

Les
Années

N° 138

Janv.
2015

Les Nouvelles de l'archéologie



Méthodes et formations
en archéométrie en France

ÉDITIONS DE LA MAISON DES SCIENCES DE L'HOMME
ÉDITIONS ERRANCE

Archéo

Les Nouvelles de l'archéologie

Sommaire

Dossier : Méthodes et formations en archéométrie en France

présenté par Philippe DILLMANN, Jean-Philip BRUGAL

- 3 *Philippe DILLMANN, Jean-Philip BRUGAL* | CAI-RN : un réseau pour l'archéométrie
- 5 *Yannicke DAUPHIN* | La fossilisation des tissus dentaires et osseux : structure, composition, implications
- 10 *Eva-Maria GEIGL* | L'apport de la paléogénétique et de la paléogénomique à l'archéologie
- 14 *Marine GAY, Katharina MÜLLER, Frédéric PLASSARD, Ina REICHE* | Les pigments et les parois des grottes préhistoriques ornées. Apport des développements analytiques récents à l'identification et à l'évaluation de leur évolution dans le temps
- 19 *François LÉVÊQUE, Vivien MATHÉ* | Prospection magnétique 3D à haute résolution. Du site à l'objet
- 23 *François-Xavier LE BOURDONNEC, Ludovic BELLOT-GURLET, Carlo LUGLIÉ, Céline BRESSY-LEANDRI* | Archéométrie de l'obsidienne : déchiffrer la circulation d'une matière première
- 28 *Philippe DILLMANN, Stéphanie LEROY, Alexandre DISSER, Sylvain BAUVAIS, Enriqué VEGA, Philippe FLUZIN* | Dernières avancées des études sur la production, la circulation et la datation des métaux ferreux archéologiques
- 35 *Sandrine BARON, Marie-Pierre COUSTURES* | Apports et limites des méthodes isotopiques pour restituer la circulation des métaux aux périodes anciennes
- 40 *Philippe COLOMBAN, Ludovic BELLOT-GURLET* | Analyses non destructives par spectroscopies infrarouge et Raman. Du laboratoire au site
- 44 *Rémi DAVID, Chantal LEROYER, Florence MAZIER* | Les modélisations du couvert végétal en palynologie. Pour une meilleure restitution des paléoenvironnements végétaux
- 49 *Marie BALASSE, Delphine FRÉMONDEAU, Carlos TORNERO* | Rythmes saisonniers des élevages préhistoriques en Europe tempérée. L'outil isotopique traceur de la distribution des naissances du cheptel domestique
- 54 *Léa DRIEU, Martine REGERT* | Substances naturelles liées aux céramiques archéologiques

Informations scientifiques

- 61 *Philippe DILLMANN, Marie BALASSE, Ludovic BELLOT-GURLET, avec la collaboration de Jean-Philip BRUGAL, Matthieu LEBON, Chantal LEROYER, Vivien MATHÉ, Norbert MERCIER, Christine OBERLIN, Martine REGERT, Eva-Maria GEIGL, Ina REICHE, Anne SCHMITT, Sandrine BARON* | Objectif et actions du réseau CAI-RN

En couverture :

En haut à gauche : analyse d'archéomatériaux par Microscopie Electronique à Balayage.

En bas à gauche : analyse chimique non invasive des figures du Grand Plafond de la grotte de Rouffignac par un dispositif portable de spectrométrie de fluorescence X développé par le Laboratoire d'Archéologie Moléculaire et Structurale (LAMS - UMR 8220, CNRS UPMC, Sorbonne Universités) (© M.Gay/LAMS). *À droite* : Sainte-Chapelle de Paris, vitraux et barlotières en métal ferreux.

N° 138
Janvier 2015

Rédaction

Éditions de la Fondation maison des sciences de l'homme
18, rue Robert Schumann - CS 90003
94227 Charenton-le-Pont
Téléphone : 01 53 48 56 37
Courriel : nda@msh-paris.fr
Internet : <http://nda.revues.org>

Directeur scientifique

François Gillign (Université de Paris-I)

Rédactrice en chef

Armelle Bonis (Conseil général du Val-d'Oise, direction de l'Action culturelle)

Secrétaire de rédaction

Nathalie Vaillant (FMSH)

Relecture et maquette

Virginie Teillet (Italiqes)

Comité de rédaction

Aline Averbouh (CNRS, Toulouse)
Olivier Blin (INRAP, Centre/Île-de-France)
Dorothee Chaoui-Derieux (SRA, Île-de-France, Paris)
Christian Cribellier (Direction des Patrimoines, MCC)
Virginie Fromageot-Laniepce (CNRS, Nanterre)
Séverine Hurard (INRAP, Île-de-France)
Claudine Karlin (CNRS, Nanterre)
Sophie Méry (CNRS, Nanterre)
Stéphane Rostain (CNRS, Nanterre)
Nathan Schlanger (École nationale des chartes, Paris)
Antide Viand (Conseil général de l'Eure, mission archéologique départementale)

