apports de l'expérimentation archéologique (p. 45)*
- 09h40 **Mercier Florence, Foy Eddy, Ferrari Erica & Téreygeol Florian** (LAPA-IRAMAT, NIMBE, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA Saclay) : *L'archéologie expérimentale en laboratoire : Essais sur les recettes du papyrus de Leyde et du papyrus de Stockholm (p. 46)*

Céramique : Techniques et relevés / Ceramic Technology: Technics and Plots

- 10h00 **Géraud Manon & Peyrat François** (Laboratoire TRACES UMR 5608 – Université Toulouse Jean Jaurès / Céramiste) : *Céramique médiévale (Retrouver les gestes des potiers commingeois : apport de l'expérimentation à l'étude d'une production céramique médiévale, la Commingeoise) (p. 47)*
- 10h20 **Dupont-Delaleuf Armance** (Université Paris Nanterre – ArScAn, UMR 7041) : *Émergence du façonnage céramique au tour : une archéologie expérimentale des logiques et des gestes techniques (Asie centrale, Protohistoire) (p. 48)*

10h40-11h10 : Pause-café / Coffee Break

Céramique technique : session spéciale creuset I / Ceramic Technology: Crucible Session I

- 11h10 **Claes Wouter & Davey Christopher J.** (Art & History Museum Brussels / Australian Institute of Archaeology - University of Melbourne): *An Early Dynastic Crucible from the Settlement of Elkab (Upper Egypt) (p. 49)*
- 11h30 **Verly Georges, Rademakers Frederik & Marchand Julie** (Art & History Museum Brussels / KU Leuven / HiSoMA MOM CNRS) : *Creusets d'Ayn Soukhna - techniques et expérimentations (p. 50)*
- 11h50 **Rademakers Frederik, Rehren Thilo, Pusch Edgar & Farci Carlotta** (KU Leuven / The Cyprus Institute / Roemer-Pelizaeus Museum Hildesheim / Exeter University): *Bronze technology at New Kingdom Pi-Ramesses: distinguishing production methods through small-scale laboratory experimentation (p. 51)*

12h10-13h40 : Pause déjeuner / Lunch Break

Céramique technique : session spéciale creuset II / Ceramic Technology: Crucible Session II

- 13h40 **Téreygeol Florian & Mazou Loïc** (LMC IRAMAT UMR5060 CNRS et NIMBE UMR3685 CEA/CNRS / Laboratoire HeRMA / Université Paris Nanterre – ArScAn, UMR 7041) : *Un exemple de fonte avec ventilation apicale de l'Antiquité tardive : expérimentations à Bouto (Égypte) autour de la métallurgie du cuivre (p. 52)*
- 14h00 **Cadet Mélissa, Téreygeol Florian & Price Thomas Oliver** (LMC IRAMAT UMR5060 CNRS et NIMBE UMR3685 CEA/CNRS) : *Réduction expérimentale de cuivre basée sur le modèle du complexe de Vilabouly - site de la préhistoire tardive au Laos PDR (p. 53)*

Sites archéologiques / Archaeological Sites

- 14h20 **Sigl Johanna et al.** (German Archaeological Institute Cairo): *My home, my work, my daily life. Multi-method research on Middle Kingdom material from Elephantine, Aswan, Egypt (p. 54)*

Anthropologie / Anthropology

- 14h40 **Salesse Kevin, Snoeck Christophe et al.** (Université Libre de Bruxelles / Vrije Universiteit Brussel): *Burning Shoes - An Experimental Approach for Detecting the Presence of Garments worn by the Deceased. Contribution of Biochemical Analyses on Cremated Bones (p. 55)*

15h00-15h30 : Pause-café / Coffee Break

Archéométaballurgie / Archaeometallurgy

- 15h30 **Téreygeol Florian & Pasquet Sylvie** (LAPA-IRAMAT, NIMBE, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA Saclay / Centre d'études sur la Chine moderne et contemporaine, UMR Chine-Corée-Japon, CNRS) : *Fondre et coupeller lors d'une même chauffe : premier essai à partir des exemples de fours du XIX^e siècle du Yunnan (Chine) (p. 56)*

- 15h50 **Fregni Giovanna** (EXARC): *Smoke and Mirrors* (p. 57)
- 16h10 **Leroy Stéphanie, Bauvais Sylvain, Delqué-Kolic Emmanuelle, Dumoulin Jean-Paul, Josso Nicolas, Soutif Dominique, Hendrickson Mitch, Brice Vincent & Pottier Christophe** (LAPA-IRAMAT, NIMBE, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay) : *Reconstitution expérimentale d'un bas-fourneau angkorien : enjeux archéologique et archéométrique* (p. 58)
- 16h30 Films expérimentations / Short Film Screenings
- 17h30 Discussions / Discussion

28 septembre au 1^{er} octobre 2019 (Plateforme expérimentale de Melle dans le Poitou, IRAMAT)

Intervenants : (par ordre alphabétique) / Participants: (in alphabetical order)

Metallurgie / Metallurgy

Celauro Angela (Foundation Blanceflor Boncompagni Ludovisi nee Bildt, Deutsches Bergbau-Museum Bochum)

Disser Alexandre (UMR 3685 NIMBE, LAPA)

Faucher Thomas (CNRS, IRAMAT)

Fregni Giovanna (EXARC)

Gauthier Joseph (UMR 6249 Chrono-environnement, Besançon)

Guillaume Sarah (MAE Nanterre, CEB IRAMAT, UMR 7041)

Le Quellec Vincent (Pôle archéologique départemental de l'Aisne)

Loepp David (orfèvre)

Méaudre Jean-Charles (UMR 3685 NIMBE, LAPA, Paris-Saclay)

Rademakers Frederik (KU Leuven)

Téreygeol Florian (CNRS, IRAMAT)

Verly Georges (Art & History Museum Brussels)

Technologies / Other Technologies

Bats Adeline (Lettres Sorbonne Université)

Budka Julia (LMU Munich, Institute of Egyptology and Coptology)

Florsch Nicolas (Sorbonne Université, Faculté des Sciences)

Mercier Florence (UMR 3685 NIMBE, LAPA, Paris-Saclay)

Peyrat François (céramiste)

*L'expérimentation dans l'archéologie de l'Égypte antique : bilan
d'étape*

Somaglino Claire & Bats Adeline

Lettres Sorbonne Université

Bonnet Charles¹ & Marchi Severine²

1 Co-directeur de la mission suisse-franco-soudanaise de Kerma Doukki Gel - Académie des Inscriptions et Belles- Lettres

2 Co-directrice de la mission suisse-franco-soudanaise de Kerma Doukki Gel - CNRS, UMR 8167 (Orient & Méditerranée), équipe Mondes Pharaoniques

Il y a plus d'un siècle, l'archéologue américain George Reisner engageait des fouilles au Soudan, sur le site de Kerma au sud de la 3^e cataracte. Il faisait dégager la deffufa occidentale par plusieurs centaines de terrassiers soudanais et égyptiens. L'édifice de briques crues qui s'élevaient encore à plus de 20 mètres de hauteur était entouré par les vestiges de plusieurs bâtiments considérés par le savant comme l'emplacement d'un centre administratif associé au palais fortifié d'un gouverneur venant d'Égypte.

La reprise des fouilles par la mission suisse puis suisse-franco-soudanaise a permis de démontrer que cet étrange bâtiment entouré par un quartier religieux était en réalité voué au culte et dominait une immense ville dont l'occupation couvre plus d'un millénaire. Capitale d'un royaume nubien indépendant qui s'étendait bien en amont de la 4^e cataracte, Kerma était au cœur d'un système d'échanges commerciaux parfaitement organisés entre les régions d'Afrique centrale et l'Égypte. Plus récemment, les recherches menées sur le site de Doukki Gel (l'antique Panébès), à moins d'un kilomètre au nord, ont montré que le centre administratif et religieux du royaume ne se limitait pas au site dominé par la deffufa mais s'étendait sur plusieurs hectares, avec un second établissement puissamment fortifié.

