

POUR LA SCIENCE

Édition française de Scientific American

GÉOSCIENCES
**STRATOSPHERE:
UN CYCLE DE VENTS
NÉ DU CHAOS**

ANTHROPOLOGIE
**LA GUERRE
EST-ELLE DANS LA
NATURE HUMAINE ?**

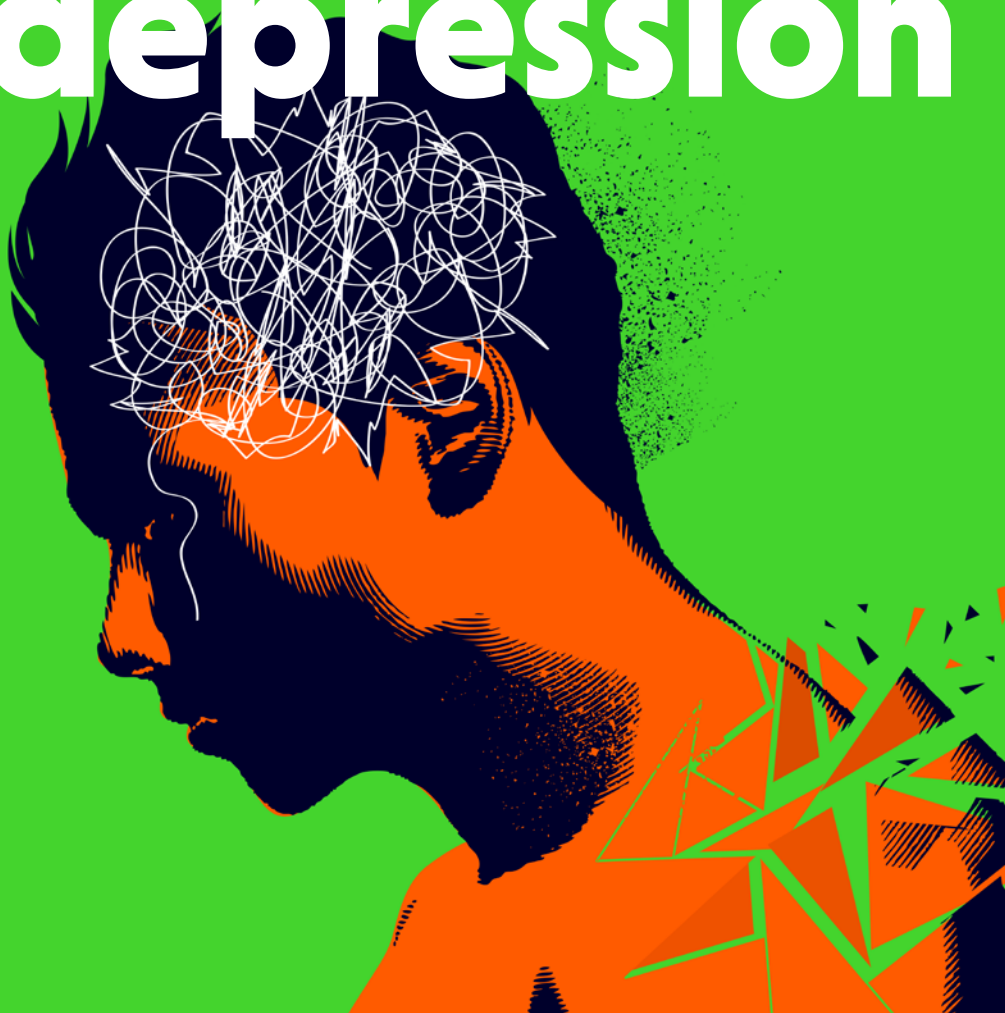
PHYSIQUE
**LA PARADOXALE
STABILITÉ
DES NANOBULES**

M 02687 - 497 - F: 6,90 € - RD

MARS 2019
N° 497

CARENCES, HORMONES, INFLAMMATION

Les causes insoupçonnées de la dépression



Découvrez notre hors-série numérique

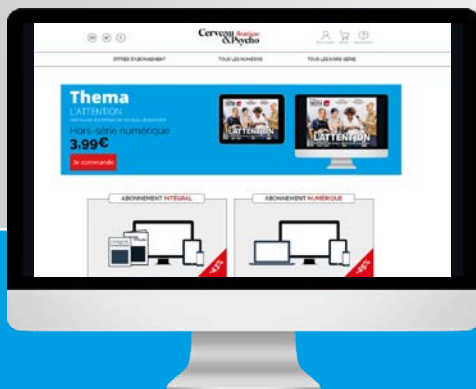
L'ATTENTION

RETROUVEZ DU TEMPS DE CERVEAU DISPONIBLE

3,99 €



80 pages de lecture
pour tout savoir sur le sujet



Les *Thema* sont une nouvelle collection de hors-séries numériques. Chaque *Thema* contient une sélection des meilleurs articles sur un sujet.

- 1 Commandez le *Thema* sur **boutique.cerveauetpsycho.fr**
- 2 Rendez-vous sur votre compte client, dans la rubrique **Ma bibliothèque numérique**
- 3 **Téléchargez le PDF** directement depuis votre tablette, téléphone ou ordinateur
- 4 Bonne lecture !

Rendez-vous sur
boutique.cerveauetpsycho.fr



Certifié PEFC

Ce produit est issu de forêts gérées durablement et de sources contrôlées.

10-31-1282

pefc-france.org

**É
DITO**



**MAURICE
MASHAAL**
Rédacteur
en chef

MENS SANA IN CORPORE SANO

Selon les estimations de l'Organisation mondiale de la santé, plus de 300 millions de personnes souffrent de dépression, pathologie qui représente la première cause d'incapacité dans le monde. Et il n'y a pas que la dépression: on estime qu'une personne sur quatre sera affectée au cours de sa vie par des troubles mentaux. Au-delà du mal-être et de l'impact négatif sur la vie sociale et la productivité, ces affections sont responsables d'une bonne partie des quelque 800 000 morts annuelles par suicide.

