

sanguine de sucre, ou glycémie), la perturbation du système cérébral de la récompense et du plaisir (car le sucre agit comme une drogue), ainsi qu'un état de stress cellulaire global.

Tous ces effets négatifs du sucre expliquent peut-être aussi ses conséquences délétères sur le sommeil. Car la pâtisserie avalée juste avant d'aller au lit n'est pas une bonne chose, d'après James Gangwish, de l'université Columbia, à New York, et ses collègues, qui ont analysé l'alimentation de 50 000 femmes pendant trois ans, ainsi que la qualité de leur sommeil.

Les chercheurs ont distingué les sucres consommés selon leur indice glycémique, c'est-à-dire selon leur effet sur la glycémie durant les deux heures suivant l'ingestion. Les sucres hautement raffinés, comme les sucreries, les boissons sucrées, le pain blanc et le riz blanc, ont un indice élevé, car ils augmentent tout de suite la glycémie, alors que les sucres complexes, comme les glucides des céréales complètes ou ceux des fruits, ont un indice faible (les fibres ralentissant l'absorption du sucre).

Ainsi, plus les femmes consommaient de sucres à indice glycémique élevé, plus elles souffraient de troubles du sommeil et d'insomnie. À l'inverse, plus elles mangeaient de fruits et légumes, mieux elles dormaient. Car la hausse rapide de la glycémie entraîne la sécrétion d'insuline, d'où une chute de la glycémie qui provoque souvent la libération d'autres hormones, comme l'adrénaline et le cortisol, des molécules du « stress » et de l'agitation.

Il est donc certain, pour les chercheurs, que trop de sucre en période hivernale amplifie un mal-être général et est susceptible d'augmenter le risque de dépression et de troubles du sommeil, sans que l'on sache vraiment quel est le seuil maximal à ne pas dépasser. En effet, en termes d'alimentation, chaque personne ne réagit pas de la même façon. Les associations de santé américaines et françaises, ainsi que l'OMS, suggèrent toutefois que 25 grammes de sucres ajoutés par jour sont raisonnables. Une limite hélas souvent vite dépassée... ■

BÉNÉDICTE SALTHUN-LASSALLE

D. J. Reis *et al.*, *Medical Hypotheses*, vol. 134, article 109421, 2020 ; J. E. Gangwish *et al.*, *The American Journal of Clinical Nutrition*, en ligne le 11 décembre 2019

GÉOSCIENCES

Séisme du Teil : l'activité minière en cause ?

Le 11 novembre 2019, un séisme de magnitude 5,4 endommageait 825 logements et églises au Teil, dans le sud de l'Ardèche. Le CNRS a créé un groupe de travail pour rechercher ses causes possibles. Jean-Paul Ampuero, qui y participe, nous précise les premières conclusions de cette équipe.



Propos recueillis par FRANÇOIS SAVATIER

JEAN-PAUL AMPUERO
directeur de recherche
à l'Institut de recherche
pour le développement

Pourquoi le CNRS a-t-il mis en place un comité d'experts pour ce séisme ?

La très faible profondeur de ce séisme de magnitude supérieure à 5 et le nombre particulièrement faible de ses répliques le rendaient atypique. Dès lors, le CNRS a souhaité que le phénomène et ses origines soient étudiés.

La tectonique l'explique-t-elle ?

Oui, en grande partie, puisque ce séisme résulte d'une rupture de la faille de Rouvière, nommée d'après l'un des hameaux du village du Teil. Cette faille se trouve dans une zone sismique connue, mais rarement active, ce qui explique la surprise générale à la survenue du séisme.

Quels mécanismes peuvent avoir mis la faille sous tension ?

Nous en voyons trois : la pression exercée sur la vallée du Rhône par la masse des Alpes proches ; l'élévation de la région se poursuivant toujours un peu après la disparition des énormes glaciers qui pesaient sur les Alpes il y a 20 000 ans ; l'érosion, qui a supprimé de la masse surmontant la faille. Ces effets sont si faibles que nous n'arrivons pas à les mesurer... C'est leur accumulation au cours d'une longue période qui explique l'énergie du séisme.