Cet ensemble unique dans la vallée du Nil offre un terrain d'étude incomparable favorisant des approches pluridisciplinaires. Le réexamen du four de bronzier implanté au pied de la deffufa au tout début du Kerma classique en est un parfait exemple. Partiellement fouillé en 1980-1982, les travaux sur le terrain ont repris en 2018. La fouille, les analyses des matériaux de construction, des creusets et des artefacts métalliques provenant des sites de Kerma et de Doukki Gel, ont livré des résultats préliminaires remarquables qui renouvellent notre connaissance des savoir-faire des artisans nubiens. Ces travaux, couplés à des études archéobotaniques et à de nouvelles datations, permettront également d'appréhender l'implication des métallurgistes de Kerma dans le développement de la technologie du cuivre dans la vallée du Nil.

A unique casting technology at ancient Kerma: reconstructing furnace technology through experiment, (re-)excavation and archaeometry

Rademakers Frederik¹, Verly Georges², Marchi Séverine³ & Bonnet Charles⁴

1 KU Leuven, Department of Earth and Environmental Sciences

2 Art and History Museum, Brussels

3 Co-directrice de la mission archéologique Kerma-Doukki Gel - CNRS, UMR 8167 (Orient & Méditerranée), équipe Mondes Pharaoniques

4 Co-directeur de la mission archéologique Kerma-Doukki Gel - Académie des Inscriptions et Belles-Lettres

Kerma is a key site in ancient Sudan, at a cross-roads between ancient Egypt to the north and sub-Saharan Africa to the south, but also the east-west trade routes crossing the continent. Its material culture reflects these different influences but equally represents strong local traditions.

During the Classic Kerma (eighteenth to sixteenth century BCE), a metallurgical workshop was constructed in the middle of the religious quarter, which was first discovered by Bonnet (1986). He identified a particularly shaped furnace as related to bronze metallurgy, but its precise functioning was never fully reconstructed. Similarly shaped furnaces are known only from New Kingdom Pi-Ramesse (Egypt), but these are several centuries younger and their functioning remained similarly unclear.

Having the foresight to leave part of the furnace unexcavated and its remains carefully covered at the time, Bonnet now offered the opportunity to a new generation of archaeometallurgists to re-excavate this furnace during the 2018-2019 campaign and create a full photogrammetry 3D model. Drawing on insights from pre-excavation experimentation (based on the original excavation reports), newly discovered features and in-situ pXRF measurements, a completely new interpretation of this furnace is now proposed. Its functioning within the *chaîne opératoire* of bronze production offers exciting new perspectives on the existing technological know-how in the region at this time. It is the first ancient example world-wide of this particular casting technology currently known.

Bonnet, C., 1986. Un atelier de bronziers à Kerma, in Krause, M., *Nubische Studien. Tagungsakten der 5. Internationalen Konferenz der International Society for Nubian Studies, Heidelberg, 22.-25. September 1982*. Mainz: Verlag Philip Von Zabern, 19-22.

Expérimentation et fouilles archéologiques
Retour d'expérience pour le site d'Ayn Soukhna (mer Rouge)

Somaglino Claire

Maîtresse de conférences, Lettres Sorbonne Université

Verly Georges¹, Rademakers Frederik² & Somaglino Claire³

1 Musée Art et Histoire de Bruxelles – EACOM/BELSPO

2 KU Leuven, Department of Earth and Environmental Sciences

3 Lettres Sorbonne Université

L'étude des techniques et des structures métallurgiques provient de la fouille d'ateliers et de l'étude des artefacts qui y sont associés. L'approche archéologique, afin d'établir une chaîne opératoire spécifique de la métallurgie à Ayn Soukhna, permet de proposer diverses hypothèses de recherches. Ces hypothèses évoluent au fil des ans puisque chaque campagne de fouille apporte son lot des nouvelles découvertes. Chaque hypothèse requiert l'intervention d'une longue phase d'archéologie expérimentale protocolée, appuyée par l'archéométrie. L'expérimentation, réalisée en Europe, permet notamment l'élaboration de diverses analyses programmées. La nouveauté de la dernière campagne de fouille en 2019 est d'analyser directement in situ les structures, les unités stratigraphiques et les artefacts afin d'augmenter la documentation et d'améliorer nos techniques de fouille (à l'instar de l'archéologie expérimentale qui permet également de toujours mieux fouiller).

The remains of a copper-alloy workshop at Amara West (Sudan)

Auenmüller Johannes

University of Münster

During the 2014 and 2015 seasons of the British Museum research excavations at Amara West (Sudan), archaeological remains and waste material from a copper-alloy workshop were discovered. Crucible fragments, tuyère parts as well as slagged and vitrified mud bricks came to light amongst extensive stratified deposits of pottery sherds, charcoal and ashes dating to the earlier phases of the town, that was founded in the 19th Dynasty in Upper Nubia by Sethi I.

The paper will first give an overview of the archaeological remains. It will then address the question of how the evidence can be reconstructed by putting the Amara West metalworking finds into the context of Late Bronze Age copper-alloy metallurgy. While the Amara West materials conform to the well-known Qantir repertoire technologically, they do not represent an industrial production, but rather smaller-scale operations adjusted to the metallurgical needs of the Pharaonic foundation Amara West.

How to excavate and understand a 2000-year-old furnace workshop: lessons from experimental archaeology at Meroe (Sudan)

Humphris Jane

British Institute in East Africa

In 2012 a new archaeometallurgical research programme began at the Royal City of Meroe in Sudan, one of Africa's most famous iron production centres. Remarkably, despite the notorious designation as 'The Birmingham of Africa' and the handful of quite sensational earlier publications, it became quickly apparent that in fact very little was known about the iron technologies of Meroe. After several seasons of excavations, an experimental approach was initiated to assist the team in excavating and understanding the archaeometallurgical remains, and to inspire interest within broader non-academic communities, especially those living around Meroe today. This approach has significantly furthered our archaeological research methods and our interpretations of the archaeological record. At a site with over one thousand years of iron production history represented by an extraordinary scale of archaeometallurgy, the experiments have illuminated aspects of the ancient technology that may not have been understood otherwise. To date, three furnace workshops have been discovered by the team, and the excavation strategies of two of these have been dictated largely by the experimental work. However, as we continue to amalgamate the results of our archaeological and experimental research, important cautionary lessons have also been learnt. This paper will outline our approaches to excavating these furnace workshops to demonstrate the contributions that our experiments, and experimenters, continue to make to enabling an appreciation of the skills and knowledge of Meroe's iron producers.

Keywords: Sudan

La chaîne opératoire du pain au début du Moyen Empire

Budka Julia

LMU Munich, Institut für Ägyptologie und Koptologie

The paper will present the so-called fire dogs which are frequently found in Egyptian settlements in both Egypt and Sudan, especially during the New Kingdom. The common assumption is that these vessels, regularly showing burnt parts and traces of soot, were used to hold a cooking pot over a fire. However, several aspects about the specific use and function remain unclear and require a fresh approach, including results from experimental archaeology.

The ERC AcrossBorders project investigated this group of technical ceramics during the last years considering new finds from the town of Elephantine (Egypt) and Sai Island (Sudan) and conducting several sets of experiments with replicas of fire dogs and cooking pots at the "MAMUZ" open-air Museum in Asparn (Austria).

The experiments' results provide a new basis for discussing the specific role of fire dogs for cooking in ancient Egypt. A possible multi-functional use of the so-called fire dogs will be debated, presenting both the results from the conducted experiments and the archaeological evidence from Elephantine and Sai Island, including the analysis of associated ceramics found together with fire dogs in settlement contexts.

Keywords: cooking, fire dogs, experimental archaeology, Egypt, Sudan, New Kingdom, settlement archaeology, fire places, cooking vessels, Elephantine, Sai Island

*La chaîne opératoire du pain au début du Moyen Empire :
d'après les vestiges du site d'Ayn Soukhna*

Bats Adeline

Lettres Sorbonne Université

La chaîne opératoire du pain au début du Moyen Empire aux époques ptolémaïque et impériale en Égypte

Ballet Pascal & Mazou Loïc

Laboratoire HeRMA / Université Paris Nanterre - ArScAn, UMR 7041

La chaîne opératoire du pain au début du Moyen Empire

Müller Miriam

University of Leiden

Ancient Egyptian settlements often yield a plethora of evidence for different crafting processes as can be seen in the finished products, raw materials or tools for manufacture. Where these activities took place often remains obscure when solid evidence for workshops often attached to large scale buildings such as temples and palaces is missing. This paper will focus on the process of metalworking in the ancient city of Avaris, modern Tell el-Dabca. While Avaris became famous as the capital of the Hyksos in the Second Intermediate Period, the city had a significant history before the takeover of power by the foreign Asiatic kings. A residential area in the city center during the late Middle Kingdom and beginning Second Intermediate Period generated substantial evidence for metalworking in form of copper-alloy and bronze tools as well as the associated molds documenting a production in the neighborhood. Permanent installations in form of small workshops are, however, hard to pinpoint. The paper will discuss where and in which context – by individual households or within the community – this craft could have taken place. In comparison with other neighborhoods in Tell el-Dabca the setting for private household production and institutionalized workshop manufacture will be examined.

