

liquide tourbillonnant en son sein; si le liquide a une viscosité très faible, voire nulle (comme un superfluide), il s'écoulera suivant certains régimes, des « modes r », où des ondes gravitationnelles sont émises. « Ces ondes gravitationnelles seraient beaucoup plus faibles que celles d'une collision », souligne Mark Alford. « C'est de la matière qui clapote tranquillement, par opposition à de la matière en train d'être déchirée. » Ce chercheur et ses collègues ont déterminé que la version *Advanced Ligo*, actuellement en service, ne sera pas capable de détecter les ondes associées aux modes r . Mais les futures améliorations de *Ligo*, ainsi que des observatoires en projet comme le *Einstein Telescope* en discussion en Europe, en seront peut-être capables.

ET LA GRAVITATION ?

Dévoiler la structure des étoiles à neutrons nous donnerait un tableau quasi complet des formes que peut prendre la matière, depuis les conditions les plus courantes jusqu'aux plus extrêmes. Et comprendre les étoiles à neutrons aurait un bénéfice supplémentaire : étudier ces astres permet, certes, de sonder les interactions nucléaires, mais ils offrent une possibilité de mieux comprendre l'interaction énigmatique qu'est la gravitation.

BIBLIOGRAPHIE

B. P. Abbott et al., **GW170817 : measurements of neutron star radii and equation of state**, *Phys. Rev. Lett.*, vol. 121, article 161101, 2018.

J. Novak et M. Oertel, **Les étoiles à neutrons : des sondes cosmiques**, *Dossier Pour la Science*, n° 83, avril 2014.

D. Page et al., **Rapid cooling of the neutron star in Cassiopeia A triggered by neutron superfluidity in dense matter**, *Phys. Rev. Lett.*, vol. 106, article 081101, 2011.

J. Novak, **Les étoiles à neutrons**, *Pour la Science*, n° 311, septembre 2003.

Les étoiles à neutrons ne sont pas le seul moyen employé pour étudier les interactions nucléaires. Dans le monde entier, des expériences sont en cours dans les accélérateurs de particules, qui opèrent tels des microscopes pour analyser l'intérieur du noyau atomique. « Les étoiles à neutrons sont un mélange de physique gravitationnelle et de physique nucléaire », souligne Or Hen, physicien à l'Institut de technologie du Massachusetts. « Pour le moment, nous utilisons les étoiles à neutrons comme un laboratoire pour comprendre la physique nucléaire. Mais comme nous avons accès à des noyaux ici sur Terre, nous devrions à terme parvenir à circonscrire assez bien l'aspect nucléaire du problème. Alors nous pourrions utiliser les étoiles à neutrons pour comprendre la gravitation, qui est l'un des plus grands défis de la physique. »

La gravitation telle que nous la comprenons actuellement (grâce à la théorie de la relativité générale d'Einstein) ne fait pas bon ménage avec la théorie de la physique quantique. À terme, il faudra repenser l'une ou l'autre, voire les deux théories, mais personne ne sait quelle piste est la bonne malgré de nombreuses tentatives. « Mais nous finirons bien par y arriver, conclut Or Hen, et c'est une perspective absolument passionnante. » ■

Il y a 50 ans, on a marché sur la Lune !

cycle de conférences

— les mercredis à 19h



Quel est l'héritage du programme Apollo ? Retournerons-nous sur la Lune dans un proche avenir ?

Accès gratuit dans la limite des places disponibles.

15 mai

La conquête lunaire :

comment a-t-elle commencé ?

Jean-Pierre Martin, physicien, SAF.

22 mai

Saturn V, la « machine lunaire »

Rémi Tropé, médiateur scientifique au planétarium du Palais de la découverte.

29 mai

Formation de la Lune :

ce que nous ont appris les vols Apollo

Charles Frankel, spécialiste de la géologie des planètes.

5 juin

Les exploits des missions Apollo :

12 hommes sur la Lune !

Philippe Henarejos, journaliste scientifique.

12 juin

Et si on y retournait ?

Philippe Coué, ingénieur, *International Astronautics Association* (IAA) ; Bernard Foing, astrophysicien spatial, ESA ; Claudie Haigneré, astronaute, ESA ; Jean-Philippe Uzan, astrophysicien, IAP.

Palais de la découverte

Avenue Franklin Delano Roosevelt - 75008 Paris

④ Champs-Élysées Clemenceau ou Franklin-Roosevelt

Informations sur palais-decouverte.fr

EN PARTENARIAT AVEC



AVEC LE SOUTIEN DE

Ciel & Espace L'ASTRONOMIE SCIENCE

L'archéologue, le singe et l'outil

Plusieurs espèces de singes se servent de pierres pour accéder à certains aliments. Grâce aux traces qu'ils portent, de tels outils peuvent se révéler dans des fouilles archéologiques... et donner un éclairage nouveau sur l'apparition de la technique au sein des lignées préhumaines.