C'est dire l'importance d'une lutte efficace contre les maladies dites psychiatriques. Une lutte qui doit porter sur de multiples fronts: prise en charge des personnes, disponibilité d'infrastructures et de personnels, diagnostics fiables, traitements adaptés, recherche scientifique...

Bien que les efforts consacrés à tel ou tel aspect du problème soient généralement insuffisants, on connaît des progrès. L'un d'eux est la prise de conscience, hélas pas encore généralisée, que les troubles psychiatriques ont parfois une origine organique: par exemple, certains cas de dépression sévère sont dus à une inflammation ou à une simple carence en vitamine B12! De ce fait, près de 10% des diagnostics psychiatriques seraient erronés et expliqueraient l'errance de patients sur lesquels les traitements prescrits sont inopérants. C'est notamment ce qui ressort du tableau brossé par Alexis Bourla, Florian Ferreri et Stéphane Mouchabac (*voir pages 42 à 48*).

On commence aussi à comprendre les mécanismes par lesquels des affections du corps ont un impact sur notre cerveau, donc sur notre état mental. Lucile Capuron et Nathalie Castanon nous décrivent ainsi ce que l'on sait de la chaîne causale qui va d'une inflammation à la dépression (*voir pages 34 à 40*). En fait, le lien corps-cerveau fait l'objet depuis quelques années d'un profond réexamen par la biomédecine. Ce qui remet en cause la séparation de la psychiatrie d'avec la neurologie et les autres disciplines médicales, qui s'est opérée en France après 1968. ■

Nous avons appris avec tristesse le décès de Max Brossollet, président des éditions Belin de 1969 à 1996 et fondateur avec Philippe Boulanger de la revue *Pour la Science* en 1977.

Toute l'équipe de *Pour la Science* adresse ses sincères condoléances à sa famille.

SOMMAIRE

N° 497 /
Mars 2019



POUR LA
SCIENCE.FR
LETTRE D'INFORMATION

NE MANQUEZ PAS
LA PARUTION DE
VOTRE MAGAZINE
GRÂCE À LA NEWSLETTER

- Notre sélection d'articles
- Des offres préférentielles
- Nos autres magazines en kiosque



Inscrivez-vous
www.pourlascience.fr

ACTUALITÉS

P. 6

ÉCHOS DES LABOS

- Alzheimer: la piste du débit sanguin
- Des olympiades pour donner le goût des sciences
- La grotte de Denisova enfin bien datée
- Une aile battante optimale
- Une origine génétique de la migraine
- De la Lune à la Terre, une histoire d'impacts
- Mesurer la constante de Hubble avec les quasars

P. 18

LES LIVRES DU MOIS

P. 20

AGENDA

P. 22

HOMO SAPIENS INFORMATICS

En mars, méfiez-vous de la parité
Gilles Dowek

P. 24

QUESTIONS DE CONFIANCE

La science et le chat du Cheshire
Virginie Tournay



En couverture:
© Solarseven/Shutterstock.com

Les portraits des contributeurs sont de Seb Jarnot

Ce numéro comporte un encart des éditions *HumenSciences* sur une sélection d'abonnés France métropolitaine.

GRANDS FORMATS



P. 26

GÉOSCIENCES

VENTS STRATOSPHERIQUES, UN CYCLE NÉ DU CHAOS

L.-A. Couston, B. Favier
et M. Le Bars

Dans la stratosphère, les vents équatoriaux s'inversent tous les quatorze mois environ. Ce cycle serait dû au caractère intermittent des tempêtes tropicales. Des expériences et des simulations le confirment.



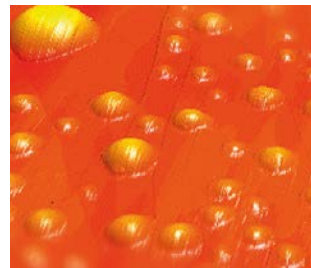
P. 50

PALÉONTOLOGIE

FAIRE PARLER LES VIEUX DÉBRIS

Thomas Higham
et Katerina Douka

Une récente technique permet d'identifier le groupe animal auquel correspond un fragment d'os fossile. Son application aux débris préhistoriques de la grotte de Denisova, en Sibérie, a contribué aux découvertes spectaculaires sur les humains qui s'y sont côtoyés.



P. 58

PHYSIQUE

LE PARADOXE DES NANOBULLES

Detlef Lohse

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.



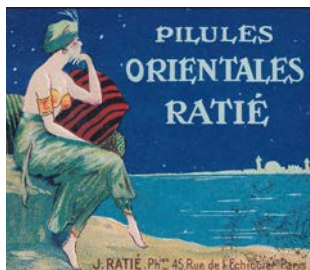
P. 66

ANTHROPOLOGIE

SOMMES-NOUS DES GUERRIERS-NÉS?

R. Brian Ferguson

Pourquoi les hommes font-ils la guerre? L'ont-ils toujours faite? Le croisement des données archéologiques, anthropologiques et ethnologiques apporte un nouvel éclairage sur ces questions très controversées.



P.72

HISTOIRE DES SCIENCES

PILULES ORIENTALES POUR POITRINE IDÉALE

Cécile Raynal
et Thierry Lefebvre

À la fin du XIX^e siècle, un nouveau remède promettait à ses utilisatrices «splendeur du buste et luxuriance des seins». La mode, une bonne publicité et une très souple législation du médicament lui ont assuré un immense succès.

