

L'archéologie au laboratoire

Vendredi 27 janvier 2012

9h30 Ouverture
Claudie Haigneré, Universcience,
Jean-Paul Jacob, Inrap
Bernard Salha, EDF Recherche et Développement

10h Mise en perspective
Stéphanie Thiébaud, CNRS

Origines, migrations, parentés : les outils de la paléogénétique
Séance présidée par Pascal Depaepe, Inrap

10h30 Récents apports de la paléogénétique à la compréhension
des peuplements pléistocènes de l'Eurasie
Jean-Jacques Hublin, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology,
Leipzig

11h L'apport de la génétique moléculaire à l'archéologie :
la relation entre humains et animaux
Eva-Maria Geigl, CNRS, Institut Jacques-Monod, université Paris-Diderot

11h30 Une parenté patrilocale chez les Néandertaliens de la grotte
d'El Sidrón (Asturies)
Carles Lalueza-Fox, Institut de Biologia Evolutiva, Universitat Pompeu
Fabra, Barcelone

12h Histoire des peuplements et ADN ancien :
l'exemple de la Sibérie orientale
Éric Crubézy, Laboratoire d'anthropologie moléculaire et d'imagerie
de synthèse, université Paul-Sabatier, Toulouse

12h30 Discussion avec le public

Vendredi 27 janvier 2012

Pratiques et modes de vie : l'apport des analyses isotopiques

Séance présidée par Catherine Perlès, université de Paris Ouest

- 14h30 Apport des méthodes de datation radionucléaires à la connaissance de l'art préhistorique
Hélène Valladas, Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, CNRS, CEA, université de Saint-Quentin-en-Yvelines
- 15h Approche de la mobilité territoriale des Néandertaliens par l'analyse isotopique du strontium
Christine Verna, CNRS, Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid
- 15h30 Au-delà de la nourriture carnée, l'impact de l'alimentation végétale dans l'évolution des hominidés
Amanda G. Henry, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Leipzig
- 16h Pratiques d'élevage au Néolithique : l'éclairage des analyses isotopiques des ossements animaux archéologiques
Marie Balasse, CNRS, Muséum national d'histoire naturelle, Paris
- 16h30 Les matériaux organiques en contexte archéologique : objectifs, méthodes d'étude et potentiel informatif
Martine Regert, CNRS, université de Sophia-Antipolis, Nice
- 17h Caractérisation des traces d'utilisation sur poteries : l'apport de la chimie et de la tracéologie
Julien Vieugué, Maison de l'archéologie et de l'ethnologie, Nanterre
- 17h30 Discussion avec le public

Samedi 28 janvier 2012

Techniques, échanges, pollutions : l'éclairage de l'étude des métaux

Séance présidée par Philippe Fluzin, Laboratoire métallurgies et cultures, CNRS, université de technologie de Belfort-Montbéliard

- 9h30 Études sur la production, la circulation et la datation des métaux ferreux archéologiques
Philippe Dillmann, Stéphanie Leroy, CEA-CNRS, Gif-sur-Yvette
- 10h Commerce et techniques métallurgiques : les laitons mosans dans le marché européen au Moyen Âge (XIII^e-XVI^e siècles)
Nicolas Thomas, Inrap
avec la collaboration de D. Bougarit, M. Verbeek, J. Plumier
- 10h30 La circulation de l'argent américain en Europe (XVI^e-XVIII^e siècles)
Anne-Marie Desaulty, École normale supérieure de Lyon
- 11h Métallurgie des métaux non-ferreux et paléopollutions : apports de la géochimie isotopique
Sandrine Baron, CNRS, Toulouse
- 11h30 Les secrets de la statue de Septime Sévère du musée du Cinquantenaire à Bruxelles
Cécile Evers, musées royaux d'Art et d'Histoire, Bruxelles
Emmanuelle Pons, EDF Recherche et Développement
- 12h Quelques apports récents du rayonnement synchrotron à l'étude des métaux anciens
Loïc Bertrand, Ipanema, CNRS
avec la collaboration de Marie-Angélique Languille
- 12h30 Discussion avec le public

Samedi 28 janvier 2012

Imagerie et restitutions : révéler et analyser

Séance présidée par Stéphane Andrieux, EDF Recherche et Développement

- 14h30** Un amputé néolithique à Buthiers-Boulancourt révélé par la tomographie
Anaïck Samzun, Inrap
- 15h** L'utilisation des drones dans les relevés archéologiques
Alain Koehler, Inrap
- 15h30** L'apport du lidar à la connaissance de l'histoire de l'occupation du sol en Lorraine : du programme de recherches sur le massif forestier de Haye à l'archéologie préventive de la ligne à grande vitesse est-européenne
Murielle Georges-Leroy, service régional de l'Archéologie, Drac Lorraine
- 16h** Géophysique de la vallée de la Seille
Laurent Olivier, musée d'Archéologie nationale, Saint-Germain-en-Laye
- 16h30** Caractérisation des sols et des structures archéologiques par la mesure de paramètres magnétiques. Bilan des recherches menées sur le canal Seine-Nord Europe
Guillaume Hulin, Inrap
- 17h** La reconstitution de la colonne des danseuses de Delphes
Jean-Luc Martinez, musée du Louvre
Guillaume Thibault, EDF Recherche et Développement
- 17h30** Discussion avec le public
- 18h** Conclusion
Pascal Depaepe, Inrap

L'archéologie au laboratoire

Mise en perspective par Stéphanie Thiébault

Bien qu'elle en trouve parfois, l'archéologie n'a pas vocation à chercher de chefs-d'œuvre. Elle exhume et interprète les indices que recèle le sol pour connaître les sociétés humaines du passé. Mais, la recherche ne s'arrête pas à la fouille et se prolonge par un intense travail de laboratoire. Ainsi l'archéologie recourt-elle, de longue date, aux outils des géosciences, des sciences de la vie, des sciences environnementales, des sciences chimiques et physiques pour interpréter les éléments les plus ténus. Ces disciplines connaissent un développement continu pour analyser, dater, imager ou restituer les données sur les sociétés, les environnements du passé et leurs interactions. « L'archéologie au laboratoire » fait le point sur leurs dernières avancées.

Des scientifiques confirmés et de jeunes chercheurs présentent des travaux novateurs : sans entrer dans la technicité des méthodes, ils montrent comment la connaissance du passé, à partir des traces les plus ténues, est renouvelée par l'apport de ces nouvelles disciplines.

Stéphanie Thiébault est paléobotaniste, spécialisée en anthracologie.

Ses travaux portent sur la coévolution société-milieu et plus particulièrement sur l'anthropisation de l'environnement à partir du Néolithique. Elle est directrice de recherche au CNRS – dont elle a reçu la médaille d'argent en 2008 – et directeur scientifique adjoint, chargée des actions transversales et du développement durable à l'Institut écologie et environnement du CNRS. Elle est notamment l'auteur de *Archéologie environnementale de la France*, La Découverte, 2010.

Origines, migrations, parentés : les outils de la paléogénétique

Séance présidée par Pascal Depaepe, Inrap

La paléogénétique précise les liens entre les Néandertaliens, leurs contemporains asiatiques et l'homme moderne, et saisit les relations de parenté au sein d'un même groupe.

Pascal Depaepe est archéologue, docteur en préhistoire (université de Lille I) et directeur scientifique et technique de l'Institut national de recherches archéologiques préventives. Son principal sujet de recherche concerne l'homme de Néandertal et plus spécifiquement les interactions homme-milieu, les dynamiques d'habitat et le rôle des fluctuations climatiques dans le peuplement de l'Europe. Il est l'auteur notamment de *La France du Paléolithique*, La Découverte, 2009.

Récents apports de la paléogénétique à la compréhension des peuplements pléistocènes de l'Eurasie

Jean-Jacques Hublin, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Leipzig

Les processus évolutifs qui ont abouti à l'émergence des Néandertaliens dans l'ouest de l'Eurasie sont aujourd'hui relativement bien documentés et peuvent être discutés à la lumière des données environnementales et culturelles. Les données paléontologiques relatives à l'évolution humaine pendant le Pléistocène moyen en Asie restent, quant à elles, très parcellaires. Les apports récents de la paléogénétique permettent cependant de préciser les relations phylogénétiques entre les Néandertaliens, leurs contemporains asiatiques et les hommes modernes qui les ont remplacés. L'histoire démographique de ces groupes est, elle aussi, mieux comprise de même que les possibles introgressions génétiques entre formes archaïques et hommes modernes qui ont colonisé ces régions.

