

VIROLOGIE

UN ARSENAL DE GÈNES MÉTABOLIQUES DANS LES VIRUS GÉANTS

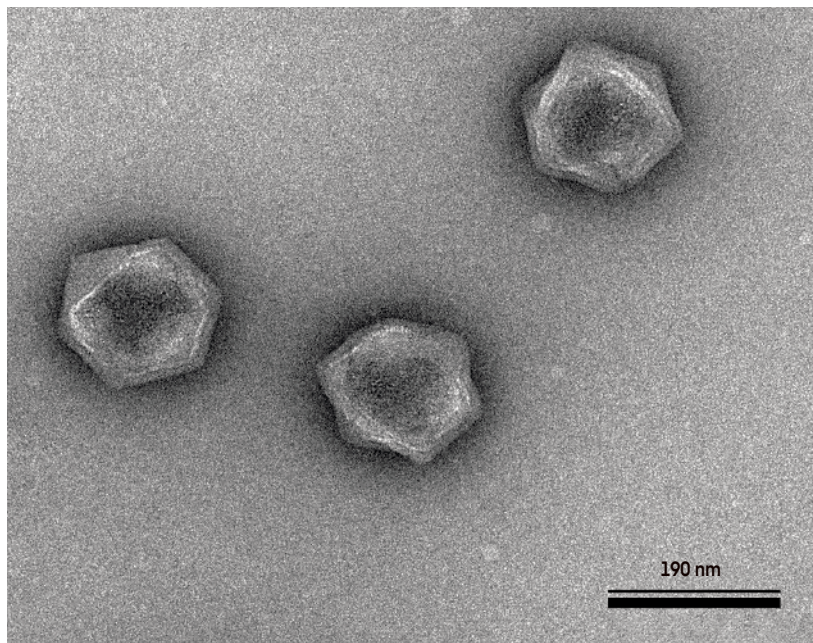
Hors de leurs hôtes, les virus géants ne produisent pas d'activité métabolique. Ils arborent néanmoins de nombreux gènes susceptibles d'intervenir dans les cycles métaboliques de leurs hôtes.

Depuis la découverte des virus géants en 2003, plus d'une centaine ont été isolés. Mais ces virus intriguent toujours autant. De la taille d'une bactérie, leurs virions (la forme sous laquelle ils se propagent) encapsulent un génome d'une longueur considérable, comportant parfois jusqu'à 2,5 millions de paires de bases (soit seulement deux fois moins que la bactérie *Escherichia coli*). Surtout, une part importante des génomes de ces virus ne ressemble à rien de connu. Pour en savoir plus sur ces mystérieux «géants» et explorer leur diversité, Mohammad Moniruzzaman et ses collègues, au Virginia Tech, à Blacksburg, aux États-Unis, ont effectué une étude métagénomique de virus géants issus d'environnements variés. Ils ont ainsi mis en évidence chez nombre d'entre eux une diversité insoupçonnée de gènes impliqués dans le métabolisme.

Pour ce faire, l'équipe a reconstitué, en s'appuyant sur une centaine de génomes de référence, quelque 500 génomes de virus géants à partir des données de plus de 1 500 métagénomes d'échantillons variés récoltés sur toute la planète, principalement en mer et dans les eaux douces, mais aussi dans le sol, des bioréacteurs, des usines de traitement de l'eau ou des gisements de pétrole. Puis les chercheurs ont construit l'arbre phylogénétique de ces virus et comparé leurs génomes avec des bases informatiques de gènes impliqués dans le métabolisme des cellules.

Précédemment, diverses équipes avaient déjà observé que des virus géants étaient capables de moduler le métabolisme de leurs hôtes (principalement des organismes eucaryotes unicellulaires aquatiques comme des amibes et des microalgues), et décelé la présence de tels gènes dans leur génome. Mais cette nouvelle étude révèle que les virus géants arborent tout un arsenal de séquences semblables à des gènes d'enzymes intervenant dans des processus variés comme la transformation de nutriments, la collecte de lumière, le métabolisme de l'azote, ou encore des voies métaboliques centrales du carbone comme la glycolyse.

