

NEUROSCIENCES



P.22

ALZHEIMER

Les voies du futur

Kenneth S. Kosik

La maladie d'Alzheimer ne se résume pas à la destruction de neurones liée à l'accumulation d'amas protéiques dans le cerveau. On s'aperçoit aujourd'hui que pour vaincre cette pathologie, il est indispensable de revenir à sa biologie fondamentale. Cinq voies suscitent ainsi de nouveaux espoirs.

P. 32

« TOUS LES PORTEURS DE LÉSIONS N'AURONT PAS ALZHEIMER »

Entretien avec Bruno Dubois

Dans la lutte contre la maladie d'Alzheimer, un défi de taille consiste à diagnostiquer la maladie plus tôt. Des facteurs de risque commencent à émerger d'études épidémiologiques et offrent ainsi des pistes pour mieux cibler les personnes susceptibles de développer la maladie.

P. 80

LOGIQUE & CALCUL

DU FLOU ET DU FAUX EN MATHÉMATIQUES

Jean-Paul Delahaye

Les mathématiques sont la plus précise et la plus exacte des sciences... Leur histoire nous montre pourtant de nombreux exemples d'erreurs importantes. Comment limiter les risques d'en produire d'autres ?

P. 86

ART & SCIENCE

L'expression des gemmes

Loïc Mangin



P. 88

IDÉES DE PHYSIQUE

L'horloge qui marche au chaud et froid

Jean-Michel Courty
et Édouard Kierlik

P. 92

CHRONIQUES DE L'ÉVOLUTION

Comment le moustique vous repère

Hervé Le Guyader

P. 96

SCIENCE & GASTRONOMIE

Des mousses au goût maîtrisé

Hervé This

P. 98

À PICORER

CAHIER PARTENAIRE
PAGES I À III (APRÈS P. 38)

Anticiper les effets secondaires des nouvelles techniques de radiothérapie

Parrainé par



A

CTUALITÉS

P.6 Échos des labos

P.16 Livres du mois

P.18 Homo sapiens informaticus

P.20 Questions de confiance

PLANÉTOLOGIE

L'EAU SUR TERRE, PRÉSENTE DÈS LE DÉBUT?

L'analyse de matériaux météoritiques proches de ceux ayant formé la Terre suggère que l'eau était en grande partie déjà présente dans notre planète à sa naissance.



D'où vient l'eau de notre planète? L'équipe de Laurette Piani a montré que ce composé a pu être apporté dès la naissance de la Terre par des chondrites à enstatite provenant du Système solaire interne, dont la météorite Sahara 97096 ci-dessus est un exemple.

L'eau est indispensable à la vie et contribue grandement à la beauté de la Planète bleue. Mais d'où vient cette eau, qui recouvre aujourd'hui 71 % de la surface de la Terre et dont une masse plus importante encore que celle des océans est emmagasinée dans les profondeurs de la planète?

La question est débattue depuis longtemps. Parmi les divers scénarios proposés, deux dominent: l'idée d'une eau originaire du Système solaire externe, apportée sur Terre vers la fin de sa formation, et celle d'une eau déjà présente dans les roches constitutives de notre planète. Laurette Piani et son équipe, du Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CNRS et université de Lorraine), ont conforté le second

scénario en montrant que les chondrites à enstatite – des météorites dont on considère la composition comme proche de celle des matériaux issus du Système solaire interne qui se sont agrégés pour former la Terre – contenaient assez d'eau pour fournir l'équivalent d'au moins trois fois le volume des océans.

Le scénario d'une eau provenant de la partie externe du Système solaire était appuyé par l'observation que plus on s'éloigne du Soleil, plus les planétésimaux contiennent des matériaux hydratés, voire de la glace. On pensait ainsi que l'eau était arrivée sur Terre au sein de matériaux du genre des chondrites carbonées, de très anciennes météorites rocheuses originaires d'astéroïdes et comètes du Système solaire externe, qui contiennent de l'eau à

hauteur de plusieurs points de pourcentage (en masse) et dont les rapports isotopiques deutérium/hydrogène (D/H) se trouvent être proches de celui de l'océan mondial.

Le deutérium, hydrogène lourd dont le noyau atomique a un neutron en plus du proton, est en effet plus ou moins présent dans les molécules d'eau (H_2O , HDO , D_2O) selon les conditions dans lesquelles elles se sont formées, bref selon l'origine de l'eau. C'est pourquoi, pour commencer à tester le scénario d'une eau terrestre primordiale originaire du Système solaire interne, l'équipe de Lydia Hallis, de l'Institut d'astronomie de l'université de Hawaï, a mesuré en 2015 le rapport D/H de très anciennes roches volcaniques hydratées de l'île de Baffin (Arctique canadien) d'origine



profonde, donc *a priori* datant des débuts de la Terre. Ce rapport s'est révélé inférieur de 22% à celui de l'océan, ce qui suggère que l'eau océanique actuelle ne serait pas primordiale.

L'équipe de Laurette Piani a, elle, mesuré l'abondance en hydrogène et le rapport D/H de 13 chondrites à enstatite différentes. Les chercheurs avaient besoin de cette diversité pour s'assurer d'abord que les diverses histoires thermiques de ces météorites n'avaient pas changé leurs compositions primitives. Il en ressort que toutes les chondrites analysées ont des teneurs en eau variant entre 0,08 et 0,54%, et des rapports D/H proches de celui de l'eau du manteau terrestre.