Mais il semble qu'une partie de l'érosion locale soit due aux activités humaines...

En effet, puisqu'une carrière surmonte la faille ! Avec l'aide de la société Lafarge qui exploite cette carrière, nos sismologues ont retracé les enlèvements de masse dans la zone depuis 1946, puis calculé et cartographié le surcroît de contraintes induit sur la faille. Il est très faible et n'explique en aucun cas la magnitude du séisme ; mais ce surcroît semble assez grand pour exercer une influence sur la tectonique.

Cela signifie-t-il que la carrière a déclenché le séisme ?

C'est une possibilité, que nous explorons en essayant de situer le point de départ du séisme. Plongeant depuis le nord à 50 degrés, la faille passe quelque 1 000 mètres sous la carrière, soit la profondeur estimée du séisme. Les calculs issus des données sismologiques placent son épicerie hors de la zone d'accroissement des contraintes sur la faille, mais le résultat change si l'on prend en compte l'enregistrement d'un sismomètre installé aux abords de la carrière par Lafarge pour surveiller les nuisances dues aux tirs de carrière. Compte tenu de cette donnée, l'épicentre est en plein dans la zone d'influence de la carrière...

Bref, les activités minières ont induit le tremblement de terre...

Nous concluons que c'est probable si et seulement si nous pouvons vérifier que toutes les incertitudes pesant sur l'enregistrement du sismomètre de Lafarge, qui ne provient pas de la surveillance sismique régulière, n'affectent en rien le calcul de la position de l'épicentre.

Si la société Lafarge était à l'origine du séisme, pourrait-on la considérer comme responsable de ses conséquences ?

Le groupe de travail formé par le CNRS n'a pas pour mandat d'exprimer une opinion là-dessus. Mon avis, non pas de sismologue mais de citoyen, est qu'un exploitant ne peut être tenu pour responsable d'un événement considéré jusque-là comme impossible. Après avoir satisfait à de très nombreuses exigences, Lafarge venait d'obtenir l'autorisation d'étendre la carrière. Aucune de ces exigences techniques ne concernait un impensable risque sismique. C'est bien cela que ce cas plausible de sismicité induite par les activités humaines changera peut-être à l'avenir.

Séisme du Teil : rapport de la mission d'expertise du CNRS, en ligne le 19 décembre 2019
<http://www.cnrs.fr/fr/seisme-du-teil-rapport-de-la-mission-dexpertise-du-cnrs>

MICROBIOLOGIE

L'ARMURE DU PHAGE

Le phage Φ KZ entoure son ADN d'une capsule de protéines lorsqu'il infecte une bactérie, ce qui permet de déjouer le système immunitaire de cette dernière.

Invisible à nos yeux, une guerre entre virus et bactéries fait rage depuis des millions d'années. Du côté des bactériophages (ou phages) – les virus « mangeurs de bactéries » – il s'agit d'insérer de l'ADN viral dans la cellule bactérienne pour détourner sa machinerie et lui faire produire d'autres virus. Les bactéries, elles, cherchent à bloquer au plus tôt l'action du virus, par exemple en détruisant son ADN à l'aide d'enzymes, des endonucléases. Senén Mendoza et Joseph Bondy-Denomy, de l'université de Californie à San Francisco, et leurs collègues se sont intéressés au phage géant Φ KZ qui infecte *Pseudomonas aeruginosa*, une bactérie particulièrement résistante aux antibiotiques et de plus en plus souvent responsable chez l'humain d'infections graves. Les chercheurs ont montré que, lors de l'infection, ce virus déjoue les stratégies immunitaires de la bactérie en protégeant son ADN par une capsule de protéines.