De plus, plusieurs de ces séquences se retrouvent, avec plus ou moins de variations,



Avec ses 370 000 paires de bases, le virus Aav, qui infecte l'algue brune *Aureococcus anophagefferens*, fait partie des petits virus géants. Dans son génome, 377 séquences sont susceptibles de coder des protéines.

chez de nombreux virus géants, même de familles éloignées, ce qui suggère que ces gènes ont été acquis par un ou plusieurs ancêtres communs de ces familles, peut-être par transfert de gènes avec leur hôte. Ils se seraient alors intégrés à leur génome et auraient évolué au sein des familles virales – une vision bien éloignée du virus se contentant de voler à son hôte le matériel dont il a besoin pour se multiplier.

En 2011, le microbiologiste Patrick Forterre, à l'institut Pasteur, à Paris, a introduit le concept de «cellule virale» pour désigner la cellule infectée et souligner le fait que sa fonction première est devenue la production de nouvelles particules virales. Les gènes du métabolisme mis au jour chez les virus géants renforcent cette idée, car ils sont autant d'indices suggérant que ces virus sont capables de recâbler les chaînes métaboliques de leurs hôtes à leur avantage. Et vu l'abondance des virus géants dans les milieux aquatiques, de tels détournements pourraient jouer un rôle non négligeable dans l'écologie de ces habitats. ■

MARIE-NEIGE CORDONNIER

M. Moniruzzaman et al., *Nature Communications*, vol. 11, article 1710, 2020

NÉANDERTAL PÊCHEUR

Lors de fouilles de la grotte en bord de mer de Figueira Brava, au Portugal, João Zilhão, de l'université de Lisbonne, et une équipe internationale d'archéologues ont découvert des amas coquilliers riches en restes de mollusques, de crabes et de poissons dans le plancher stalagmitique de la caverne, une couche de calcite qui se forme au fil des ans par le ruissellement de l'eau.

Grâce à la datation du site, ils estiment que ces vestiges sont âgés de 86 000 à 106 000 ans, une période à laquelle le site était habité par *Homo neanderthalensis*. La consommation de produits de la mer, riches en oméga-3, aurait contribué au développement du cerveau de l'homme de Néandertal et pu accroître ses capacités cognitives. ■

WILLIAM ROWE-PIRRA

J. Zilhão et al., *Science*, vol. 367, eaaz7943, 2020

ASTROPHYSIQUE

LA COMÈTE VENUE DU FROID

Répérée en 2019, la comète Borissov est le deuxième objet connu (après 'Oumuamua) à traverser le Système solaire en provenance d'un autre système planétaire. Grâce au télescope spatial *Hubble*, Dennis Bodewits, de l'université Auburn, aux États-Unis, et ses collègues ont estimé la quantité de monoxyde de carbone émise par la comète.

Surprise: ce gaz était plus abondant que l'eau d'au moins 50%, ce qui est trois fois plus que la moyenne des comètes du Système solaire. Très volatil, le monoxyde de carbone passe facilement de l'état solide à l'état gazeux. Dans le voisinage du Système solaire, il ne fait assez froid pour qu'il reste à l'état solide qu'à trois fois la distance Soleil-Pluton de notre étoile. D'après les chercheurs, cela indique que Borissov s'est formée dans un environnement très froid, comme le disque de débris glacés entourant une étoile naine rouge, le type d'étoile le plus fréquent dans la Voie lactée. ■

S. B.

D. Bodewits et al., *Nature Astronomy*, en ligne le 20 avril 2020

ÉTHOLOGIE

L'AVERSION AU RISQUE DE LA FOURMI



La fourmi *Melophorus bagoti* utilise sa mémoire visuelle pour retrouver son chemin.

