

Chili, a annoncé avoir identifié la présence d'un nouveau point lumineux – la source des ondes gravitationnelles et du sursaut gamma – dans la galaxie NGC 4993, située à 130 millions d'années-lumière.

Le signal gravitationnel capté a duré près de 100 secondes. Son analyse a établi que les masses des astres impliqués étaient comprises entre 1,1 et 1,6 fois la masse du Soleil, des masses typiques des étoiles à neutrons. Ces dernières sont le stade ultime de l'évolution de certaines étoiles massives qui ont explosé en supernovæ en laissant un cœur dense. Ce cœur, l'étoile à neutrons, a un diamètre d'environ 20 kilomètres et il est si dense qu'un dé à coudre de sa matière pèse de l'ordre du milliard de tonnes.

La contrepartie électromagnétique du signal gravitationnel a fourni de nombreuses informations intéressantes et confirme certains modèles. Par exemple, le sursaut gamma observé par *Fermi* est classé comme sursaut court (car il a duré moins de 2 secondes). Or les astrophysiciens suspectaient qu'une partie des sursauts courts étaient produits par la coalescence de paires d'étoiles à neutrons. L'événement GW170817 leur donne raison.

Un autre résultat important porte sur la matière expulsée au moment de la fusion des deux astres. Cette matière initialement très chaude s'est vite refroidie en émettant de la lumière dans différentes longueurs d'onde. On parle de kilonova; ce phénomène, que l'on avait prédit théoriquement, est donc désormais observé.

Par ailleurs, d'après les modèles, la coalescence de deux étoiles à neutrons est le siège de réactions nucléaires qui conduisent à la synthèse d'éléments plus lourds que le fer. Or parmi les nombreux observatoires qui ont scruté le rayonnement de GW170817 pendant les heures, les jours, voire les semaines qui ont suivi la fusion, l'observatoire américain *Gemini*, le VLT européen et le télescope spatial *Hubble* ont détecté dans l'infrarouge des indices de production de plomb, d'or et de platine. On aurait ainsi observé pour la première fois ce qui est probablement l'un des principaux processus de production d'éléments lourds dans l'Univers.

On le voit: l'«astronomie multimessagers», qui combine ondes gravitationnelles et ondes électromagnétiques, tient ses promesses! ■

SEAN BAILLY

B. P. Abbott et al., *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 848, n° 2, 2017

Un recensement d'insectes inquiétant

En moins de trente ans, les populations d'insectes volants ont subi une baisse de 75 % de leur biomasse. Cette estimation est le fruit d'une étude de longue durée réalisée en Allemagne à partir de captures d'insectes dans des zones protégées. Jean-François Silvain revient sur les causes et les impacts de ce résultat alarmant.



Propos recueillis par DONOVAN THIEBAUD

JEAN-FRANÇOIS SILVAIN
chercheur à l'IRD et
président de la Fondation
pour la recherche
sur la biodiversité

Comment Caspar Hallmann et ses collègues ont-ils réalisé ce recensement ?

L'étude repose sur une méthode simple. Elle consiste en l'usage de pièges d'interception non sélectifs, ou « tentes Malaise » (du nom de leur inventeur, René Malaise), installés depuis 27 ans dans 63 zones protégées en Allemagne. Les chercheurs ont collecté des insectes et estimé l'évolution de ces populations.

Plusieurs aspects sont intéressants dans cette étude. Sa durée, tout d'abord, mais aussi son caractère non sélectif qui est assez rare. De plus, les prélèvements ont été réalisés dans des zones protégées, relativement préservées de l'urbanisation. Les chercheurs ont ainsi constaté une diminution de plus de 75 % de la biomasse des insectes volants.

Les causes de cette baisse sont-elles identifiées ?

Les chercheurs ont considéré divers facteurs dont ils ont estimé l'influence dans cette perte de biomasse. Par exemple, les effets liés au réchauffement climatique ne semblent pas intervenir. Par ailleurs, en réalisant leur étude dans des zones protégées, l'équipe a écarté deux autres hypothèses souvent avancées pour expliquer la disparition des insectes : les changements paysagers dus à l'activité humaine – une forêt transformée en zone agricole par exemple – et les pratiques agricoles qui conduisent à un déclin de la biodiversité végétale.