Jean-Jacques Hublin est directeur au Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology de Leipzig et professeur à l'université de Leyde (Pays-Bas). Il a été chercheur au CNRS (Paris), puis professeur des universités à Bordeaux. Il a enseigné à Berkeley (1992), Harvard (1997) et Stanford (1999, 2011). Ses recherches portent sur l'origine et l'évolution des Néandertaliens et des hommes modernes. Il a joué un rôle pionnier dans le développement de la paléoanthropologie virtuelle.

Bibliographie sélective

- D. Reich, *et al.*, « Genetic history of an archaic hominin group from Denisova Cave in Siberia », *Nature*, 2010.
- J.-J. Hublin, « The origin of Neandertals », *PNAS*, 2009.
- J.-J. Hublin, W. Roebroeks, « Ebb and flow or regional extinctions? On the character of Neandertal occupation of northern environments », *Comptes rendus Palevol*, 2009.
- J. Krause, *et al.*, « Neanderthals in central Asia and Siberia », *Nature*, 2007.
- J.-J. Hublin, « Origine et Évolution des Néandertaliens », *Les Néandertaliens. Biologie et cultures*, 2007.

L'apport de la génétique moléculaire à l'archéologie : la relation entre humains et animaux

Eva-Maria Geigl, Institut Jacques-Monod, CNRS

L'archéogénétique, c'est-à-dire, l'étude de l'ADN préservé dans les restes biologiques, est une science archéologique relativement jeune dont l'apport à l'interprétation des sites archéologiques devient incontournable. En effet, la caractérisation génétique des restes biologiques contribue de manière importante à l'élucidation de migrations d'humains et d'animaux, de la domestication de plantes et d'animaux, à la caractérisation de la structure des sociétés préhistoriques au travers de la détermination des relations de parenté entre sépultures, la détermination du sexe, ou encore de l'identification de certains agents pathogènes et donc de certaines maladies. Le développement de la paléogénomique, pour sa part, permet de dépasser certaines limites auxquelles s'est vue confrontée l'archéologie classique : il a ainsi été possible de reconstruire des paléoenvironnements en absence de fossiles grâce à l'ADN conservé dans les sédiments ou encore de déterminer des lignées humaines inconnues des archives fossiles.

Eva-Maria Geigl, après avoir effectué des études universitaires en biologie et chimie, a orienté ses recherches vers la génétique moléculaire pour étudier l'architecture et l'évolution du génome humain. Sa rencontre avec le patrimoine préhistorique français a suscité une passion pour le domaine de la paléogénétique afin d'éclairer l'évolution biologique et culturelle de l'Homme, en particulier par l'étude des animaux qu'il a chassés ou domestiqués. Depuis quelques années, elle anime une équipe au sein d'un grand institut de biologie moléculaire.

Bibliographie sélective

- E.-M. Geigl, T. Grange, B. Maureille, « Le génome néandertalien », *La Science au présent*, 2011, Encyclopaedia Universalis.
- E.-M. Geigl, « The domestication of cattle : Insights from a joint archaeozoological-palaeogenetical venture », dans *Between Sand and Sea. The Archaeology and Human Ecology of Southwestern Asia* (sous la direction de N.J. Conard, P. Drechsler et A. Morales), Kerns Verlag, Tübingen, 2011.
- E.-M. Geigl et T. Grange, « Eurasian wild asses in time and space : morphological versus genetic diversity », *Annals of Anatomy*, 2011.
- E.-M. Geigl, « Palaeogenetics of cattle domestication : Methodological challenge for the study of fossil bones preserved in the domestication center in Southwest Asia, *Comptes Rendus Palévol* 7, 2008.
- M. Pruvost, R. Schwarz, V. Bessa Correia, et al., « Freshly excavated fossil bones are best for ancient DNA amplification », *PNAS*, 2007.

Une parenté patrilocale chez les Néandertaliens de la grotte d'El Sidrón

Carles Lalueza-Fox, Institut de Biologia Evolutiva, Universitat Pompeu Fabra, Barcelone

El Sidrón, dans les Asturies, rassemble les dépôts accidentels et synchroniques de douze Néandertaliens dans un site karstique. Les données archéologiques, paléontologiques et géologiques, confirment que cette accumulation correspond aux dépôts d'un groupe social composé d'individus contemporains les uns des autres. Le séquençage des positions phylogénétiquement informatives des régions hypervariables 1 et 2 de l'ADN mitochondrial (ADN mt) de tous les individus distincts (six adultes, trois adolescents, deux enfants et un nourrisson) montre que ces 12 individus sont issus de trois lignées maternelles, 11 d'entre eux (7 et 4 respectivement) ne descendant que de deux lignées. Alors que les trois hommes adultes sont issus de la même lignée, l'ADN mt de chacune des trois femmes adultes provenait d'une lignée différente. Ces résultats apportent la première preuve de la faible diversité génétique des groupes de Néandertaliens, ce qui indique qu'ils vivaient en petites communautés patrilocales, fait démographique qui a peut-être contribué à leur extinction.

Carles Lalueza-Fox a obtenu son doctorat de biologie à l'université de Barcelone en 1995.

Il effectue deux séjours de recherche postdoctorale en paléogénétique à Cambridge et à Oxford. Il a également travaillé pour le laboratoire de recherche privé de CoDE Genetics en Islande. Il est membre du Conseil espagnol de recherche (CSIC) et chercheur à l'Institut de biologie évolutive de l'université Pompeu Fabra. Auteur de nombreuses publications sur la paléogénétique, ses travaux incluent le premier séquençage complet du génome mitochondrial d'une espèce disparue, le premier séquençage du gène nucléaire d'une espèce disparue et la première étude paléogénétique fonctionnelle. Il a collaboré au Neandertal Genome Project. Il a reçu de nombreux prix pour son activité de vulgarisation, dont celui de la Fondation espagnole pour la science et la technologie et celui de la Fondation catalane pour la recherche et l'innovation. Le prix de la ville de Barcelone pour la recherche scientifique lui a été décerné en 2007.

Bibliographie sélective

- C. Lalueza-Fox, A. Rosas, A. Estalrich, *et al.*, « Genetic evidence for patrilocal mating behavior among Neandertal groups », *PNAS* 108, 2011.
- R.E. Green, J. Krause, *et al.*, « A draft sequence of the Neandertal genome », *Science* 328, 2010.
- A.W. Briggs, R.E. Green, J.M. Good, *et al.*, « Targeted retrieval and analysis of multiple Neandertal mt DNA genomes », *Science* 325, 2009.
- C. Lalueza-Fox, J. Krause, L. Orlando, *et al.*, « The derived FOXP2 variant of modern humans was shared with Neanderthals », *Current Biology* 17, 2007.
- H. Römpler, D. Caramelli, C. Lalueza-Fox, *et al.*, « A melanocortin 1 receptor suggests varying pigmentation among Neanderthals », *Science* 318, 2007.

Histoire des peuplements et ADN ancien : l'exemple de la Sibérie orientale

Éric Crubézy, Laboratoire d'anthropologie moléculaire et d'imagerie de synthèse, université Paul-Sabatier, Toulouse

L'histoire du peuplement récent et de l'évolution des populations humaines de Yakoutie en Sibérie orientale est étudiée à partir de prélèvements biologiques humains gelés intéressant aussi bien les lignées maternelles que paternelles et les liens de proximité génétique définissant la proche parenté entre sujets. Par ailleurs, des recherches portent sur la coévolution entre l'homme et les maladies infectieuses notamment celles développées par les populations autochtones lors de leurs premiers contacts avec les Russes à partir du début du XVII^e siècle.

Ces prélèvements proviennent de tombes gelées du XV^e au XIX^e siècle de notre ère, dont plus de 110 ont été fouillées à ce jour. L'excellent état de conservation des structures funéraires et des cadavres permet de mettre en parallèle données archéologiques, ethnologiques, historiques et biologiques, ce qui fait de ces fouilles et de ce terrain un laboratoire pour l'archéologie funéraire et pour l'anthropobiologie.