A photograph of a long-tailed macaque monkey on a rocky beach. The monkey is in the foreground, facing left, with its long tail visible. It appears to be using a rock as a tool. The background shows the ocean and a clear sky.

Des macaques birmans à longue queue utilisent des outils de pierre pour ouvrir des coquillages sur une plage de Thaïlande.

L'ESSENTIEL

> Les archéologues n'étudient traditionnellement que les traces matérielles dues ou associées à des humains.

> Certaines espèces de singes produisent et utilisent diverses sortes d'outils. C'est pourquoi des chercheurs commencent à fouiller à la recherche d'anciens outils employés par ces animaux.

> Ces travaux aideront à élucider les origines de l'utilisation d'outils au sein du rameau humain et chez d'autres animaux.

L'AUTEUR



MICHAEL HASLAM
chercheur
indépendant basé
à Londres, auteur
de travaux portant
sur l'évolution
de la technologie
chez les humains
et les autres
espèces



© Mark Macewen / Nature picture library

La marée monte vite en cette agréable journée du mois de décembre 2013, mais les macaques ne s'en soucient guère. Ils se prélassent sur les rochers et dans la mangrove qui bordent le littoral, se font toiletter, se chamaillent ou dégustent tranquillement une coque. Les jeunes sautent depuis des branches dans la mer chaude et limpide. Comme tous les habitants de cette région côtière et rurale de la Thaïlande, ces singes vivent au rythme des marées. Pour ma part, je suis plutôt préoccupé par la montée des eaux. Accroupi au bord du carré bien net que j'ai creusé dans la plage, je déblaie le fond à la truelle. Mon trou ne mesure qu'un demi-mètre de côté, mais, depuis que la dernière marée a libéré ce coin de plage, j'ai mis des heures à le creuser. Et hors de question de se presser : tout faux mouvement pourrait faire s'écrouler les parois...

Je conduis un chantier archéologique avec ses seaux, tamis, ficelles, niveaux, sacs collecteurs et autres rubans à mesurer, qui ressemble à ce que vous pouvez imaginer. Pour autant, les artefacts anciens qui m'ont amené à fouiller dans le parc national thaïlandais de Laem Son, sur la petite île de Piak Nam Yai, ont quelque chose d'atypique : je ne suis en effet à la recherche ni de monnaies anciennes, ni de poteries, ni d'aucun vestige d'un passé humain disparu, mais de traces anciennes de la culture simiesque encore vivante chez les macaques qui occupent toujours cette même plage.

UNE ARCHÉOLOGIE DES PRIMATES NON HUMAINS

Je suis, du moins de façon itinérante, un archéologue des primates : j'utilise les méthodes habituelles de l'archéologie pour essayer de comprendre comment diverses espèces de primates se sont comportées dans le passé. Quand je me sers de cette phrase pour expliquer ce que je fais, l'image qui se présente à mon esprit est celle du docteur Cornelius, ce chimpanzé qui, dans le film *La Planète des singes* de 1968, met au jour des preuves que les humains n'ont pas toujours été des bêtes. On lui reproche l'hérésie de ses recherches, et, même si cela n'est pas dit dans le film, je soupçonne fortement qu'on lui a aussi retiré tous ses financements... Je me sens proche de Cornelius, parce que mes collègues et moi essayons depuis peu d'établir un nouveau champ de recherche, qui reflète directement le sien !

Pendant plus de cent cinquante ans, le terme d'archéologie a en effet désigné l'étude scientifique des vestiges matériels du seul passé humain. Pendant ce siècle et demi, une multitude de sous-domaines de l'archéologie axés sur des époques, des lieux ou des méthodes différents sont apparus, mais ils ont >

> tous en commun le même thème central : comprendre les humains. Les animaux ont aussi été étudiés par l'archéologie, mais seulement sous l'angle de leur utilité pour les humains en tant que source de nourriture, moyen de transport, compagnons ou parasites : ils faisaient partie du monde humain.

Il est clair que l'approche classique a produit des résultats extraordinaires. Par exemple, en 2015, l'équipe de Sonia Harmand, du CNRS et de l'université Stony-Brook, a repoussé à plus de 3 millions d'années le plus ancien témoignage de comportement de type humain : sur le site de Lomekwi, au Kenya, elle a mis au jour des outils taillés abandonnés par l'un de nos ancêtres dans un environnement lacustre. Le fait que ces artefacts soient en pierre n'a rien d'anodin, puisque pendant presque toute la préhistoire humaine, les outils de pierre ont été les seuls vestiges matériels à traverser le temps, tandis que tous les objets en matière périssable disparaissaient.