Grâce à ces résultats, les chercheurs ont prédit la proportion d'eau terrestre ayant pu être directement héritée de ses constituants originels dans le cadre de trois modèles de composition de la Terre proposés lors d'études précédentes. Ces modèles permettent d'expliquer la composition des roches terrestres par un mélange de matériaux ressemblant aux météorites primitives connues, témoins des matériaux planétaires présents dans le Système solaire à sa naissance, il y a 4,55 milliards d'années. Dans les trois cas, les chondrites à enstatite contribuent au bilan d'eau de la Terre dès sa formation, puisqu'elles peuvent fournir entre environ 3 et 23 fois la masse d'eau des océans actuels!

Les travaux de Laurette Piani et ses collègues favorisent donc le scénario d'une Terre primordiale déjà riche en eau. Il faut cependant noter que l'eau présente aujourd'hui résulte aussi de la tumultueuse évolution de la planète, des bombardements qu'elle subit, de la tectonique qui mélange ses couches et d'autres phénomènes; et il reste à expliquer pourquoi l'eau terrestre profonde et l'eau des océans ont des compositions isotopiques si différentes. ■

FRANÇOIS SAVATIER

L. Piani et al., *Science*, vol. 369, pp.1110-1113, 2020

La polio sauvage éradiquée en Afrique

Fin août, l'Organisation mondiale de la santé a salué l'éradication, en Afrique, du virus sauvage responsable de la poliomyélite. On observe pourtant une recrudescence de cas de paralysie poliomyélitique. Comment expliquer ce paradoxe ? Le point avec le virologue Francis Delpeyroux.



Propos recueillis par MARIE-NEIGE CORDONNIER

FRANCIS DELPEYROUX
virologue à l'institut Pasteur, à Paris

En quoi consiste la lutte contre la poliomyélite ?

C'est une lutte vaccinale. La maladie est due au poliovirus, un virus à ARN qui se transmet par voie féco-orale, se réplique dans l'intestin et, dans certains cas, détruit les neurones moteurs du système nerveux central, causant une paralysie flasque. Avant la vaccination, c'était une maladie saisonnière très contagieuse qui touchait à peu près tous les individus d'une population donnée, dont quelques-uns (1 sur 200) avec paralysie. Mais dans les années 1950, deux vaccins ont été mis au point. Utilisés intensivement dans le cadre du programme mondial d'éradication de la poliomyélite, ils ont réduit le nombre de cas à quelques centaines.

Le premier est un vaccin inactivé injectable, constitué de souches du virus sauvage inactivées grâce à des agents chimiques. Son injection induit une bonne immunité générale qui empêche le virus de passer de l'appareil digestif au système nerveux central. Il est donc très efficace pour prévenir la maladie. Le second est un vaccin atténué administré par voie orale, constitué de souches vivantes du virus sélectionnées pour la protection qu'elles conféraient à des singes. Leur atténuation est due à des mutations. Ce vaccin qui protège contre la maladie induit de surcroît une forte immunité intestinale qui limite la circulation du virus entre les humains et est donc capable de faire disparaître les souches sauvages si la couverture vaccinale est suffisante.

Pourquoi n'utilise-t-on pas seulement le premier, comme en France ?

Ce vaccin injectable demande du personnel médical et des rappels. Il est donc utilisé dans les pays qui ont les moyens d'effectuer ces inoculations et de contrôler l'immunité de la population. Dans les pays où le niveau d'hygiène est correct, il suffit pour prévenir la maladie ; mais dans ceux où le virus circule encore

– dorénavant le Pakistan et l'Afghanistan, à cause des conflits qui entravent la couverture vaccinale –, seul le vaccin oral est capable actuellement d'arrêter sa circulation.

Entre le 19 août 2019 et le 18 août 2020, on a répertorié 572 cas de paralysie poliomyélitique, dont 403 en Afrique, et encore 18 durant la seule semaine du 26 août, dont 11 au Soudan. Comment est-ce possible si le virus sauvage a été éradiqué en Afrique ?

Les virus à ARN mutent beaucoup, car ils ne disposent pas d'outil pour réparer le génome lorsqu'une mutation apparaît durant sa répllication. Ainsi, dans de rares cas, le poliovirus atténué mute, se réplique et même circule d'enfants vaccinés à d'autres non vaccinés en cas de couverture vaccinale insuffisante, voire redevient pathogène. Or dans plusieurs régions, notamment en Afrique, la couverture vaccinale diminue pour diverses raisons, notamment chaque fois qu'une autre épidémie focalise l'attention (grippe H1N1, Ebola, Covid-19...).

Mais un nouveau vaccin oral pourrait bientôt aider à diminuer le nombre de cas. L'ARN viral a été modifié de façon à rendre plus fidèle l'enzyme qui le réplique et à stabiliser les domaines impliqués dans l'atténuation du virus. Le vaccin a passé des premiers essais cliniques favorables (phases I et II) et est en cours de production pour une utilisation plus large.

Vous êtes donc optimiste pour la suite ?

Oui, l'éradication du virus sauvage en Afrique est une excellente nouvelle. Cela confirme que ce continent est capable d'éliminer la poliomyélite. Malgré les problèmes, dont le terrorisme, il s'est doté d'un réseau efficace de surveillance de la maladie, capable de différencier virus sauvage et virus vaccinal, voire de s'occuper d'autres maladies infectieuses virales. Ce n'est donc pas seulement l'histoire de la polio qui s'écrit, mais aussi celle de la surveillance et de la prévention des maladies virales. ■