En revanche, ils n'excluent pas la piste des pesticides. En effet, ces produits passent très facilement des zones cultivées aux zones protégées. Cette hypothèse rejoint de nombreux travaux actuels portant sur l'influence de ces pesticides, en particulier des néonicotinoides, sur la biodiversité. Mais ces études se focalisent en général sur des espèces particulières, inconvénient que ne présente pas l'étude allemande.

Les résultats de cette étude, qui a eu lieu en Allemagne, sont-ils généralisables ?

Dans la publication, les chercheurs citent l'exemple d'une étude anglaise de 2009 assez similaire. Les résultats montrent une baisse drastique des populations d'insectes sur un site où l'activité agricole a été intensifiée. Il n'y a pas de raisons de penser que les conclusions valables en Allemagne et en Angleterre ne le seraient pas en France et plus globalement en Europe occidentale et en Amérique du Nord. Dans tous ces pays, l'agriculture est intensive et utilise massivement des pesticides. Un exemple simple pour constater cette diminution des insectes est le « phénomène du pare-brise ». Partout en Europe de l'Ouest, dans les années 1990, vous ne pouviez pas rouler à pleine vitesse plus de 200 kilomètres sans avoir à laver votre pare-brise, en raison des impacts d'insectes. Tout le monde peut constater que ce n'est plus le cas aujourd'hui.

Quelles sont les conséquences ?

Cette diminution de la biomasse d'insectes retire un socle majeur à l'échelle trophique. De nombreux oiseaux se nourrissent d'insectes et on compte aussi beaucoup de mammifères insectivores. Il faut donc s'attendre à des phénomènes en cascade conduisant à des chutes de population dans toutes les chaînes trophiques. Deuxième conséquence, de nombreuses fonctionnalités écologiques sont assurées par des insectes. La pollinisation en est un exemple. On a beaucoup parlé de la baisse du nombre d'abeilles, mais en fait, ce sont tous les pollinisateurs qui sont menacés.

Les risques associés à la perte de la biodiversité ont souvent été négligés, notamment par rapport aux défis que pose directement le changement climatique. Les études récentes sur la baisse de biodiversité des vertébrés et ce nouveau résultat sur les insectes soulignent que la situation est réellement alarmante. ■

C. A. Hallmann et al., *PLoS One*, vol. 12(10), e0185809, 2017

GÉOSCIENCES

LES BACTÉRIES INFLUENT SUR LA SÉQUESTRATION DU CARBONE

La séquestration du carbone dans les roches basaltiques paraît prometteuse, mais les bactéries vivant dans ces milieux réagissent à l'injection de CO₂.

Une équipe internationale dirigée depuis l'Institut de physique du globe de Paris (IPGP) par Bénédict Ménez vient de glisser un grain de carbonate dans les espoirs de séquestration du dioxyde de carbone (CO₂) au sein des basaltes profonds. Les chercheurs ont montré que lorsqu'on y injecte de l'eau saturée en dioxyde de carbone, les bactéries qui vivent dans les eaux de ces aquifères basaltiques réagissent fortement et influencent la fixation du carbone.

Depuis 2007, la séquestration du dioxyde de carbone dans les basaltes est l'objet du projet de recherche international *Carbfix* mené sur des basaltes islandais et soutenu par l'Union européenne. Publiés en 2016, les résultats d'un essai d'injection de 175 tonnes de dioxyde de carbone dans les basaltes d'une coulée de lave sont très encourageants : ils suggèrent qu'en deux ans, la quasi-totalité du carbone injecté s'est minéralisée.

