

EN IMAGE

DES TRILOBITES QUI SE SUIVENT EN FILE INDIENNE

Les comportements collectifs sont courants chez les animaux: les poissons se rassemblent en bancs, les chenilles processionnaires se suivent... On ignorait de quand datent précisément ces caractères sociaux. Mais en analysant des fossiles très bien conservés de trilobites (des arthropodes marins) datant de 480 millions d'années, Jean Vannier, de l'université Lyon 1, et ses collègues ont découvert que des animaux manifestaient déjà à cette époque des comportements de groupe.

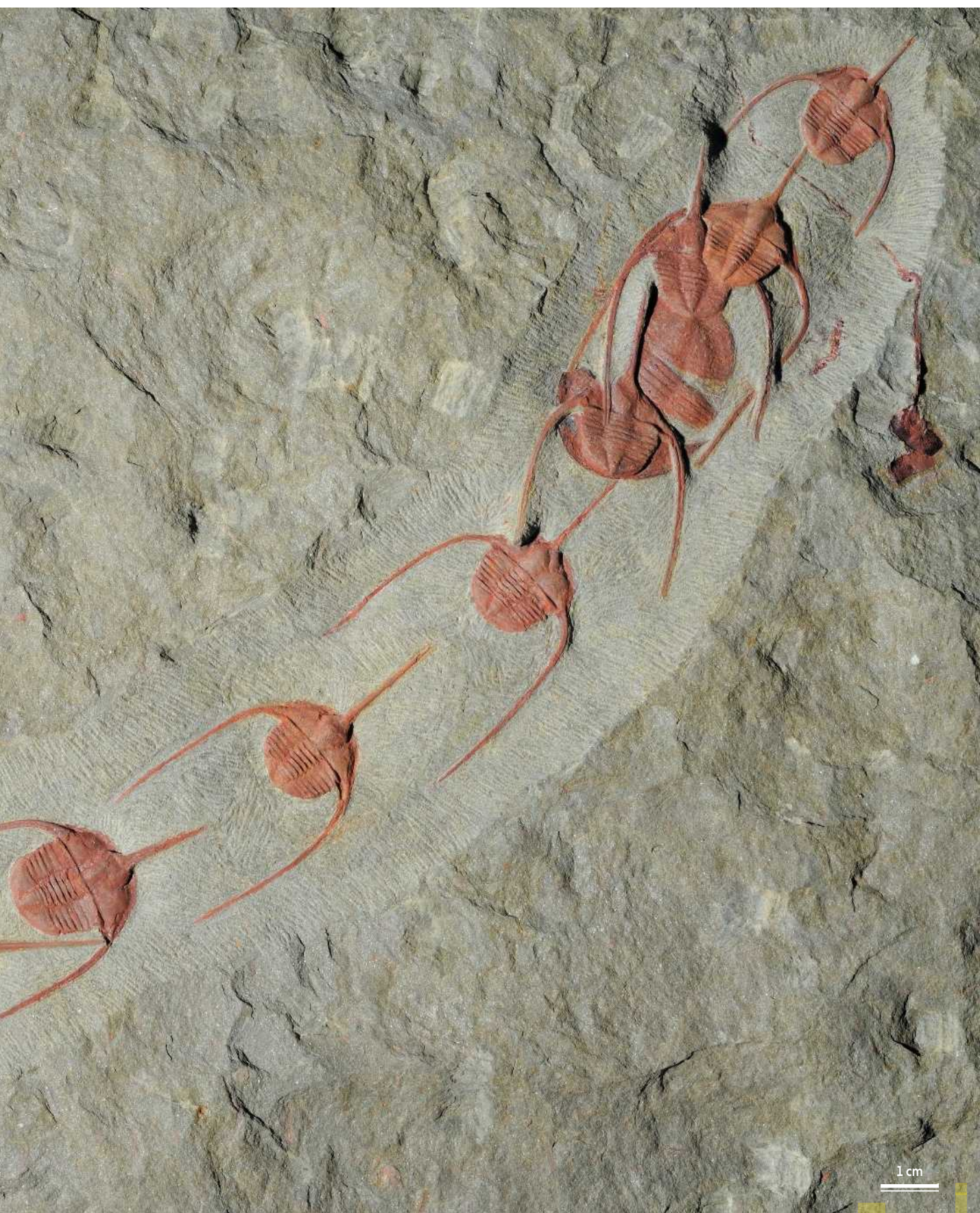
Trouvés au Maroc, les fossiles contiennent des groupes d'individus de l'espèce *Ampyx priscus*. Leur particularité? Au lieu d'être disposés aléatoirement, ces trilobites constituent des formations bien organisées: ils pointent dans la même direction et sont à peu près régulièrement espacés. Il semble ainsi que ces trilobites se suivaient sur les fonds marins avant d'avoir été subitement ensevelis puis fossilisés.