Au centre du numéro

CAHIER SPÉCIAL

DÉVELOPPEMENT ET NOUVEAU MIX ÉNERGÉTIQUE

En partenariat avec



À LA UNE

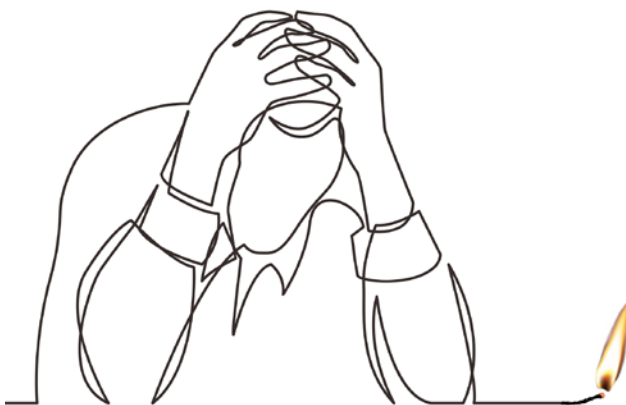
P.34

NEUROSCIENCES

L'ORIGINE INFLAMMATOIRE DE LA DÉPRESSION

Lucile Capuron et Nathalie Castanon

Lorsqu'une inflammation s'installe dans l'organisme, elle perturbe le fonctionnement du cerveau au point parfois de déclencher une dépression. On commence à comprendre par quels mécanismes.



P.42

NEUROSCIENCES

CES MALADIES PSYCHIATRIQUES QUI N'EN SONT PAS

Alexis Bourla, Florian Ferreri et Stéphane Mouchabac

Dépression sévère? Schizophrénie? Non: carence en vitamines. Tel est l'étonnant diagnostic que reçoivent certains patients, victimes de pathologies dites organopsychiatriques. Véritables caméléons, ces pathologies miment toutes sortes de maladies mentales et provoquent souvent une longue errance médicale.

RENDEZ-VOUS

P.78

LOGIQUE & CALCUL

LES MATHS AU PÉRIL DE LA CONTRADICTION

Jean-Paul Delahaye

Risque-t-on de trouver au cœur des mathématiques une contradiction qui obligerait à tout revoir? Telle était la crainte de l'éminent mathématicien américain Edward Nelson.

P.84

IDÉES DE PHYSIQUE

Vols d'araignées au-dessus des océans

Jean-Michel Courty
et Édouard Kierlik



P.88

CHRONIQUES DE L'ÉVOLUTION

Quand les protéines travaillent au noir

Hervé Le Guyader

P.92

SCIENCE & GASTRONOMIE

Faire une liaison à l'œuf dur

Hervé This

P.94

À PICORER

A

CTUALITÉS

P.6 Échos des labos

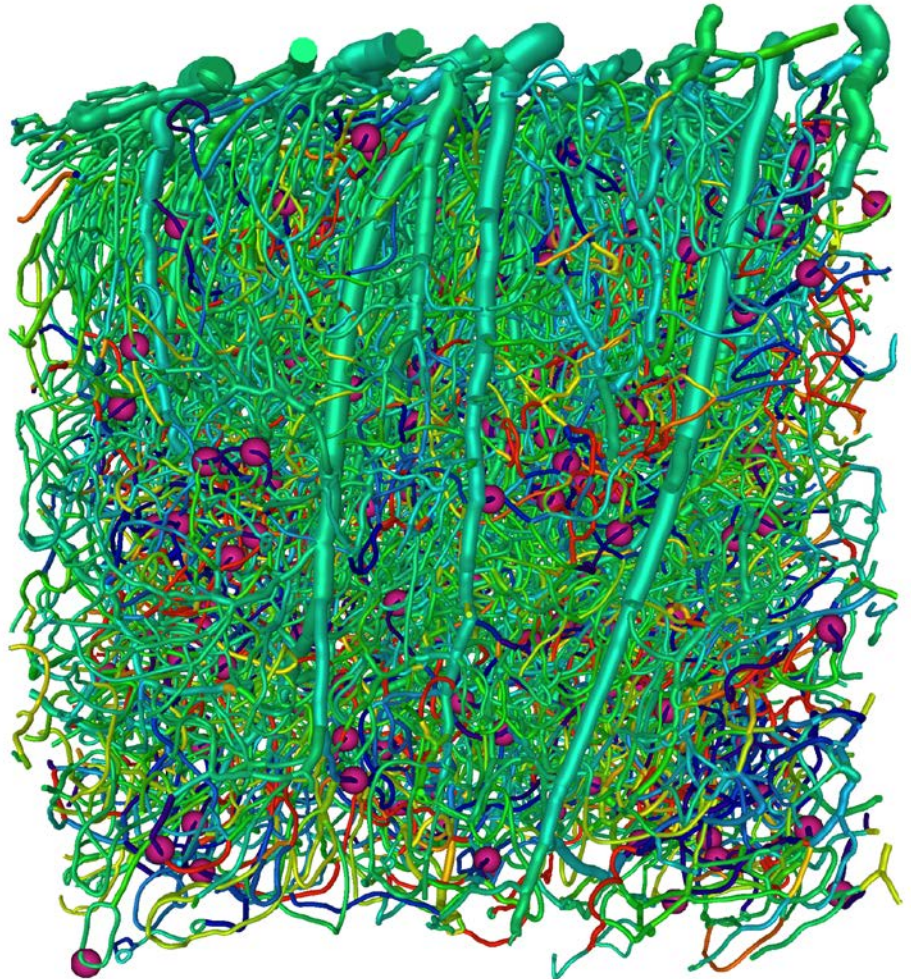
P.18 Livres du mois

P.20 Agenda

P.22 Homo sapiens informaticus

P.24 Questions de confiance

ALZHEIMER: LA PISTE DU DÉBIT SANGUIN



Une occlusion de 2% des capillaires cérébraux chez la souris (sphères violettes) suffit à ralentir considérablement le débit sanguin, comme l'illustre cette simulation (plus les vaisseaux sont bleus, plus le débit est ralenti).

Chez des modèles murins de la maladie, des cellules diminuent le débit sanguin cérébral. Quand on les élimine, les souris retrouvent des capacités cognitives normales.

Sur les quelque 50 millions de cas de démence répertoriés dans le monde, 60 à 70% seraient dus à la maladie d'Alzheimer, selon l'Organisation mondiale de la santé. L'agrégation de protéines β -amyloïdes entre les neurones et leur accumulation dans les tissus cérébraux est la principale caractéristique de cette pathologie qui, peu à peu, détruit les connexions entre neurones et conduit à leur mort.