S'intéresser au passé de nos plus proches parents, les singes, a l'intérêt de placer la longue histoire évolutive des techniques dans un contexte plus riche. Les humains et les pré-humains sont évidemment des primates eux aussi, de sorte que mettre mieux en lumière notre trajectoire évolutive reste l'un des objectifs centraux de notre recherche. Replacer l'essor étonnamment complexe de la technologie dans un contexte biologique large devrait nous aider à mieux distinguer les traits provenant de notre héritage primate de ceux qui sont proprement humains.

Si les archéologues se sont traditionnellement exclusivement concentrés sur la culture matérielle humaine, c'est en grande partie parce que l'on pensait que l'outil était propre aux humains. La primatologue britannique Jane Goodall fut la première à montrer le contraire au cours de ses études de terrain sur les chimpanzés dans les années 1960.

Le préhistorien kényan Louis Leakey avait découvert divers fossiles humains et outils de pierre en Afrique de l'Est et il souhaitait comprendre à quelles activités se livraient ces ancêtres. Il recruta Jane Goodall et l'envoya observer le comportement des chimpanzés dans ce qui est devenu le Parc national de Gombe Stream, sur la rive orientale du lac Tanganyika, en Tanzanie. Même si ses découvertes eurent *in fine* peu à voir avec l'environnement du lac, ses observations de chimpanzés fabriquant des outils puis s'en servant pour obtenir de la nourriture ont changé à jamais notre perception de ce dont sont capables les autres primates. Toutefois, les chimpanzés observés par Jane Goodall à Gombe Stream (*Pan troglodytes schweinfurthii*) n'utilisent que des outils fabriqués à partir de végétaux – qui ne se conservent donc que quelques semaines



Un sapijou à barbe sauvage du Brésil se sert d'une pierre pour ouvrir une noix de cajou (ci-dessus). Des pierres portant les mêmes traces marques caractéristiques que celles trouvées sur les outils des sapijous actuels ont été mises au jour dans des strates datant d'il y a 2 400 à 3 000 ans (ci-contre).

sous le climat tropical. Entre les outils lithiques mis au jour par Louis Leakey après des millions d'années et les bâtons et autres brindilles utilisés par les chimpanzés de Gombe Stream, il y avait ainsi une très grande différence sur le plan de la durée de conservation.

CERTAINS CHIMPANZÉS SE SERVENT DE PIERRES

Par chance, les chimpanzés sont du genre inventif et, dans les années 1970, des chercheurs découvrirent que plusieurs groupes de la sous-espèce occidentale (*Pan troglodytes verus*) cassaient les noix trouvées dans la forêt à l'aide de pierres. Des arguments génétiques suggèrent que cette sous-espèce se serait séparée de la population principale des chimpanzés d'Afrique centrale il y a un demi-million d'années environ. Comme les chimpanzés d'Afrique centrale ou orientale (tels ceux de Gombe Stream) ou les bonobos (*Pan paniscus*, eux aussi en Afrique centrale) n'emploient pas d'outils lithiques, il est probable que les chimpanzés d'Afrique de l'Ouest se soient mis à

utiliser des outils après leur séparation d'avec les autres populations.

Cette découverte interroge sur l'origine des outils de pierre. Notre ancêtre commun utilisait probablement des outils fabriqués à partir de végétaux, tout comme le font toujours les chimpanzés, les bonobos, les orangs-outans et les gorilles. Pourquoi certaines rares lignées de primates ont-elles exploité la pierre comme matière première et d'autres pas? Soulignons par ailleurs que les chimpanzés sauvages n'ont qu'un nombre limité d'usages, puisqu'ils exploitent les avantages mécaniques qu'offre ce matériau dur avant tout pour ouvrir des noix. Les humains, eux, se sont servi de la roche pour créer toutes sortes d'objets, depuis des pointes de projectile aux bijoux en passant par les pyramides d'Égypte ou d'Amérique centrale. Pourquoi les trajectoires technologiques des chimpanzés et des humains sont-elles si différentes?

Il est difficile de restituer l'émergence de la technique à partir de seulement deux exemples de technologies primates fondées sur la pierre – celle des humains et celle des chimpanzés. Nous ne pouvons en effet plaquer sur les comportements de nos ancêtres celui d'un seul sous-groupe de chimpanzés actuels en avançant que la technique serait née des efforts de primates ancestraux pour manger des noix... Cela n'aurait pas plus de sens que prendre le comportement d'un seul sous-groupe d'humains modernes et de le calquer sur celui des chimpanzés.

