



NEUROSCIENCES

P.20

L'APPRENTISSAGE, UNE HISTOIRE DE NEURONES... ET DE MYÉLINE

R. Douglas Field

On pensait que la myéline, substance qui occupe une grande partie du cerveau, jouait surtout le rôle d'isolant électrique. En fait, cette membrane est une alliée indispensable des neurones pour l'apprentissage et la mémorisation.

P.28

« POUR RETENIR, IL FAUT MYÉLINISER »

Entretien avec Bernard Zalc

La myéline qui entoure les fibres nerveuses interviendrait non seulement dans l'apprentissage, mais aussi dans la mémorisation à long terme. Tour d'horizon avec Bernard Zalc, qui enquête sur cette étonnante matière depuis plus de quarante ans.

RENDEZ-VOUS

P.58

LOGIQUE & CALCUL

DESSINER UN ÉLÉPHANT AVEC UN SEUL PARAMÈTRE

Jean-Paul Delahaye

Reproduire n'importe quel jeu de données en nombre fini, par exemple des points qui esquissent la silhouette d'un animal : c'est ce que permet une fonction paramétrisée par un unique nombre réel.

P.64

IDÉES DE PHYSIQUE

Les masques démasqués

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik



P.68

CHRONIQUES DE L'ÉVOLUTION

Comment les oiseaux chanteurs ont conquis le monde

Hervé Le Guyader

P.72

SCIENCE & GASTRONOMIE

Goût de viande pour imitations de viande

Hervé This

P.74

À PICORER

A

CTUALITÉS

P.6 Échos des labos

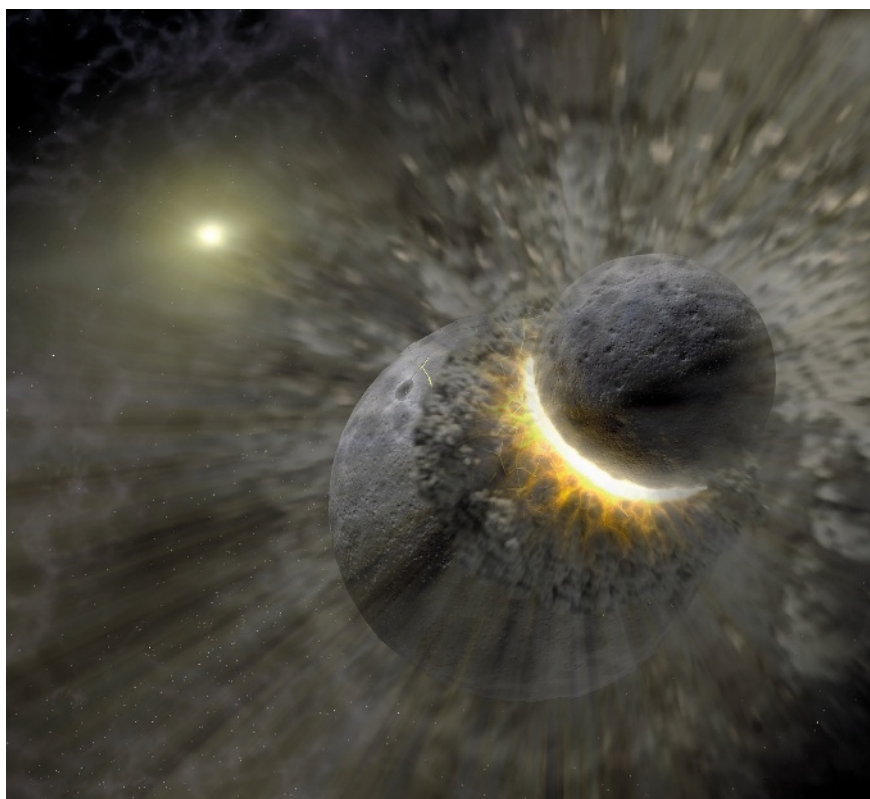
P.14 Livres du mois

P.16 *Homo sapiens informaticus*

P.18 Questions de confiance

PLANÉTOLOGIE

FORMATION DE LA LUNE: L'HYPOTHÈSE DE L'IMPACT RENFORCÉE



Une nouvelle analyse des roches lunaires montre que leurs données isotopiques sont compatibles avec une naissance de la Lune à la suite d'un impact entre la Terre et une protoplanète.