Toutefois, de plus en plus d'études suggèrent que la maladie d'Alzheimer n'est pas seulement une pathologie du système

nerveux central et que les causes de son développement seraient à chercher plus loin. Une étude internationale dirigée par Nozomi Nishimura et Chris Schaffer, de l'université Cornell, aux États-Unis, vient ainsi de mettre en évidence un nouveau mécanisme qui, en diminuant le débit sanguin dans le cerveau, contribuerait au développement de la maladie.

On sait depuis longtemps que sans une bonne vascularisation et un débit sanguin suffisant, le cerveau ne peut fonctionner correctement: sans une bonne irrigation, les neurones ne reçoivent plus assez d'oxygène et de glucose pour maintenir leur

production interne d'énergie à un niveau suffisant. Plusieurs formes de démence sont ainsi associées à un problème de vascularisation cérébrale, dont la maladie d'Alzheimer.

En effet, diverses études ont montré que, très tôt dans l'évolution de cette pathologie, le débit sanguin diminue dans le cerveau des personnes atteintes, de même que chez des modèles murins de la maladie (des souris exprimant des gènes mutés qui favorisent la production d'agrégats amyloïdes). Par ailleurs, la diminution du débit sanguin accélérerait le développement de la maladie: plusieurs études chez des souris modèles ont montré que lorsque l'on perturbait le flux sanguin dans le cerveau, les agrégats amyloïdes s'accumulaient davantage. Le débit sanguin dans le cerveau influencerait donc non seulement sur

les pertes de fonction cognitive, mais aussi sur la progression de la maladie.

Toutefois, les mécanismes reliant le débit sanguin et la maladie d'Alzheimer restaient obscurs. « Nous avons donc recherché la cause de la baisse de débit sanguin chez des souris ayant un modèle de la maladie en scrutant leur vascularisation cérébrale à l'aide d'une technique de microscopie à fluorescence, la microscopie par excitation à deux photons, qui permet de distinguer *in vivo* le flux sanguin jusque dans les petits capillaires, et ce sur toute l'épaisseur du cortex », explique Sylvie Lorthois, directrice de recherche du CNRS à l'institut de mécanique des fluides de Toulouse et coauteure de l'étude.

Résultat : si le sang s'écoulait toujours dans les artérioles et les vénules des souris modèles, ce n'était pas le cas dans tous les capillaires. Ceux où le flux sanguin s'interrompait étaient plus nombreux que chez les souris saines. À l'aide d'anticorps fluorescents spécifiques des différentes cellules circulant dans le sang, les chercheurs ont ensuite montré la présence, dans la plupart des capillaires bouchés, d'un type de globules blancs nommés neutrophiles.

Les neutrophiles étaient-ils la cause des obstructions ? Oui, a révélé... une erreur de manipulation. En injectant une plus grande quantité d'anticorps spécifique des neutrophiles, les chercheurs se sont aperçus que non seulement les capillaires se débouchaient, mais qu'en quelques heures, les neutrophiles avaient quasiment disparu de ces vaisseaux, tandis que le débit sanguin dans le cortex augmentait. Par ailleurs, les souris traitées retrouvaient en un mois des capacités normales de mémorisation à court terme.

Empêcher les neutrophiles d'adhérer à la paroi des capillaires constituerait donc une piste thérapeutique pour entraver la progression de la maladie d'Alzheimer et de ses symptômes. « En effet, précise Sylvie Lorthois, nous avons complété les expériences, impossibles à réaliser chez l'homme, en montrant par simulation numérique que le réseau vasculaire cérébral humain n'est pas plus robuste que celui de la souris à de telles occlusions. » Des tests sont prévus avec plusieurs molécules déjà connues pour empêcher l'adhérence des neutrophiles et utilisées dans le traitement de maladies auto-immunes et de la sclérose en plaques. ■

MARIE-NEIGE CORDONNIER

J. C. Cruz Hernández et al., *Nature Neuroscience*, en ligne le 11 février 2019

Des olympiades pour donner le goût des sciences

Laver avec de l'eau dégazée, étudier les propriétés des fils d'araignée, simuler un détecteur d'ondes gravitationnelles, etc. : tels sont quelques-uns des sujets présentés lors des « Olympiades de physique France », qui se sont tenues à Lille le mois dernier. Pierre Chavel nous décrit ce concours destiné aux lycéens et ses objectifs.



Propos recueillis par SEAN BAILLY

PIERRE CHAVEL
président du comité
d'organisation des
Olympiades de physique
France

Comment se déroule ce concours, dont la 26^e édition vient de se tenir à Lille ?

Le concours est ouvert à tous les lycées de France ainsi qu'aux lycées francophones de l'étranger. Cette année, nous avons eu le plaisir d'accueillir en finale une équipe du Vietnam et une autre d'Australie. Dès le mois de mai, des lycéens, par groupes de deux à six, déclarent leur intérêt pour préparer un projet en vue du concours. Un professeur de leur établissement se porte volontaire pour les accompagner. Ensemble, ils définissent alors un projet qui doit mettre l'accent sur l'approche expérimentale, avec un aspect original dans la conception ou l'exploitation de l'expérience. Ils déterminent aussi les aides qu'ils pourraient solliciter auprès de laboratoires publics ou privés.

Entre 60 et 100 équipes présentent d'abord leur projet au concours interacadémique. Puis environ 25 équipes poursuivent l'aventure au concours national, la « finale ». Certaines se présenteront peut-être à des concours internationaux.

À quoi ressemble un projet monté par des lycéens ?

Un point important est l'accent porté sur l'initiative. L'équipe est amenée à se poser des questions pour comprendre un phénomène physique. Pour y répondre, avec l'aide de leur professeur, les élèves conçoivent des expériences, se procurent le matériel, montent et testent les expériences, puis, en fonction du sujet, peuvent être amenés à conduire des campagnes de mesure.