*New Results on the Manufacture and Durability of Cartonnage:
Experimental Archaeology as a Method to Understand the History of the 22nd
Dynasty Cartonnage Cases from KV40 (Thebes, Egypt)*

Hunkeler Charlotte

University of Basel, Egyptology

The ancient Egyptian elite used a set of two to four coffins to bury their deceased. During the 22nd Dynasty (943–715 BC), the inner coffins were composed of cartonnage. Adams' 'Manufacture of Ancient Egyptian Cartonnage Cases' (1966) was the first to research this special type of inner coffins. Krekeler (2007) enriched our knowledge from a conservator's point of view in her work 'Herstellungstechnik einteiliger ägyptischer Kartonagesärge'.

Over 1500 cartonnage fragments have been excavated in tomb 40 of the Kings' Valley in Thebes, Egypt. KV40 is the largest non-royal tomb and was reused from the 22nd to the early 25th Dynasties. The research of the University of Basel Kings' Valley Project (UBKVP) has shown that the tomb was subject to several looting activities and that fire was set some time after the end of the reuse of the tomb. To better understand the situation of the KV40's cartonnages, I am interested in comprehending their characteristics through tackling the following questions: How quickly was a cartonnage case manufactured and decorated? How easily could it be broken into parts? And how fast does cartonnage burn?

In November 2018, I organised a two-day workshop in collaboration with Elsbeth Geldhof (a conservator and specialist in ancient pigments), the University of Basel's Doktoratsprogram, and the Antikenmuseum in Basel. The workshop aimed to answer the questions arisen from the study of the KV40's cartonnage cases. In this paper, I would like to present two so far unpublished results: (1) chaîne d'opératoire of the decoration process, and (2) durability and destructibility of cartonnages.

*La métallurgie extractive de la galène argentifère :
bilan des campagnes d'expérimentation de réduction*

Sarah Guillaume¹, Flament Julien¹, Arles Adrien² & Téreygeol Florian³

1 CEB IRAMAT UMR5060 CNRS

2 Arkemine

3 LAPA NIMBE

La production de l'argent aux époques anciennes était généralement réalisée à partir d'un minerai de galène (sulfure de plomb de formule PbS). Après les étapes d'extraction et de minéralurgie, la chaîne opératoire était composée de deux étapes principales : la réduction du minerai, par la transformation de la galène en plomb métallique, puis la coupellation, procédé par lequel le plomb est oxydé pour récupérer l'argent qu'il contient. La première de ces deux étapes est fréquemment laissée de côté par les chercheurs ayant traité de la métallurgie de l'argent et du plomb aux époques anciennes, considérant que la transformation du minerai de galène en plomb métallique ne nécessite pas d'explication particulière. Si cela est juste lorsque le minerai est séparé du combustible lors d'une opération réalisée au creuset, les campagnes expérimentales menées depuis 2010 ont mis en évidence les difficultés liées à la réalisation de cette transformation lorsqu'elle est menée directement au sein du foyer.

Cette communication vise à présenter dans un premier temps la maigre documentation archéologique qu'il est possible de rapprocher de cette opération métallurgique et les données textuelles et iconographiques issues de traités médiévaux ou du début de la période moderne qui s'y rattachent. Dans un second temps, nous proposerons une synthèse des méthodologies employées (caractéristiques des fours, des combustibles, des minerais...) ainsi que les résultats obtenus, pour une meilleure compréhension de cette opération métallurgique plus complexe à mettre en pratique que certains ont pu l'écrire.

*Some observations on the replication of precious metal artifacts
in experimental archaeology*

Loepp David

Independent Goldsmith – Rome

Experimental research on ancient artifacts in precious metals is rarely conducted, largely due to the high costs of materials and the objective lack of qualified practitioners. Quite often it is the archaeologist who undertakes experimentation and through constant practice acquires a sufficient degree of expertise. Such has been the case for ceramic ware production, the smelting of ores or the refining of precious alloys. Metal crafts however require a degree of specialization that one cannot expect to master in a brief time span. Generally, research limits itself to the paradigm of the universal properties of material processes and analogies with previous work conducted by practitioners in the best of cases. In this approach, conclusions may be little more than claims based on citation. If anything, they lack insights acquired through material manipulation as well as the obvious advantage of producing experimental data to compare with archaeological and archaeometric data. It is only in this latter case that effective conclusions may be drawn or that hypotheses for further experimentation be proposed.

In order to illustrate this problem we present a series of findings in experimental research from the viewpoint of the practitioner. In order to perform the experiments, we relied on archaeological data and archaeometric analyses performed on the artifacts to be replicated, when available, and probable conditions of the historical work environment. The project is further integrated with the interpretation and production of chemical compositions described in ancient texts.

van Bennekom Joosje¹, Téreygeol Florian² & van Bork Ellen¹

¹ Rijksmuseum

² CEA Saclay

The Auricular style, in Dutch known as Kwabstijl, was developed in in the early 17th century by the silversmiths Adam and Paulus van Vianen. The style breaks with all former conventions in silver works of art, with the shapes having an unclear contour, contrary to the classical symmetrical style of the Renaissance. When looking at the alloy of several works of Adam van Vianen, with X-ray fluorescence, calibrated with a silver standard set with many different ranges in impurities and recalculated by PyMCA, a much higher silver percentage (97-98%) was found in the silver than was commonly used by contemporary silversmiths, or was demanded by the assay office (93,5%). A lower bismuth content level seems to be characteristic too. The lead percentage however, stays roughly the same in both the van Vianen silver and other Dutch 17th century pieces. It is the hypothesis that Van Vianen used a high percentage of silver, as it is more malleable, and he could therefore obtain extreme deformation of the silver without crack formation. Reconstructions in refinement of silver will be done in the open-air museum on the Carolingian silver mines of Melle (France). Recipes of contemporary sources, the Bergbuchlein und Probierbuchlein (Calbus of Freibergand, 1524), Description of Leading Ore Processing and Mining Methods (Lazarus Ercker, 1574), De Re Metallica (Georg Agricola, 1556) will be followed, giving us an indication whether fire refining indeed cause a lower bismuth concentration and a stabile lead concentration. The article will focus on the process of the silver refinement, the results hereof and how this relates to the Van Vianen pieces.

Keywords: metallurgy, silver refinement

*The use of living traditional craft as “readymade” experimental field lab
for studying ancient metals: the case of Myanmar bells*

Shalev Sarel

Univ. of Haifa & Weizmann Inst of Science

Hundreds of bells are hanged in Myanmar temples bearing dedication inscriptions with the exact dates in which they were donated to the temples. The age of these bells spread from at least 1552 until today, representing more than 450 years of metal production and therefore is a “high resolution” archaeological testimony for the history of metal technology in Myanmar. The impact of their study is even greater when considering the current state of Myanmar stratified typology and dating of archaeological sites, objects and production techniques.

During the years 2013-2015 we conducted a preliminary field study of these bells, their distribution, dates and their metal composition. In this paper, we aim at presenting how important the study of today still preserved traditional bell production foundry near Mandalay (used here as “living” field experimental lab) could be and how it could clarify important aspects in ancient metallurgy of Myanmar - in particular, and in bells production technology and archaeometallurgy - in general.

Keywords: methodology, thematic - metallurgy

*Caractériser les équipements agricoles de Gaule romaine.
Apports et limites de l'approche expérimentale*

Huitorel Guillaume

UMR 7041 ArScan, GAMA

L'identification et la caractérisation des équipements économiques découverts par l'archéologie sont des opérations souvent délicates. Les méthodes et les disciplines habituellement employées ne suffisent pas toujours pour répondre à des problématiques concrètes et appréhender la structure, le fonctionnement et la fonction des outils et des bâtiments d'exploitation de Gaule romaine.

Cette communication a pour objectif de présenter les protocoles, les apports et les limites d'une démarche expérimentale portant sur des outils et une installation de la culture et du traitement des céréales. Comment la restitution et l'utilisation de ces équipements permettent d'apporter de nouveaux éléments de réflexions aux problématiques les concernant et surtout d'ouvrir de nouvelles pistes de recherche afin d'améliorer leur caractérisation mais également leur fouille et leur étude ?

