

Archéologie

Tuerie de Parisiens néolithiques en Alsace

Mains brisées, crânes défoncés, bras coupés... À Achenheim, dans la banlieue de Strasbourg, une équipe de l'Inrap a découvert une fosse remplie de restes humains témoignant d'un épisode d'une extrême violence survenu il y a plus de 6 200 ans. Philippe Lefranc, qui a dirigé les fouilles, nous présente cette macabre découverte et la commente.

essentiellement aux sites côtiers : l'eau représentant 95 % de la masse injectée lors du processus, une centrale électrique émettant annuellement 40 000 tonnes de CO₂ nécessiterait l'équivalent de près de 800 piscines olympiques. En revanche, l'eau utilisée ne devrait pas polluer l'environnement, selon Steve Peuble : « Comme le CO₂, l'eau se retrouve piégée dans le basalte, car il est surmonté par une couche de hyaloclastites, des roches imperméables. Et en cas de remontée accidentelle, elle n'est de toute façon pas polluée par le procédé. »

Deux ans après, les mesures effectuées dans le puits principal comme dans les puits de contrôle montrent qu'au moins 95 % du gaz carbonique injecté ont été convertis en roches carbonatées, dont la stabilité se compte en centaines de milliers d'années.

Pour Steve Peuble, « la quantité exacte de CO₂ ainsi séquestrable reste à déterminer. Notamment, en précipitant, le CO₂ peut réduire petit à petit les pores de la roche et finir par boucher le puits. Et une autre réaction chimique, la serpentinisation, qui crée des sortes de filaments minéraux, peut aussi contribuer à ce phénomène. Néanmoins, l'expérience CarbFix montre d'ores et déjà qu'il est aujourd'hui envisageable d'absorber les milliers de tonnes de gaz produites chaque année par les sites industriels installés à proximité de couches basaltiques. Rien qu'en Islande, les estimations de stockage sont comprises entre 2... et 2 000 gigatonnes ».

Martin Tiano

J. M. Matter et al., *Science*, vol. 352, pp. 1312-1314, 2016

Qu'avez-vous découvert dans un silo désaffecté au milieu du village néolithique fortifié d'Achenheim ?

Philippe Lefranc : Nous avons trouvé six squelettes d'hommes polyfracturés dont les cadavres ont été jetés en vrac, accompagnés par quatre bras gauches coupés au niveau de l'humérus.

De quelle époque s'agit-il ?

Ph. L. : Les artefacts mêlés à la terre de remplissage indiquent que le dépôt date de 4400-4200 avant notre ère.

Quelle culture occupait l'Alsace à cette époque ?

Ph. L. : Le groupe de Bruebach-Oberbergen. Ce groupe est un héritier direct de la culture à céramique linéaire (5700-5000), à l'origine du courant de néolithisation danubien, avec ses maisons de bois et pisé, ses grandes nécropoles, sa céramique, ses haches polies...

Y avait-il quelque chose de particulier concernant ce groupe ?

Ph. L. : Rien, sinon qu'il traversait une période troublée. Chose unique en Alsace, le village, dont la fosse occupait d'ailleurs le centre, était entouré par une grande enceinte défensive.

Pourquoi ?

Ph. L. : On peut juste faire remarquer que le groupe de Bruebach-Oberbergen était à l'époque sur le point d'être remplacé par un autre

groupe de culture danubienne venant du Bassin parisien.

Des « Parisiens » étaient-ils à la conquête de l'Alsace ?

Ph. L. : Peut-être, mais les guerres « primitives » ne sont pas de conquête. On peut juste supposer que l'arrivée d'étrangers a exacerbé les tensions, provoquant des raids entre communautés. Du reste, deux pointes de flèches ont été trouvées au contact de l'un des squelettes, ce qui suggère un combat.



Philippe Lefranc, archéologue du Néolithique à l'Inrap

Y a-t-il d'autres possibilités ?