Les sujets sont très divers. Par exemple, certains se sont interrogés sur les processus à l'œuvre dans la construction de châteaux de sable, d'autres ont conçu un rideau de bulles pour filtrer des déchets dans un canal (idée qui pourrait être mise en place

prochainement en conditions réelles), d'autres ont construit un piano virtuel avec un laser, ou mesuré la vitesse de la lumière avec un miroir tournant, etc.

Les élèves ont manifestement du plaisir à s'investir dans leur projet. Est-ce là l'un des objectifs du concours ?

L'une des ambitions des olympiades est de donner le goût de la science et de la démarche scientifique à ces jeunes. Je pense que c'est un pari gagné : certains participants ne comptent pas leur temps et ont passé leurs mercredis après-midi, leurs week-ends, parfois leurs vacances pour mener à bien leur projet. Et au vu des résultats, ils peuvent être très fiers d'eux.

Ce concours est aussi une belle façon de découvrir le travail d'équipe, l'esprit d'initiative et le fait d'être actif dans la science. En plus d'être confrontés à des notions de physique qui dépassent le programme du lycée, les candidats sont amenés à concevoir des circuits électroniques, à faire de la programmation... Autant de compétences qui leur serviront dans la poursuite de leurs études et de leur carrière, scientifique ou non.

Certains sont peut-être de futurs chercheurs ?

Susciter de telles vocations au travers des olympiades est évidemment un de nos souhaits. Dans un contexte où les filières scientifiques dans les études supérieures sont un peu délaissées, il est important de montrer que la science et sa pratique sont passionnantes.

Par ailleurs, nous sommes très fiers d'avoir eu cette année, lors de la finale, près de 55 % de lycéennes. Espérons qu'elles suivront des études supérieures : ce concours est une façon de combattre les stéréotypes qui écartent les femmes de certaines disciplines scientifiques.

Que souhaitez-vous pour les futures olympiades ?

Les olympiades constituent une expérience exceptionnelle pour les élèves. Nous espérons que toujours plus de lycéens et d'établissements auront envie de participer à cette aventure. ■

PALÉONTOLOGIE

LA GROTTE DE DENISOVA ENFIN BIEN DATÉE

Les strates de ce site capital pour les paléanthropologues viennent enfin d'être placées sur une chronologie précise couvrant plus de 300 000 ans.

L'un des sites préhistoriques les plus fascinants est la grotte de Denisova, en Sibérie. Elle a en effet livré en 2010 les Denisoviens, une espèce humaine jusque-là inconnue, et en 2018 la première métisse née d'une Néandertalienne et d'un Denisovien. Les traces de la présence de Denisoviens et de Néandertaliens s'étalent entre il y a 300 000 ans et 40 000 ans environ, mais elles sont difficiles à dater. Deux équipes, celle de Katerina Douka, de l'institut Max-Planck à Iéna, et celle de Zenobia Jacobs, de l'université Wallongong, en Australie, se sont attaquées au problème avec de nouvelles techniques et viennent de fournir la première chronologie cohérente pour le site (voir aussi l'article de Thomas Higham et Katerina Douka, pages 50 à 57).

L'équipe de Zenobia Jacobs a reconstitué l'environnement denisovien de 300 000 à 20 000 ans. Les chercheurs ont utilisé la luminescence stimulée optiquement, une technique optique de datation, afin de situer dans le temps les restes de 27 espèces de grands vertébrés, de 100 espèces de petits vertébrés et de 72 espèces de plantes. Les variations entre forêts de feuillus (périodes chaudes) et toundra (périodes froides) ainsi reconstruites coïncident pour l'essentiel avec celles de l'environnement du lac Baïkal, à quelque 1600 kilomètres à l'est. Dans le système chronologique des stades isotopiques de l'oxygène (SIO), très utilisé aujourd'hui, les données obtenues signifient que les climats qui ont produit les strates de Denisova sont bien datés entre le SIO9 (337 000 à 374 000 ans) et le SIO2 (29 000 à 14 000 ans).

L'équipe de Katerina Douka a, elle, daté les 14 restes fossiles d'humains de Denisova. La plupart n'étant pas datables par le carbone 14, les chercheurs ont construit (à l'aide d'un modèle bayésien) un arbre probable de parenté, aux branches datées, reliant les génomes humains séquencés de Denisova entre eux et aux génomes connus d'*Homo sapiens* et d'*H. neanderthalensis*.

Il en ressort que le plus ancien fossile du site, celui d'un Denisovien, date d'il y a 122 700 à 194 400 ans. Deux fossiles néandertaliens datent d'entre 90 900 et 130 300 ans, mais les plus anciens sédiments contenant des traces d'ADN néandertalien remontent à il y a quelque



Thomas Higham, de l'université d'Oxford, et Natalia Belousova, de l'Académie russe des sciences, en train de prélever des échantillons. À droite, l'un des pendentifs en os trouvés dans la grotte.

4

**PENDANTS
FABRIQUÉS À PARTIR
DE DENTS DE CERF
ÉLAPHE ET D'ÉLAN
DÉCOUVERTS
DANS LA GROTTE
ÉVOQUENT
DES ORNEMENTS
TYPIQUES
DES CULTURES
NÉANDERTALIENNES
ET SAPIENS DU DÉBUT
DU PALÉOLITHIQUE
SUPÉRIEUR.
MAIS ILS SÉRAIENT
DENISOVIENS...**

190 000 ans... Quant à la métisse évoquée plus haut, dénommée Denisova 11, elle a vécu il y a entre 79 300 et 118 100 ans. Et le plus récent fossile denisovien (Denisova 3), trouvé dans une position stratigraphique comparable à celles de deux fossiles néandertaliens, a vécu il y a 76 600 à 51 600 ans. Il est ainsi de plus en plus clair que pendant des centaines de milliers d'années, Néandertaliens et Denisoviens ont fréquenté la grotte et s'y sont côtoyés.