Éric Crubézy est docteur en médecine, docteur ès-science, diplômé de l'EHESP. Il est actuellement directeur du Laboratoire international associé « coévolution homme-milieu en Sibérie orientale » et président du groupe des anthropologues de langue française.

Bibliographie sélective

- C. Thèves, A. Senescau, S. Vanin, et al., « Molecular identification of bacteria by total sequence screening : determining the cause of death in ancient human subjects », *PlosOne*, 2011.
- É. Crubézy, S. Amory, C. Keyser, et al., « Human evolution in Siberia : from frozen bodies to ancient DNA », *BMC Evolutionary Biology*, 2010.
- É. Crubézy, « Tombes gelées de Sibérie » dans *Sépultures et sociétés, du Néolithique à l'Histoire* (sous la direction de J. Guilaine), Errance, 2009.
- É. Crubézy, A. Alexeev, *Chamane, Kyys jeune fille des glaces*, Errance, 2007.

Pratiques et modes de vie : l'apport des analyses isotopiques

Séance présidée par Catherine Perlès, université de Paris Ouest

Les analyses isotopiques permettent la caractérisation des déplacements d'individus ou de populations, l'étude de l'alimentation animale et humaine, et des modalités de gestion des troupeaux, ou la caractérisation des variations climatiques...

Catherine Perlès a soutenu en 1973 une thèse de doctorat sur la « Préhistoire du feu », sous la direction d'André Leroi-Gourhan. Elle enseigne à l'université Paris X-Nanterre depuis 1971. Tout en gardant un intérêt soutenu pour l'analyse des modes de vie préhistoriques, elle s'est spécialisée dans l'analyse des industries lithiques taillées. Elle a travaillé pendant de nombreuses années sur les industries lithiques de Grèce, encore inconnues à l'époque. Après avoir fouillé à Kitsos, elle rejoint l'équipe de Franchthi, dirigée par T. W. Jacobsen. Elle en a publié les industries paléolithiques, mésolithiques et néolithiques en trois volumes à Indiana University Press, et reçu un doctorat *Honoris Causa* de l'université d'Indiana en 1996. Parallèlement, elle poursuit avec Jean-Paul Demoule un programme d'études comparatives sur le Néolithique de la Grèce, qui les a conduits à réexaminer les collections des principaux sites de ce pays. Catherine Perlès a été élue à l'Institut universitaire de France.

Apport des méthodes de datation radionucléaires à la connaissance de l'art préhistorique

Hélène Valladas, Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, CNRS-CEA, université de Saint-Quentin-en-Yvelines

Au cours des dernières décennies, les méthodes de datation radionucléaire, notamment celles du carbone 14 en spectrométrie de masse par accélérateur et celles de la luminescence, ont permis de retracer l'évolution de l'*Homo sapiens* et de mieux connaître la succession des cultures préhistoriques au cours des derniers 100 000 ans. En se fondant sur les travaux réalisés dans des sites archéologiques d'Afrique (*Middle Stone Age*) et du Proche Orient (Paléolithique moyen), les méthodes de la luminescence ont révélé l'apparition, il y a plus de 70 000 ans, de manifestations artistiques. Les premières représentations de l'art pariétal sont associées au début du peuplement de l'Europe par l'homme moderne (Paléolithique supérieur). Grâce aux datations au carbone 14 réalisées notamment pour la grotte Chauvet (Ardèche), on sait maintenant que les hommes préhistoriques maîtrisaient parfaitement les techniques picturales dès le début du Paléolithique supérieur.

Hélène Valladas est rattachée au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement. Ses travaux portent sur l'application des méthodes de datation radionucléaire à l'archéologie. Elle a contribué à l'étude du peuplement de l'Europe et du Proche-Orient par les hommes de Néandertal et les premiers hommes modernes en utilisant la datation par thermoluminescence. Ses recherches portent également sur l'évolution de l'art pariétal grâce à la méthode du carbone 14 en spectrométrie de masse par accélérateur.

Bibliographie sélective

- N. Mercier, H. Valladas, T. Aubry, J. Zilhão, et al., « Fariseu : first confirmed open air paleolithic parietal art site in the Côa Valley (Portugal) », *Antiquity*, 2006.
- H. Valladas, N. Tisnérat-Laborde, E. Kaltnecker et M. Arnold, *La datation par la méthode du carbone 14 de la grotte Cosquer*, Seuil, 2005.
- H. Valladas, N. Tisnérat-Laborde, E. Kaltnecker, « La datation directe des peintures préhistoriques par la méthode du carbone 14 », *Dossier de l'Archéologie*, 2005.
- H. Valladas, N. Tisnérat-Laborde, H. Cachier, et al., « Bilan des datations carbone 14 effectuées sur des charbons de bois de la grotte Chauvet », *Bulletin de la Société préhistorique française*, 2005.
- H. Valladas, J. Clottes et J.-M. Geneste, « Chauvet est la grotte la mieux datée du monde », *Pour la Science*, 2004.

Approche de la mobilité territoriale des Néandertaliens par l'analyse isotopique du strontium

Christine Verna, CNRS, Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid

L'analyse des isotopes du strontium ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) contenu dans l'émail des dents des Néandertaliens peut apporter des informations sur leurs déplacements au sein du territoire. Le strontium contenu dans les aliments ingérés est incorporé dans l'émail au moment de sa formation, et le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ est intimement lié à celui des roches formant le sous-sol. Il constitue ainsi une signature chimique de l'environnement local de l'individu au moment de la formation de la dent. Le principe est de comparer le $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de l'émail dentaire à celui de l'environnement autour du site archéologique et dans les régions avoisinantes (à substrats géologiques différents). Cela permet de discuter l'origine géographique des aliments ingérés par l'individu. Les résultats sur une quinzaine de dents néandertaliennes découvertes en Belgique et en France ont été obtenus grâce à une méthode de micro-échantillonnage par un laser couplé au spectromètre de masse (MC-ICP-MS). Ils montrent de quelles façons ces analyses peuvent permettre de mieux comprendre les stratégies territoriales des Néandertaliens.

Christine Verna est paléoanthropologue, spécialiste des Néandertaliens et des premiers hommes modernes. Elle a soutenu sa thèse en 2006 à l'université Bordeaux I puis a passé plusieurs années au Max Planck Institute de Leipzig, où elle a entrepris l'étude de la mobilité territoriale des Néandertaliens par l'analyse isotopique du strontium. En juillet 2011, elle a intégré le Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid grâce à un financement européen ; elle rejoindra le CNRS à Paris en février 2012.

Bibliographie sélective

- C. Verna, V. Dujardin et E. Trinkaus, « The aurignacian human remains from La Quina-Aval (France) », *Journal of Human Evolution* (à paraître).
- C. Verna, F. d'Errico, « The oldest evidence for the use of human bone as tool », *Journal of Human Evolution*, 2011.
- C. Verna, J.-J. Hublin, A. Debénath, et al., « Two new hominin cranial fragments from the Mousterian levels at La Quina (Charente, France) », *Journal of Human Evolution*, 2010.
- C. Verna, « Le peuplement néandertalien en Poitou-Charentes. Intérêt d'une approche pluridisciplinaire », dans *Préhistoire entre Vienne et Charente. Hommes et sociétés du Paléolithique* (sous la direction de J. Buisson-Cattil et J. Primault), Chauvigny, 2010.
- R.E. Green, C. Verna, J. Krause, A.-W. Briggs, et al., « A draft sequence and preliminary analysis of the Neandertal genome », *Science*, 2010.