Comité de lecture

Peter F. Biehl (State University of New York, Buffalo, États-Unis)
Patrice Brun (Université de Paris-I)
Michèle Brunet (Université de Lyon-II)
Joëlle Burnouf (Université de Paris-I)
Noël Coye (Ministère de la Culture, Paris)
André Delpuech (Musée du quai Branly, Paris)
Bruno Desachy (EPCI, Mont-Beuvray)
François Favory (Université de Franche-Comté, Besançon)
Xavier Guthertz (Université Paul-Valéry - Montpellier-III)
Marc Antoine Kaeser (Musée du Laténium, Neuchâtel, Suisse)
Chantal Le Royer (Ministère de la Culture, Rennes)
Fabienne Médard (Université de Bâle, Suisse)
Christophe Moulhérat (École française d'Athènes)
Agnès Rousseau (SRA, Bourgogne)
Alain Schnapp (Université de Paris-I, Paris)
Stéphanie Thiébault (MNHN, Paris)
Élisabeth Zadora-Rio (CNRS, Paris)

Directeur de publication

Michel Wieviorka (FMSH)

Abonnement

ÉPONA SARL, 82 rue Bonaparte, 75006 Paris.
Tél. : 01 43 26 40 41. Fax : 01 43 29 34 88.
Courriel : archeoli@club-internet.fr

Vente

http://www.lcdpu.fr/revues/?collection_id=1666
Comptoir des presses, 86 rue Claude Bernard,
75005 Paris. Tél. : 01 47 07 83 27

Les Nouvelles de l'archéologie

Revue de la Fondation de la maison des sciences de l'homme, soutenue par la sous-direction de l'archéologie (ministère de la Culture) et l'Institut national des sciences humaines et sociales du CNRS. Les articles publiés, approuvés par le comité de lecture, sont sollicités par le comité de rédaction ou envoyés spontanément par leurs auteurs.

Les *Nouvelles de l'archéologie* proposent régulièrement un dossier de trente à cinquante pages ou des actes de colloques, séminaires, tables rondes, dont les thématiques concordent avec la ligne éditoriale. La revue publie aussi des articles d'actualité et des informations sur la politique de la recherche, l'enseignement et la formation, le financement et les métiers de l'archéologie, les expositions, publications, congrès, films, sites Internet et autres moyens de diffusion des connaissances. Ces dernières sont également mises en ligne, ce qui permet de suivre l'actualité entre deux livraisons.

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

L'article ne peut excéder 25 000 signes, notes et bibliographie comprises. Le nombre maximum d'illustrations est fixé à cinq. Les appels bibliographiques doivent figurer dans le texte entre parenthèses, selon le système (auteur date). Les références complètes doivent être regroupées en fin d'article, par ordre alphabétique et, pour un même auteur, par ordre chronologique. Dans le cas de plusieurs articles publiés la même année par un même auteur, mettre par exemple 2001a, 2001b, 2001c. Les rapports finaux d'opération (RfO) et les mémoires universitaires sont déconseillés en bibliographie – sauf s'ils n'ont pas encore fait l'objet d'une publication.

Les articles sont soumis à une évaluation anonyme par le comité de lecture et relus par le responsable éventuel du dossier. Les auteurs sont tenus d'intégrer les modifications demandées, qu'elles soient d'ordre scientifique ou rédactionnel. Dans le cas d'un article à signatures multiples, la rédaction n'entre en relation qu'avec le premier auteur, à charge pour lui de négocier les corrections avec ses coauteurs.

La publication de chaque article est conditionnée par la signature et le renvoi du contrat d'auteur.

Le bon à tirer final de chaque numéro est donné par la rédaction des *Nouvelles de l'archéologie*, qui se réserve le droit d'apporter d'ultimes corrections formelles. Après publication, l'auteur reçoit un exemplaire du numéro et une version pdf de son article.

Présentation des références dans le texte et en bibliographie

- (Auteur date, volume : pages). Exemple : (Dumont 1983 : 113-130) ou bien (Lepage 1756, 2 : 223-598). En l'absence d'auteur, remplacer le nom d'auteur par le titre abrégé. Exemple : (*Dictionnaire des synonymes...* 1992 : 33-46).
- Pour les ouvrages : Nom, initiale du prénom. Date. Titre. Lieu d'édition, éditeur, nombre de pages. Ex. : LOTHAIRE, E. 1989. *Figures de danse bulgares*. Paris, Dunod.
- Pour un article dans une revue : Nom, initiale du prénom. Date. «Titre de l'article», titre de la revue, volume, numéro : page à page. Ex. : GLASSNER, J. 1993. «Formes d'appropriation du sol en Mésopotamie», *Journal asiatique*, 16, 273 : 11-59.
- Pour un article dans un volume d'actes par exemple : Nom, initiale du prénom. Date. «Titre de l'article», in : prénom et nom des directeurs de l'ouvrage, titre de l'ouvrage. Ville d'édition, éditeur : page à page. Ex. : LEMONNIER, P. 1997. «Mipela wan bilas. Identité et variabilité socio-culturelle chez les Anga de Nouvelle-Guinée», in : S. TCHERKÉZOFF & F. MARSAUDON (éd.), *Le Pacifique-Sud aujourd'hui : identités et transformations culturelles*. Paris, CNRS Éditions : 196-227.

DOSSIER À PARAÎTRE : Archéologie des hautes latitudes, archéologie de la réclusion, étude de l'art pariétal paléolithique en France, changements climatiques et sociétés passées, technologies 3D et archéologie, approches archéométriques de la céramique.