Un autre point frappant est l'absence à Denisova de tout fossile ou trace d'ADN *sapiens*, alors que l'on y a découvert deux assemblages lithiques accompagnés d'ornements d'un type que, autrefois, on attribuait toujours à *H. sapiens*. Datés d'entre 32 000 et 48 000 ans, ils remontent donc à la période d'arrivée de notre espèce en Sibérie. Aucune trace fossile ou génétique d'*H. sapiens* n'étant décelable sur le site, l'explication la plus simple, selon les chercheurs, est que les derniers Denisoviens sont les auteurs de ces ornements. Dans ce cas, eux aussi auraient développé des cultures modernes comparables à celles que l'on connaît à la même époque chez *H. neanderthalensis* et *H. sapiens*. ■

FRANÇOIS SAVATIER

K. Douka et al., *Nature*, vol. 565, pp. 640-644, 2019 ;
Z. Jacobs et al., *ibid.*, pp. 594-599, 2019

DES GORILLES
HYPERSOCIAUX

Giovanni Forcina, de l'université de Barcelone, et des collègues ont évalué le taux de rencontres entre trois groupes de gorilles des plaines (*Gorilla gorilla ssp. gorilla*) en les observant au jour le jour pendant cinq années, et ont par ailleurs étudié les génotypes d'une population plus grande. Ces deux approches ont montré que le système social de ces gorilles est bien plus dynamique qu'on ne le soupçonnait : les rencontres paisibles, les jeux communs et les échanges d'individus entre groupes sont fréquents. Un comportement qui a dû jouer un grand rôle dans l'évolution de l'espèce.

UN TRAITEMENT
ANTICHLAMYDIA

Le laboratoire d'Emmanuel Ho, de la faculté de pharmacie de l'université de Waterloo, en Ontario, a créé un nouveau traitement contre les infections à *Chlamydia*. Ce traitement cible la majorité des bactéries en les empêchant de pénétrer dans les cellules du tractus génital et en détruisant toute bactérie capable de pénétrer une paroi cellulaire. Les chercheurs ont réussi à atteindre cet objectif à l'aide d'un petit ARN interférent qui cible un gène spécifique dans l'appareil reproducteur féminin, le gène *PDGFR-β*, qui code une protéine se liant aux bactéries *Chlamydia*.

LES TROIS TUMULUS
D'ERQUY

Sur le site des Prés Biard, à Erquy, dans les Côtes d'Armor, l'Inrap a mis en évidence de multiples occupations successives. Celle de l'âge du Bronze se distingue par trois tumulus ronds de six mètres de diamètre délimités par des dalles de grès. Deux de ces sépultures de prestige datant de quelque 3 000 ans renfermaient des dépôts de céramique ; la troisième contenait un coffrage de bois toujours visible.

ENCOMBRANTES
SAUMURES

Le dessalement de l'eau de mer ou d'eaux saumâtres est une solution de plus en plus adoptée par les pays qui manquent d'eau. Mais la médaille a son revers : comme l'indique une synthèse publiée par Manzoor Qadir, de l'université des Nations unies, au Canada, et ses collègues, le volume de saumures rejetées par cette activité est énorme et représente un vrai problème environnemental.

Manzoor Qadir et ses collègues ont estimé à 95 millions de mètres cubes par jour la quantité d'eau dessalée produite dans le monde, tandis que le volume des saumures rejetées serait de 142 millions de mètres cubes par jour, chiffre supérieur de 50% aux estimations précédentes. De quoi recouvrir en une année une superficie équivalente à celle de la France métropolitaine sur une hauteur de près de 10 centimètres... Ces chiffres cachent de grandes disparités régionales, en fonction du nombre et de la capacité des installations présentes, de la technique utilisée, de la salinité des eaux traitées, etc. Ainsi, 70% des saumures sont produites par l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient, et 55% par seulement quatre États du golfe Persique : l'Arabie saoudite, les Émirats arabes unis, le Koweït et le Qatar.

Dans la plupart des cas, les saumures sont rejetées en mer, 80% des unités de dessalement



Une usine de dessalement de l'eau de mer à Dubaï, aux Émirats arabes unis.

se trouvant à moins de 10 kilomètres de la côte. Plus denses que l'eau de mer, elles appauvrissent en oxygène les eaux profondes et accroissent leur salinité, ce qui nuit à la vie des fonds marins. Quant aux unités de l'intérieur des terres, elles stockent leurs saumures dans des réservoirs à ciel ouvert, des bassins d'évaporation ou des puits profonds... De fait, il existe encore peu de méthodes de gestion des saumures qui soient viables à la fois économiquement et écologiquement. Et le manque d'eau douce ne cessant de s'aggraver, on peut parier que le problème des saumures n'est pas près d'être résolu. ■

MAURICE MASHAAL

E. Jones et al., *Science of the Total Environment*, vol. 657, pp. 1343-1356, 2019

AUX SOURCES
D'EBOLA

Depuis sa découverte en 1976, le virus Ebola a causé de nombreuses victimes sur le continent africain, à travers pas moins de 28 épisodes de contagion. Deux équipes, dirigées par Martine Peeters et Ahidjo Ayoub, de l'IRD, se sont intéressées aux rôles des chauves-souris et des singes dans la transmission du virus à l'humain, afin de mieux comprendre l'origine de ces épidémies.

Les chercheurs ont prélevé des échantillons de sang sur 4022 chauves-souris. Du côté des primates, ils ont réalisé des prélèvements sanguins et de selles auprès de 4649 individus. Ils ont ensuite testé ces extraits avec des antigènes du virus Ebola. La réactivité d'un échantillon témoigne de la présence d'anticorps et, par extension, du contact de l'animal avec le virus. Résultats : huit espèces de chauves-souris



Les roussettes paillées africaines (*Eidolon helvum*) constitueraient un réservoir pour le virus Ebola.

présentaient de tels anticorps, tandis que chez les primates, seul un individu a montré une réactivité similaire. Que signifient ces résultats ? Que les chauves-souris jouent bien un rôle de réservoir dans l'écologie du virus, tandis que les singes n'en sont que des hôtes intermédiaires. ■

WILLIAM ROWE-PIRRA

A. Ayoub et al., *J. Infect. Dis.*, en ligne le 18/1/2019 ; H. M. De Nys et al., *Emerg. Infect. Dis.*, vol. 24, pp. 2228-2240, 2018

EN IMAGE

UNE AILE BATTANTE OPTIMALE

L'oiseau a été une grande source d'inspiration pour concevoir des dispositifs volants. Mais alors que la recherche s'est concentrée sur le cas des ailes fixes pour les avions, les ailes battantes sont bien moins comprises. Sophie Ramanananarivo, au laboratoire LadHyX de l'École polytechnique, a recherché avec deux collègues de l'université de New York la forme optimale d'une aile de ce type.