Au-delà de la nourriture carnée, l'impact de l'alimentation végétale dans l'évolution des hominins

Amanda G. Henry, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Leipzig

L'histoire de l'évolution de l'ensemble des régimes alimentaires des humains modernes pose un défi majeur à la recherche. La connaissance des anciens régimes alimentaires ne concerne presque que la consommation d'aliments d'origine animale. Or on sait que les plantes constituent une part importante de l'alimentation des chasseurs-cueilleurs modernes ; de plus, la consommation d'aliments d'origine végétale et le développement de technologies de transformation des aliments ont été associés au passage de diverses étapes dans la lignée des hominins, parmi lesquelles la différenciation entre Australopitèques robustes et graciles, l'évolution du schéma corporel des humains modernes chez l'*Homo erectus*, voire l'extinction des Néandertaliens. Cette dernière hypothèse a été approfondie en identifiant les microrestes végétaux (grains d'amidon et phytolithes) retrouvés sur le calcul dentaire et les outils de pierre de Néandertaliens et d'humains modernes. Les résultats suggèrent que ces deux espèces consommaient une proportion similairement importante d'aliments d'origine végétale, dont certains étaient relativement basiques, comme des géophytes et des semences de graminées. On sait aussi qu'ils procédaient à la cuisson et à la transformation de certains aliments d'origine végétale. Cette analyse souligne le fait que les microrestes végétaux ont

le potentiel d'apporter de nouvelles informations sur les régimes alimentaires de groupes historiques et préhistoriques.

Amanda G. Henry a obtenu son doctorat en paléobiologie des hominins à l'université George Washington en 2010. Elle dirige actuellement un groupe de recherche indépendant intitulé « Plant Foods and Hominin Dietary Ecology » (« Aliments d'origine végétale et écologie alimentaire des hominins ») dans le département d'anthropologie évolutive du Max Planck Institute de Leipzig. Ses recherches se focalisent sur la façon dont les premiers humains ont acquis, transformé et consommé des aliments d'origine végétale, et s'attachent à montrer comment ces activités ont peut-être été des facteurs importants dans l'évolution des hominins à des moments clés.

Bibliographie sélective

- A.-G. Henry, « Recovering dietary information from extant and extinct primates using plant microremains », *International Journal of Primatology* (à paraître).
- A.-G. Henry, A.-S. Brooks et D.-R. Piperno, « Microfossils in calculus demonstrate consumption of plants and cooked foods in Neanderthal diets (Shanidar II, Iraq ; Spy I and II, Belgium) », *PNAS*, 2011.
- A.-G. Henry, H.-F. Hudson and D.-R. Piperno, « Changes in starch grain morphologies from cooking », *Journal of Archaeological Science*, 2009.
- A.-G. Henry, D.R. Piperno, « Using plant microfossils from dental calculus to recover human diet : A case study from Tell al-Raqa'i, Syria », *Journal of Archaeological Science*, 2008.
- B. Wood, A.-G. Henry, « Whose diet? An introduction to hominin taxonomy », *Evolution of the human diet: The known, the unknown and the unknowable* (sous la direction de P. Ungar), Oxford, 2007.

Pratiques d'élevage au Néolithique : l'éclairage des analyses isotopiques des ossements animaux archéologiques

Marie Balasse, CNRS, Muséum national d'histoire naturelle, Paris

Le mouton, la chèvre, le bœuf et le porc ont été domestiqués vers 6500 avant notre ère dans le Taurus oriental. La plupart des populations animales domestiques européennes descendent directement de ces premiers animaux domestiques transférés depuis le Proche-Orient. La diffusion des espèces domestiques en dehors de l'aire géographique de leurs congénères sauvages et leur maintien dans des environnements différents de leur niche écologique naturelle impliquent des modifications de leurs comportements alimentaires et reproductifs. L'analyse isotopique (^{18}O , ^{15}N et ^{13}C) des restes osseux et dentaires peut offrir un éclairage direct sur ces modalités d'adaptation, notamment sur l'exploitation du paysage par le cheptel domestique, sur l'alimentation et l'affouragement saisonnier du bétail, et sur la saisonnalité des naissances. Des exemples seront donnés dans des contextes du Néolithique ancien et moyen de Roumanie, de France et d'Écosse.

Marie Balasse est titulaire d'un doctorat en sciences de la terre de l'université Paris VI. Elle est chargée de recherche au CNRS depuis 2001 dans l'unité « Archéozoologie, archéobotanique : sociétés, pratiques et environnements ». Elle y développe des recherches sur les pratiques d'élevage. Elle est actuellement à la tête d'un *Starting Grant* de l'European Research Council sur le thème de l'adaptation des élevages néolithiques aux diverses conditions climatiques et environnementales d'Europe.

Bibliographie sélective

- M. Balasse, G. Obein, J. Ughetto-Monfrin et I. Mainland, « Investigating seasonality and season of birth in past herds : a reference set of sheep enamel stable oxygen isotope ratios », *Archaeometry*, 2011.
- M. Balasse, I. Mainland et M.-P. Richards, « Stable isotope evidence for seasonal consumption of seaweed by modern and archaeological sheep in the Orkney archipelago (Scotland) », *Environmental Archaeology*, 2009.
- M. Balasse, A. Tresset, « Environmental constraints on reproductive activity of domestic sheep and cattle : what latitude for the herder ? », *Anthropozoologica*, 2007.
- M. Balasse, A. Tresset et S.H. Ambrose, « First evidence for seaweed winter foddering in the Neolithic of Scotland », *Journal of Zoology*, 2006.
- M. Balasse, S.-H. Ambrose, « Distinguishing sheep and goats using dental morphology and stable carbon isotopes in C_4 grassland environments », *Journal of Archaeological Science*, 2005.

Les matériaux organiques en contexte archéologique : objectifs, méthodes d'étude et potentiel informatif

Martine Regert, CNRS, université de Sophia-Antipolis, Nice

Les matériaux organiques issus de diverses ressources naturelles, qu'elles soient d'origine animale ou végétale, sont longtemps demeurés inaccessibles en archéologie en raison de leur degré de dégradation avancé et de la nécessité de les caractériser chimiquement. Des avancées méthodologiques permettent, en utilisant des critères moléculaires et isotopiques, de déterminer un certain nombre de substances qu'elles soient conservées au sein de récipients en céramique, ou sous forme de résidus sur des outils lithiques ou osseux. Ces développements permettent d'aborder des questions relatives à la gestion des ressources naturelles au cours du temps, aux produits secondaires de l'agriculture (huiles végétales) et de l'élevage (produits laitiers), à la longue histoire des produits de la ruche depuis le début du Néolithique, à l'économie des exsudats et des goudrons végétaux ou encore aux territoires exploités par les populations autour de ces bio-ressources.

Martine Regert est agrégée de chimie (1991), docteur en archéologie et environnement (université Paris X, 1996) et habilitée à diriger des recherches en chimie (UPMC, 2004). Elle développe des recherches sur les systèmes d'exploitation des substances naturelles archéologiques à partir de leur caractérisation physico-chimique. Après dix années comme chargée de recherche CNRS au C2RMF, elle rejoint le Cepam en 2008 en tant que directrice de recherche CNRS et monte différents programmes de recherche financés par le CNRS, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur et l'Agence nationale de la recherche.

Impliquée dans la structuration des recherches à la croisée des sciences physico-chimiques et de l'archéologie, elle dirige le groupe de recherche

ChimArt puis ChimARC. Elle est membre du bureau du réseau national CAH-RN (Compétences « archéométriques interdisciplinaires – Réseau national) et dirigera le Cepam à partir du 1^{er} janvier 2012.

Bibliographie sélective

- M. Regert, « Du défi analytique aux interprétations archéologiques : caractérisation des substances organiques piégées dans les poteries préhistoriques », *Actualité chimique* 2011.
- M. Regert, « Analytical strategies for discriminating archaeological fatty substances from animal origin », *Mass Spectrometry Reviews*, 2011.
- M. Regert, « Direct Mass Spectrometry to characterise lipid materials », *Organic Mass Spectrometry in Art and Archaeology* (sous la direction de M.-P. Colombini et F. Modugno), Wiley, 2009.
- M. Regert, T. Devière, A.-S. Le Hô et A. Rougeulle, « Reconstructing ancient Yemeni commercial routes during the Middle-Ages using structural characterisation of terpenoid resins » *Archaeometry*, 2008.
- M. Regert, « Elucidating Pottery Function Using a Multi-Step Analytical Methodology Combining Infrared Spectroscopy, Mass Spectrometry and Chromatographic Procedures », *British Archaeological Reports*, 2007.
- S. Mirabaud et C. Rolando, M. Regert, « Molecular criteria for discriminating adipose fat and milk from different species by nanoESI MS and MS/MS of their triacylglycerols : application to archaeological remains », *Analytical Chemistry*, 2007.

