

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.

L'ESSENTIEL

> Dans la nature et dans l'industrie, la matière se présente souvent sous forme granulaire et exhibe alors des comportements particuliers.

> Les chercheurs avaient relativement bien compris le comportement d'un ensemble de grains secs, qui n'interagissent pas avec le fluide dans lequel ils baignent.

> Plus récemment, les physiciens ont cherché à comprendre l'influence d'un fluide, qu'il s'agisse d'un gaz comme l'air ou d'un liquide comme l'eau.

> Des expériences et simulations numériques d'écoulements de grains mouillés ont permis de généraliser les modèles utilisés pour les grains secs.

LES AUTEURS



JEAN-YVES DELENNE
directeur de recherche de l'Inra au IATE, université de Montpellier



ÉTIENNE GUYON
physicien à l'ESPCI Paris, ancien directeur de l'École normale supérieure



FARHANG RADJAÏ
directeur de recherche du CNRS au LMGC, université de Montpellier



Des coulées sur le flanc d'une dune de sable. La présence de l'air intervient dans la formation des rides, l'écoulement des couches en surface et la forme de la dune.

Le 7 juin 1692, un puissant tremblement de terre frappa la ville de Port-Royal, en Jamaïque. L'une des secousses liquéfia pendant un instant le sable sur lequel les bâtiments étaient construits, et une bonne partie de la cité fut détruite et ensevelie; on a même pu identifier l'heure précise de ce phénomène soudain par une montre retrouvée noyée dans les sédiments! Dans cette zone qui est soumise à de nombreux événements sismiques, le même phénomène se reproduira deux siècles plus tard, en 1907 (voir la photographie page 63).

On comprend mieux aujourd'hui les mécanismes physiques responsables de la liquéfaction ou de la déstabilisation d'un milieu granulaire. Il s'est révélé nécessaire de tenir compte non seulement des grains de sable, des frottements entre eux ou de leurs collisions, mais aussi du fluide dans lequel ils baignent, qu'il s'agisse d'air dans le cas des dunes ou d'eau dans le cas de la ville de Port-Royal.

Une manifestation spectaculaire du rôle du fluide, déjà décrite par Marco Polo mais qui n'a été comprise que dans les années 2000, est celle des dunes chantantes: la couche de grains qui s'écoule fait vibrer l'air, ce qui produit un son grave proche d'un bourdonnement. C'est aussi le vent qui met en mouvement les grains de sable, dont résultent le déplacement des dunes et leurs formes variées, que ce soit dans les déserts ou sur d'autres planètes telles que Mars. Et cela ne concerne pas que les dunes de sable, puisqu'on a même récemment observé sur Pluton des dunes constituées de grains de méthane solide...

Les milieux granulaires, omniprésents dans la nature et dans l'industrie, se comportent de façon particulière, et les scientifiques s'y intéressent depuis longtemps. Les décennies passées ont connu, notamment en France, un effort important pour comprendre de façon unifiée les propriétés statiques et dynamiques de la matière sous forme de grains.

Pour ce faire, les chercheurs se sont appuyés sur un modèle simple, dit du sac de billes, où l'on considère des empilements de sphères non déformables et de même diamètre. On avait ainsi relativement bien décrit les propriétés des milieux granulaires secs. Mais cela n'avait pas encore été le cas pour des grains immergés dans un liquide ou interagissant avec l'air qui les entoure. Or cette situation est fréquente: transport pneumatique de la farine dans les moulins, vents de sable dans le désert, béton frais dans les coffrages, grains charriés par les cours d'eau...

Dans ce contexte, une question générale se pose aux physiciens: peut-on caractériser un écoulement de grains par un paramètre qui jouerait un rôle équivalent à la viscosité d'un

miel s'écoulant sur une surface inclinée? Si oui, peut-on exprimer ce paramètre, qui quantifie la résistance à l'écoulement, à partir des grandeurs physiques liées aux grains (leurs géométries et leurs masses) et au fluide présent entre les grains (sa densité et sa viscosité) pour rendre compte de l'effet global? Les recherches récentes ont montré que l'on peut répondre positivement à ces questions.

DES VOÛTES DANS LE SABLIER

Les chercheurs ont commencé par étudier les écoulements granulaires stationnaires (on dit aussi «permanents»), c'est-à-dire les écoulements dont les caractéristiques ne varient pas au cours du temps, au moins sur une certaine durée. Le sablier en fournit un exemple.

Observons un sablier que l'on vient de retourner. Bien que l'écoulement des grains évoque celui d'un liquide, ce n'est pas le cas: en témoigne le cône de sable qui se forme dans le compartiment inférieur du sablier, au lieu de la couche horizontale d'eau au fond d'une horloge à eau, ou clepsydre.

De plus, le débit de l'eau dans une clepsydre ralentit lorsque le niveau de liquide dans le récipient supérieur diminue, alors que dans un sablier, le débit de sable reste constant jusqu'au bout. Ce paradoxe s'explique, depuis les travaux en 1958 de Pierre Dantu, ingénieur des Ponts et Chaussées, par un effet de voûte. Au cours de l'écoulement, les grains sous pression dans le compartiment du haut, en raison du poids des couches supérieures, frottent les uns contre les autres en formant un ensemble d'arches continues de grains s'étendant jusqu'aux parois latérales (voir la photographie page 60); elles se font et se défont au fur et à mesure de la vidange. C'est aussi ce qui se passe pour l'écoulement de grains dans des silos profonds et insuffisamment larges: en cas de blocage, on doit alors taper sur les parois externes pour que les grains s'écoulent! Ces voûtes supportent les grains au-dessus d'elles; par conséquent, le poids des couches supérieures ne s'exerce pas au-dessous



**Parce que le sablier
contient de l'air,
son écoulement est
en fait intermittent**