Les chercheurs ont utilisé un algorithme d'optimisation évolutive. À l'image de l'évolution biologique, cet algorithme fait évoluer une population d'ailes par «croisement des meilleurs individus». Le profil d'une aile est décrit par une fonction mathématique, dont les paramètres constituent en quelque sorte les «gènes» de l'aile. Un jeu de paramètres donné (ou «génome») identifie de façon unique une aile, dont la performance est évaluée à partir de la vitesse de propulsion.

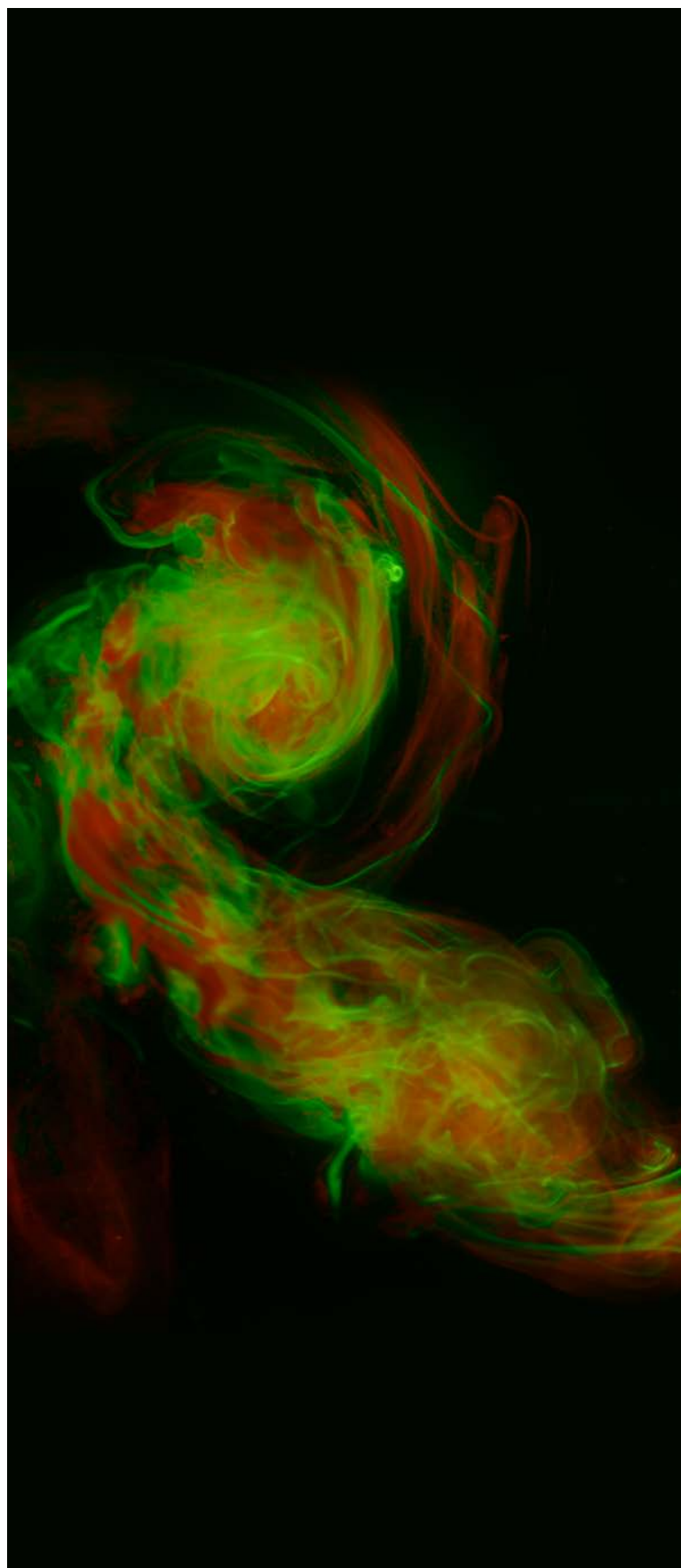
En partant d'une population initiale d'ailes aux profils variés, l'algorithme a produit de nouvelles générations d'ailes, en croisant les «gènes» des ailes les plus performantes. En outre, des «mutations» sont introduites dans le processus pour modifier de façon aléatoire les paramètres, ce qui introduit de nouveaux traits. En itérant le processus sur plusieurs générations, des ailes de plus en plus rapides apparaissent.

La meilleure aile trouvée a une forme de goutte d'eau allongée, dont le bord antérieur est rond et le bord postérieur beaucoup plus piqué. Ce profil diffère de celui d'une aile d'avion, autour duquel le type d'écoulement de l'air n'est pas le même. Dans le cas d'une aile fixe, l'écoulement longe le profil de l'aile, alors que pour l'aile battante, l'air se détache aux bords avant et arrière et s'enroule en tourbillons (ou vortex). L'intensité des tourbillons à l'arrière de l'aile détermine sa capacité à bien se propulser. Mais les vortex émis à l'avant ne doivent pas interférer destructivement avec ceux créés à l'arrière. Le meilleur compromis est un arrière pointu qui donne des vortex intenses et une forme ronde à l'avant qui engendre des vortex modérés.