Trois équipements testés depuis 2016 dans le cadre d'une convention entre le CNRS et le département du Val-de-Marne seront présentés : outil en bois de cerf, outil en fer à lame échancrée et installation de séchage.

*Bouilli, frit ou rôti ?
Déterminer les modes de cuisson utilisés au Moyen Âge dans le nord de la
France.*

Chantran Aurélie & Cagnato Clarissa

Université Paris I – Panthéon – Sorbonne

Les pratiques culinaires évoluent durant le Moyen âge, mais il est difficile de percevoir les détails de ces évolutions, encore peu étudiés. Les ustensiles et les foyers changent, de nouvelles variétés animales et végétales sont introduites. Cela pourrait être mis en relation avec des changements de goûts et de recettes. Pour le savoir, il nous faut pouvoir déterminer sur le matériel archéologique les modes de cuisson ayant été utilisés et comparer leur usage selon les contextes et le temps. C'est dans ce but qu'a été réalisée une expérimentation visant à caractériser les stigmates de différents modes de cuisson. Les résultats ont permis de créer des référentiels pour la céramique, le matériel osseux animal et les restes végétaux. La céramique, en particulier, a pu être comparée aux restes archéologiques ; l'étude des traces de cuisson ayant livré récemment ses premiers résultats. La démarche sera présentée – de la question à ces premières réponses – montrant tout l'intérêt de l'approche expérimentale dans ce cadre d'étude.

Ayeb Loubna & Witzig Sophia

Université de Lyon

La bière, une des boissons les plus consommées au monde, est riche d'une histoire plurimillénaire. À partir de sources textuelles cunéiformes retrouvées dans différents sites mésopotamiens, confrontées aux apports des fouilles archéologiques, nous avons brassé une bière mésopotamienne. D'une part, nous avons tenté de définir un processus de brassage d'après les textes, dont les informations à ce sujet restent lacunaires. D'autre part, nous avons essayé de déterminer quels types d'instruments et de conteneurs en céramiques étaient impliqués dans le brassage de la bière en Mésopotamie, grâce aux différentes sources à notre disposition (archéologie, iconographie, ou encore anthropologie). Notre réflexion s'est également portée sur le rôle de la bière au sein des sociétés étudiées, et des critères de sélection des ingrédients entrant dans la composition de cette boisson : aromates, levures, ou encore types de céréales. Ce processus ethnoarchéologique expérimental, qui bénéficie des apports de différents spécialistes, en est encore à ses débuts. Toutefois, il met dès à présent en exergue les multiples enjeux liés au brassage de la bière, ainsi que les limites actuelles de nos connaissances sur cet artisanat pourtant si ancien.

*Experimental study and treatment of the Ptolemaic polychrome coffin lid
from Abusir El-Meleq-Ancient Egypt*

Badr Nour Mohamed¹, Ali Mona Fouad² & El Hadidi Nesrin M.N.²

1 Conservation Centre - Grand Egyptian Museum - Ministry of Antiquities

2 Conservation Department - Faculty of Archaeology – Cairo University

An anthropoid wooden coffin lid belonging to smA-tAwy son of iaH-ms, which was excavated by "Otto Rubensohn" at Abusir El-Meleq in 1903-1904, was stored in the basement of the Egyptian museum in Cairo, covered with two textile layers. This coffin lid was severely damaged and in a bad condition; the gesso layer was badly deteriorated (flaking, separation, cupping and overlap of the painted gesso layer). All the deterioration aspects mainly occurred because of the shrinkage in the wooden support, due to uncontrolled environmental conditions in the storage room. Two textile sheets with black inscriptions forming an Osiris shroud had been used to cover the painted gesso layer.

Visual observation and assessment were used to understand the deterioration aspects, which were illustrated by 2D drawings. Investigation by imaging technique helped provide a deeper understanding of the painted layers which were used in this coffin lid.

An experimental study using scientific methodology was applied to assess the effect of some treatment and consolidation materials on the colours. According to results obtained treatment was applied with high accuracy to conserve the coffin, which included mechanical cleaning and primary assembly of the flaking layers by using Japanese tissue paper from its reverse side to prepare it for the final assembly in its original position. Stabilization of the friable painted gesso layers, filling of cracks and voids depended mainly on the gap-filling materials applied, which should be reversible, exhibit minimal shrinkage, are easy to carve, strong yet weaker than the wood, whenever possible, exhibit good adhesive properties, long-term flexibility, good light fastness, receptivity to in-painting or colouring.

*Cadmea and Metalla Aeris in Plinius
The question of zinc in Campania (Italy) and overseas*

Celauro Angela¹ & Maass Alexander²

¹Sapienza University of Rome

²F.I.P.S. (Freiburg)

Abstract

In the book XXXIV of Plinius' *Naturalis Historia*, is reported:

[...] fit et e lapide aereo, quem vocant cadmean, celebri trans maria et quondam in Campania [...] commonly translated as: [...] The metal is also got from a coppery stone called by a greek name cadmea (calamine in the note), a kind in high repute coming from overseas and also formerly found in Campania [...] (trans. H. Rackham). This statement contains interpretative issues related to both the nature of *cadmea* or *metalla aeris* (NH in paragraph 100), classically translated as calamine, and its provenance from Campania in Italy and overseas.

In paragraph 100 the term *cadmea* is either referred to an exploited mineral or to an artificial product obtained in the furnace during copper and silver smelting processes. In this acceptance, the term has less a mineralogical but more a functional meaning, in connection to its role within the brass production. *Cadmea* as the vehicle of zinc. In support to this interpretation comes Galen, whose description of *cadmea* in connection to sulphidic orebodies would be explainable as the exploitation of mineral associates such as galena/chalcopyrite-sphalerite.

But why Plinius speaks of Campania when it is known that the region is almost devoid of zinc minerals? The hydrothermal activity in the Campi Flegrei (Solfatara di Pozzuoli) can give an answer. The area is mentioned in Plinius as Colli Leucogei because of the white mud that covers it, coming from fumaroles. This mud is mainly composed by alum and clay but the fumaroles emit products enriched as well in metals like zinc, antimony and arsenic. The Solfatara was exploited since roman times for sulphuric compounds, alum, and compounds as *piombina* and *bianchetto* of less clear nature.

The consideration of *cadmea* as a zinc oxide produced from the roasting of zinc compounds, could solve the provenance issue of areas devoid of calamine such as Campania. Experimental archaeology helped in supporting a hypothesis of its local origin from this special mineral complex from Campi Flegrei.

Keywords: zinc, *cadmea*, mineral complexes, Campania, experimental archaeology

Les trois fours circulaires de Doukki Gel : archéologie expérimentale, étude technologique et archéométrie

Debèque Axelle¹, Verly Georges², Rademakers Frederik³, Marchi Severine⁴ & Bonnet Charles⁵

¹ Université Libre de Bruxelles

² History Museum Brussels

³ KU Leuven Art

⁴ Co-directrice de la mission suisse-franco-soudanaise de Kerma Doukki Gel - CNRS, UMR 8167 (Orient & Méditerranée), équipe Mondes Pharaoniques

⁵ Co-directeur de la mission suisse-franco-soudanaise de Kerma Doukki Gel - Académie des Inscriptions et Belles- Lettres

*Contaminations métalliques d'ossements anthropiques en contexte funéraire :
archéologie expérimentale, anthropologie et archéométrie*

Fizman Shana¹ & Snoeck Christophe²

¹ Université Libre de Bruxelles

² ULB-VUB

Natakamani and the Bronze Oil Lamp: Some evidence of metallurgy from Jebel Barkal (Soudan)

Iannarili Francesca, Callegher Silvia & Ciampini Emanuele

Université Ca-Foscari de Venise - Italian Archaeological Mission in Sudan

During Season 2015/16, the Italian Archaeological Mission in Sudan working at Jebel Barkal brought to light an object that has no parallels in the site: a bronze oil lamp.

This object was found in a context of heterogeneous materials, including pottery, stone-fragments and a large number of beads, located in the south-western corner of the Palace of king Natakamani, probably in secondary deposition.