Les endonucléases constituent la principale ligne de défense chez les bactéries. Parmi elles, les systèmes CRISPR-Cas reconnaissent chacun une séquence spécifique de l'ADN viral et la coupent. Certains virus sont résistants à un de ces systèmes, mais cette immunité est très spécifique. Senén Mendoza et ses collègues ont soumis différents virus infectant *P. aeruginosa* à une dizaine de CRISPR-Cas distincts. Étonnamment, Φ KZ s'est révélé résistant à toutes les endonucléases. Le virus est même insensible à EcoRI, une endonucléase produite par *Escherichia coli*, une bactérie que par ailleurs il n'infecte pas !

Quel mécanisme confère à ce phage une immunité aussi étendue ? Serait-ce une autre de ces caractéristiques connue depuis 2017 : ce virus géant entoure son ADN d'une coquille protéique lors de l'infection ? Pour le savoir, Senén Mendoza et ses collègues ont modifié des souches de *P. aeruginosa* pour qu'elles produisent des endonucléases fluorescentes. Grâce à cela, ils ont confirmé que les endonucléases de la bactérie étaient effectivement incapables de franchir la barrière protéique du virus. Toutefois, les chercheurs ont constaté que d'autres molécules continuaient de traverser cette coque : des protéines, comme ORF152,



Comprendre les interactions des bactéries et de leurs virus, les phages, est crucial à l'heure où l'antibiorésistance devient un problème de santé publique.

nécessaires aux virus notamment pour se dupliquer. L'armure de Φ KZ semble donc aussi jouer le rôle d'un filtre moléculaire.

Afin de s'en assurer, Senén Mendoza et ses collègues ont alors eu l'idée de fusionner l'enzyme EcoRI avec ORF152. Les bactéries *P. aeruginosa* produisant cette molécule hybride se sont révélées cinq fois plus résistantes aux bactériophages Φ KZ. De plus, des expériences de fluorescence ont confirmé que la molécule EcoRI-ORF152 traversait l'enveloppe protéique et digérait l'ADN viral.

L'armure du virus Φ KZ lui confère donc une résistance particulière aux défenses immunitaires bactériennes. Un nouveau pas vers la phagothérapie (l'utilisation des bactériophages pour endiguer les infections bactériennes), à l'heure où le développement de l'antibiorésistance devient un problème de santé publique. ■

CORALINE MADEC

S. Mendoza et al., *Nature*, vol. 577, pp. 244-248, 2020

EN BREF

L'ERECTUS INDONÉSIE REDATÉ

À Java, le site de Sangiran a livré le plus ancien *Homo erectus* indonésien. La datation argon-argon le plaçait à 1,6 million d'années, mais l'équipe de Shuji Matsu'ura, du Muséum national de Tsukuba, au Japon, vient d'infirmier cet âge. En combinant deux méthodes de datation, ces chercheurs ont établi que l'âge du tuff volcanique sous-jacent à la strate fossilifère n'excède pas 1,3 million d'années, ce qui est donc l'âge maximal possible du plus vieil *H. erectus* indonésien.

Science, 9 janvier 2020

UN AUTRE SURSAUT RADIO RÉPÉTITIF

Les sursauts radio rapides sont des éclairs radio extragalactiques, brefs et lumineux d'origine inconnue, certains répétitifs. Parmi la centaine de sources repérées, seulement quatre, dont une répétitive, ont été localisées dans une galaxie. Benito Marcote, du Consortium européen pour l'interférométrie à très longue base, vient de localiser une seconde source répétitive au sein d'une galaxie spirale massive, très différente des sources connues. Il y a de la diversité dans les sursauts radio rapides !

Nature, 6 janvier 2020

T. REX ADOLESCENTS

Autour de Holly Woodward, de l'université de l'Oklahoma, une équipe vient de réétudier la microstructure osseuse du fémur et du tibia de deux petits spécimens de tyrannosaures, sur la base desquels des paléontologues avaient défini une espèce naine, nommée *Nanotyrannus*. Il s'avère qu'il s'agissait d'individus immatures, dont la croissance annuelle dépendait de l'abondance en ressources, et que rien ne pousse à considérer comme des adultes nains. Il s'agissait en fait de *Tyrannosaurus rex* ados.