Le n° 138 a été tiré à 500 exemplaires.

Abonnement du 1^{er} janvier au 31 décembre 2015 – 4 numéros :

FRANCE : 40 euros (étudiants : 36 euros)
ÉTRANGER : 44 euros (étudiants : 40 euros)
PRIX AU NUMÉRO : 12 euros

ISSN : 0242-7702. ISBN : 978-2-7351-1994-3.

Rythmes saisonniers des élevages préhistoriques en Europe tempérée

L'outil isotopique traceur de la distribution
des naissances du cheptel domestique

Marie Balasse, Delphine Frémondeau**, Carlos Tornero**

Le travail de reconstitution des systèmes d'élevage préhistoriques a beaucoup été nourri d'analogies avec les économies pastorales traditionnelles sub-contemporaines. Celles-ci demeurent une source riche et très utile pour embrasser le champ des possibilités. Aux périodes proto- et historiques, même lorsque des sources textuelles et iconographiques sont disponibles, elles ne sauraient toujours refléter la variabilité des pratiques à l'échelle locale. Désormais, nous savons également exploiter des témoignages directs des pratiques d'élevage, constitués par les restes animaux eux-mêmes. En particulier, des informations inédites peuvent être restituées à partir de l'analyse de la composition isotopique des éléments constitutifs des os et des dents. Ceux-ci sont incorporés dans le squelette par l'alimentation. Ils constituent des enregistrements précieux de la paléoécologie tout en étant liés à l'histoire individuelle. Dans cette synthèse, nous abordons tout particulièrement la saisonnalité des naissances du cheptel domestique, paramètre clef du système d'élevage. Nous expliquons les principes de la méthodologie appliquée pour reconstituer la distribution des naissances, les protocoles mis en œuvre et les premiers résultats obtenus dans des contextes néolithiques et chalcolithiques européens.

La saisonnalité des naissances,
paramètre clef du système d'élevage

En Europe tempérée, les économies pastorales sont soumises à des rythmes saisonniers imposés par des paramètres physiologiques et environnementaux. La naissance des animaux est l'un d'eux. Sous les latitudes européennes, les caprinés, les bovins et les porcs ont une reproduction saisonnière : au cours de l'année, mâles et femelles alternent périodes d'activité et de repos sexuel. La brebis et la chèvre connaissent un anoestrus saisonnier durant lequel elles cessent d'ovuler. La périodicité entre activité et repos sexuels est, chez ces deux espèces, très fortement régie par la photopériode, c'est-à-dire les changements de la durée d'éclairement quotidien (Karsch *et al.* 1984) : l'activité sexuelle reprend en période de jours courts. La truie ne connaît pas de période d'infertilité vraie, mais une baisse de fertilité est observée une partie de l'année. Ce trait est hérité de la laie, son ancêtre sauvage qui, sous nos latitudes, passe en repos sexuel en été avant de redevenir fertile dans le courant de l'automne, à une date d'autant plus précoce que les ressources alimentaires sont opulentes (Etienne 2003).

* UMR 7209 CNRS/MNHM, Archéozoologie, archéobotanique : sociétés, pratiques et environnements, Paris, France, balasse@mnhn.fr.

** Center for Archaeological Sciences, KU Leuven, Louvain, Belgique, Delphine.Fremondeau@bio.kuleuven.be

La vache ne connaît pas non plus d'anoestrus saisonnier, mais une diminution saisonnière de ses performances de reproduction. En conditions extensives et sans contrôle de l'éleveur, les bovins tendent à donner naissance sur une période restreinte de l'année: par exemple, on a observé que les naissances des bovins Highland avaient lieu entre mai et juillet dans le Marais Vernier en Normandie (Lecomte & Le Neveu 1986), et sur une période plus restreinte encore, en mai et juin, à une latitude plus élevée au Canada (Reinhardt *et al.* 1986).

Cette reproduction saisonnière influe très fortement, et peut renseigner, sur l'organisation des tâches pastorales au cours de l'année. La période des naissances requiert une attention particulière de la part de l'éleveur. D'elle dépend également la disponibilité des produits (animaux) au cours de l'année: viande tendre, dans le cas des porcins et des caprinés, et lait pour les bovins et les caprinés. La lactation est, en effet, initiée par la naissance du jeune: la distribution des naissances influe donc directement sur la période de production laitière, d'autant plus longue au sein du troupeau que les naissances sont étalées sur l'année. Dans les élevages mixtes alliant bovins, caprinés et/ou porcins, définir les périodes de naissances respectives permet aussi d'éclairer la complémentarité de leurs productions. Enfin, la distribution des naissances est un prérequis pour la détermination de la saisonnalité de l'abattage – et indirectement la saisonnalité d'occupation d'un site – à partir de la lecture des profils de mortalité (Bréhard *et al.* 2014).