Unfortunately, the lack of comparisons in the site does not allow us to date the lamp with certainty, but a reasonable stylistic parallel could be recognized in some bronze lamps coming from the tombs of Meroe. By analysing the possible contacts between Meroe and the Hellenistic world we could speculate whether this object was imported or, rather, was a product of local ateliers re-elaborating north-western models.

By presenting the lamp found in the Palace of Natakamani in the context of the II International Conference on Archaeometallurgy it is hoped that potential terms of comparisons can be found and new collaboration may develop, leading to a better understanding of the, although sporadic, evidence of metallurgy in the Jebel Barkal royal district.

*The interdisciplinary archaeological research project of the tomb of Paser
TT367 at Sheikh Abdel Qurna- Luxor*

Magdi Shaimaa¹ & Martinez Philippe

1 Ministry of Antiquities - Egypt

The tomb of Paser TT 367 is located in the upper enclosure of the necropolis of Sheikh Abdel Qurna. By its architecture and decoration, it is rather typical of the Eighteenth Dynasty. Paser was a high-ranking military officer during the reign of Amenhotep II. First discovered by Ahmed Fakry in the 1940's, it has been recently thoroughly re-excavated and documented by the first author.

The archaeological research project aiming at a multi-focus documentation and excavation in which the areas were cleaned by hand and the features that observed were fully excavated accordance with guidelines, photographed, numbered sequentially and recorded by the total station. All the finds and the objects, which came from the excavation, were recorded, described, measured, photographed and sketched. Finally, we classified all the finds and packed them in wooden and plastic boxes. The project uses high-resolution digital imaging and 3D photogrammetric reconstruction, as well as an array of non-invasive physicochemical techniques aiming at the understanding of the physicality of the work of art.

The excavation work at tomb TT367 generated different archaeological materials comprising human and animal bones, ushabti, and fragments of coffin, pottery, textile and other archaeological materials which recovered from several features within three shafts.

Bones were identified to species and element, quantified by fragment count, weighted as well as measurements and examined by the CT scanning machine.

Mansour Ahmed¹ & Verly Georges²

1 Bibliotheca Alexandrina, 2 Musées royaux d'Art et d'Histoire de Bruxelles - EACOM

The state of conservation of the metallurgical workshops of Ain Sukhna gives us a good model of a copper operating chain. Indeed, metallurgy is a highly specialized and economic activity. Thus, researchers need specialized knowledge in the various stages of the chaîne opératoire, with regard to the overall archaeological context; e.g., the different historical periods, the nature of the ore or metal, and the how-to-do the experiments. On one hand, the experimental metallurgy reflects the use of modern science to understand the ancient Egyptian metallurgy. Technically, the undertaking of well-recorded experimental metallurgy can be extremely useful to recognize the fragments or artifacts, and to understand the sorts of problems that ancient miners and metallurgists had to deal with as they developed their technology. On the other hand, the experiments that had been done by KU Leuven served to understand the technical features and the chemical exchanges of the ores during the reduction and fusion phases. Thus, this paper aims to provide a complete vision of the chaîne opératoire of copper melting furnaces at Ain Sukhna; it should give an introduction of the metalworking iconography during the middle kingdom, the paper will display, discuss and analyze the experimental reconstruction at Ain Sukhna metallurgical workshop in the light of modern science with reference to the metalworking scenes.

Keywords: Egypt (metallurgy), Pyro-technology (production and processing of metals)

*High-resolution X-ray tomography:
advantages, limitations and use in (experimental) archaeology*

De Kock Tim & Boone Matthieu

Ghent University

Méaudre Jean-Charles¹, Arles Adrien², Sarah Guillaume³ & Téreygeol Florian¹

1 LAPA IRAMAT

2 Arkemine

3 CEB IRAMAT, CNRS

Utilisée depuis de nombreuses années en cartographie aérienne et à présent de façon croissante en archéologie grâce au développement de la puissance de calcul informatique, la photogrammétrie présente également un intérêt dans le cadre des expérimentations paléométaballurgiques. Cette technique, qui permet de produire des modèles tridimensionnels à partir d'une série de photographies à l'aide d'un fort recouvrement, fournit des données nouvelles autant que riches. Nous présenterons ici deux exemples liés à l'expérimentation en archéologie minière et minéralurgique.

L'abattage au feu

La photogrammétrie facilite et améliore en premier lieu le suivi des opérations d'extraction liées à la mise en œuvre de la technique d'extraction par le feu. À partir d'une série de photographies, il est ainsi possible de produire les modèles tridimensionnels d'un front de taille au cours d'une succession d'abattages et ainsi d'évaluer les volumes de roche extraite et de suivre l'évolution morphologique du front de taille.

La mouture du minerai

Depuis le Moyen Âge central, la mise en place de moulins hydrauliques destinés à broyer le minerai est une réalité sur les sites miniers. Pour la réalisation de notre série expérimentale, nous nous sommes basés sur le corpus issu des fouilles de Castel-Minier (XIII^e – XV^e siècles). La mise au jour de trente-deux exemplaires – complets ou fragmentaires – a débouché sur la taille in situ de meules destinées à nous éclairer sur leur usage. Notre second exemple portera ainsi sur la photomodélisation de ces dernières qui permet ici de faciliter l'observation des surfaces actives, mais aussi de quantifier les pertes de matière.

Mots clés : photogrammétrie et archéométaballurgie expérimentale

*The transcultural network between science and the humanities:
an interdisciplinary approach to the study of animal mummies*

Pubblico Diletta

University of Napoly « L'Orientale »

In 2014 professors, researchers and PhD Candidates from the University of Naples "L'Orientale" worked together to set up the *Museo della Società Africana d'Italia* (SAI), an institution which seeks to preserve and display the collections of African cultural heritage acquired by the Society since the 1880's. Research of the collection led to the discovery of five Egyptian cat mummies among the huge quantity of preserved materials. This discovery became the starting point for a successful collaboration between several Institutions, including Museums, Universities and diagnostic centres.

The Egyptological research phase was focused on a survey of the archives in order to obtain archaeological data on the mummies. The analysis of both the documentary and photographic archives has provided essential sources about when, from whom, and, possibly, where the five cat mummies were acquired. Consequently, this information was compared with animal mummies from well known contextual data, such as specimens emerging from ongoing archaeological surveys, alongside other examples held in the most important Egyptian collections around the world. A second stage of this research project saw the involvement of specialists with the aim of further enriching the knowledge of the cat mummies dataset. The Interdepartmental Centre for Veterinary Radiology of the University of Naples "Federico II" performed radiographic examinations (X-rays and CT-scans), thus providing important information on the mummification techniques, position of the skeletons, cause of death, identification of age, sex, and pathologies. Further investigation included diagnostic and chemical analyses, which were carried out with the help of the R.A.V.A Scientific Analysis Center (Aosta), the Department of Chemical Science of the University of Naples "Federico II", and the Eurac Research Center (Bolzano). The analyses undertaken by these institutions accomplished an in-depth examination of the fibres used in the textiles; an investigation of the nature of the inorganic particles found on the mummies; and an ADN analysis in order to identify the species, respectively. Radiocarbon dating, which was performed by Beta Analytic Limited (London), showed the precise chronology of these finds. Moreover, 3D photogrammetry increased our knowledge of the mummification techniques used. Alongside this it offered an opportunity to compare the examples on many levels under study and it was a useful additional tool for the new exhibition of the mummies. Restoration work continued to preserve the mummies, which was also an opportunity to analyse in depth the wrapping techniques and bandage materials. As the final phase of this research path, the aim of this paper is to show how interdisciplinary approaches and the networks formed between scientists and scholars of the humanities were undoubtedly the best way forward to open new fields of study in order to clarify some, as yet, unanswered questions and also to improve our knowledge of these unique objects. The same interdisciplinary method could be applied to the study of several kinds of objects held in other Museums, to collect comprehensive information and to expand the current data we have on them.

Première approche des systèmes d'aérage forcé en mine par modélisation numérique des flux d'air

Gauthier Joseph¹, Ars Christophe, Heckes Jürgen & Florsch Nicolas

1 CNRS UMR 6249 Chrono-environnement

La question de l'aérage 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, XVIe 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'aérage. 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'aérage. 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.