On pense que la Lune s'est formée par collision entre la Terre primordiale et une protoplanète. Une nouvelle analyse des roches lunaires appuie ce scénario.

La Lune est cruciale pour la vie sur Terre d'aujourd'hui: elle stabilise notamment la rotation de la planète et donc le cycle des saisons. Mais comment s'est-elle formée? Au vu des connaissances actuelles, l'hypothèse la plus plausible est qu'un objet de la taille de Mars, nommé Théia, a percuté la Terre peu après la formation du Système solaire, il y a environ 4,5 milliards d'années.

Ce scénario de collision est appuyé par de nombreuses simulations numériques. Elles impliquent cependant que

la Lune soit principalement constituée de matériau provenant de Théia. Or l'analyse des roches lunaires a montré une proximité troublante avec les roches terrestres. Comment expliquer cette similitude de composition? Erick Cano et ses collègues, à l'université du Nouveau-Mexique, aux États-Unis, ont apporté une réponse en affinant l'étude des propriétés des roches provenant de différentes parties de la Lune.

Dès qu'il a été formulé, en 1974, le scénario de la naissance de la Lune, l'«hypothèse de l'impact géant», s'est rapidement imposé, parce qu'il rend bien

mieux compte des observations que les hypothèses concurrentes.

Mais même cette théorie a rapidement posé un problème majeur. Selon les simulations, entre 70 et 90% de la masse de Théia aurait été éjectée lors de la collision et ferait partie de la Lune. La composition de cette dernière serait donc proche de celle de Théia. Mais, ces dernières décennies, les scientifiques qui ont étudié des roches lunaires rapportées par les missions *Apollo* et en particulier les rapports de concentration entre les isotopes de plusieurs éléments, ont constaté qu'en moyenne ces rapports isotopiques sont très similaires à ceux des roches terrestres. Comment l'expliquer?

Soit Théia avait une composition semblable à celle de la Terre, auquel cas

Théia et la Terre se seraient formées à environ la même distance du Soleil dans le nuage de gaz originel, ce qui est très peu probable. Soit la matière de chacun des corps – tous deux une boule de roche en fusion à cette époque – s’est abondamment homogénéisée après l’impact, gommant les disparités de rapports isotopiques; problème: la grande proportion de la matière de Théia formant la Lune ne semble pas permettre une homogénéisation suffisante.

À moins qu’il y ait une troisième voie... Erick Cano et ses collègues ont réalisé de nouvelles analyses détaillées d’échantillons lunaires (des basaltes et des verres, par exemple), et ont remarqué que les rapports isotopiques de l’oxygène, loin d’être uniformes, variaient sensiblement entre les différents types de roches lunaires! Mieux: les roches d’origine géologique profonde – remontées ensuite grâce aux mouvements mantelliques de la Lune primordiale – présentaient des données isotopiques éloignées de celles de la Terre, alors que les roches formées en surface sont très semblables aux roches terrestres.

D’après les chercheurs, la diversité des roches lunaires est donc cruciale. Ils proposent qu’après la collision entre Théia et la Terre, lorsque la matière éjectée a commencé à se condenser pour former la Lune, le satellite en devenir s’est retrouvé plongé dans une fine atmosphère formée de vapeurs de silicates provenant majoritairement de la Terre. Ces vapeurs auraient ensuite échangé de la matière avec les couches de roches supérieures, leur conférant des rapports isotopiques semblables aux données terrestres; les roches en profondeur, elles, n’auraient pas été affectées.

D’ailleurs, Erick Cano et ses collègues ont aussi montré que la variabilité statistique des rapports isotopiques était trois fois plus importante pour les roches lunaires que pour les roches terrestres, ce qui semble confirmer un scénario de « contamination » postérieure des couches lunaires supérieures. C’est un coin de voile supplémentaire qui se lève sur l’histoire de notre fidèle compagnon céleste, qui recèle encore bien des énigmes. ■

LUCAS GIERCZAK

E. J. Cano et al., *Nature Geoscience*, en ligne le 9 mars 2020

Grippe et surinfection : une histoire de microbiote

Chaque année, la grippe touche entre 2 et 6 millions de personnes en France, parfois avec des complications respiratoires liées à des surinfections bactériennes des poumons. Selon une équipe lilloise, des perturbations du microbiote intestinal favorisent de telles surinfections. Éclairage de son directeur, François Trottein.