Ph. L. : Une autre serait que l'homme en question, comme les autres captifs, ait été amené au village pour y être massacré. C'est l'interprétation qui prévaut étant donné que, comme l'a montré Fanny Chenal, qui étudie ces restes, tous les défunts ont été poignardés, dont eu le crâne éclaté, le bassin brisé, les phalanges écrasées... bref, tant de blessures pour la plupart mortelles qu'elles ne peuvent résulter que d'un déchaînement de violence en partie *post mortem*.

Donc une violence ritualisée ?

Ph. L. : Oui, c'est ce que rend vraisemblable la comparaison ethnologique avec les pratiques amérindiennes. Les Iroquois, par exemple, ramenaient des captifs pour les torturer toute une nuit avant de les exécuter. Outre ces trophées vivants, d'autres Amérindiens prélevaient des scalps ou des membres. À Achenheim, les bras gauches coupés constituent clairement des prises de trophées guerriers.

Pourquoi de tels rites ?

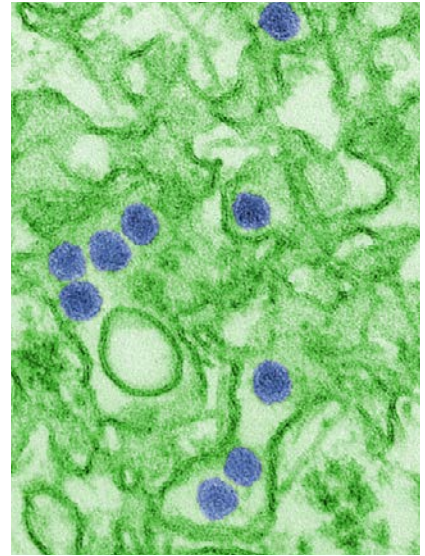
Ph. L. : Leur fonction, peut-on imaginer, est de terroriser l'ennemi, d'handicaper le guerrier ennemi lors de son voyage dans l'au-delà, mais aussi de renforcer l'identité du groupe en engageant chacun, du moins parmi les guerriers, dans le meurtre de l'autre. Très traditionalistes, les communautés néolithiques détestaient sans doute l'innovation et le changement, donc l'étranger qui les apportait. Comme chaque groupe faisait de même, il fallait s'allier pour survivre, ce qui se faisait par échange de femmes. Les nombreuses traces de violence que nous relevons suggèrent que la guerre était endémique. Pour tenter de préciser le sens de celle qui a eu lieu à Achenheim, nous allons analyser les gènes des défunts et tenter de déduire du strontium de leurs dents le lieu où ils ont grandi.

François Savatier

Médecine

Un anticorps contre Zika et la dengue

Un anticorps provenant des patients infectés par le virus de la dengue serait efficace contre le virus Zika. De quoi envisager un vaccin contre les deux maladies.



Zika (à droite, en violet sur l'image en microscopie électronique à transmission) est un virus du genre *Flavivirus*. Il est transmis par certains moustiques du genre *Aedes* (ci-dessus).

En février 2016, l'Organisation mondiale de la santé déclarait l'état d'urgence de santé publique à propos du virus Zika, tandis qu'on estimait à 1,5 million le nombre de personnes infectées au Brésil. À l'approche des jeux Olympiques d'été 2016 à Rio, l'inquiétude reste grande et la question d'un vaccin demeure. Cependant, il y a aussi des nouvelles encourageantes. Ainsi, avec des collègues, Félix Rey et son équipe à l'institut Pasteur, à Paris, ont mis en évidence un anticorps à la fois efficace contre Zika et contre un autre fléau des pays tropicaux : la dengue.

Le virus Zika et celui de la dengue appartiennent au genre *Flavivirus*, des virus à ARN transmis par les moustiques dans les zones tropicales. Le virus Zika a été identifié comme responsable de très nombreux cas de microcéphalies chez les fœtus et de syndromes de Guillain-Barré.