Mots clés : mine, aérage, modélisation

*Le faux-monnayage du « Clos-Paul » à Charleville-Mézières.
Essai de restitution d'une chaîne opératoire complexe*

**Méaudre Jean-Charles¹, Le Quellec Vincent², Guihard Pierre-Marie³, Blanchet Guillaume³
& Téreygeol Florian¹**

1 Laboratoire Archéomatériaux et Prévision de l'Altération : LMC IRAMAT UMR5060 CNRS et NIMBE UMR3685 CEA/CNRS

2 Pôle archéologique du département de l'Aisne, CNRS HALMA UMR 8164

3 Université de Caen Normandie CRAHAM UMR 6273

Fouillé par la cellule départementale d'archéologie des Ardennes, l'atelier de cémentation du cuivre du site du « Clos-Paul » à Charleville-Mézières (08) – déjà exceptionnel par lui-même – a permis la découverte d'une quarantaine de fragments de moules monétaires. Datés du milieu du III^e siècle apr. J.-C., ces fragments témoignent d'une production opportuniste de faux-monnayage coulé sans lien attendu avec l'activité métallurgique du site. Leur étude, tant archéologique qu'archéométrique, a débouché sur la mise en place d'une série d'expérimentations nouvelles. Nous nous sommes ainsi penchés sur la préparation de la terre à travers la décantation, ce paramètre étant essentiel à la qualité des empreintes. La mise en œuvre du surmoulage, qu'il s'agisse du façonnage des moules ou de leur traitement de surface, constitue l'étape suivante. L'observation des vestiges ayant amené à la définition d'une chaîne opératoire qu'il est permis de mettre en regard avec d'autres sites tel que celui de Qasr-Qarum en Egypte. Nous nous proposons donc de restituer la chaîne opératoire jusqu'à la fonte des monnaies, tout en replaçant le phénomène du faux-monnayage coulé dans son contexte historique.

Mots clés : métallurgie, faux-monnayage

*Le rôle des ajouts de forge dans la signature chimique des objets en fer :
récents apports de l'expérimentation archéologique*

Bauvais Sylvain & Disser Alexandre

LAPA-IRAMAT, NIMBE, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA Saclay

Les inclusions de scorie dans les produits ferreux constituent une source d'information privilégiée pour la compréhension des systèmes techniques et pour les études de provenance. Plusieurs études (Crew 2000 ; Serneels 2002) ont mis en évidence la contribution des composantes des systèmes techniques expérimentaux (parois, charbon, ajouts) à la signature chimique du métal et de la scorie. Dillmann et L'Héritier (2007) ont décelé l'altération de la signature chimique originelle, causée par l'emploi d'ajouts en forge destinés à protéger le métal de l'oxydation à chaud.

Afin de mieux comprendre les mécanismes de diffusion des ajouts au sein du métal et de quantifier cette pollution, une campagne d'expérimentations a été réalisée. Différents matériaux facilement identifiables ont été employés (scorie de réduction, verre pilé) et chaque séquence opératoire a reçu un ajout différent.

Les 5 masses de métal brut ont subi une succession de chauffes et de passes de martelage afin d'obtenir des pièces compactes. Lors de cette première phase d'épuration, seules 3 masses ont subi des ajouts. Les lopins ont ensuite été étirés en barre et repliés sur eux-mêmes par deux fois. Le type et la présence d'ajout a varié afin de relier un type d'ajout à une phase de travail. Un prélèvement de métal a été effectué à l'issue de chaque étape.

L'analyse chimique majeur par EDS de plusieurs milliers d'inclusions sur chaque prélèvement a permis de quantifier la présence de pollution mais surtout d'évaluer son importance et son comportement vis-à-vis des inclusions originelles en fonction de la phase de travail.

L'archéologie expérimentale en laboratoire :
Essais sur les recettes du papyrus de Leyde et du papyrus de Stockholm

Mercier Florence, Foy Eddy, Ferrari Erica & Téreygeol Florian

LAPA-IRAMAT, NIMBE, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA Saclay

L'expérimentation s'est invitée dans toutes les sphères de l'archéologie. Et aujourd'hui, elle se spécialise. Depuis les années 90 du siècle dernier, les archéomètres se sont résolument tournés vers l'archéologie expérimentale jusqu'à forger un nouveau concept « d'expérimentation archéométrique » (Dillmann, 2009). Dans le cas présent, nous proposons une inversion du concept en développant l'archéologie expérimentale en laboratoire. L'exemple de ces essais sur les recettes alchimiques du IV^e siècle de notre ère montre ainsi que des passerelles fiables peuvent être établies entre archéométrie et *experiential archaeology*. Il permet également une réinterprétation de ces recettes métallurgiques à la lumière de résultats tangibles.

Céramique médiévale (Retrouver les gestes des potiers commingeois : apport de l'expérimentation à l'étude d'une production céramique médiévale, la Commingeoise)

Géraud Manon¹ & Peyrat François²

1 Laboratoire TRACES UMR 5608 - Université Toulouse Jean Jaurès

2 Céramiste

La céramique dite « Commingeoise » se distingue d'autres productions médiévales qui lui sont associées par plusieurs caractéristiques, parmi lesquelles son type de pâte et les techniques utilisées pour son façonnage. Des analyses physico-chimiques ont permis de caractériser finement la pâte « commingeoise » et de conjecturer les transformations qu'ont pu subir les matières premières utilisées pour sa fabrication. Des hypothèses concernant la chaîne opératoire de la céramique dite « Commingeoise » ont également pu être émises grâce à l'étude typologique, tracéologique et pétrographique dont celle-ci a fait l'objet.

Nous verrons néanmoins que le recours à l'expérimentation est nécessaire pour développer notre compréhension de la chaîne opératoire de la « Commingeoise » en améliorant la lecture technologique des pots et ainsi retrouver les gestes des potiers. Il s'agit d'une part de préciser les techniques que ceux-ci ont utilisées et d'autre part de tenter d'expliquer leurs choix, afin de retrouver les traditions dans lesquelles s'inscrit cette chaîne opératoire et l'organisation de la production.

Mots clés : céramique médiévale

Émergence du façonnage céramique au tour: une archéologie expérimentale des logiques et des gestes techniques (Asie centrale, Protohistoire)

Dupont-Delaleuf Armance

ARSCAN

An Early Dynastic Crucible from the Settlement of Elkab (Upper Egypt)

Claes Wouter¹ & Davey Christopher J.²

1 Royal Museums of Art and History, Brussels

2 Australian Institute of Archaeology, La Trobe University, Sydney

Since 2009, the Royal Museums of Art and History (Brussels, Belgium) have been excavating the remains of a large settlement at the Upper Egyptian provincial site of Elkab. This settlement has its origin in the Badarian period and was continuously inhabited until Graeco-Roman times. During excavations in the Spring of 2015, a complete and almost intact crucible was discovered on the floor level of one of the rooms of a 2nd dynasty building.

The crucible will be described with the aid of a 3D image and its technology will be discussed with reference to metal-working scenes found in Old Kingdom tombs and experiments conducted with replicas of this type of crucible. It will be argued that these crucibles were at the heart of Early Bronze Age metal-working, refining black copper from comparatively inefficient smelting processes and casting copper to produce sheet metal or moulded objects.

Together with two small furnaces, fragments of furnace lining and remains of copper ore, the crucible from the Elkab settlement is among the oldest direct evidence for ancient Egyptian metallurgy and seems to suggest that a complex copper processing and metal working industry was operating at Elkab from at least the 2nd dynasty onwards.

Keywords: Egypt, crucible, Early Dynastic, metallurgy

Creusets d'Ayn Soukhna - techniques et expérimentations

Verly Georges¹, Rademakers Frederik² & Marchand Julie³

1 Musée Art et Histoire de Bruxelles – EACOM/BELSPO

2 KU Leuven, Department of Earth and Environmental Sciences

3 HiSoMA MOM CNRS

De nombreux fragments et une petite dizaine de creusets complets ont permis d'établir une première approche typologique. Ils sont encodés dans une base de données, concentrant le maximum de données technologiques pertinentes. Grâce aux données archéologiques, deux catégories distinctes sont facilement mises en place : les exemplaires de l'Ancien Empire et ceux du Moyen Empire. Ensuite la céramologie permet d'affiner les catégories. Enfin, l'archéométrie donne une téléologie spécifique à certaines catégories. L'ensemble des données récoltées permettent d'établir des protocoles expérimentaux. Plusieurs années d'expérimentation ont été nécessaire pour comprendre le processus de fusion. Nous en retirons une chaîne opératoire, une compréhension des fours de fusion, la qualification de l'atout majeur qu'est la qualité des pâtes argileuses et leur mode d'utilisation.