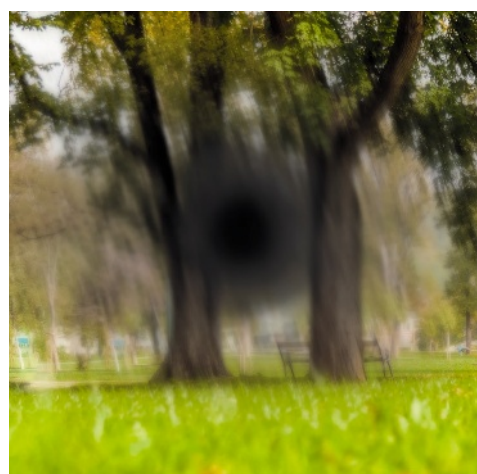
Sci. Adv., 1^{er} janvier 2020

MÉDECINE

UNE MEILLEURE RÉTINE ARTIFICIELLE

Pres d'un tiers des personnes de plus de 75 ans sont concernées en France par la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA), une dégradation progressive de la rétine qui conduit à la perte de la vision centrale. D'où le besoin de développer pour ces malades une rétine artificielle. Dans cette optique, des chercheurs de l'Institut de la vision, menés par Serge Picaud, de l'Inserm, élaborent avec la société Pixium Vision une très prometteuse prothèse nommée Prima. L'idée est de remplacer les photorécepteurs de la rétine, perdus dans ces pathologies, par une stimulation électrique du tissu résiduel avec des électrodes posées sur ou sous la rétine.

« Dans les précédents modèles commercialisés, le courant doit revenir à une masse commune distante, ce qui entraîne une diffusion très large des courants. Le recouvrement des zones stimulées par des électrodes voisines entraîne une mauvaise résolution finale », décrypte Serge Picaud. L'implant Prima intègre, lui, une grille de masse en nid d'abeille entourant chacune des électrodes au centre d'une alvéole. Les courants électriques sont directement récupérés sur cette grille de masse et empêchent ainsi la diffusion vers une électrode voisine.



© Martina Bardini/Shutterstock

Les malades atteints de DMLA perdent la vision centrale, que des rétines artificielles permettraient de récupérer.

Après des essais concluants sur un modèle de macaque, le dispositif a été implanté chez cinq patients atteints de DMLA. La prothèse positionnée sous la rétine est activée à distance en lumière infrarouge par des lunettes équipées d'une minicamera et d'un projecteur d'images. « Trois patients retrouvent peu à peu une vision centrale et parviennent déjà à lire des lettres et des mots », précise Serge Picaud. D'autres essais cliniques seront lancés cette année. ■

NOËLLE GUILLON

P.-H. Prévot et al., *Nature Biomedical Engineering*, en ligne le 2 décembre 2019.

PRÉHISTOIRE

UNE SCÈNE DE CHASSE DE 44 000 ANS

Sur l'île indonésienne des Célèbes, Maxime Aubert, de l'université Griffith, en Australie, et des collègues ont découvert la plus ancienne œuvre figurative connue. Elle se trouve dans la grotte de Sipong 4, dans la région karstique de Maros-Pangkep, un paysage spectaculaire de tours et de falaises calcaires du sud de l'île. Six minuscules chasseurs affrontent, cordes et lances à la main, un énorme bovidé. Sur le même panneau, d'autres traquent d'autres bovidés ainsi que des cochons sauvages. Tous semblent humains, mais ils présentent plusieurs traits animaux : une queue, un bec... De tels êtres mi-humains mi-animaux, ou « thérianthropes », sont considérés comme des marqueurs de spiritualité. Les chercheurs ont daté par la méthode uranium-thorium des dépôts de calcite recouvrant partiellement



© Raimo Sardi

Dans la plus ancienne peinture rupestre connue, découverte dans l'île des Célèbes, des êtres mi-humains mi-animaux semblent en train de chasser un gros bovidé.

l'œuvre. Des valeurs obtenues, ils concluent que le panneau de la grotte Sipong 4 a au moins 43 900 ans – un record. ■

F. S.

M. Aubert et al., *Nature*, vol. 576, pp. 442-445, 2019