En l'absence de données directes et précises, on admet le plus souvent que, en Europe tempérée, les naissances étaient groupées à la fin de l'hiver ou au début du printemps. Globalement, ce postulat n'est pas faux. Mais s'il est très probable que les premiers bovins, caprinés et porcs domestiques d'Europe tempérée avaient des cycles de reproduction saisonniers, il reste à définir plus précisément l'étendue de la période des naissances et son calage précis dans le cycle annuel. Au-delà du schéma global, les cas peuvent en réalité être divers. Chez les brebis et les chèvres, par exemple, dont le cycle est influencé par la photopériode, la durée de la phase de fertilité varie avec la latitude: elle est plus restreinte aux latitudes élevées. Sous les latitudes moyennes, chez les petits ruminants toujours, mais aussi chez le porc, dont les femelles ont une gestation courte et sont à nouveau réceptives peu de temps après la naissance des jeunes, la durée de la période de fertilité permet parfois une seconde gestation la même année, soit deux gestations en trois ans. Ce schéma peut aboutir à une distribution bimodale des naissances (Etienne 2003).

Enfin, la saisonnalité des naissances fait peser des contraintes que l'éleveur peut chercher à moduler par la conduite de l'élevage (alimentation, conditions de stabulation, mise en présence des mâles), pour regrouper ou au contraire étendre la période des naissances. Notamment, 1) en fonction de la taille du troupeau, il peut être avantageux de rassembler au maximum les naissances et de se consacrer totalement à cette tâche à une période bien définie de l'année; 2) si l'enjeu prioritaire est de maintenir la disponibilité des ressources telle le lait sur une période plus longue de l'année, on peut procéder à un étalement des naissances; 3) la volonté de choisir les reproducteurs peut entraîner indirectement une restriction de la période de monte et donc des naissances; 4) la stratégie résidentielle peut également peser sur le contrôle des cycles de

reproduction si l'on cherche à éviter une mortalité importante des jeunes pendant les déplacements.

Il reste difficile de prédire l'équilibre atteint entre la force des contraintes environnementales et les stratégies parfois mises en œuvre par l'éleveur pour moduler les cycles de reproduction de son cheptel. C'est là tout l'objet de notre étude. Si la durée de la période des naissances peut difficilement être prédite, on peut tenter de la définir dans un contexte archéologique par une analyse biogéochimique des restes dentaires retrouvés dans ledit contexte.

Principes méthodologiques

L'étude de la saisonnalité des naissances est réalisée par l'analyse de la composition isotopique en oxygène ($\delta^{18}\text{O}$) de la fraction minérale de l'émail dentaire, la bioapatite. Chez les grands herbivores d'Europe tempérée, le $\delta^{18}\text{O}$ de la bioapatite est fortement corrélé à celui des eaux météoriques locales, par l'intermédiaire de l'eau consommée (Land *et al.* 1980). Le $\delta^{18}\text{O}$ des précipitations varie essentiellement en fonction de facteurs géographiques et climatiques (Rozanski *et al.* 1993) et notamment en fonction de paramètres saisonniers: aux latitudes moyennes et élevées, il dépend de la température ambiante. Les variations saisonnières dans le $\delta^{18}\text{O}$ des précipitations se répercutent dans le $\delta^{18}\text{O}$ des sources de l'eau consommée et sont enregistrées dans l'émail pendant la croissance des dents. Cet enregistrement est préservé parce que l'émail est inerte du point de vue métabolique: une fois complètement minéralisé, sa composition isotopique est inchangée. Lorsque ce signal n'est pas altéré par les conditions d'enfouissement, il est ainsi possible, par un prélèvement séquentiel d'émail suivant l'axe de croissance de la dent, de restituer l'histoire isotopique individuelle et en particulier de restituer le cycle saisonnier (fig. 1).

La séquence du cycle de variation annuelle du $\delta^{18}\text{O}$ enregistré dans une dent dépend notamment de la saison de naissance et du calendrier de croissance de la dent. Comme ce calendrier est fixe pour une espèce, des individus nés à la même période du cycle annuel enregistrent dans une même dent la même séquence du cycle saisonnier. Sur une population archéologique, déterminer la saisonnalité des naissances revient alors à observer la variabilité interindividuelle dans l'enregistrement des séquences de $\delta^{18}\text{O}$ dans une dent choisie. Concrètement, cette estimation est faite par la comparaison de la position sur la couronne de la dent des valeurs minimales ou maximales de la séquence de $\delta^{18}\text{O}$ (Balasse *et al.* 2003, 2012b). Ce principe a été appliqué à des collections archéologiques de caprinés (Balasse *et al.* 2003; Balasse & Tresset 2007; Blaise & Balasse 2011; Henton *et al.* 2011), de bovins (Balasse & Tresset 2007; Towers *et al.* 2011; Balasse *et al.* 2012a; Kovacicova *et al.* 2012) et de porcs (Frémondeau 2012).

Le choix des dents

Chez les bovins et les caprinés, les molaires détiennent des séquences d'enregistrement sur une année ou plus. Il est possible de travailler sur les deuxième (M2) ou troisième molaires (M3); le choix doit porter sur l'une ou l'autre mais ne peut porter sur les deux à la fois car ces dents poussent à des