L'un de nos principaux problèmes est que nous n'avons pratiquement aucune trace de l'évolution des chimpanzés. Les données

Nous n'avons pratiquement aucune trace de l'évolution des chimpanzés

génétiques de plus en plus nombreuses indiquent que la lignée humaine a divergé de celle des chimpanzés il y a environ 7 millions d'années. Les seuls fossiles connus de chimpanzés consistent toutefois en trois dents vieilles d'un demi-million d'années. Et les plus anciens outils de chimpanzés mis au jour ont un peu plus de 4000 ans.

Nos connaissances sur nos cousins simiesques les plus proches sont par conséquent figées dans une sorte de présent éternel, et notre vision des chimpanzés découle presque entièrement des dernières décennies. Si nous n'évaluons les humains qu'à partir de cette même très courte période, nous n'aurions qu'une compréhension très pauvre de la façon dont nos techniques sont apparues et ont changé au cours de notre évolution. Pouvons-nous considérer en effet que les baguettes ou les couverts représentent au mieux les outils ancestraux qui ont aidé hommes et femmes à se nourrir? La PlayStation ou la Xbox sont-elles proches des formes les plus primitives de jouet humain? Ces questions peuvent sembler absurdes, mais les chercheurs oublient souvent de se demander si les chimpanzés du passé se comportaient comme ceux d'aujourd'hui. Étaient-ils techniquement moins compétents ou plus?

DU CASSAGE DE NOIX À LA PRODUCTION D'ÉCLATS?

Un autre souci d'importance est le fait qu'une comparaison des deux espèces offre peu d'indices sur les raisons pour lesquelles certains traits sont apparus dans une lignée et pas dans l'autre. Dès les années 1860, le naturaliste anglais John Lubbock (l'inventeur des termes « Paléolithique » et « Néolithique ») suggérait que le désir de casser des noix pourrait être à l'origine du comportement humain consistant à frapper des pierres les unes contre les autres pour créer des éclats coupants. Si c'est le cas, alors pourquoi les chimpanzés actuels ne fabriquent-ils pas eux aussi des éclats? L'absence de ce comportement provient-elle d'un manque d'imagination, de temps ou d'occasions?

Pour tester des hypothèses relatives aux débuts de la technique, il nous faudrait disposer d'études de cas beaucoup plus nombreuses que celles dont nous disposons. C'est sur ce point que les singes que j'ai étudiés viennent à notre rescousse.

Revenons sur la plage thaïlandaise, où a commencé ce récit. Mon trou se remplit d'eau désormais. Elle s'infiltre par les côtés et déstabilise les parois. J'utilise bien une pompe alimentée par une batterie de voiture pour l'évacuer, mais je suis quand même en train de perdre la bataille. Au moment où des vagues me lèchent déjà les orteils, je parviens enfin à sortir précautionneusement du trou une série de petites pierres volcaniques marquées de stigmates sur leurs surfaces.

Grâce aux observations de la dernière décennie des primatologues Suchinda Malaivijitnond, de l'université Chulalongkorn, en Thaïlande, et Michael Gumert, de l'université technologique de Nanyang, à Singapour, ➤

> nous savons aujourd'hui que, du nord de la Thaïlande à la Birmanie, les macaques birmans à longue queue (*Macaca fascicularis aurea*) des îles de la côte de la mer d'Andaman (dont Piak Nam Yai) se servent d'outils de pierre. S'agissant des macaques birmans, le capitaine de la marine anglaise Alfred Carpenter avait déjà décrit le phénomène dans les années 1880. Son témoignage était toutefois passé largement inaperçu, et c'est seulement lors d'une enquête de 2005 visant à évaluer les effets dévastateurs pour les singes du tsunami de 2004 que l'on a redécouvert leur utilisation d'outils lithiques.

Le fait que les observations du XIX^e siècle et celles du XXI^e soient très similaires démontre que ce comportement est bien établi chez les singes. À marée basse, les singes sortent des forêts de leur île pour venir choisir sur le rivage des pierres grosses comme la main. Ils s'en servent ensuite pour briser les coquillages collés aux rochers émergeant à marée basse. Cinq à six coups leur suffisent en général pour ouvrir une coque. Quand ils le peuvent, ils gardent le même outil à la main. Mon équipe a ainsi pu observer certains singes ouvrir et déguster plus d'une soixantaine de coquillages d'affilée à l'aide d'un même marteau de pierre.