En fonction des évolutions du pH ambiant, les silicates de magnésium, de fer, de calcium et d'autres minéraux formant le basalte réagissent en effet avec le dioxyde de carbone apporté par l'eau injectée pour former des carbonates de fer (sidérite), de calcium (calcite), de magnésium (magnésite), etc. Il semble que la formation de carbonates soit optimale lorsque le pH est assez élevé pour qu'elle ait lieu, mais pas trop pour éviter les formations de zéolithes (des aluminosilicates) et de smectites (des argiles), lesquelles concurrencent les carbonates. Dans les basaltes testés, où la température est basse (20-50 °C), le pH optimal se situerait entre 5,2 et 6,5 – point dont il faudrait tenir compte en préparant les eaux d'injection.

Mais à des températures aussi modérées, les aquifères basaltiques contiennent aussi de la vie. C'est pourquoi les géomicrobiologistes de l'IPGP se sont intéressés à ses effets sur la séquestration du dioxyde de carbone. Les chercheurs ont montré que les nombreuses communautés bactériennes des basaltes profonds réagissent fortement et en quelques semaines à l'arrivée d'eaux acidifiées par la dissolution de dioxyde de carbone. Les ions de fer, de magnésium et de calcium et des composés aromatiques contenus dans la matrice siliceuse



Prélevée sur le site d'injection du dioxyde de carbone dans l'aquifère basaltique islandais, cette carotte révèle la présence de minéraux carbonatés à l'intérieur de la roche.

95 %

DU CARBONE INJECTÉ DANS LE BASALTE AURAIT ÉTÉ FIXÉ DANS LA ROCHE SOUS LA FORME DE CARBONATES EN DEUX ANS, ONT CLAMÉ LES AUTEURS DE L'ESSAI CARBIFIX EN 2016. TOUTEFOIS, C'ÉTAIT COMPTER SANS LES BACTÉRIES, DONT LES EFFETS RESTENT À PRÉCISER...

constituent en effet autant de nutriments et de sources d'énergie pour les bactéries. Leur libération par l'arrivée d'eau acide entraîne la prolifération de certains types de bactéries. Ainsi, l'équipe de l'IPGP a mis en évidence l'efflorescence de bactéries chimiolithoautotrophes (se nourrissant de minéraux contenus dans la roche) ferroxydantes qui utilisent le CO₂ comme source de carbone et d'autres qui servent pour dégrader les composés aromatiques complexes.

Ces activités microbiennes influent sur le devenir du CO₂ injecté de plusieurs façons : tout d'abord, une partie du carbone est convertie en biomasse au lieu de l'être en carbonate ; ensuite, en oxydant le fer, les bactéries modifient la disponibilité des éléments nécessaires à la formation des carbonates et l'efficacité de la dissolution des silicates, la principale composante des basaltes. Enfin, dans des environnements de basse température où le vivant peut se développer – en clair, partout où la température est inférieure à 120 °C –, l'efficacité du stockage minéral pourrait être réduite à long terme. Les chercheurs s'attellent à quantifier cet effet. ■

FRANÇOIS SAVATIER

R. Trias et al., *Nature Communications*, en ligne, 20 octobre 2017

EN BREF

ORANG-OUTAN, UNE TROISIÈME ESPÈCE

En 1997, une population isolée d'orangs-outans avait été découverte près de Batang Toru, à Sumatra. L'analyse génétique et morphologique effectuée par Alexander Nater, de l'université de Zurich, et ses collègues a montré qu'il s'agit d'une nouvelle espèce. Cela porte à sept le nombre de grands singes non humains connus (trois espèces d'orangs-outans, deux de gorilles, les chimpanzés et les bonobos). *Pongo tapanuliensis* se serait séparé génétiquement des autres orangs-outans il y a 3,4 millions d'années. Sa population ne comptant que 800 individus, l'espèce est menacée d'extinction.

UNE EXOPLANÈTE HORS NORME

De la taille de Jupiter, mais en orbite autour d'une étoile deux fois plus petite que le Soleil, NGTS-1b est, rapportée à la taille de son étoile, la plus grande exoplanète connue. Pour Daniel Bayliss, de l'université de Genève, et ses collègues, cette planète remet en question les modèles de formation de ces corps. En effet, on pensait qu'autour d'une petite étoile, trop peu de matière (gaz et poussières) est disponible pour former une planète si grande.