Les chercheurs ont montré que les alignements ne sont en effet pas le fruit du hasard: les fossiles sont ceux de corps entiers, et non d'enveloppes expulsées lors de la mue. Les trilobites étaient donc vivants lorsqu'ils ont été ensevelis. De plus, il s'agissait uniquement de mâles adultes, ce qui suggère un regroupement en période de reproduction. Pour ces raisons, les chercheurs pensent que les trilobites se déplaçaient en groupe sur les fonds marins, en communiquant soit par phéromones, soit tactilement par l'intermédiaire des longues épines de leur carapace. ■

L. G.

J. Vannier *et al.*, *Scientific Reports*,
vol. 9, article 14941, 2019





EXOBILOGIE

DE L'ARN FORMÉ DANS UNE SOUPE PRIMORDIALE ?

La synthèse des quatre bases de l'ARN, réalisée dans les conditions qui régnaient sur Terre il y a 4 milliards d'années, appuie l'un des scénarios proposés pour l'origine de la vie.

La question de l'origine de la vie sur Terre fascine. Certaines théories envisagent une arrivée de molécules organiques depuis l'espace, par des comètes par exemple; selon les autres, de telles molécules seraient apparues spontanément sur Terre, au fil de mécanismes physicochimiques de plus en plus complexes donnant naissance aux briques élémentaires de la vie. Sous la direction de Thomas Carell, de l'université Louis-et-Maximilien, à Munich, en Allemagne, une équipe vient d'appuyer la seconde hypothèse: elle a montré que des précurseurs de l'ARN, une molécule support de l'information génétique, ont pu se former spontanément dans une «soupe primordiale».

Pour tester l'idée que la vie serait apparue sur Terre, on peut recréer des conditions physicochimiques (température, pression, pH, éléments présents...) proches de celles régnant sur Terre avant les plus anciennes traces de vie connues, qui remontent à environ 3,4 milliards d'années. On examine ensuite si ces conditions donnent spontanément naissance à des molécules organiques complexes, notamment des acides nucléiques tels que l'ADN ou l'ARN, susceptibles de stocker une information génétique.

Ces dernières années, les chercheurs se sont focalisés sur l'ARN, car on s'est aperçu que dans les cellules, cet intermédiaire de traduction des gènes en protéines remplit aussi d'autres fonctions cruciales: nombre d'ARN régulent l'activité d'autres molécules, par exemple en les guidant vers une cible, en les séquestrant ou en catalysant des réactions. Des biochimistes ont alors imaginé un «monde à ARN» – un monde où l'ARN aurait assuré seul diverses fonctions biologiques. L'ADN, dont la réplication et la traduction nécessitent une machinerie complexe, serait apparu dans un deuxième temps. Afin de déterminer si un tel monde à ARN a été possible, Thomas Carell et ses collègues ont essayé de synthétiser de l'ARN en laboratoire dans des conditions imitant celles de la Terre avant l'apparition de la vie.

Pour rappel, cette macromolécule est formée d'une suite de «bases azotées» de quatre types, notés A, C, G et U, dont l'enchaînement



La vie a-t-elle émergé d'ingrédients simples et de conditions physicochimiques cycliques dans des bassins comme le Grand Prismatic Spring, dans le parc de Yellowstone, aux États-Unis ?

95 °C

C'EST LA TEMPÉRATURE MAXIMALE UTILISÉE PAR L'ÉQUIPE DE THOMAS CARELL POUR SA SYNTHÈSE UNIFIÉE DES BASES DE L'ARN.

LA TEMPÉRATURE MINIMALE DANS LE MÉCANISME RÉACTIONNEL EST DE 10 °C. AINSI, PRESQUE TOUTE LA PLAGE DE TEMPÉRATURES CORRESPONDANT À L'ÉTAT LIQUIDE DE L'EAU EST EXPLOITÉE

constitue l'information génétique. Or personne n'était parvenu à produire ces quatre bases en même temps. En 2016, l'équipe avait réussi à créer ensemble les bases A et G, et une autre avait produit les bases C et U, mais dans des conditions incompatibles.

