



naturelle du Danemark, et ses collègues ont utilisé la technique pour identifier 28 fossiles d'homininés parmi les fragments d'os d'espèce indéterminée de la grotte du Renne, en Bourgogne. Il y a plusieurs décennies, des chercheurs y ont en effet découvert des os néandertaliens en association avec un ensemble d'objets étonnamment élaborés, dont des outils en os ainsi que des pendentifs et d'autres ornements corporels, autant d'artefacts de la culture châtelperronienne censée avoir marqué la transition entre le Paléolithique moyen et le Paléolithique supérieur en Europe occidentale.

Cette découverte allait à l'encontre de l'idée ancienne selon laquelle seul *H. sapiens* avait pu produire de tels objets. La controverse est allée bon train, entre ceux qui croyaient les Néandertaliens vraiment associés à ces objets perfectionnés et ceux qui avançaient qu'une perturbation des strates archéologiques du site était à l'origine d'un mélange dans les mêmes couches d'os néandertaliens et d'objets plus récents dus à *H. sapiens*.

Les 28 fragments osseux que Frido Welker et ses collègues ont identifiés comme humains grâce à ZooMS venaient tous clairement de la même couche que les outils et ornements perfectionnés. Quand ils ont séquencé les os, les résultats étaient sans équivoque: les spécimens étaient néandertaliens et non *sapiens*. Ainsi, ZooMS a clairement mené à la conclusion que l'industrie châtelperronienne et d'autres industries de la période de transition étaient bien le fait de Néandertaliens: les capacités cognitives de ces derniers étaient supérieures à l'idée que l'on s'en faisait.

DE MÈRE NÉANDERTALIENNE ET DE PÈRE DÉNISOVIE

Pendant toute la durée de nos travaux à Vindija, nous avons continué à analyser des échantillons de Denisova dans l'espoir que nous pourrions ajouter au corpus de «nouveaux» fossiles humains. Nos efforts ont payé. Nous avons découvert deux fragments supplémentaires associés à des hominidés: DC3573, qui s'est révélé appartenir à un Néandertalien d'il y a plus de 50000 ans, et DC3758, un os vieux de 46000 ans dans lequel l'ADN ancien n'avait malheureusement pas été préservé. Plus de 5000 fragments osseux nous ont à ce jour livré un total de 5 os d'homininés qui, sans ZooMS, seraient probablement restés à jamais ignorés.

Toutefois, le résultat le plus passionnant dû à cette technique devait encore venir. En mai 2017, nous nous sommes rendus à l'institut Max-Planck d'anthropologie évolutionniste afin de rencontrer Matthias Meyer et Janet Kelso, des membres éminents du laboratoire de Svante Pääbo. La rencontre était

organisée afin de nous informer sur ce qu'il en était de Denisova 11. L'extraction d'ADN nucléaire s'était-elle révélée possible? Avait-elle livré des informations sur cet individu?

Il n'arrive pas souvent en science d'apprendre quelque chose de renversant, mais c'est exactement ce que Matthias Meyer et Janet Kelso nous réservaient. L'ADN nucléaire, nous ont-ils appris, était curieusement composé: la moitié correspondait à un Néandertalien, et l'autre moitié semblait provenir d'un Denisovien. Ils pensaient que Denisova 11 était un hybride à 50/50. Pour exclure toute possibilité d'erreur, l'équipe était en train de refaire les tests pour vérifier cet extraordinaire résultat.

Quelques mois plus tard, les chercheurs ont confirmé ce résultat initial. L'ADN mitochondrial ne nous avait révélé que la moitié du tableau: l'individu humain que nous avions identifié était bien une métisse dont la mère était néandertalienne et le père denisovien – en d'autres termes, un hybride de première génération, comme disent les généticiens. L'équipe de Denisova a publié cette incroyable découverte en septembre 2018, dans la revue *Nature*.

Nous savons donc grâce à l'ADN que Denisova 11 était un individu féminin qui vécut il y a entre 90000 et 100000 ans. Une analyse de la densité osseuse du fragment à l'aide de notre scanner a permis à notre collègue Bence Viola, de l'université de Toronto, d'estimer que Denisova 11 était âgée d'au moins 13 ans à sa mort. Son père denisovien avait lui-même un lointain ancêtre néandertalien, qui vécut plusieurs centaines de générations avant lui.