Les coquillages ne sont pas les seuls aliments marins que se procurent à l'aide d'outils ces macaques. Dans la zone intertidale si riche de vie, les macaques préfèrent les coques, mais ils sont aussi friands d'escargots de mer et de crabes, autant de proies pouvant prendre la fuite... Après les avoir capturées, les singes les placent donc sur un rocher plat, où ils les écrasent en se servant d'une pierre beaucoup plus grosse que celles utilisées pour les coques. Chaque fois qu'un groupe de macaques festoie ainsi, l'air résonne des coups portés sur ces enclumes naturelles.

DES TRACES D'USAGE SUR LES PIERRES EXHUMÉES

Le résultat de ces raids de macaques est un rivage jonché de coquilles brisées et de cailloux marqués. Les singes sélectionnent leurs outils avec compétence et persévérance : ils utilisent les extrémités pointues de petites pierres pour ouvrir les coques et les parties centrales convexes de grosses pierres pour broyer les coquilles d'escargots. Ces deux comportements endommagent les pierres de façons différentes. Mes collègues et moi avons ainsi montré que l'on pouvait déterminer l'usage de l'outil (et donc la proie potentielle visée) à partir de son type d'usure.

Ce sont ces traces caractéristiques d'usure que je cherchais en récoltant des pierres enfouies en profondeur sous le sable de la plage. Les marques de percussion que portaient les petites pierres volcaniques que j'ai mises au jour indiquent une activité d'ouverture de

UN DÉBITAGE D'ÉCLATS NON INTENTIONNEL



En 2016, Tomos Profitt, de l'université d'Oxford, et ses collègues ont observé des sapajous à barbe (*Sapajus libidinosus*) en train de marteler violemment un galet de quartzite avec un autre. Plusieurs modifications des pierres en résultent, dont des détachements d'éclats aux arêtes vives. Pour l'équipe de Tomos Profitt, on pourrait confondre les petits amas de morceaux de pierre cassée et écaillées créées par l'activité des capucins avec les assemblages lithiques laissés par les hominiens anciens.

Dans un commentaire publié dans la revue *Nature* sur la découverte de Tomos Profitt et ses collègues, Hélène Roche, chercheuse émérite au CNRS et spécialiste des premières industries humaines, a souligné que la différence entre le cas des sapajous et celui des humains tient à l'intention du geste de taille. Le but dans lequel les sapajous martèlent des pierres avec d'autres est inconnu. La seule action liée à cette activité est un léchage systématique de la pierre pilée, que l'on comprend mal : goût agréable, intérêt nutritif ?

En revanche, l'intention de produire des éclats tranchants pour couper de la chair est attestée en Éthiopie dès 2,5 millions d'années sur le site de Bouri et à Dijkika vers 3,3 millions d'années, ce qui est justement l'âge de l'industrie lithique à gros éclats tranchants découverte par l'équipe de Sonia Harmand à Lomekwi, au Kenya (ci-contre un éclat et un nucléus trouvés sur le site). Dans le cas des premiers tailleurs humains ou préhumains, l'intention de débiter des couteaux semble claire.

FRANÇOIS SAVATIER, *Pour la Science*

coquillages. Ma découverte n'a guère fait reculer l'ancienneté connue de l'utilisation d'outils lithiques par les macaques – les plus anciens ont été enfouis il y a quelque 65 ans –, mais il s'agit en tout cas des premiers outils d'animaux jamais mis au jour par des fouilles archéologiques.

Les macaques thaïlandais ne sont pas les seuls singes laissant des traces archéologiques de leurs activités. Vers la fin de 2014, je me retrouve à nouveau assis à côté d'un trou carré, mais cette fois dans le parc national de la Serra da Capivara, dans le nord-est du Brésil. Hélas, aucune brise marine ne vient atténuer la chaleur écrasante dans les broussailles qui couvrent les hauts plateaux de grès du parc. Une équipe d'étudiants de l'université d'État du Piauí, à São Raimundo Nonato, est en train de creuser le sol, tandis que Tiago Falótico et Lydia Luncz, primatologues postdoctorants de l'époque, enregistrent les trouvailles.

Nous sommes ici parce que les sapajous à barbe (*Sapajus libidinosus*) du parc se sont révélés des maîtres en technique. En 2004, Dorothy Frigaszy, de l'université de Géorgie, aux États-Unis, et Elisabetta Visalberghi, de l'Institut italien des sciences et technologies de la cognition, ont signalé que des sapajous

vivant à quelque 300 kilomètres de l'endroit où nous sommes se servent d'outils de pierre. Aujourd'hui, nous savons que les sapajous de nombreux endroits du Brésil cassent les coques très dures des noix et autres fruits locaux à l'aide de grosses pierres en s'y prenant d'une façon qui ressemble beaucoup à ce que font les chimpanzés d'Afrique de l'Ouest.

