

L'ESSENTIEL

> Deux éléments ont été indispensables à l'apparition de la vie : de l'énergie pour créer des molécules complexes et des conditions favorisant la rencontre de ces molécules.

> Un système de mares et de sources chaudes volcaniques terrestres fournit tous les ingrédients nécessaires, ainsi

que des cycles de mouillage et de séchage favorisant les interactions moléculaires et la sélection naturelle.

> Si la vie est née dans de telles mares et non au fond de l'océan, cela orientera les recherches de traces de vie dans le système solaire vers des lieux différents.

LES AUTEURS



MARTIN J. VAN KRANENDONK
directeur du Centre d'astrobiologie australien, à l'université de Nouvelle-Galles du Sud, à Sydney



DAVID DEAMER
biologiste à l'université de Californie, à Santa Cruz



TARA DJOKIC
doctorante en géologie à l'université de Nouvelle-Galles du Sud

Les volcans, berceau de la vie?

An aerial photograph of a large, irregularly shaped hydrothermal pool. The water in the pool displays a vibrant rainbow of colors, ranging from deep blue and green on the left to bright yellow, orange, and red on the right. The pool is bordered by dark, rocky terrain. A paved road curves along the bottom right edge of the pool, with several small figures of people walking on it. The overall scene suggests a natural wonder in a park setting.

LA VIE N'A PEUT-ÊTRE PAS ÉMERGÉ AU FOND
DES OCÉANS, MAIS DANS DES SOURCES
CHAUDS À PROXIMITÉ DE VOLCANS.
TELLE EST L'HISTOIRE QUE RACONTENT
DES BULLES ANCIENNES RÉCEMMENT
TROUVÉES DANS DES ROCHES
AUSTRALIENNES.

La vie serait-elle apparue dans
un bassin d'eau chaude similaire
au Grand Prismatic Spring, dans le parc
de Yellowstone, aux États-Unis ?

Il fait nuit noire. Nous nous frayons un chemin à travers les épais sous-bois du nord-ouest de l'Australie, guidés par notre GPS. La lueur de l'écran, qui éclaire nos pas, est trop faible pour révéler les branches d'arbres jonchant le lit asséché du cours d'eau que nous suivons. Nous trébuchons sans cesse. Le plateau où nous avons garé notre véhicule paraît à des années-lumière et nous ne sommes pas certains que notre GPS aura assez de batterie pour le retour. Une infinité d'étoiles illuminent le ciel de cette nuit de juin 2014. Malheureusement, ce spectacle n'est d'aucun secours à des scientifiques cherchant leur chemin à travers le Pilbara, une région reculée du pays.

Nous sommes deux géologues – Tara Djokic et Martin Van Kranendonk – et, si nous nous trouvons à cet endroit en pleine nuit, c'est parce que nous avons passé la journée captivés par une découverte de Tara Djokic dans une formation de roches sédimentaires âgées de 3,48 milliards d'années nommée le Dresser. Certaines roches de cette formation, les geyserites, sont constituées de strates plissées orange et blanches. Un geyser volcanique les a créées à la surface de la Terre. Elles se sont révélées contenir des bulles dont les caractéristiques sont telles qu'elles se sont sans doute formées quand du gaz a été piégé dans un film collant, très probablement produit par une fine couche de microorganismes semblables à des bactéries. Ces roches et les indices de biofilm suggèrent une nouvelle réponse à l'une des plus grandes énigmes de notre planète: comment et où la vie est apparue. L'événement a pu se produire dans des sources chaudes et des mares volcaniques terrestres il y a environ 3,5 milliards d'années.

Ce tableau de l'origine de la vie est bien différent de celui dépeint par les scientifiques depuis 1977. Cette année-là, le sous-marin *Alvin* a découvert dans les profondeurs de l'océan Pacifique des sources hydrothermales d'où jaillissaient des minéraux contenant du fer, du soufre et des gaz comme le méthane et le sulfure d'hydrogène. Dans cet environnement extrême vivaient des bactéries primitives et de longs vers. Les biologistes ont depuis émis l'hypothèse que ces lieux, protégés des cataclysmes frappant la Terre il y a environ 4 milliards d'années, auraient fourni les ingrédients nécessaires à l'apparition de la vie: un abri, des nutriments et de l'énergie. Mais cette théorie a des faiblesses. En particulier, l'océan est vaste, et les molécules s'y éparpillent probablement trop vite pour interagir et former des membranes cellulaires et des métabolismes primitifs. Comme d'autres chercheurs, nous estimons que des mares terrestres qui, à répétition, s'assèchent et se remplissent à nouveau, seraient des endroits bien plus adaptés à l'apparition de la vie. Les mares cumulent plusieurs avantages: de la chaleur pour catalyser les réactions



chimiques, des périodes d'assèchement pendant lesquelles les polymères peuvent s'assembler à partir d'unités plus simples, des phases où l'eau, de retour, brasse les polymères, et de nouvelles périodes sèches qui les confinent dans de petites cavités où ils peuvent interagir, voire se concentrer dans des compartiments d'acides gras – les prototypes des membranes cellulaires.

Grâce à sa découverte, Tara Djokic a apporté une preuve géologique majeure que le Dresser, devenu un environnement chaud et aride, a un jour été une terre semblable aux mares de vapeur et aux geysers en éruption du parc de Yellowstone, une zone géothermale active. Or partout dans le Dresser, on trouve des signes de vie fossilisée intimement liés à l'ancien système de sources chaudes. Ainsi, même si le Dresser n'est pas le lieu de la vie la plus primitive (des traces de vie plus anciennes de 500 millions d'années auraient été découvertes ailleurs), on sait désormais que les environnements hydrothermaux terrestres étaient présents très tôt dans l'histoire de la Terre. En 1871, Charles Darwin a suggéré que la vie microbienne était apparue dans quelque petit étang chaud. Aujourd'hui, nombre de scientifiques de différents domaines pensent qu'il a eu là une intuition importante. Et les implications de ces idées s'étendent bien au-delà de notre planète: elles orientent nos recherches de vie extraterrestre dans le Système solaire vers d'autres endroits et d'autres planètes que la théorie d'une apparition de la vie dans les fonds océaniques.

UNE MOUSSE BLANCHE DANS UNE MARE BOUILLONNANTE

Dix ans avant notre excursion nocturne au craton de Pilbara, un autre d'entre nous, David Deamer, avait montré que des sources volcaniques pouvaient favoriser l'assemblage de membranes, les frontières essentielles de toute vie cellulaire. Il avait mené un groupe de scientifiques à Mutnovsky, un volcan actif dans la péninsule de Kamchatka, à l'est de la Russie. Le

DES BULLES DANS DES ROCHES

Dans le Pilbara, en Australie, des roches orange nommées geyserites sont constituées de projections minérales issues de geysers, des sources chaudes jaillissant par intermittence (à gauche). Observées de plus près (au centre, un zoom de largeur 1 cm), ces roches portent une signature typique: une succession de bandes sombres, riches en titane, et claires, enrichies en potassium. Dans les régions marron, ferrugineuses, les auteurs ont observé des bulles minéralisées de quelques dizaines de micromètres (à droite). Préservées depuis 3,5 milliards d'années, elles se seraient formées dans des biofilms collants.