Nous ne pourrions bien sûr jamais savoir comment ces unions mixtes se produisaient pendant la Préhistoire, mais nous savons avec certitude qu'elles ont bien eu lieu. Nous ne pouvons pas davantage établir de quelle façon Denisova 11 est morte, mais nous savons que ses restes ont probablement été déposés dans les sédiments de la grotte par un prédateur, une hyène peut-être.

Denisova 11 est-elle morte parmi les siens, qui l'ont ensuite enterrée lors d'une cérémonie, pour être ensuite déterrée par une hyène? Ou bien a-t-elle été tuée par un prédateur? Pendant des dizaines de millénaires, ce minuscule morceau de son corps est resté intact dans l'obscurité de la grotte, et il aurait bien pu y rester très longtemps encore. Les techniques d'avant-garde de la zooarchéologie par spectroscopie de masse, de la spectrométrie de masse par accélérateur appliquée à la datation et du séquençage de l'ADN fossile ont permis d'établir quelques éléments de sa vie. Ce succès nous porte à espérer que ZooMS nous livrera encore de très nombreux autres secrets cachés dans les ossements. ■

BIBLIOGRAPHIE

V. Slon et al., **The genome of the offspring of a Neanderthal mother and a Denisovan father**, *Nature*, vol. 561, pp. 113-116, 2018.

T. Devièse et al., **Direct dating of Neanderthal remains from the site of Vindija Cave and implications for the Middle to Upper Paleolithic transition**, *PNAS*, vol. 114 (40), pp. 10606-10611, 2017.

F. Welker et al., **Palaeoproteomic evidence identifies archaic hominins associated with the Châtelperronian at the Grotte du Renne**, *PNAS*, vol. 113 (40), pp. 11162-11167, 2016.

S. Brown et al., **Identification of a new hominin bone from Denisova Cave, Siberia using collagen fingerprinting and mitochondrial DNA analysis**, *Scientific Reports*, vol. 6, article 23559, 2016.

L'ESSENTIEL

> Les premières observations fiables de nanobulles stables, formées sur une surface, datent de 2000.

> On s'attendrait à ce que des bulles de cette taille aient une pression interne très élevée, qui aurait dû les faire disparaître en quelques microsecondes.

> Leur stabilité s'explique par l'accrochage de leur contour sur la surface.

> Les nanogouttes de surface sont des systèmes analogues. Les nanobulles et nanogouttes de surface interviennent dans de nombreux processus, notamment en génie chimique.

L'AUTEUR



DETLEF LOHSE
professeur de physique
des fluides à l'université
de Twente, aux Pays-Bas,
lauréat du prix Balzan en 2018

Le paradoxe des nanobulles

Depuis près de vingt ans, on sait que des bulles de taille nanométrique accrochées à une surface ont une durée de vie de plusieurs jours. Or les physiciens calculaient qu'elles devraient se dissoudre en quelques microsecondes... : une énigme qu'ils n'ont résolue que récemment.

On peut observer quotidiennement la danse hypnotique de bulles d'air dans de l'eau ou un autre liquide. Mais ces objets familiers sont souvent éphémères : après s'être formées, les bulles remontent rapidement à la surface du liquide, où elles éclatent. Certaines d'entre elles, cependant, restent accrochées à une surface et s'y maintiennent longtemps, ce qui est plus intrigant.

Voici une façon simple d'en produire. Remplissez un verre avec de l'eau froide du robinet et laissez-le reposer dans une pièce chaude : de petites bulles d'air se forment sur les parois internes du verre (*voir la figure page 60*). Pourquoi ces bulles naissent-elles ? L'eau du robinet est généralement saturée d'air, et les gaz se dissolvent beaucoup mieux dans l'eau froide que dans l'eau chaude. Or dans le verre, l'eau froide du robinet se réchauffe peu à peu pour atteindre la température ambiante. Par conséquent, la solubilité du gaz diminue et l'eau devient sursaturée en air : des bulles d'air apparaissent alors sur les parois du verre. Selon la taille du récipient, ces bulles d'air ont une durée de vie qui peut atteindre plusieurs jours. >