Caractérisation des traces d'utilisation sur poteries : l'utilisation de la chimie et de la tracéologie

Julien Vieugué, Maison de l'archéologie et de l'ethnologie, Nanterre

La fonction des poteries préhistoriques a le plus souvent été établie à partir de leur seule morphométrie. Ces deux dernières décennies, plusieurs études ont pourtant montré le potentiel informatif des traces d'utilisation formées à la surface des céramiques. Présentes sous forme de résidus ou d'usures, leur caractérisation a requis la mise en œuvre de techniques analytiques relevant de la chimie et de la tracéologie. Si les analyses de résidus se sont développées de manière significative, l'examen des usures de poteries est resté rarissime. Les différentes méthodes d'étude n'ont, de surcroît, été que très rarement combinées sur un même assemblage céramique. À partir de l'analyse de corpus du Néolithique ancien de Bulgarie (6100-5500 avant notre ère), une nouvelle approche fonctionnelle de la poterie est possible. Élaborée à l'interface de l'archéologie, de la chimie et de la tracéologie, elle croise tous les indices de l'usage des céramiques.

Julien Vieugué est postdoctorant à la maison de l'Archéologie et de l'Ethnologie de l'université de Paris X, UMR 7055.

Bibliographie sélective

- J. Vieugué, *Du vase aux tessons : formes et fonctions de la céramique du Néolithique ancien de l'habitat de Kovačevo (6200-5500 av. J.-C., Bulgarie)*. Thèse de doctorat de l'université de Paris 1, sous la direction de L. Salanova, 2 vol, 2010.
- J. Vieugué, S. Mirabaud, V. Wright, et al., « Bone powder and animal fats contained in the ceramic vessels from the earliest neolithic sites of Bulgaria, Kovačevo (6200-5500 B.C.) » dans *Méthodes d'approche des premières productions céramiques : étude de cas dans les Balkans et au Levant Nord. Internationale Archäologie, 12* (sous la direction de L. Astruc, A. Gaulon et L. Salanova), 2009.
- J. Vieugué, S. Mirabaud et M. Regert, « Fonctions des récipients en terra cuita en contexte d'habitat néolithique : nouvelles approximations », *Cota Zero*, 32, 2008.
- J. Vieugué, S. Mirabaud et M. Regert, « Contribution méthodologique à l'analyse fonctionnelle des céramiques d'un habitat néolithique : l'exemple de Kovačevo (6200-5500 av. J.-C.) », *Archéosciences, Revue d'archéométrie*, 32, 2008.

Techniques, échanges, pollutions : l'éclairage de l'étude des métaux

Séance présidée par Philippe Fluzin, Laboratoire métallurgies et cultures, CNRS, université de technologie de Belfort-Montbéliard

La paléoméallurgie et l'étude des traces métalliques renseignent sur les sites d'extraction de minerai, les procédés de fabrication, les pollutions anciennes, la circulation des biens et de la monnaie.

Philippe Fluzin est directeur de recherche au CNRS. Fondateur en 1999 de l'UMR 5060 multi-sites (Belfort, Bordeaux, Orléans, Saclay), Institut de recherche sur les ArchéoMATériaux (Iramat), il dirige cette unité pour la période 2011-2014. Spécialiste en sciences des matériaux, ses travaux concernent depuis 1980 les études interdisciplinaires (sciences de l'homme et de la société, sciences des matériaux) des archéomatériaux conjuguant de façon indissociable sites archéologiques et laboratoires. À travers une approche globale du système objet (diachronique et multiculturelle), il se consacre en particulier à la restitution des chaînes opératoires en métallurgie à partir de « la lecture structurale et analytique » de la matière (structures et vestiges archéologiques). Cela concerne d'une part les aspects techniques des productions (élaboration, transformation, réparation, savoir-faire, qualité, recyclage et vieillissement du métal...) et d'autre part leurs dimensions sociétales et environnementales (organisation sociale, circulation et échanges des produits et des compétences, gestion des ressources...). Il est auteur ou coauteur d'environ 190 publications.

Études sur la production, la circulation et la datation des métaux ferreux archéologiques

Philippe Dillmann, Stéphanie Leroy, CEA-CNRS, Gif-sur-Yvette

Ces dernières années, les études sur les métaux ferreux archéologiques ont connu des avancées méthodologiques de premier plan : la combinaison pluridisciplinaire de méthodes de la science des matériaux (microscopie, métallographie) et de l'analyse physico-chimique de pointe permet maintenant, dans des problématiques en lien étroit avec le chantier archéologique, de mieux comprendre l'évolution et la diffusion des procédés sidérurgiques, la circulation des produits et l'organisation technico-économique des sociétés aux périodes médiévale, antique et aux âges du Fer.

Philippe Dillmann, directeur de recherche au CNRS, est docteur et ingénieur en sciences des matériaux, et habilité à diriger des recherches. Ses recherches portent sur la fabrication et les voies d'échange des objets à base de fer dans les sociétés anciennes et, sur le long terme, la corrosion et la conservation des objets archéologiques en fer. Il est président du réseau CAHRN.

Stéphanie Leroy collabore au laboratoire Archéomatériaux et prévision de l'altération. Ses recherches portent sur la provenance et la datation des métaux ferreux en contexte archéologique. Elle s'attache notamment à caractériser, à l'échelle macroscopique et microscopique, les matériaux relatifs aux différentes étapes de la chaîne opératoire du fer et à mettre en œuvre des moyens méthodologiques basés sur les principes de la géochimie et de l'analyse multivariée pour la compréhension des échanges commerciaux aux périodes médiévales.

Bibliographie sélective

- S. Leroy, S.X. Cohen, C. Verna, P. Dillmann, *et al.* « The medieval iron market in Ariège (France). Analytical approach and multivariate analyses », *Journal of Archaeological Science* (à paraître).
- S. Leroy, R. Simon, L. Bertrand, E. Foy, *et al.* « First examination of slag inclusions in medieval armours by confocal SR- μ -XRF and LA-ICP-MS », *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 2011.
- L. Bertrand, M.-A. Languille, S. Leroy, S.X. Cohen, *et al.* « European research platform IPANEMA at the SOLEIL synchrotron for ancient and historical materials », *Journal of Synchrotron Radiation*, 2011.
- S. Leroy, A.-M. Desauty, P. Dillmann, *et al.*, « First examinations of ore, slag and iron artefacts from the iron-making site of Castel Minier », *Proc. 2nd Int. Conf. Archeometallurgy in Europe 2007*, 2008.

Commerce et techniques métallurgiques : les laitons mosans dans le marché européen au Moyen Âge (XIII^e-XVI^e siècle)

Nicolas Thomas, Inrap

avec la collaboration de David Bourgarit, Centre de recherche et de restauration des musées de France, Marie Verbeek et Jean Plumier, direction de l'archéologie du Service public de Wallonie

À la fin du XIII^e siècle, la demande en produits manufacturés explose en Europe sous l'effet d'une forte croissance démographique. Les artisans s'organisent en métiers et on observe dans toute l'Europe une spécialisation avec une division du travail accrue. Deux villes voisines, Dinant et Bouvignes, le long de la Meuse, s'engagent dans une concurrence industrielle, en se spécialisant dans la fabrication de récipients en cuivre, poêles et chaudrons, mais aussi de chandeliers, tout en investissant dans le commerce à longue distance. Les marchands mosans inondent l'Occident médiéval de leur production, et notamment le royaume de France où ils sont très actifs sur les marchés et foires. Comment aux XIII^e et XIV^e siècles deux villes ont-elles conquis puis dominé le marché européen des objets en bronze et en laiton ? L'étude pluridisciplinaire des déchets métallurgiques, des structures, en particulier des fours de fusion, découverts lors de plusieurs fouilles préventives à Dinant et à Bouvignes, associée à celle d'œuvres conservées dans les musées, et la reconstruction expérimentale tant en laboratoire que sur le terrain des procédés métallurgiques et de mise en forme montrent l'adaptation des techniques de production au marché médiéval en mutation.