Les sapajous du parc national de la Serra da Capivara sont toutefois particulièrement créatifs. En plus de casser des noix et des fruits, ils utilisent des fragments de roche pour creuser le sol à la recherche d'araignées fousseuses et de racines. Autre parallèle avec leurs cousins chez les grands singes, ils sélectionnent et cassent des brindilles, ajustent leur longueur et les débarrassent de leurs feuilles avec les dents, instruments qui leur permettent de débusquer des proies telles que des lézards cachés dans une crevasse.

Une source de nourriture particulière a retenu toute notre attention lors des fouilles : les anacardiens, ou pommiers-cajou. Ces arbres, qui fournissent les noix de cajou, poussent naturellement dans cette région du Brésil. Leurs fruits sont nutritifs et savoureux, mais le liquide corrosif que contient leur coque lorsqu'elles sont fraîches brûle la peau. C'est pourquoi les sapajous cassent les noix à l'aide de lourdes pierres. Leur tactique est efficace et laisse des traces de ce liquide foncé sur les outils.

En examinant et en recensant les pierres utilisées par les sapajous et qui se sont accumulées au fil des années, nous avons pu déterminer quels coins de forêt les singes exploitent

cette hypothèse. Nous avons déterminé au moins quatre phases distinctes d'utilisation ancienne d'outils par les singes, illustrées par la découverte dans les sédiments de séries de pierres ayant servi de marteaux et d'enclumes et endommagées par l'usage qui en avait été fait. Notre conviction qu'il s'agit là d'outils utilisés par les sapajous est renforcée par l'absence de traces d'activité humaine dans les parages (traces de foyers, de fragments de poterie ou d'outils lithiques que les chasseurs-cueilleurs amérindiens fabriquaient).

La strate la plus ancienne contenant des outils de sapajous date de 2400 à 3000 ans. On identifie donc là des artefacts non humains les plus anciens jamais trouvés hors d'Afrique. Ils témoignent d'un aspect de la vie simiesque en Amérique du Sud qui date de bien avant l'arrivée des Européens. Lors de nos fouilles, nous n'avons trouvé aucun indice d'utilisation d'outils fabriqués à partir de végétaux. Mais, comme dans le cas des humains et des grands singes, cette absence reflète avant tout le caractère périssable de la matière organique.

La découverte d'outils ayant appartenu à une autre espèce de singes constitue déjà une récompense suffisante à nos efforts. Les sapajous du parc national de la Serra da Capivara nous réservaient toutefois une surprise. Au cours de la même campagne de fouilles, j'ai filmé les singes en train de choquer des pierres sur d'autres qui faisaient partie d'un gros conglomérat rocheux. Il semble qu'ils essayaient de produire de la poudre de quartz, qu'ils léchaient ou reniflaient ensuite. Des confrères avaient déjà signalé ce curieux comportement.

Mais en collectant les débris et en fouillant autour du conglomérat rocheux, j'ai remarqué quelque chose d'intéressant : les éclats produits par les sapajous ressemblaient indéniablement aux éclats que l'on trouve sur certains sites d'activités humaines préhistoriques. L'analyse détaillée des pierres réalisée par Tomos Proffitt, de l'université d'Oxford, un autre des postdoctorants de l'équipe, a montré que nous avions là le premier cas de primates non humains cassant délibérément des pierres et produisant des éclats à arêtes vives.

Soyons clairs : pour l'instant, nul n'a observé de sapajous faisant usage des éclats tranchants qu'ils créent. Ce comportement reste pour le moment exclusivement humain. Néanmoins, cette production non intentionnelle d'éclats, qui résulte semble-t-il de la fabrication par les singes d'une poudre minérale qu'ils ingèrent – une activité que l'on n'avait pas imaginée – soulève des doutes quant à l'interprétation des données concernant les premiers humains. Les préhistoriens ont en effet supposé que les premiers humains brisaient des galets afin d'en tirer des éclats ➤

La strate la plus ancienne contenant des outils de sapajous date de 2400 à 3000 ans

le plus intensément. L'état du sol ainsi que les conditions d'humidité et d'ombrage propices à la croissance des anacardiens n'ayant pas notablement changé au cours des derniers millénaires, nous avons supposé que les sites qui sont aujourd'hui le siège d'une activité intense sont probablement aussi ceux que les sapajous ont exploités le plus dans le passé.