Les fourmis sont capables de mémoriser un trajet long de 100 mètres même dans un environnement complexe pour accéder à une source de nourriture. Chez certaines espèces, cette capacité à reconnaître son chemin repose principalement sur la vision de l'insecte. Les chercheurs comprennent relativement bien comment cette mémoire visuelle sert à la fourmi. Ce qui est beaucoup moins connu, c'est le mécanisme d'apprentissage d'un nouveau chemin. Antoine Wystrach, chercheur du CNRS au Centre de recherches sur la cognition animale, à Toulouse, et ses collègues ont étudié le cas de fourmis confrontées à un obstacle (un trou) rajouté sur leur chemin habituel. Au premier passage, les fourmis tombaient dedans, mais au bout de vingt-quatre heures, elles s'arrêtaient à l'approche du piège et scrutaient leur environnement. Elles déviaient alors de leur chemin pour contourner l'obstacle.

Il semble donc que dans les secondes qui précèdent l'arrivée sur l'obstacle, les souvenirs visuels sont associés à l'épisode de la chute. Ces éléments mémorisés agissent comme un stimulus négatif qui incite les fourmis à changer de chemin pour éviter la zone de danger. « L'apprentissage aversif se passe de façon rétrospective, explique Antoine Wystrach. L'expérience négative de tomber dans le piège incite les fourmis à former une aversion vis-à-vis des scènes visuelles perçues quelques secondes avant la chute, c'est-à-dire les scènes visuelles qui prédisent le piège imminent! » Une fois le piège retiré, les fourmis qui contournaient l'obstacle ont continué à suivre ce chemin alors qu'il est plus long. Cette observation montre que ce n'est pas la vision du piège qui incitait les fourmis à le contourner, mais bien les souvenirs visuels de leur nouvelle route. ■

S. B.

A. Wystrach et al., *Current Biology*, vol. 30, pp. 1-7, 2020

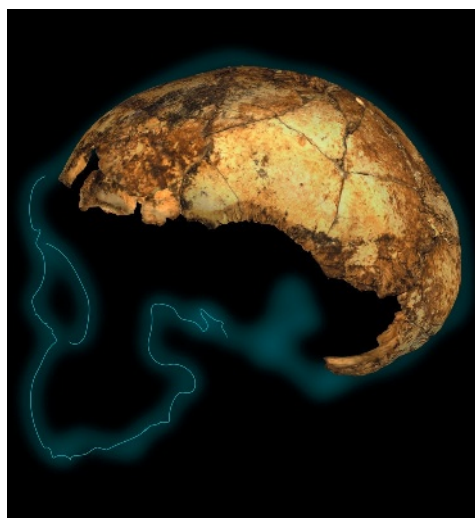
PALÉOANTHROPOLOGIE

QUAND HOMO ERECTUS CÔTOYAIT LES PARANTHROPES

Nous sous-estimons depuis toujours la biodiversité passée des hominidés. Avec des collègues, Andy Herries, de l'université La Trobe, en Australie, a obtenu la preuve directe qu'*Homo erectus* était déjà apparu avant la disparition des australopithèques.

Entre 2015 et 2018, les chercheurs ont mis au jour dans une strate nommée DMQ (*Drimolen main quarry*) de la carrière de Drimolen, en Afrique du Sud, les crânes fossiles d'un jeune *H. erectus* et d'un *Paranthropus robustus*. Les paranthropes – dont le nom signifie « autour de l'humain », et que l'on appelait autrefois « australopithèques robustes » – étaient spécialisés dans les nourritures végétales coriaces.