Propos recueillis par MARIE-NEIGE CORDONNIER



FRANÇOIS TROTTEIN
chercheur au CNRS,
au centre d’infection
et d’immunité de Lille
(institut Pasteur de Lille)

Vous êtes spécialiste de l’immunité pulmonaire. Pourquoi vous êtes-vous intéressé au microbiote intestinal ?

Nous cherchions à comprendre comment le virus grippal favorise les surinfections bactériennes, qui conduisent à des décès. On sait que ce virus entraîne une immunosuppression dans le poumon. On sait aussi que le microbiote intestinal favorise à distance des mécanismes de défense dans le poumon, notamment contre les infections bactériennes, probablement en libérant diverses molécules telles que des métabolites. Nous nous sommes donc demandé si la grippe perturbait le microbiote intestinal et si cela avait un impact sur les mécanismes de défense dans le poumon et favorisait la surinfection.

Comment avez-vous procédé ?

Nous avons d’abord remarqué que l’infection grippale s’accompagnait d’une « dysbiose » – un changement dans la composition du microbiote intestinal. Ensuite, nous avons effectué des transferts de flore fécale : on traite des souris avec des antibiotiques pour détruire leur microbiote résiduel, puis on transfère dans leur intestin le microbiote de souris non grippées ou grippées. Un peu plus tard, on infecte ces souris avec *Streptococcus pneumoniae*, la principale bactérie responsable des surinfections pulmonaires. On a ainsi montré que le microbiote « dysbiotique » (celui des souris grippées) transférait une susceptibilité à l’infection.

Nous nous sommes alors concentrés sur les acides gras à chaînes courtes, dont l’acétate, qui sont des métabolites majeurs du microbiote jouant un rôle clé dans la réponse immunitaire et inflammatoire. Nous avons eu la chance de voir qu’ils influencent sur la susceptibilité à la surinfection : les souris ayant une dysbiose produisaient moins d’acétate et étaient plus susceptibles d’être surinfectées. Il suffisait de leur

faire boire de l’eau enrichie en acétate pour diminuer la propagation bactérienne dans les poumons.

Comment la grippe agit-elle sur le microbiote intestinal ?

Essentiellement via la perte d’appétit associée à l’infection. Les souris grippées perdent de 10 à 20 % de leur poids en quelques jours, ce qui est énorme. Or on sait depuis plusieurs années que l’alimentation influe sur la composition du microbiote. Nous avons montré que si l’on mime le comportement alimentaire d’une souris qui a la grippe, c’est-à-dire si l’on donne la même quantité de nourriture à des souris non infectées, ces souris perdent du poids, tout comme les souris grippées. De plus, ces souris sont bien plus sensibles à l’infection bactérienne. Et si l’on transfère leur microbiote à des souris receveuses, ces dernières sont aussi plus sensibles à l’infection. La perte d’appétit serait donc la cause principale de l’augmentation du risque d’infection bactérienne.

Ce phénomène n’est d’ailleurs probablement pas propre à la grippe. On pourrait le rencontrer dans d’autres pathologies virales sévères, comme les cas graves de Covid-19, voire dans des pathologies non infectieuses. Chez les grands brûlés, les personnes victimes d’un choc septique ou d’un accident vasculaire cérébral, une dysbiose se met en place et il arrive que ces patients décèdent d’une surinfection bactérienne. Nous examinons chez la souris si un mécanisme similaire est responsable de ce phénomène.

Avez-vous des pistes thérapeutiques ?

Nous avons identifié la cible de l’acétate dans les cellules, le récepteur FFAR2, et montré qu’une molécule spécifique de ce récepteur imite les effets de l’acétate. Il est cependant trop tôt pour lancer un essai clinique. D’autant que des perspectives de type prébiotique ou probiotique s’ouvrent aussi. Il s’agirait de préparer ou renforcer le microbiote avant l’hiver pour limiter le risque de développer des surinfections bactériennes. ■

V. Sencio et al., *Cell Reports*, vol. 30, pp. 2934-2947, 2020