Les chercheurs ont découvert que des anticorps provenant de patients infectés par le virus de la dengue et dirigés contre un antigène du virus Zika neutralisaient ce dernier (on parle d'anticorps neutralisants).

L'équipe s'est intéressée à deux protéines structurales du virus de la dengue, prM et E, impliquées dans son processus de maturation à l'intérieur de la cellule infectée. Au cours du développement du virus, prM est découpée et perd un grand fragment. Cette étape est nécessaire pour rendre infectieuses les nouvelles particules virales : elle entraîne la réorganisation de la protéine E à la surface de l'enveloppe virale. Ce changement expose un site antigénique de la protéine E auparavant inaccessible, nommé épitope de la boucle de fusion ou FLE (*Fusion-Loop Epitope*), qui permet la fusion du virus avec la membrane de la cellule. La protéine E est la cible principale des anticorps neutralisants, mais ces derniers sont souvent inefficaces sur ce site antigénique en raison de sa grande variabilité. Pire, ils améliorent parfois le potentiel infectieux du virus en favorisant son entrée dans la cellule.

La plupart des anticorps isolés chez les patients infectés par le virus de la dengue ciblent l'antigène FLE. Certains, toutefois, ciblent un autre site facilement accessible à la surface de

la protéine E – un site stable et conservé car indispensable au bon fonctionnement du virus. Ces anticorps neutralisants à large spectre, appelés EDE pour *E-Dimer Epitope*, neutralisent efficacement le virus de la dengue.

Les chercheurs ont étudié par cristallographie la structure du complexe formé par les anticorps EDE et l'antigène, afin de déterminer le site de fixation des anticorps équivalent sur le virus Zika. Ils ont remarqué que ce site était le même pour Zika que pour la dengue.

Un vaccin contre la dengue, Dengvaxia, vient d'être autorisé dans certains pays. Fondé sur l'antigène FLE, son efficacité est relative : il serait plus efficace chez les individus ayant déjà été infectés par la dengue. Pire, il accentuerait le potentiel infectieux chez les enfants de moins de neuf ans.

Les résultats de cette nouvelle étude permettent d'envisager la fabrication d'un vaccin universel qui, en stimulant la production d'anticorps de l'antigène commun, protégerait à la fois contre Zika et contre la dengue.

William Rowe-Pirra

F. Rey et al., *Nature*, 23 juin 2016

Moustique : Shutterstock.com/Tacio Philip Sansonowski ; virus : CDC Cynthia Goldsmith

37

pays et territoires

sont touchés par le virus Zika, notamment le Brésil, le Mexique, le Paraguay, la Colombie, la Bolivie, les Antilles*

Biophysique

Comment la langue du caméléon colle à sa proie

Les caméléons restent immobiles en attendant qu'une proie arrive à leur portée, puis ils projettent leur langue en une fraction de seconde. Le déploiement de la langue n'a plus de secret pour les biophysiciens, mais la capture de la proie, en revanche, restait énigmatique. La langue colle à la victime, mais par quel mécanisme ? Avec ses collègues, Pascal Damman, du Laboratoire interfaces et fluides complexes de l'université de Mons, a évalué l'importance de l'un des facteurs à l'œuvre : la viscosité du mucus dont le bout de la langue est enveloppé.

Les chercheurs ont mesuré cette viscosité en faisant rouler de petites billes d'acier sur une mince couche de mucus de caméléon. Le mucus se révèle 400 fois plus visqueux que la salive humaine.

Cette valeur de la viscosité a ensuite été utilisée dans un modèle dynamique d'adhésion visqueuse qui décrit le mouvement de la langue et de la proie



Au bout de sa langue, le caméléon sécrète un mucus visqueux qui adhère à la proie et contribue notablement à sa capture. Le reptile peut atteindre une proie à une distance équivalente à deux fois sa longueur.

pendant la phase de rétraction. Les chercheurs ont ainsi déterminé la taille maximale de la proie qui peut être capturée. Un caméléon d'environ 16 centimètres serait à même de capturer des oiseaux, lézards ou petits mammifères d'une taille allant jusqu'à une dizaine de centimètres. Or les proies réelles des caméléons sont toutes plus petites que les estimations du modèle, ce qui montre que l'adhésion visqueuse n'est pas un facteur limitant pour la taille des proies.