Pour confirmer leurs résultats, les chercheurs ont testé des profils d'ailes battantes dans de l'eau (à droite de l'image). Des colorants injectés depuis l'intérieur de l'aile à l'avant (en rouge) et à l'arrière (en vert) permettent de visualiser les vortex. ■

S. B.

S. Ramanananarivo et al., *Proc. R. Soc. A*, vol. 475, article 20180375, 2019





© S. Ramanarivo et al.

NEUROSCIENCES

UNE ORIGINE GÉNÉTIQUE DE LA MIGRAINE

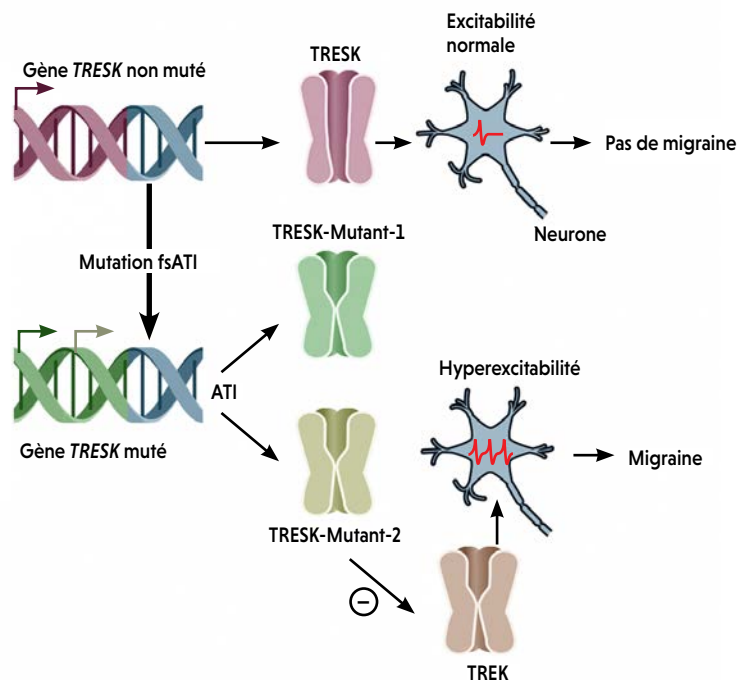
Une mutation particulière d'un gène provoquerait une hyperexcitabilité de certains neurones situés dans le crâne, dont résulterait la migraine.

Plus de 10 millions de Français souffrent régulièrement de migraines. Près de 20% des crises sont associées à des troubles neurologiques, notamment visuels et nommés auras, des sortes d'hallucinations. La douleur est si invalidante qu'en France, chaque année, 20 millions de jours de travail sont perdus. Et pourtant, aucun traitement vraiment efficace n'est encore disponible, notamment parce qu'on ne connaît pas l'origine du trouble. En revanche, les chercheurs savent depuis longtemps que la maladie est en grande partie héréditaire, le risque d'en souffrir augmentant de 80% si l'un des proches parents est atteint. De ce fait, identifier les mécanismes génétiques impliqués permettrait de mieux comprendre l'origine de la migraine. Or l'équipe de Guillaume Sandoz, de l'institut de biologie Valrose, à Nice, vient enfin de trouver un mécanisme génétique en cause.

On sait depuis une trentaine d'années que les douleurs associées à la migraine mettent en jeu le trijumeau (le plus grand des nerfs crâniens), et notamment ses fibres sensorielles qui transmettent de multiples informations dans le visage et le crâne, en particulier la douleur. Une hyperexcitabilité des neurones sensoriels de ce système est associée aux crises migraineuses, sans que l'on sache pourquoi cette suractivité existe chez certaines personnes et pas d'autres.

Les chercheurs français se sont donc intéressés à la propagation de l'influx nerveux le long des neurones, qui dépend de différents flux d'ions à travers la membrane de ces derniers, *via* des canaux ioniques. Notamment, les canaux potassiques K2P sont inhibiteurs (ils diminuent l'activité des neurones) et il en existe plusieurs types. On avait identifié des mutations du gène codant l'un de ces canaux, nommé TRESK, certaines provoquant des migraines, d'autres non. L'équipe de Guillaume Sandoz vient de découvrir qu'une mutation précise du gène *TRESK* provoque l'apparition de deux canaux potassiques mutants différents qui interviendraient dans la douleur. Mais quel est le mécanisme en jeu?

Normalement, le gène *TRESK* produit un intermédiaire – un ARN messager –, lequel est traduit en canal protéique TRESK qui, inséré dans la membrane des neurones, influe sur la propagation de l'influx nerveux en diminuant



Une mutation du gène *TRESK* conduit à la formation de canaux ioniques anormaux. L'un d'eux, TRESK-Mutant-2, inhibe l'action d'un autre canal, TREK. Le résultat est une hyperexcitabilité accrue pour les neurones du système trigéminal, à l'origine de la migraine.

l'excitabilité. Mais en cas de mutation, *via* un mécanisme que les chercheurs ont identifié et qu'ils ont nommé fsATI (*frameshift mutation induced-alternative translation initiation*), le gène *TRESK* muté produit deux ARN messagers distincts, qui conduisent à la fabrication de deux canaux: TRESK-Mutant-1 et TRESK-Mutant-2. Or ce dernier interagit avec d'autres canaux K2P, nommés TREK, qui ne remplissent alors plus leur fonction apaisante, ce qui conduit à une hyperexcitabilité des neurones. D'où la transmission de la douleur le long des fibres du trijumeau.

Par ailleurs, les chercheurs ont confirmé chez les animaux que si l'on bloque (génétiquement) l'activité des canaux TREK, les rats souffrent de migraines (qui se caractérisent par une hypersensibilité de la face). Ils espèrent maintenant trouver des molécules qui relanceraient l'activité des TREK chez les migraineux ou empêcheraient l'interaction de ces canaux avec les TRESK-Mutant-2. Ces molécules constitueraient alors des médicaments potentiels. ■

BÉNÉDICTE SALTHUN-LASSALLE

P. Royal et al., *Neuron*, vol. 101(2), pp. 232-245, 2019