Les fouilles que nous avons effectuées sur un certain nombre de ces sites ont confirmé

> tranchants, pour, par exemple, découper de la viande (*voir l'encadré page 52*). Compte tenu de ce que nous observons chez les sapajous, il faut se demander si nos ancêtres d'il y a 3 millions d'années s'intéressaient ou non aux éclats qu'ils produisaient.

En d'autres termes, nos ancêtres ont-ils longtemps produit accidentellement des éclats avant d'avoir un jour l'idée de s'en servir comme couteaux? Nous n'en savons rien, mais il faut désormais prendre en compte cette possibilité. Si les préhumains aussi fabriquaient fortuitement des éclats tranchants, cela n'a pu qu'ouvrir la voie à l'innovation consistant à utiliser de tels éclats comme outils de découpe.

Quelles que soient les leçons que nous pouvons en tirer sur l'évolution technologique des humains, les découvertes de Thaïlande, du Brésil et d'Afrique fournissent des données archéologiques sur les techniques développées au sein de trois lignées de primates non humains. Un petit bilan s'impose: il y a dix ans à peine, nous apprenions que d'autres primates que les grands singes anthropoïdes utilisent des outils lithiques; nous avons maintenant franchi les premières étapes permettant de retracer l'existence d'un tel comportement dans des temps anciens. Même s'il est de loin le plus riche, le registre archéologique humain ne représente aujourd'hui qu'un quart des cas rapportés chez les primates.

Dans un article récent, mes collègues et moi suggérons que nous sommes parvenus au terme de l'archéologie anthropocentrique; les archéologues devront désormais considérer tous les comportements ayant existé dans le passé. Certains chercheurs désapprouvent peut-être mon idée que l'archéologie est une méthode applicable à toute lignée animale produisant un enregistrement matériel et durable de ses comportements. Mais les travaux de la petite communauté des archéologues des primates ont montré qu'ils aident à mettre en perspective à la fois notre évolution et celle d'autres espèces. Il est clair que la technologie – la savante intégration de la culture matérielle dans nos vies – n'est pas une spécificité humaine. Pour évoluer, elle n'a besoin ni de langage, ni d'enseignement et de coopération de type humain, ni même d'un gros cerveau: la taille de celui des sapajous et des macaques adultes n'atteint en effet qu'environ 5% de la taille du nôtre.

L'emploi d'outils de pierre est apparu indépendamment au moins quatre fois dans l'histoire évolutive récente des primates: dans les environnements côtiers (macaques), lacustres (humains), boisés (chimpanzé) et semi-arides (sapajous). Nous pouvons déduire de cette diversité que le même comportement est apparu à plusieurs reprises dans le passé au sein de nombreuses espèces



de primates, même si elles ne le pratiquent plus ou si elles ont disparu. Et si c'est bien le cas, alors leurs outils de pierre sont toujours quelque part, en attente d'être découverts...

Cette loutre de mer fait la planche afin de stabiliser sur son ventre une pierre, sur laquelle elle va frapper une huître pour l'ouvrir.

AU-DELÀ DES PRIMATES: LOUTRES DE MER, CORBEAUX...

En outre, il n'y a pas de raison de nous arrêter aux primates. Avec l'éthologue Natalie Uomini, de l'institut Max-Planck d'histoire humaine, à Iéna, en Allemagne, et des chercheurs de l'aquarium de la baie de Monterey et de l'université de Californie à Santa Cruz, j'ai entamé il y a quelques années des recherches archéologiques sur l'utilisation d'outils de pierre par les loutres de mer de la côte ouest des États-Unis.

Nous avons notamment montré que les loutres de mer retournent régulièrement en des lieux privilégiés situés le long du littoral afin d'y casser et d'y ouvrir des coquillages. Elles laissent derrière elles des pierres endommagées et de grands tas de coquilles, que l'on pourrait facilement confondre avec les amas laissés par des hommes préhistoriques, voire avec des tas d'ordures. Or ces amas attirent manifestement les jeunes loutres, poussées à venir exploiter des coquillages là où ils se trouvent. Cette boucle de rétroaction pourrait être l'un des mécanismes à l'origine de l'existence d'une tradition technologique chez les loutres de mer, un peu comme la boucle de rétroaction qui pousse les sapajous barbus à casser des noix de cajou de préférence en des lieux riches en anacardiens.

Natalie Uomini et moi avons aussi effectué un travail de terrain sur les corbeaux de Nouvelle-Calédonie (*Corvus moneduloides*), dont les remarquables facultés cognitives se traduisent par une utilisation sophistiquée d'outils. Ces corbeaux aussi exploitent à répétition les mêmes lieux. Pourvu que des matériaux durables s'y trouvent, toutes les conditions nécessaires à la formation de sites archéologiques pouvant nous aider à restituer les comportements du passé sont rassemblées.