L'ODEUR DU DURIAN DÉCRYPTÉE

Le durian (*Durio zibethinus*) est un fruit d'Asie du Sud-Est très consommé dans la région. Mais, mûr, le fruit dégage une odeur si désagréable qu'il est interdit dans certains lieux publics. Bin Tean Teh, de l'institut de biologie moléculaire et cellulaire de Singapour, et ses collègues ont séquencé le génome du durian. Avec ses 46 000 gènes (le double de l'homme), il serait un lointain parent du cacao. Les chercheurs ont aussi identifié une classe de gènes très actifs qui régulent la production de composés volatils sulfurés à l'origine de l'odeur.

PHYSIQUE

UN TROU DE VER LIQUIDE

Prenons un canal de 7 mètres dans lequel circule de l'eau. Une bosse au fond du canal accélère le courant de sorte qu'une vague qui remonte le courant est trop lente pour franchir l'obstacle et est réfléchie vers l'aval. Cependant, en prenant en compte les effets microscopiques de tension de surface, on remarque qu'une petite onde, dite capillaire continue à se propager vers l'amont. Elle est toutefois vite dissipée par les effets de viscosité. Germain Rousseaux et Léo-Paul Euvé, du laboratoire Pprime à Poitiers, ont montré expérimentalement que l'onde peut néanmoins dépasser l'obstacle et redonner une onde normale qui poursuit sa course vers l'amont.

L'intérêt de cette expérience est l'analogie mathématique qu'elle présente avec un trou de ver astrophysique, une solution des équations de la relativité générale qui relie deux régions distinctes de l'Univers. Dans les années 1980, le physicien canadien William Unruh avait proposé d'utiliser des systèmes hydrodynamiques pour étudier les trous noirs (des régions de l'Univers où l'espace-temps est si courbé que même la lumière ne peut s'en échapper) du fait de certaines analogies. En 2016, Léo-Paul Euvé, Germain Rousseaux et leurs collègues ont ainsi mis en évidence dans un courant d'eau un phé-



Un trou de ver est un objet théorique qui relie deux régions distantes de l'Univers.

nomène analogue à la faible émission des trous noirs, le rayonnement de Hawking.

Cette fois, leur expérience s'apparente à un hypothétique trou de ver entre un trou noir et un trou blanc, le renversement temporel d'un trou noir. Or de nombreuses questions se posent sur ces trous de vers: se réalisent-ils dans la nature? Sont-ils stables? Peuvent-ils être traversés dans les deux sens? À cette dernière interrogation, les deux chercheurs viennent de répondre par l'affirmative... tout du moins dans sa version hydrodynamique! ■

S. B.

L.-P. Euvé et G. Rousseaux, *Phys. Rev. D*, vol. 96, article 064042, 2017

PALÉONTOLOGIE

COELACANTHE SUISSE MUTANT

Les coelacanthes actuels passent souvent pour des «fossiles vivants», car certains traits de leur anatomie ont très peu changé par rapport à ceux des anciens représentants connus du groupe, il y a 400 millions à 70 millions d'années. Mais le fossile d'une nouvelle espèce datée de 240 millions d'années, *Foreya maxkuhni*, découvert en Suisse, révèle que leur morphologie était déjà plus variée qu'on ne le pensait. L'animal présente un aspect curieux, avec son crâne pointu, sa petite mâchoire et son corps court. Lionel Cavin, du Muséum d'histoire naturelle de Genève, et ses collègues attribuent cette différence à une évolution hétérochrone, c'est-à-dire qu'une unique mutation sur l'un des gènes du développement s'exprimant au stade embryonnaire aurait produit des changements importants.



Vue d'artiste du coelacanth dont le fossile a été retrouvé en Suisse. Il vivait probablement en eaux peu profondes.

Ce «saut évolutif» a peut-être constitué un avantage sélectif pour ce poisson. Doté de cette morphologie, il a pu coloniser des zones côtières peu profondes, alors que les coelacanthes actuels vivent dans les profondeurs. ■

S. B.

L. Cavin et al., *Scientific Reports*, vol. 7, article 13695, 2017