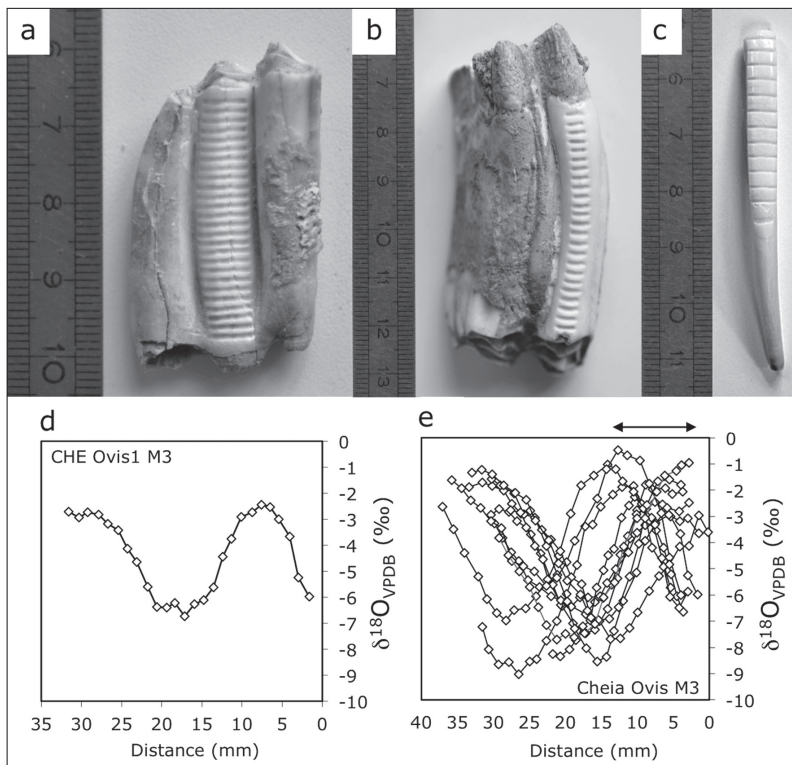


Fig. 1 – Protocole d'analyse de l'émail dentaire pour l'étude de la saisonnalité des naissances ; a. échantillonnage séquentiel d'une M3 inférieure de mouton ; b. d'une M3 supérieure de bœuf ; c. d'une première incisive de porc ; d. résultat de l'analyse du $\delta^{18}\text{O}$; e. observation de la variabilité interindividuelle dans le positionnement des *optima* ; exemple tiré du site de Cheia en Roumanie (données Tornero *et al.* 2013) © Marie Balasse.

moments différents de la vie et la comparaison des séquences d'une dent à l'autre est encore aujourd'hui complexe. La M3 présente l'intérêt d'être facilement identifiable même lorsqu'elle est isolée, tandis que la M2 n'est assurément identifiée que quand elle est encore en place dans une rangée dentaire : la méprise entre M1 et M2 entraînerait un biais dans l'interprétation des résultats. Cependant, lorsque les rangées dentaires sont bien préservées, il est préférable de travailler sur les M2 si celles-ci présentent les caractéristiques d'état de croissance et d'usure requises : dent totalement minéralisée et usure peu prononcée (une usure prononcée entraîne la perte d'une partie de la séquence initiale). Ces conditions de préservation et de structuration du profil de mortalité ne sont pas toujours rassemblées. L'intérêt présenté par la M2 par opposition à la M3 est une plus faible variabilité interindividuelle dans le calendrier de croissance de la dent, réduisant d'autant l'imprécision sur l'estimation de l'espacement des naissances (Blaise & Balasse 2011 ; Tornero *et al.* 2013).

Chez le porc, une étude portant sur l'ensemble de la rangée dentaire inférieure a montré que les incisives délivraient les séquences de $\delta^{18}\text{O}$ les plus lisibles pour une interprétation en termes de saisonnalité des naissances (Frémondeau *et al.* 2012). Dans l'idéal, il faut alors travailler sur des couples première et deuxième incisives (I1 + I2) et combiner les séquences mesurées sur les deux dents, dont les calendriers de croissance se chevauchent ; il est également possible de ne travailler qu'à partir d'une seule de ces deux incisives, lorsqu'une bonne hauteur de couronne est préservée (Frémondeau 2012).

Apports de la modélisation pour normaliser et quantifier la variabilité

Un facteur de variabilité supplémentaire dans le positionnement des séquences de $\delta^{18}\text{O}$, le long de la couronne de la dent, est sa taille, qui peut varier sensiblement même au sein d'un même troupeau. Le rythme de croissance, que traduit une distance de croissance sur la couronne, n'est pas le même suivant la taille définitive de la dent. Afin de s'extraire de ce biais, il est nécessaire de normaliser les distances. Cette démarche nécessite de passer par une modélisation des séquences de $\delta^{18}\text{O}$, suivant une procédure qui ne sera pas décrite en détail ici (Balasse *et al.* 2012b). La modélisation permet :

- de *décrire* les données, par une détermination objective de paramètres tels que la période du cycle (ou la longueur de dent formée pendant une année), l'amplitude de la variation annuelle, le positionnement des *optima*, soit précisément ce qui nous intéresse et à partir de quoi on évalue la variabilité interindividuelle (fig 2a) ;

- de *normaliser* les données : la période du cycle, exprimée comme une distance correspondant au rythme de croissance et à laquelle est liée la taille finale de la dent, est différente chez tous les individus. Mais, chez tous les individus, elle représente une année

de croissance. Elle peut donc être utilisée pour normaliser la distance à laquelle sont positionnés les *optima*, permettant une comparaison interindividuelle ne faisant plus intervenir la taille (fig 2b) ;

- de *quantifier* la variabilité interindividuelle. On aboutit alors à une estimation de la durée de la période des naissances, exprimée en fraction du cycle annuel, qui peut être convertie en mois (fig 2b).