Cette fois, les chercheurs ont mis en évidence un mécanisme réactionnel produisant simultanément les quatre bases à partir d'ingrédients simples tels que l'eau, l'azote et le dioxyde de carbone, dans des conditions similaires à celles de la Terre il y a 4 milliards d'années. Ils ont créé deux mares contenant ces ingrédients et pouvant échanger des molécules solubles par des flux d'eau, et ont fait varier les conditions pour imiter le cycle des saisons, entre sec et humide, froid et chaud, acide et basique. C'est cette succession de phases qui a permis de concilier les deux synthèses auparavant incompatibles. Ces réactions sont si efficaces qu'en cristallisant durant des millénaires, les bases synthétisées auraient pu former d'épais couches gris-brun à la surface de la Terre... ■

L. G.

S. Becker et al., *Science*, vol. 366, pp. 76-82, 2019

EN BREF

DU LAPIN POUR LES NÉANDERTALIENS

Les Néandertaliens avaient d'énormes besoins énergétiques et chassaient de grandes proies. Négligeaient-ils pour autant les petites ? Non, ont montré Maxime Pelletier, de l'université d'Oulu, en Finlande, et trois collègues, en analysant les restes de faune de l'abri Pié-Lombard, dans les Alpes-Maritimes. Datées d'environ 70 000 ans, les strates néandertaliennes de cet abri-sous-roche contiennent certes les habituels restes de grands mammifères, mais aussi... 16 084 os de lapins, correspondant à 225 animaux presque tous adultes. Cela distingue cet assemblage d'os de lapins de celui que laisseraient des renards, et la présence de nombreuses traces de découpe achève de convaincre qu'il est dû aux Néandertaliens.

ASTROPHYSIQUE

UN GRAVITON MASSIF ?

Si l'on prend pour base la théorie de la relativité générale d'Einstein, le graviton, l'hypothétique particule médiatrice de l'interaction gravitationnelle, est de masse strictement nulle. Mais cette particule pourrait avoir une masse non nulle dans des théories proposées pour aller au-delà de celle d'Einstein. Afin de déterminer la valeur possible de cette masse, Clifford Will, de l'université de Floride à Gainesville, avait proposé en 1998 d'utiliser des données observationnelles très précises, de les modéliser et de voir comment une masse non nulle se traduirait dans les écarts entre les données d'observation et les prévisions du modèle.

En suivant cette idée qu'ils ont améliorée, Léo Bernus, de l'observatoire de Paris, et ses collègues ont utilisé les éphémérides INPOP17b, qui intègrent des données observationnelles de 1914 à 2017 et qui incluent toutes les planètes (avec Pluton), la Lune, d'autres satellites naturels et 168 astéroïdes. Ils ont ensuite développé un modèle qui prend en compte l'éventuelle masse du graviton. En calculant les mouvements



En étudiant les orbites des planètes, les chercheurs ont testé l'hypothèse d'un graviton massif.

de ces corps à partir du modèle, ils ont examiné à partir de quelle valeur de la masse du graviton le modèle ne reproduit plus correctement les observations. Les chercheurs obtiennent une borne supérieure de $6,76 \times 10^{-23}$ électronvolt, une valeur infime (par exemple, la masse de l'électron, particule très légère, est de $5,1 \times 10^5$ électronvolts). ■

S. B.

L. Bernus et al., *Physical Review Letters*, vol. 123, article 161103, 2019

RENCONTRES

Lundi 2 décembre – 19h : Hybridation, le futur de l'océan ?

Avec : Anthony Herrel, biologiste, Muséum - K. Tailhades et Y. Thireau, réalisateurs. Précédé d'une projection du court métrage d'animation *Hybrids*, de F. Brauch, K. Tailhades, M. Pujol, Y. Thireau et R. Thirion.

Lundi 16 décembre – 19h : Haute mer, quels enjeux ?

Avec : Cédric Cotté, océanographe et écologue, Muséum - Cédric Marteau, directeur de la Réserve Naturelle des Terres Australes Françaises - Julien Rochette, directeur du programme OCEAN, Institut du Développement Durable et des Relations Internationales - Serge Ségura, Ambassadeur chargé des océans, Ministère des affaires étrangères et du développement international. Table-ronde animée par Andréa Rigal-Casta, avocat en droit de l'environnement et co-fondateur du cabinet Géo Avocats.

FILMS

Samedi 7 décembre – 15h : Le bouton de nacre

Réal. : P. Guzmán (Chili – 2015 – 82 min – VOSTF)
Suivie d'une présentation des photos de M. Gusinde par Ch. Barthe, responsable de l'Unité patrimoniale des collections photographiques au Musée du Quai Branly, commissaire de l'exposition *Patagonie. Images du bout du monde*

Samedi 14 décembre – 15h : Finis Terrae

Réal. : J. Epstein (France – 1929 – 37 min – muet)
Intervenant : C. Garineaud, ethno-écologue, chargé de mission Natura 2000, Muséum

Auditorium de la Grande Galerie de l'Évolution
36 rue Geoffroy St-Hilaire, Paris 5^e

LES {Partagez les savoirs}
RENDEZ-VOUS DU
MUSÉUM

Entrée gratuite

Au Jardin des Plantes

Détails sur
jardindesplantesdeparis.fr

POUR LA
SCIENCE