*Bronze technology at New Kingdom Pi-Ramesse:
distinguishing production methods through small-scale laboratory
experimentation*

Rademakers Frederik¹, Rehren Thilo², Pusch Edgar B.³ & Farci Carlotta^{4,5}

1 KU Leuven, Department of Earth and Environmental Sciences

2 The Cyprus Institute, Science and Technology in Archaeology and Culture Research Center

3 Roemer-Pelizaeus Museum, Hildesheim

4 University of Exeter, Archaeology Department

5 Cranfield University

Bronze was produced in antiquity through different technological pathways, the most important of which were most likely the alloying of metallic copper and tin, the cementation of copper with tin ore (cassiterite), the co-smelting of copper and tin ores, and the recycling of existing bronze objects. Distinguishing between these different techniques is essential to building a framework for the development of bronze technology across the ancient world.

The study of the crucible assemblage from Pi-Ramesse has revealed a large variety of tin oxide crystal morphologies to occur in crucible slag, which have been interpreted as an indication for different bronze production technologies being practiced in the same New Kingdom workshops (Rademakers *et al.* 2018). However, the interpretation of such tin oxide crystals is sometimes ambiguous and researchers do not always arrive at consistent conclusions for similar morphologies encountered in different contexts. For this reason, a series of scaled laboratory experiments were undertaken to re-create the most common bronze production techniques and investigate the tin oxide morphologies occurring under varying conditions (Rademakers and Farci 2018).

In this presentation, we discuss the results of these experiments with respect to the archaeological evidence encountered at Pi-Ramesse and the validity of their proposed technological interpretation, and point out the most important technological markers valid for future bronze crucible studies.

Rademakers, F.W. and Farci, C. (2018), Reconstructing bronze production technology from ancient crucible slag: experimental perspectives on tin oxide identification, *Journal of Archaeological Sciences: Reports* 18, 343-355.

Rademakers, F.W., Rehren, Th. and Pusch, E.B. (2018): Bronze production in Pi-Ramesse: alloying technology and material use, in E. Ben-Yosef, ed., *Mining for Copper: Essays in Memory of Professor Beno Rothenberg*, Tel Aviv: University of Tel Aviv, pp.503-525.

*Un exemple de fonte avec ventilation apicale de l'Antiquité tardive :
expérimentations à Bouto (Egypte) autour de la métallurgie du cuivre.*

Téreygeol Florian¹ & Mazou Loïc²

1 Chargé de recherche, LAPA-IRAMAT, NIMBE, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA Saclay 91191 Gif-sur-Yvette France

2 Docteur en archéologie antique, chercheur associé au laboratoire HeRMA, Université de Poitiers

Après une première expertise sur le matériel métallurgique issu des fouilles du site de Bouto, une série expérimentale a été organisée sur la plateforme de Melle. Elle a permis de comprendre le type de chauffe avec ce mobilier en usage entre l'époque impériale et le début de la période byzantine (II^e-IV/V^e s. apr. J.-C.). Nous avons pu également apprécier le mode d'élaboration des creusets destinés à la fonte du cuivre métallique. Depuis le site de Bouto a livré de nouveaux exemplaires de creusets, mieux conservés et disposant notamment de leur bec. Surtout il a été mis au jour l'atelier dans lequel se pratiquait cette métallurgie secondaire. En accord avec la direction de la fouille de Bouto, nous avons choisi de resituer l'expérience dans l'*habitus* originel des objets sur lequel elle repose. Outre que les conditions environnementales se rapprochent de la réalité historique, cette relocalisation de l'expérience nous donne accès aux matières premières dont sont constitués les creusets. Une nouvelle fois, la plateforme de Melle se pose comme un lieu de formation, préparatoire à des expériences *in situ* permettant de mieux aborder les savoir-faire.

Persian Crucible Steel: Archaeology, Texts and Preliminary Experiments
site de la Préhistoire Tardive au Lao PDR

Cadet Mélissa¹, Tereygeol Florian², Dillmann Philippe² & Pryce Thomas Oliver³

1 PreTech, UMR 7055 CNRS et LAPA-IRAMAT, UMR 5060 CNRS/CEA

2 LAPA- IRAMAT, UMR 5060 CEA/CNRS

3 PreTech, UMR 7055 CNRS et LAPA-IRAMAT, UMR 5060 CNRS/CEA

Le Complexe de Vilabouly (Laos Central) daté de l'Age du Fer régional (400 av. J. -C - 500 ap. J. -C) est le troisième site d'extraction et de production de cuivre connu en Asie du Sud-Est pour la Préhistoire Tardive. Le complexe a livré un mobilier appartenant à la chaîne opératoire de production du cuivre notamment des scories, creusets, argiles rubéfiées, semi-produits et produits en cuivre et alliages cuivreux ainsi que des signes d'extraction des minerais. L'enjeu principal actuel est de définir le(s) type(s) de minerai(s) employé(s) dans la charge de réduction conditionnant ensuite la complexité du procédé. L'utilisation de malachite avait été privilégiée dans un premier temps, étant donné son abondance dans les minéralisations et son emploi plus simple, jusqu'à la découverte de matte dans le corpus. La matte, rarement retrouvée dans les contextes archéologiques, compte tenu de son intérêt à être réutilisée, implique l'introduction de minerais sulfurés dans la charge de réduction : avons-nous un réel procédé avec matte et utilisation délibérée des sulfures ? Une seconde hypothèse peut être envisagée ; l'utilisation d'un mélange de minerais, la malachite associée à un sulfure. Afin de vérifier certaines de ces hypothèses, une reconstitution expérimentale a été menée à la plateforme de Melle, basée sur les premiers résultats livrés par l'étude du mobilier de Vilabouly. Ces expérimentations visent à tester l'éventualité d'une réduction avec un mélange de minerais (carbonates et sulfures) en creuset. Le but étant de voir si le(s) type(s) de produit(s) obtenu(s) peuvent être comparables au mobilier archéologique.

*My home, my work, my daily life. Multi-method research on Middle Kingdom material
from Elephantine, Aswan, Egypt*

Sigl Johanna¹, Peter Kopp¹, Dagmar Fritzscht², Basem Gehad³, Clara Jeuthe¹, Hassan Khozeym⁴, Claire Malleson⁵, Giuseppina Mutri⁶, Mary Ownby⁷ & Leslie A. Warden⁸

1 German Archaeological Institute Cairo, Egypt

2 Goethe-University Frankfurt am Main, Germany

3 Ministry of Antiquities, Egypt

4 Aswan University, Egypt

5 American University Beirut, Lebanon

6 Sapienza University of Rome, Italy

7 University of Arizona, United States of America

8 Roanoke College, United States of America

With the project 'Realities of Life' the German Archaeological Institute Cairo is since 2013 following a revised excavation strategy in the Middle Kingdom settlement on Elephantine Island. The project aims to get a deeper insight in how daily life in the town around 1800BCE looked like. It also wants to exemplify which results may be achieved, if the full spectrum of available and feasible scientific methods is employed from the onset of a project additionally to standard excavation techniques on a site. The project's international team of researchers is currently focussing on the so-called house 169. Within this house the shift of activity areas, for e.g. food production and jewellery manufacture, and the adjustment of its architecture to the needs of these activities can be followed through more than 150 years of inhabitation. The architectural setting in combination with a distribution analysis of various find groups indicates clean and unclean as well as private and public spaces within the household. The recovered (micro-)artefacts highlight (supra-)regional connections and the state of craftsmanship of its inhabitants. Of special interest are those marks, which are left behind by works in home environment, such as use wear on stone tools, fire-deformations on plant remains, refurbishment traces of vessels and similar.

Bodies on fire: Understanding the heat-induced changes on bone structure by the deceased. Contribution of biogeochemical analyses on cremated bones

SALESSE Kevin^{1,2}, SNOECK Christophe^{3,4}, ANNAERT Rica⁵, BOUDIN Mathieu⁶, CAPUZZO Giacomo¹, DALLE Sarah⁷, DE MULDER Guy⁷, HLAD Marta⁵, KONTOPOULOS Ioannis⁵, SABAUX Charlotte⁷, SENDELØV Amanda¹, STAMATAKI Elisavet⁵, TYS Dries⁵, VESELKA Barbara⁵, WARMENBOL Eugène⁸ & VERCAUTEREN Martine¹

1 Research Unit: Anthropology and Human Genetics, Department of Biology of Organisms and Ecology, Université Libre de Bruxelles, CP192, Avenue F.D. Roosevelt 50, 1050 Brussels, Belgium.