Premiers résultats pour des élevages préhistoriques en Europe tempérée

Cette approche, depuis l'analyse jusqu'à la modélisation, a déjà été appliquée à quelques assemblages d'Europe tempérée datés du VI^e au IV^e millénaire av. J.-C. Les données sont encore extrêmement lacunaires, étant donné le faible nombre de sites étudiés et leur dispersion sur le territoire et dans le temps, auxquels s'ajoute la taille restreinte de certains corpus. Pour les bovins, des études menées sur des sites de culture Hamangia et Gumelnitsa, dans l'est de la Roumanie, ont montré des naissances groupées sur trois mois (Balasse *et al.* sous presse et données inédites) (fig. 3), soit une durée proche de celle observée actuellement dans des élevages extensifs. Sur le site chasséen de Bercy, dans le Bassin parisien, des naissances sur une période plus longue, estimée à six mois, ont pu être en partie favorisées par le maintien d'un bon niveau d'alimentation avec un complément tiré des ressources forestières pendant l'hiver (Balasse *et al.* 2012a). Toujours au Néolithique

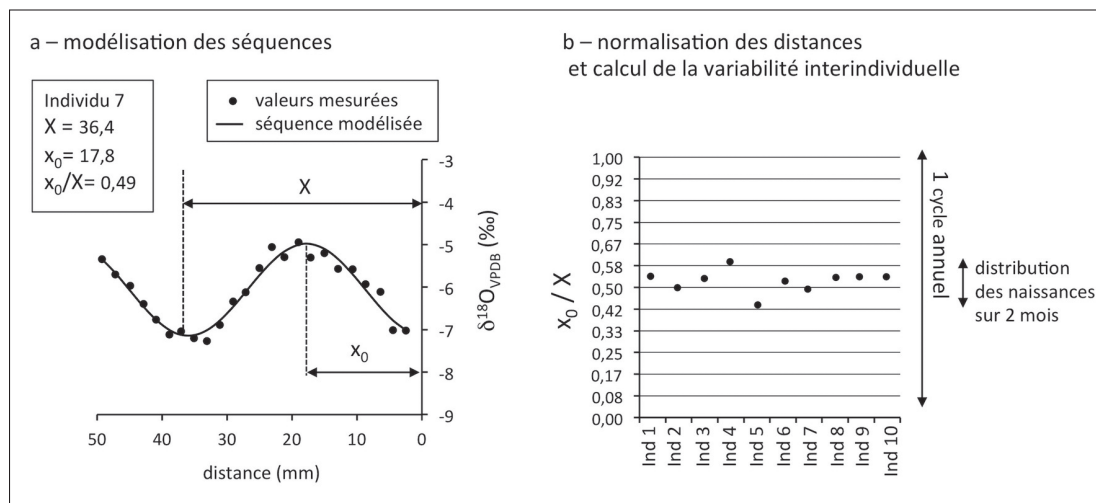


Fig. 2 - a. Modélisation d'une séquence de $\delta^{18}O$. Les paramètres du modèle sont notamment X la période du cycle (ou la longueur de dent formée sur un an) et x_0 le délai, ou la position de la valeur maximale. b. Normalisation du délai par la période, comparaison interindividuelle et estimation de la longueur de la période des naissances (© Marie Balasse).