Nicolas Thomas est docteur en archéologie et spécialiste de la métallurgie des métaux non-ferreux. Enseignant à l'Institut national du patrimoine et à l'université de Bordeaux III, il dirige depuis 2009, avec Jean Plumier et Marie Verbeek, un programme de recherches pluridisciplinaire autour de la dinanderie mosane. Il collabore avec le C2RMF depuis 2003 tant pour les analyses de mobilier que pour les reconstructions expérimentales de procédés métallurgiques.

Bibliographie sélective

- D. Bourgarit, N. Thomas, « Late Medieval copper alloying practices : a view from a Parisian workshop of the 14th century AD », *Journal of Archaeological Science*, 2012.
- D. Bourgarit, N. Thomas, « From laboratory to field experiments : shared experience in brass cementation », *Historical metallurgy*, 4, 2011.
- N. Thomas, « L'industrie du cuivre au bas Moyen Âge : formes du marché et de la production », *Histoire et images médiévales*, 34, 2010.
- N. Thomas, J. Plumier, « Cuivre, laiton, dinanderie mosane : Ateliers et productions métallurgiques à Dinant et Bouvignes au Moyen Âge (XIII^e-XVI^e siècles) », *Archéopages*, hors-série *Archéologie sans frontières*, 2010.
- N. Thomas, M. Verbeek et J. Plumier, « Ateliers et productions métallurgiques à Dinant et Bouvignes au Moyen Âge (XIII^e-XVI^e siècles) : les laitons mosans sont-ils tous des laitons ? », *Archaeologia Mediaevalis*, 33, 2010.

La circulation de l'argent américain en Europe (xvi^e-xviii^e siècles)

Anne-Marie Desaulty, École normale supérieure de Lyon

Après la conquête de l'Amérique au xvi^e siècle, les Espagnols ont exploité les énormes ressources d'argent du Pérou et du Mexique. En moyenne, trois cents tonnes d'argent étaient produites chaque année dans les mines du Nouveau Monde. L'afflux massif de métal vers l'Ancien Monde qui en a résulté est considéré depuis longtemps par les économistes comme l'un des principaux responsables de la plus longue période d'inflation qu'ait connue l'Europe préindustrielle (« la révolution des prix »). Néanmoins, ces interprétations se heurtent aux difficultés rencontrées pour estimer les quantités d'argent arrivant et déjà présentes en Europe à cette époque. La mesure des abondances des isotopes de l'argent, du cuivre et du plomb par spectrométrie de masse à source plasma et à multicollecion dans le monnayage de cette époque permet de déterminer l'origine (Mexique ou Pérou) et l'importance de ces apports américains dans la masse monétaire européenne. À partir de ces analyses isotopiques du monnayage, l'idée séculaire que la « révolution des prix » était liée à l'arrivée massive des métaux américains en Espagne est remise en cause.

Anne-Marie Desaulty, actuellement en post-doctorat à l'École normale supérieure de Lyon, dans l'équipe de F. Albarède, est paléométallurgiste. Ses recherches s'appuient sur les outils de la géochimie, tels l'analyse élémentaire et isotopique, pour mieux contraindre la provenance d'objets métalliques et ainsi établir les échanges commerciaux et économiques pour les périodes anciennes. Après une thèse à l'université de technologie de Belfort-Montbéliard sur les objets en fer, elle travaille actuellement sur la circulation du monnayage en argent dans l'Europe moderne.

Bibliographie sélective

- F. Albarède, A.-M. Desaulty, J. Blichert-Toft, « Geological perspective on the use of Pb isotopes in Archeometry », *Archeometry* (à paraître).
- A.-M. Desaulty, P. Telouk, E. Albalat, et F. Albarède, « The isotopic Ag-Cu-Pb record of silver circulation through 16-18th century Spain », *PNAS*, 2011.
- A.-M. Desaulty, M. L'Héritier, et al., « Does it come from the Pays de Bray? Examination of an origin hypothesis for the ferrous reinforcements used in French medieval churches using major and trace element analyses », *Journal of Archaeological Science*, 2009.
- A.-M. Desaulty, C. Mariet, P. Dillmann, et al., « A provenance study of iron archaeological artefacts by ICP-MS multi-elemental analysis », *Spectrochimica Acta Part B*, 2008.

Métallurgie des métaux non-ferreux et paléopollutions : apports de la géochimie isotopique

Sandrine Baron, CNRS, Toulouse

Une importante activité métallurgique médiévale de production de plomb argentifère sur le mont Lozère se traduit par la présence de nombreux sites de déchets. Les analyses géochimiques ont permis de montrer que cette activité était alimentée par des mines localisées au sud-ouest du massif. L'étude d'une carotte de tourbe a permis de retrouver cette activité aux environs de 40 cm de profondeur et de dépister une activité gauloise, encore inconnue par l'archéologie. Elle serait la première preuve de l'existence de la métallurgie des Gabales, un peuple renommé pour son travail de l'argent d'après Strabon et César.

Les sols d'ateliers métallurgiques médiévaux montrent des teneurs en métaux lourds du même ordre de grandeur que des sols pollués actuels mais sur des surfaces beaucoup plus restreintes. La pollution serait majoritairement due à une dispersion physique des polluants contenus dans les sols d'ateliers mais pas ou peu à la lixiviation des déchets. Les études géochimiques sur des boulevaux poussant sur les sites et aux alentours de ces derniers indiquent que la métallurgie médiévale est toujours présente et ce, dans des proportions très importantes.

Sandrine Baron a soutenu une thèse intitulée *Traçabilité et évolution d'une activité métallurgique médiévale de plomb argentifère sur le mont Lozère*.

Après un post-doctorat de 2 ans, elle entre au CNRS.

Elle étudie les chaînes opératoires des métaux non ferreux pour restituer la diffusion et le commerce du métal aux périodes anciennes. Elle complète ses recherches par le dépistage des paléopollutions associées à des activités anciennes afin de restituer l'histoire minière et métallurgique d'un territoire.

Bibliographie sélective

- F. Monna, E. Camizuli, P. Revelli, *et al.*, « Wild brown trout affected by historical mining in the Cévennes National Park, France », *Environmental Science and Technology*, 45, 2011.
- S. Baron, C. Tamas, B. Cauuet, *et al.*, « Lead Isotopes of Gold-Silver Ores from Rosia Montana (Romania) : a first step of metal filiation study of Roman Mining Activity in *Alburnus Maior* (Roman Dacia) », *Journal of Archaeological Science*, 38, 2011.
- S. Baron, C. Mahé-Le-Carlier, J. Carignan et A. Ploquin, « Archaeological reconstruction of medieval lead production : implications for ancient metal provenance studies and paleopollution tracing by Pb isotopes », *Applied Geochemistry*, 24, 2009.
- S. Baron, J. Carignan et A. Ploquin, « Dispersion of Heavy metals (Metalloids) in Soils from 800-Year-Old Pollution (Mont Lozère, France) », *Environmental Science and Technology*, 40, 2006.
- S. Baron, J. Carignan, J. Laurent et A. Ploquin, « Medieval lead making on Mont Lozère Massif (Cévennes-France) : tracing ore sources by using Pb isotopes », *Applied Geochemistry*, 21, 2006.

Les secrets de la statue de Septime Sévère du musée du Cinquantaire à Bruxelles

Cécile Evers, musées royaux d'Art et d'Histoire, Bruxelles
Emmanuelle Pons, EDF Recherche et Développement

Les musées royaux d'Art et d'Histoire de Bruxelles possèdent une statue romaine en bronze légèrement plus grande que la taille naturelle. Elle représente un empereur en nudité héroïque, s'adressant à la foule d'un geste de la main. Il s'agit d'une statue-portrait, dont la tête représente l'empereur Septime Sévère (ayant régné de 193 à 211). Cette statue, provenant de la capitale de l'Empire romain, est la seule de son type et en bronze qui ait été conservée. Elle a été célébrée par de nombreux savants, et notamment par J.-J. Winckelmann (1717-1768), le fondateur de l'étude de l'art classique. Ce caractère exceptionnel ainsi que les difficultés inhérentes à la conservation d'une telle œuvre ont suscité une collaboration interdisciplinaire afin de mieux comprendre les techniques de fabrication et les différentes phases de restaurations qu'elle a subies. Un mécénat de compétence d'EDF Belgium et de la Fondation EDF, avec le laboratoire Valectra, a permis de lever une partie du voile.