2 UMR 5199: "PACEA - De la Préhistoire à l'Actuel: Culture, Environnement et Anthropologie", University of Bordeaux, Building B8, Allée Geoffroy St. Hilaire, CS 50023, 33615 Pessac cedex, France

3 Research Unit: Analytical, Environmental & Geo-Chemistry, Department of Chemistry, Vrije Universiteit Brussel, AMGC-WE-VUB, Pleinlaan 2, 1050, Brussels, Belgium

4 G-Time Laboratory, Université Libre de Bruxelles, CP160/02, Avenue F.D. Roosevelt 50, 1050 Brussels, Belgium.

5 Maritime Cultures Research Institute, Department of Art Sciences & Archaeology, Vrije Universiteit Brussel, Pleinlaan 2, 1050 Brussels, Belgium.

6 Royal Institute for Cultural Heritage, Jubelpark 1, 1000 Brussels, Belgium.

7 Department of Archaeology, Ghent University, Sint-Pietersnieuwstraat 35, 9000 Ghent, Belgium.

8 Centre de Recherches en Archéologie et Patrimoine, Department of History, Arts, and Archaeology, Université Libre de Bruxelles, CP133, Avenue F.D. Roosevelt 50, 1050 Brussels, Belgium.

If post-cremation life histories of cremated bones 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 or debated in anthropological studies. Among the topics discussed are questions whether the individuals were buried clothed or not and criteria for evaluating indirectly the wealth of deceased or their social status in the past. This study aims to identify – through stable isotope evidences ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$), infrared indices (IRSF, CN:P, *etc.*), and elemental concentrations on calcined bones – if the deceased was shod or not, and whether the burned elements of garments were worn by the dead or simply placed on the pyre. As the shoes are likely one of the most resistant clothing items to fire and might represent a proxy to discuss the presence of any garments items inside the burial. It is hypothesized that foot bones encased in shoes might experience heating conditions characteristic to confined-space cremation (low availability of oxygen, poorly ventilated, *etc.*). These heating conditions could be related to the fact of presence or absence of shoes. For this, we carried out a series of outdoor burnings and laboratory heating experiments. Ventilated and unventilated shoes have been made using vegetable tanned leather (cow and goat). Animal feet (*i.e.* pig), used as proxies for humans, have been burned according different heating conditions. Results from these experiments will be presented.

*Fondre et coupeller lors d'une même chauffe :
premier essai à partir des exemples de fours du XIXe siècle du Yunnan (Chine)*

Téreygeol Florian¹ & Pasquet Sylvie²

1 LAPA-IRAMAT, NIMBE, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA Saclay

2 Centre d'études sur la Chine moderne et contemporaine (CECMC), UMR Chine-Corée-Japon, CNRS

Depuis au moins le IV^e s. av. J.-C., la technique de coupellation est classiquement connue en Europe comme une opération d'affinage clairement dissociée de la réduction. Dans un premier fourneau, la fonte du minerai permet d'obtenir un plomb d'œuvre qui est ensuite repris dans un four de coupellation afin de libérer l'argent par oxydation progressive du plomb. Ce dernier sous forme de litharge est retiré mécaniquement du four et / ou absorbé par la sole. En dépit d'évolutions techniques, ce modèle n'a pas été remis en cause tant qu'il a été d'actualité (fin XIX^e s.). A la lecture du *Diannan kuangchang tulüe* (Précis illustré des minerais et mines du Yunnan) datant de 1844, il apparaît une autre voie possible conduisant d'un minerai de plomb argentifère à l'obtention du métal précieux en une seule et unique chauffe. L'approche expérimentale d'un tel procédé ouvre à une meilleure reconnaissance de ces structures *in situ*. Elle permet également de répondre à des questions pratiques portant sur l'architecture comme sur la conduite de ce fourneau. Cette expérience démontre la pertinence des informations portées sur la représentation graphique du four que donne l'ouvrage chinois.

Smoke and Mirrors

Fregni Giovanna

EXARC

For decades researchers have asked how early metalsmiths and jewellers in antiquity were capable of creating finely detailed work without the aid of magnifying lenses. Clear glass or quartz lenses were first used in the 13th Century, yet objects from the Bronze Age in the Aegean have exquisite detail that seem to be impossible to make without augmented vision. Theories have ranged from employing children since their eyes would have been sharper than those of adults, or the work was done by extremely nearsighted metalsmiths.

An option that has not been explored is that of the use of slightly convex mirrors. These mirrors can reflect a magnified image. Such mirrors have been found in 5th Century Greece (Comstock, 1971) and could have been used as a tool for fine metalwork.

In a series of experiments the author proposes to use convex mirrors as a means of magnification in making waxes and models for use in casting. Models will be made using beeswax and other materials in use in Archaic Greece in order to explore the efficacy of using mirrors and the limitations of the modelling media.

Comstock M. 1971. *Greek, Etruscan & Roman Bronzes in the Museum of Fine Arts. Boston*, cat. 649.

Reconstitution expérimentale d'un bas-fourneau angkorien : enjeux archéologique et archéométrique

Leroy Stéphanie¹, Bauvais Sylvain¹, Delqué-Kolic Emmanuelle², Dumoulin Jean-Paul², Josso Nicolas, Soutif Dominique³, Hendrickson Mitch⁴, Brice Vincent³ & Pottier Christophe³

1 LAPA-IRAMAT, NIMBE, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, France

2 LMC14-LSCE, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, France

3 EFEO

4 Université d'Illinois à Chicago, Etats-Unis

Depuis 2014, le projet international IRANGKOR s'attache à comprendre les procédés de production et les réseaux de distribution des métaux ferreux au sein l'empire khmer (Cambodge, Angkor, IXe-XVe) afin de fournir un éclairage nouveau sur les échanges économiques et technologiques mis en œuvre. Cette étude s'appuie notamment sur les recherches menées en sciences archéométriques sur la provenance et la datation directe du métal par radiocarbone. Aujourd'hui, il nous semble important de tenter d'ajuster les résultats issus de ce type d'investigation par les observations et analyses tirées des reconstitutions expérimentales de bas-fourneau angkorien. En effet, le recours à l'expérimentation peut aider à la fois à la compréhension des conditions de réduction du minerai et de la formation du métal à l'époque angkorienne mais aussi à la compréhension des procédés techniques et de la conduite des bas-fourneaux utilisés. Pour la première fois en Asie du Sud-Est, une réduction expérimentale du minerai de fer collecté dans la région du Phnom Dek, site de production historique au Cambodge, a été menée en 2018 au centre de l'EFEO de Siem Reap. Le modèle du bas-fourneau proposé a été construit à partir des observations archéologiques disponibles et des descriptions ethnologiques des fourneaux utilisés chez les Kouays, petite communauté dans le Nord du Cambodge connue pour avoir produit le fer jusqu'au milieu du XXe siècle. Cette première expérience permet d'envisager des perspectives sur le long terme sur la compréhension de la conduite du bas-fourneau angkorien et les conditions de formation du métal produit dans ce contexte spécifique.

Acknowledgement

The team wish to gratefully acknowledge; l'équipe souhaite remercier : Luc Delvaux, Isabelle Therasse, Nathalie Halgand, Alexandra De Poorter, Hugues Paridans, Micheline Bordignon, Lente Castelein, Charlotte Doyen, Nine d'Urso, Camille Brasseur, Perrine Devos, the archéosite d'Aubechies, the plateforme expérimentale de Melle, Angelo Bartoli, Charles Bonnet, Bonn Egyptian Museum, Pierre Tallet, our partners and the entire EACOM team (Bailly Thomas, Debeque Axelle, Heimann Arthur, Mulder Noémi, Fiszman Shana & Verhoye Maude) for their collaboration. This volume was made possible in the framework of the Egyptian and African copper metallurgy project funded by the Belgian Science Policy (BELSPO) BRAIN-BE programme BR/143/A3/EACOM. Additional funding was provided by the KU Leuven Centre for Archaeological Sciences (CAS) and the Fonds Professeur Jean-Jacques Comhaire, King Baudouin Foundation¹.

We further warmly thank our sponsor; nous remercions chaleureusement notre sponsor : Hemimex (<http://hemimex.be>, Avenue Hamoir, 24 F2, 1180-Bruxelles, Tel. +32 (0)2-3722111)