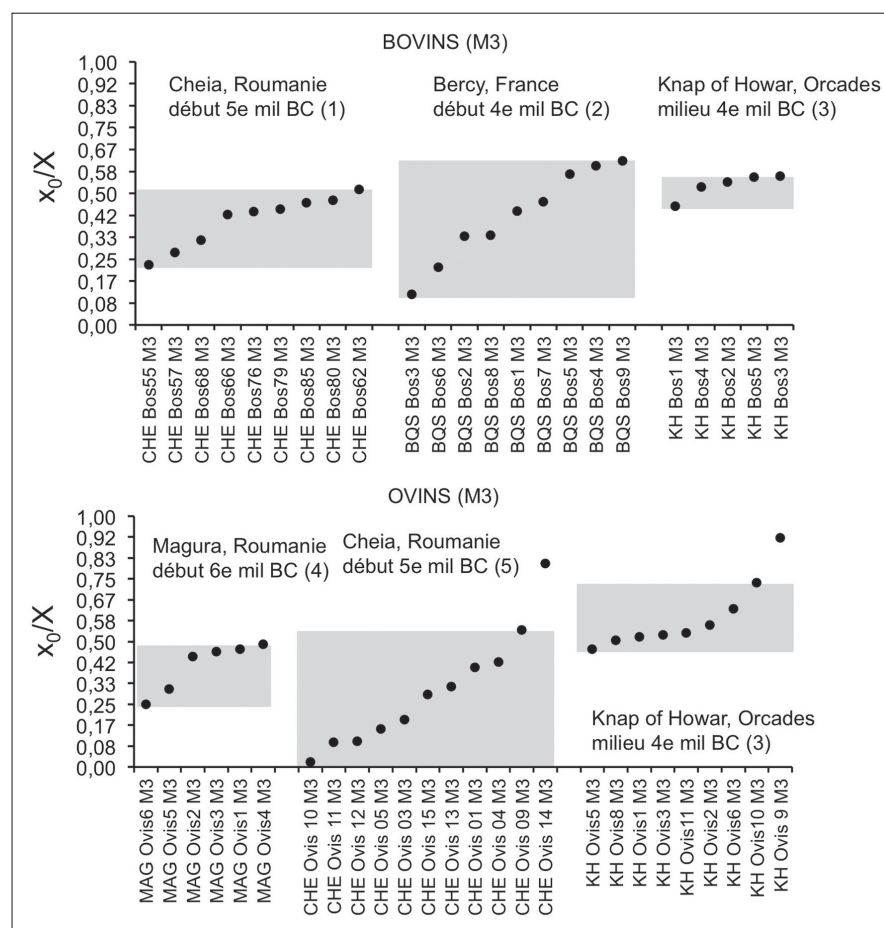


Fig. 3 - Exemple de résultats obtenus sur des assemblages néolithiques et chalcolithiques d'Europe (données : 1. Balasse *et al.* sous presse; 2. Balasse *et al.* 2012; 3. Balasse & Tresset 2009; 4. Balasse *et al.* 2013; 5. Tornero *et al.* 2013) (© Marie Balasse).

moyen, à une latitude plus élevée dans l'archipel des Orcades à Knap of Howar, des naissances sur une durée beaucoup plus restreinte - ou une fenêtre de survie plus serrée pour les jeunes - pourraient être expliquées par des conditions climatiques particulièrement difficiles (fig. 3). Si ce dernier résultat

doit être pondéré, pour les bovins, par un très petit corpus de données, les informations obtenues sur les ovins du même site témoignent également de l'existence d'une période de naissances restreinte. À Knap of Howar, pour les bovins comme pour les moutons, les naissances semblent se produire plus

tard dans l'année en comparaison avec celles observées à des latitudes plus basses (fig. 3). Cette tendance, particulièrement marquée chez le mouton à Knap of Howar et qui semble confirmée sur un autre assemblage du Néolithique moyen du même archipel à Skara Brae (données inédites des auteurs), peut être expliquée par l'influence primordiale de la photopériode sur le cycle de reproduction de la brebis.

Utilité des référentiels actuels pour caler les naissances dans le temps

En théorie, il devrait être possible de déterminer la saison des naissances à partir du calendrier de formation de la dent et de la séquence du cycle qui y est enregistrée. En pratique, le calendrier de croissance n'est pas connu avec une précision suffisante, et s'y ajoute une imprécision sur le moment de l'acquisition du signal isotopique dans l'émail dentaire. Le rythme d'incorporation du signal isotopique dans l'émail dépend du rythme de croissance dentaire et de la durée du processus de minéralisation. Lors de la formation de la dent, l'émail est déposé dans un premier temps sous la forme d'une matrice organique faiblement minéralisée et l'acquisition de la partie la plus importante de la fraction minérale est faite plus tard lors de la phase de maturation. Ce processus de minéralisation secondaire est discontinu (Suga 1982) et sa durée varie suivant l'espèce, la dent et la partie de celle-ci. Des études isotopiques ont permis de la quantifier à plusieurs mois dans les molaires de bœuf (Balasse 2002) et de moutons (Zazzo *et al.* 2010; Balasse *et al.* 2012b). Chez le porc, elles ont mis en évidence que le délai de minéralisation de l'émail est le plus court dans la canine mâle, qu'il augmente dans les incisives et plus encore dans les molaires (Frémondeau 2012). Pour cette raison, s'il demeure possible de raisonner en termes de variabilité interindividuelle afin de déterminer la saisonnalité des naissances, l'estimation de la saison de naissance est plus complexe.

Aujourd'hui, on détermine la saison des naissances par comparaison avec des référentiels actuels, constitués de séquences de $\delta^{18}\text{O}$ mesurées sur les dents d'individus dont la saison de naissance est connue. Ces séquences normali-

sées peuvent être comparées directement avec celles mesurées sur les spécimens archéologiques (fig. 4). Il existe pour l'heure un référentiel pour la M2 du mouton (Blaise & Balasse 2011; Balasse *et al.* 2012a; Tornero *et al.* 2012) et un pour les incisives des suidés (Frémondeau *et al.* 2012). Ainsi il a été possible, sur le site de Cheia (Roumanie, culture Hamangia) par exemple, de déterminer que les naissances des moutons étaient distribuées entre la toute fin de l'hiver et le tout début de l'été (fig. 4). Mis en regard avec le profil de mortalité fortement structuré en faveur d'une production de viande tendre, ce résultat a permis de conclure que cet apport, par l'abattage d'animaux de 6-12 mois, avait pu se faire sur la quasi-totalité de l'année, excepté au début de l'été (Tornero *et al.* 2012).

Le chemin à parcourir reste considérable avant de pouvoir véritablement mettre en évidence, au-delà des contraintes environnementales et climatiques, des choix zootechniques. Les premières tendances sont toutefois très encourageantes, notamment si le gradient altitudinal observé dans la longueur et le calage de la distribution des naissances venait à être confirmé. Ce résultat, qui n'a rien d'inattendu, est un argument fort en faveur de la pertinence de la démarche méthodologique. La multiplication des études de cas archéologiques devra toutefois s'accompagner d'un renforcement des référentiels actuels, trop peu nombreux pour les caprinés et le porc, voire inexistantes pour les bovins.