Les chercheurs ont utilisé un mélange de datations radiométriques (uranium/plomb appliqué à un plancher stalagmitique), par résonance paramagnétique électronique des dents et par le paléomagnétisme pour établir que la strate DMQ s'est constituée très vite entre 2,05 et 1,95 million d'années. Or cette période précède de très peu l'âge du fossile d'*Australopithecus sediba*, que son découvreur, Lee Berger, de l'université du Witwatersrand,



Ce fossile est la calotte crânienne d'un jeune *Homo erectus* de 2 à 3 ans.

présenta en 2010 comme un possible ancêtre d'*Homo*... Conclusion sans appel : *Homo* n'est pas issu d'*A. sediba* et le site de Drimolen étend d'au moins 100 000 ans vers le passé l'existence d'*H. erectus*, une forme humaine très évoluée (capacité crânienne de 900 à 1 200 centimètres cubes), qui foulait déjà l'Afrique avant le déclin des australopithèques et des paranthropes. ■

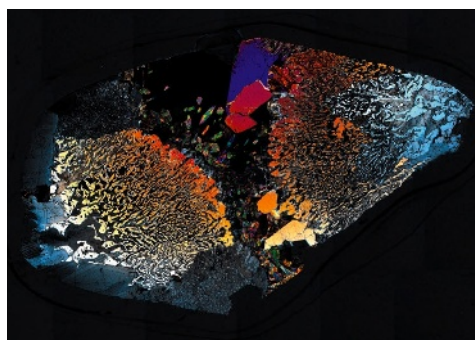
F. S.

A. Herries et al., *Science*, vol. 368, eaaw7293, 2020 ; S. Antón, *ibid.*, pp. 34-35

MICROBIOLOGIE

UNE VIE EXTRÊME SOUS LE FOND MARIN

En étudiant des roches issues de forages réalisés dans l'océan Indien, entre 10 et 750 mètres sous le plancher océanique, Jiangtao Li, de l'université Tongji, en Chine, et ses collègues ont observé des formes de vie microbienne et étudié leurs stratégies de survie. Leur nombre s'élevait entre 130 et 1 660 organismes par centimètre cube de roche. C'est très peu par rapport aux habitats classiques comme l'eau de mer ou le sol. Mais la présence de ces êtres vivants est remarquable vu les conditions extrêmes qui règnent à cet endroit : la pression subie par les roches s'élève jusqu'à 300 atmosphères environ. Les chercheurs ont montré que ces microorganismes se sont adaptés pour utiliser au maximum le peu de molécules organiques qui leur parviennent. L'apport énergétique est donc très faible, avec comme conséquence un train de vie



C'est dans des veines semblables à celle-ci que les chercheurs ont découvert des microorganismes : bactéries, champignons, archées.

pour le moins frugal, et un métabolisme extrêmement lent. De ce fait, la longévité de ces organismes pourrait atteindre des centaines, voire des milliers d'années... ■

LUCAS GIERCZAK

J. Li et al., *Nature*, vol. 579, pp. 250-225, 2020

EN BREF



LA FICELLE DE NÉANDERTAL

L'équipe de Marie-Hélène Moncel, du Muséum de Paris, a mis au jour une curieuse torsade dans l'abri néandertalien du Maras, en Ardèche. L'examen au microscope de ce cordage vieux de plus de 40 000 ans – le plus ancien connu – a révélé que trois faisceaux de fibres ont d'abord été filés selon une torsion horaire, puis torsadés ensemble dans le sens antihoraire. Un tel tressage est encore pratiqué de nos jours, parce qu'il accroît la résistance des cordes.

Scientific Reports, 9 avril 2020



TOMBE ÉTRUSQUE D'EXCEPTION

La fouille par l'Inrap de la deuxième grande nécropole de la capitale étrusque de la Corse – la nécropole d'Aléria-Lamajone – reste spectaculaire, puisqu'une sépulture féminine vient d'y livrer 200 objets. Outre ses bijoux, la défunte était entourée d'une quarantaine de céramiques (gobelets, cruche, oenochés...), dont certaines peintes en Étrurie au IV^e siècle avant notre ère. Pour éviter des erreurs, les chercheurs ont tomographié le contenu de 22 de ces objets avant de les fouiller.

www.inrap.fr