Curieusement, l'essor récent de l'archéologie des primates coïncide avec la sortie d'une série sur le thème de *La Planète des singes*. Nos cousins grands singes y développent des techniques rudimentaires qui, néanmoins, surpassent rapidement celles que l'on connaît chez les animaux sauvages dans le monde réel. Une lance composée d'une pointe fixée sur une hampe suppose par exemple un bond cognitif considérable que les grands singes d'aujourd'hui n'ont manifestement pas fait. Dans la série, le contrôle du feu et le port de bijoux comptent aussi parmi les attributs des singes...

Si, sur notre planète, de tels attributs ne se rencontrent que chez les humains,

représenter à l'écran des singes épris de technique n'est pas complètement farfelu. Cela paraît même crédible. Les chimpanzés occidentaux fabriquent des lances simples d'un seul tenant pour attaquer de plus petits primates, comme le font les sapajous à l'encontre des lézards. William McGrew, de l'université de St Andrews, en Écosse, l'observateur le plus averti en matière d'utilisation d'outils par les chimpanzés et l'un des premiers défenseurs de l'archéologie des primates, a déjà signalé un chimpanzé d'Afrique de l'Est portant un « collier » en peau de singe nouée. Que se passe-t-il chez les singes quand les chercheurs ne les observent pas ?

L'archéologie humaine est une source fiable de connaissances sur notre évolution et notre diversité. En récompense de l'effort de milliers de chercheurs depuis plus d'un siècle, nous disposons aujourd'hui de données s'étendant sur plus de 3 millions d'années, qui servent de base à nos scénarios évolutifs. S'agissant de l'archéologie des autres animaux, nous ne sommes en revanche qu'au tout début. Qui sait ce que nous découvrirons, si nous gardons l'esprit ouvert ? ■

BIBLIOGRAPHIE

M. Haslam et al., **Archaeological excavation of wild macaque stone tools**, *Journal of Human Evolution*, vol. 96, pp. 134-138, 2016.

M. Haslam et al., **Pre-Columbian monkey tools**, *Current Biology*, vol. 26(13), pp. R521-R522, 2016.

T. Proffitt et al., **Wild monkeys flake stone tools**, *Nature*, vol. 539, pp. 85-88, 2016.

K. Wong, **Les premiers tailleurs de pierre n'étaient pas des humains**, *Pour la Science*, n° 478, pp. 28-38, août 2017.

LES RENDEZ-VOUS DU MUSÉUM

{ Partagez les savoirs }

Dans le cadre de l'exposition *Océan, une plongée insolite*

CONFÉRENCES

L'Océan, protagoniste du monde de demain ?

En partenariat avec l'Université permanente de Paris

Lundi 13 mai – 14h30

Le Rôle de l'Océan dans les changements du climat passé
Bruno Turcq, spécialiste des paléoclimats tropicaux, LOCEAN

Jeudi 16 mai – 14h30

L'Océan pharmacien
Marie-Lise Bourguet-Kondracki, biologiste moléculaire, Muséum

Lundi 20 mai – 14h30

Le milieu marin profond : une exploration à peine entamée !
Sarah Samadi, responsable de l'équipe Exploration Espèces et Évolution, Muséum

Grand Amphithéâtre du Muséum
57 rue Cuvier, Paris 5^e

Dans la cadre du *Printemps du Muséum*

RENCONTRE

Lundi 13 mai 2019 – 19h

Faune, une approche naturaliste

Avec : Alice Savoie, créatrice de caractères typographiques

Introduction de : Stéphane Schmitt, historien, CNRS

TABLE-RONDE

Lundi 27 mai – 19h

Humain, nature et technologies

Animée par Marie-Odile Monchicourt, journaliste

Avec : Julian Alvarez, responsable Recherche au Play Research Lab de la Serre Numérique

Ana Cristina Torres et Minh-Xuan Truong, écologues, équipe TEEN (Transition écologique et expériences de nature), Muséum

Auditorium de la Grande Galerie de l'Évolution
36 rue Geoffroy St-Hilaire, Paris 5^e

Au Jardin des Plantes

Détails sur mnhn.fr, rubrique : "les rendez-vous du Muséum"

POUR LA SCIENCE



Comment s'écoulent des grains mêlés à un fluide

Le sable mouillé ne se comporte pas comme le sable sec. Mais aller au-delà de la simple constatation s'est révélé difficile, et l'écoulement d'une suspension de grains dans un liquide obéit à des lois que les physiciens n'ont caractérisées que récemment.