Cécile Evers est conservatrice des antiquités étrusques et romaines des musées royaux d'Art et d'Histoire de Bruxelles et professeur d'archéologie romaine à l'université Libre de Bruxelles. Archéologue de terrain, elle dirige les fouilles belges à Alba Fucens en Italie centrale.

Emmanuelle Pons est ingénieur-chercheur à EDF Recherche et Développement et responsable du laboratoire Valectra, dédié au mécénat de compétences d'EDF pour la conservation-restauration d'objets du patrimoine.

Cécile Evers et Emmanuelle Pons préparent actuellement une monographie sur la statue de Septime Sévère.

Quelques apports récents du rayonnement synchrotron à l'étude des métaux anciens

Loïc Bertrand, Ipanema, CNRS

Le rayonnement synchrotron permet d'analyser à hautes résolutions spatiale et spectrale des échantillons et objets archéologiques de natures très diverses. Une étude par fluorescence X synchrotron menée sur des échantillons prélevés dans la sépulture de Marie de Bretagne au prieuré de la Madeleine, site fouillé par l'Inrap à Orléans (Philippe Blanchard), soulève la question de la présence possible d'objets de parure disparus. Une deuxième étude porte sur les pratiques médiévales de coloration de l'or étudiées par l'Irpa à Bruxelles, visant à mieux comprendre ces techniques à partir de l'analyse d'échantillons-modèles fabriqués selon des recettes médiévales. L'identification des éléments et de leur forme chimique est obtenue par spectroscopie de photoélectrons X permettant de caractériser les surfaces d'or coloré.

Loïc Bertrand est directeur de la plateforme européenne d'étude des matériaux anciens Ipanema (CNRS UPS 3352, ministère de la Culture et de la Communication, MNH-IN) au synchrotron SOLEIL. Depuis sa thèse au Centre de recherche et de restauration des musées de France, sa recherche est consacrée à l'insertion et à l'adaptation des méthodes synchrotron (X, IR et UV) pour l'étude de systèmes archéologiques et du patrimoine culturel.

Bibliographie sélective

- L. Bertrand, M. Cotte, M. Stambanoni, M. Thoury, *et al.*, « Development and trends in synchrotron studies of ancient and historical materials », *Phys.Rep.* à paraître.
- L. Bertrand, L. Robinet, M. Thoury, *et al.*, « Cultural heritage and archaeology materials studied by synchrotron spectroscopy and imaging », *Applied Physics A : Materials Science & Processing*, à paraître.
- M. Thoury, J.-P. Echard, M. Réfrégiers, *et al.*, « Synchrotron UV-visible multispectral luminescence micro-imaging of historical samples », *Analytical Chemistry*, 2011.
- L. Bertrand, S. Leroy, R. Simon, *et al.*, « First examination of slag inclusions in medieval armours by confocal SR-micro-XRF and LA-ICP-MS », *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 2011.

Marie-Angélique Languille est ingénieure de recherche au CNRS. Elle participe à des programmes de recherche faisant appel aux analyses par rayonnement X.

Imagerie et restitutions : révéler et analyser

Séance présidée par Stéphane Andrieux, EDF Recherche et Développement

Tomographie, photographie aérienne, lidar, prospection géophysique, mesure des paramètres magnétiques, reconstitution virtuelle favorisent l'enregistrement et l'analyse approfondie du réel, de l'échelle du paysage à celle de la cellule.

Stéphane Andrieux est ingénieur civil de l'École nationale des ponts et chaussées. Docteur-ingénieur, il est entré à la division Recherche et Développement d'EDF en 1985. Après avoir exercé des responsabilités de groupes puis de départements de recherche dans le domaine de la mécanique des structures, il a été nommé conseiller scientifique d'EDF en 2004, et a été à l'origine d'une unité mixte de recherche CNRS-EDF, le Laboratoire de mécanique des structures industrielles durables qu'il a dirigé jusqu'en 2007. Il est actuellement directeur scientifique d'EDF Recherche et Développement. Professeur à l'ENPC et professeur chargé de cours à l'École polytechnique, il a été membre élu du Comité national de la recherche scientifique de 2000 à 2007 et lauréat du prix Déchelle 2006 de l'Académie des Sciences.

Un amputé néolithique à Buthiers-Boulancourt révélé par la tomographie

Anaïck Samzun, Inrap

Les exemples d'actes chirurgicaux (trépanation, réduction de fractures...) sont attestés sur des sites néolithiques. En revanche, les amputations ont été plus rarement rapportées car elles restent ardues à identifier notamment en raison de l'état lacunaire des sépultures mises au jour pour cette période. Un cas cependant est avéré sur un site fouillé en contexte préventif dans le cadre d'une extension de la carrière Samin à Buthiers-Boulancourt, à 70 kilomètres au sud de Paris. Les circonstances de la découverte sur le terrain ainsi que les études en laboratoire (radiographie conventionnelle, puis microtomographie avec reconstitution 3D) ont confirmé l'acte chirurgical, la cicatrisation et la survie du sujet amputé de l'avant-bras gauche.

Anaïck Samzun est archéologue néolithicienne et lithicienne. Ses recherches l'ont conduite en Seine-et-Marne (responsabilité des fouilles de Balloy, Buthiers-Boulancourt...), mais également à Saqqarah en Égypte (fouilles sous la direction d'Alain Zivie, CNRS), à Mentesh Tepe en Azerbaïdjan sur un site du chalcolithique et de l'âge du Bronze (sous la direction de B. Lyonnet, CNRS) et à Bodaki en Ukraine, sur un site chalcolithique de la culture de Tripolje (en codirection avec N.N. Skakun). En Algérie, elle participe à un programme d'enseignement et d'initiation à l'archéologie à l'université de Tlemcen (sous la direction de M. Ferroukhi, Inrap).

Bibliographie sélective

- A. Samzun, P. Pétrequin et E. Gauthier, « Une imitation de hache alpine type Bégude à Buthiers-Boulancourt au début du V^e millénaire ». Séance SPF « produire des haches au Néolithique. De la matière première à l'abandon » (sous la direction de P.-A. de Labriffe et E. Thirault), à paraître.
- A. Samzun, C. Buquet-Marcon, « Une amputation vieille de 7 000 ans à Buthiers-Boulancourt », *La Science au présent 2011*, Encyclopaedia Universalis.
- C. Buquet-Marcon, A. Samzun, « Handicapé et exceptionnel : l'histoire d'une amputation chirurgicale au Néolithique à Buthiers », *Décrypter la différence : la place des personnes handicapées au sein des communautés du passé* (sous la direction de V. Delattre et R. Sallem), 2009.
- C. Buquet-Marcon, P. Charlier, A. Samzun, « A possible Early amputation at Buthiers-Boulancourt », *Antiquity*, décembre 2009.
- A. Samzun, S. Durand et F. Nicolle, « Le site néolithique de Buthiers et Boulancourt "Le Chemin de Malesherbes" : résultats préliminaires », *Internéo 6* et Société préhistorique française, 2006.

L'utilisation des drones dans les relevés archéologiques

Alain Koehler, Inrap

En archéologie préventive, la fouille vise à sauvegarder les vestiges par l'étude à défaut de pouvoir en assurer la préservation physique. Dans cette démarche, les relevés constituent une modélisation du réel (on dessine ce que l'on comprend et ce que l'on voit), et utilisent avantagement la photographie comme support, moyennant divers traitements informatiques. L'archéologue dessine ainsi sur des photographies corrigées, redressées, assemblées à l'échelle souhaitée. Cette méthode, sous cette forme simple ou sous d'autres plus complexes actuellement expérimentées (génération puis projection de modèles 3D texturés), exige de réaliser les prises de vue dans des conditions particulières. Les drones constituent un vecteur d'autant plus intéressant pour acquérir ces images qu'ils ouvrent une voie très novatrice à l'automatisation d'une grande partie de l'acquisition des clichés.