Références bibliographiques

- BALASSE M. 2002. "Reconstructing dietary and environmental history from enamel isotopic analysis: time resolution of intra-tooth sequential sampling", *International Journal of Osteoarchaeology*, 12 : 155-165.
- BALASSE M., BOURY L., UGHETTO-MONFRIN J. & TRESSET A. 2012a. "Stable isotope insights ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$) into cattle and sheep husbandry at Bercy (Paris, France, IVth millennium BC): birth seasonality and winter leaf foddering", *Environmental Archaeology*, 17 : 29-44.
- BALASSE M., OBEIN G., UGHETTO-MONFRIN J. & MAINLAND I. 2012b. "Investigating seasonality and season of birth in past herds: a reference set of sheep enamel stable oxygen isotope ratios", *Archaeometry*, 54 : 349-368.

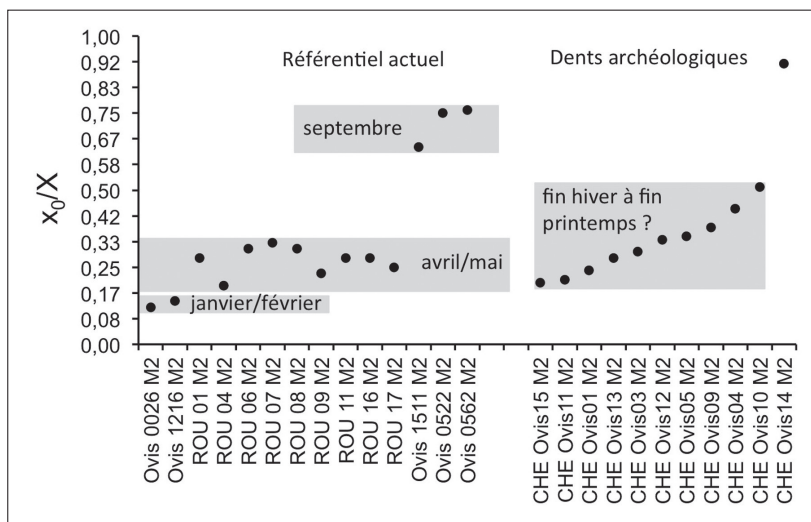


Fig. 4 – Estimation de la saison des naissances par comparaison avec des référentiels actuels (d'après Tornero *et al.* 2013) (© Marie Balasse).

Sommaire

Dossier : Méthodes et formations en archéométrie en France

présenté par Philippe DILLMANN, Jean-Philip BRUGAL

- 3 *Philippe DILLMANN, Jean-Philip BRUGAL* | CAI-RN : un réseau pour l'archéométrie
- 5 *Yannicke DAUPHIN* | La fossilisation des tissus dentaires et osseux : structure, composition, implications
- 10 *Eva-Maria GEIGL* | L'apport de la paléogénétique et de la paléogénomique à l'archéologie
- 14 *Marine GAY, Katharina MÜLLER, Frédéric PLASSARD, Ina REICHE* | Les pigments et les parois des grottes préhistoriques ornées. Apport des développements analytiques récents à l'identification et à l'évaluation de leur évolution dans le temps
- 19 *François LÉVÊQUE, Vivien MATHÉ* | Prospection magnétique 3D à haute résolution. Du site à l'objet
- 23 *François-Xavier LE BOURDONNEC, Ludovic BELLOT-GURLET, Carlo LUGLIÉ, Céline BRESSY-LEANDRI* | Archéométrie de l'obsidienne : déchiffrer la circulation d'une matière première
- 28 *Philippe DILLMANN, Stéphanie LEROY, Alexandre DISSER, Sylvain BAUVAIS, Enrique VEGA, Philippe FLUZIN* | Dernières avancées des études sur la production, la circulation et la datation des métaux ferreux archéologiques
- 35 *Sandrine BARON, Marie-Pierre COUSTURES* | Apports et limites des méthodes isotopiques pour restituer la circulation des métaux aux périodes anciennes
- 40 *Philippe COLOMBAN, Ludovic BELLOT-GURLET* | Analyses non destructives par spectroscopies infrarouge et Raman. Du laboratoire au site
- 44 *Rémi DAVID, Chantal LEROYER, Florence MAZIER* | Les modélisations du couvert végétal en palynologie. Pour une meilleure restitution des paléoenvironnements végétaux
- 49 *Marie BALASSE, Delphine FRÉMONDEAU, Carlos TORNERO* | Rythmes saisonniers des élevages préhistoriques en Europe tempérée. L'outil isotopique traceur de la distribution des naissances du cheptel domestique
- 54 *Léa DRIEU, Martine REGERT* | Substances naturelles liées aux céramiques archéologiques

Informations scientifiques

- 61 *Philippe DILLMANN, Marie BALASSE, Ludovic BELLOT-GURLET, avec la collaboration de Jean-Philip BRUGAL, Matthieu LEBON, Chantal LEROYER, Vivien MATHÉ, Norbert MERCIER, Christine OBERLIN, Martine REGERT, Eva-Maria GEIGL, Ina REICHE, Anne SCHMITT, Sandrine BARON* | Objectif et actions du réseau CAI-RN