Les caméléons pourraient en théorie attraper de plus grosses proies. Pourquoi ne le font-ils pas ? D'abord, un caméléon avale sa proie entière ; si elle était trop grosse, il ne pourrait pas l'ingérer. Ensuite, il faut compter avec les erreurs de visée, la réaction de la proie et autres facteurs limitants du même type. Dans le monde réel, la vie des prédateurs n'est pas si facile !

Alexei Kouraev

F. Brau et al., Nature Physics, 20 juin 2016

Archéologie

Angkor : un réseau urbain complexe

Angkor, capitale de l'empire Khmer entre le IX^e et le XV^e siècles, fait encore parler d'elle. Un relevé laser réalisé en 2012 par Damian Evans et son équipe, de l'École française d'Extrême-Orient à Paris, avait mis au jour un réseau urbain autour du grand temple d'Angkor Vat. La même équipe a effectué un nouveau relevé, de plus grande ampleur (1910 kilomètres carrés), qui dévoile la complexité et l'étendue de ce tissu urbain.

Pour mener leurs recherches dans la jungle dense du Cambodge, les chercheurs ont développé un procédé de balayage par laser aérien de télédétection.

Ce système décèle les traces de constructions humaines anciennes à travers la végétation.

L'urbanisme des Khmers est mal compris, car ils utilisaient des matériaux non durables : leurs demeures et mêmes les palais royaux étaient en terre, en bois et en chaume. Seuls les temples et les systèmes de gestion des eaux étaient en pierre.

Sur le site de Sambor Prei Kuk, capitale khmère durant la période antérieure au développement d'Angkor, les archéologues ont découvert les traces d'un système hydraulique dont on pensait l'utilisation plus tardive, à l'époque d'Angkor. De plus,

les nouvelles cartes montrent que la ville d'Angkor aurait été aussi vaste que l'actuelle capitale du Cambodge, Phnom Penh. À cela s'ajoute un dense réseau routier reliant les autres villes à la capitale. Tout cela montre l'importance d'Angkor dans la vie économique et sociale de l'empire khmer.

Ces résultats permettront de planifier des recherches plus précises sur les sites pour tenter de trouver des objets en céramique et d'autres matériaux datables.

W. R.-P.

D. Evans et al., Journal of Archaeological Science, 13 juin 2016

Deuxième signal pour LIGO

En décembre 2015, l'expérience LIGO a capté un deuxième signal d'ondes gravitationnelles. Il fait suite à celui, historique, de septembre 2015.

Ces ondes ont été émises lors de la fusion d'un système binaire de deux trous noirs. L'analyse du signal a permis de déduire leurs masses : 8 et 14 fois celle du Soleil. Plus légers que ceux liés au signal de septembre 2015 (29 et 36 masses solaires), les trous noirs se sont rapprochés plus lentement, si bien que le signal enregistré est plus faible, mais plus long.

Pour les spécialistes, l'observation de deux coalescences de trous noirs en l'espace de trois mois est une confirmation que ces systèmes binaires sont nombreux dans l'Univers. Cependant, les chercheurs s'interrogent sur leur origine : s'agit-il de deux étoiles qui ont évolué ensemble et formé deux trous noirs, ou d'un trou noir qui en a capturé un autre ? Les astrophysiciens pourront y répondre en accumulant de futures détections d'ondes gravitationnelles, un excellent outil d'exploration de l'Univers.



Angkor Vat est le temple le mieux conservé du Cambodge médiéval. Mais il n'est que le sommet de l'immense iceberg que représente la mégapole d'Angkor.