Alain Koehler, licencié en chimie-physique, s'oriente vers l'archéologie en 1986. Il travaille à la direction des antiquités historiques d'Île-de-France, puis à l'Association pour les fouilles archéologiques nationales. Il dirige des opérations de diagnostic et de fouille, et devient en 2003 adjoint scientifique et technique à l'Inrap pour la région Champagne-Ardenne. Depuis 2009, il est chef du service Méthodes et qualités à la direction scientifique et technique de l'Inrap.

L'apport du lidar à la connaissance de l'histoire de l'occupation du sol en Lorraine

Murielle Georges-Leroy, service régional de l'Archéologie, Drac Lorraine

Le potentiel archéologique des forêts est important, notamment en raison de la bonne conservation des vestiges sous forme de microreliefs, mais les prospections sont gênées par le couvert forestier qui freine l'étude des sites. Une méthode de télédétection récente, le scanner laser aéroporté, ou « lidar », s'affranchit d'une partie des contraintes physiques et permet le repérage et la cartographie des vestiges. Cette technique a été appliquée en 2007 au massif forestier de Haye qui couvre 116 km² à proximité de Nancy. Elle a fait progresser les connaissances sur les structures agraires, sur le parcellaire et sur les habitats antiques qui y sont conservés. L'histoire de l'occupation de ce massif forestier a pu être esquissée dans ses grandes lignes. L'expérience acquise à cette occasion a permis la réalisation en 2008 d'un vol lidar dans le cadre de la construction de la seconde phase de la ligne à grande vitesse Paris-Strasbourg.

Membre de l'UMR 6249, Murielle Georges-Leroy est conservatrice du patrimoine à la Drac de Lorraine, où elle assure actuellement les fonctions de conservatrice régionale de l'archéologie. Spécialiste d'archéologie gallo-romaine, ses recherches portent depuis plusieurs années sur des habitats et des parcellaires fossiles gallo-romains conservés sous couvert forestier en Lorraine, en collaboration avec des chercheurs de l'Inra de Nancy, de l'Inrap et de l'ONF.

Bibliographie sélective

- M. Georges-Leroy, « Airborne laser scanning for the management of archaeological sites in Lorraine », *Remote Sensing for Archaeological Heritage Management. Proceedings of the 11th EAC Heritage Management Symposium, Reykjavik 2010*, 2011.
- M. Georges-Leroy, J. Bock, E. Dambrine, J.-L. Dupouey, « Apport du lidar à la connaissance de l'histoire de l'occupation du sol en forêt de Haye », *Archéosciences*, 35, 2011.
- M. Georges-Leroy, J. Bock, E. Dambrine et J.-L. Dupouey, « Le massif forestier, objet pertinent pour la recherche archéologique. L'exemple du massif forestier de Haye », *Revue géographique de l'Est*, 2009.

Géophysique de la vallée de la Seille

Laurent Olivier, musée d'Archéologie nationale, Saint-Germain-en-Laye

La géophysique (géomagnétisme, résistivité électrique) joue un rôle déterminant dans le programme d'études pluridisciplinaires de la vallée de la Seille (Moselle), où sont conservés les vestiges d'une exploitation « proto-industrielle » de sel, la première en importance de la protohistoire européenne. Le retour d'informations fourni par le terrain alimente un protocole de recherches au sein duquel l'évaluation archéologique des anomalies détectées permet d'approfondir l'exploitation des données géophysiques par l'identification et la modélisation de signatures spécifiques.

Laurent Olivier est conservateur du Patrimoine, en charge des collections des âges du Fer au musée d'Archéologie nationale de Saint-Germain-en-Laye. Spécialiste d'archéologie celtique et gauloise, il coordonne actuellement l'étude de ce complexe « proto-industriel » de production de sel en Lorraine et son impact à long terme sur l'environnement.

Bibliographie sélective

- L. Olivier, J.-P. Legendre et B. Schnitzler, *L'archéologie nazie en Europe de l'Ouest*, Infolio, 2007.
- L. Olivier, *Le sombre abîme du temps – Mémoire et archéologie*, Le Seuil, 2008.

Caractérisation des sols et des structures archéologiques par la mesure de paramètres magnétiques. Bilan des recherches menées sur le canal Seine-Nord Europe

Guillaume Hulin, Inrap

Les phénomènes de chauffe (incendie de bâtiment, foyer, etc.), la présence de matière organique, les activités liées au travail du fer sont autant de phénomènes d'origine anthropique qui peuvent modifier la teneur et la composition en oxydes de fer des sols et donc leurs propriétés magnétiques. Par la mesure de la susceptibilité magnétique réalisée directement sur surface décapée ou en laboratoire, il est possible de fournir une information supplémentaire concernant le sol ou certaines structures archéologiques en cours de fouille. Cette nouvelle information, complémentaire des observations de terrain, peut alors se révéler utile à la compréhension du site. Cette méthode a été mise en place depuis 2009 sur les diagnostics archéologiques et les fouilles liés au tracé du canal Seine-Nord Europe.

Guillaume Hulin est géophysicien à l'Inrap, et chercheur associé à l'UMR 7619. Ses recherches portent notamment sur la mesure des propriétés magnétiques dans le but de caractériser certains phénomènes d'origine anthropique.

La reconstitution de la colonne des danseuses de Delphes

Jean-Luc Martinez, musée du Louvre

Guillaume Thibault, EDF Recherche et Développement

Érigée sur le sanctuaire d'Apollon à Delphes, la colonne des danseuses fut découverte en 1894 par des chercheurs de l'École française d'Athènes, sous la forme de plus de 260 fragments. Composée d'une colonne végétale à laquelle semble s'adosser un groupe sculpté de trois figures féminines, il s'agit de la plus haute colonne votive de la Grèce antique et la première attestée à présenter un chapiteau à feuilles d'acanthe. Conservée au musée de Delphes, elle pose des difficultés d'interprétation du fait de son morcellement. Depuis 1993, Jean-Luc Martinez étudie l'hypothèse selon laquelle la colonne était surmontée d'un *omphalos*, pierre qui selon les Anciens marquait le centre du monde. Une équipe de chercheurs a bâti une méthode de remontage du monument en 3D permettant de vérifier les hypothèses archéologiques. Trente-quatre fragments ont ainsi été remontés virtuellement grâce à un logiciel de traitement de mesures laser dans un relevé complet intégrant les 260 éléments. La nouveauté de cet outil d'anastylose est sa capacité à traiter des centaines de millions de mesures. La colonne fut finalement restituée au plus proche de son état originel, intégrée dans le paysage delphique. Ce projet a été mené dans le cadre des actions de mécénat de compétences de la Fondation EDF, au bénéfice de l'École française d'Athènes, avec le concours du musée du Louvre.

Jean-Luc Martinez, ancien membre de l'école française d'Athènes (1993-1996), est conservateur du Patrimoine depuis 1997 et directeur du département des Antiquités grecques étrusques et romaines du musée du Louvre depuis 2007.

Bibliographie sélective

- J.-L. Martinez, *La Grèce au Louvre*, Paris, Musée du Louvre, Ed. Somogy, 2010.
- J.-L. Martinez, A. Pasquier, *Cent chefs-d'œuvre de la sculpture grecque au Louvre*, Ed. Somogy, 2007.
- J.-L. Martinez, *Les antiques du musée Napoléon : Notes et documents des musées de France*, Paris, 2004.

Guillaume Thibault, ingénieur de l'École centrale de Paris, est chercheur à EDF R&D depuis 1992 et directeur de recherche associé au CNRS de 2008 à 2011.

Bibliographie sélective

- G. Thibault, A. Pasqualotto, M. Vidal, *et al.*, « How do horizontal and vertical navigation influence spatial memory of multi-floored environments ? », *Attention, Perception and Psychophysics*, 2011 (soumis).
- A. Coninx, G.-P. Bonnaeu, J. Droulez, G. Thibault, « Visualization of uncertain scalar data fields using color scales and perceptually adapted noise », *Conference on Applied Perception in Graphics and Visualization*, 2011.
- T. Chaperon, J. Droulez, G. Thibault, « Reliable camera pose and calibration from a small set of point and line correspondences: a probabilistic approach », *Computer Vision and Image Understanding*, 2010.
- G. Thibault, J.-L. Martinez, « La reconstitution de la colonne des danseuses de Delphes », *Virtual Retrospect*, 2007.

