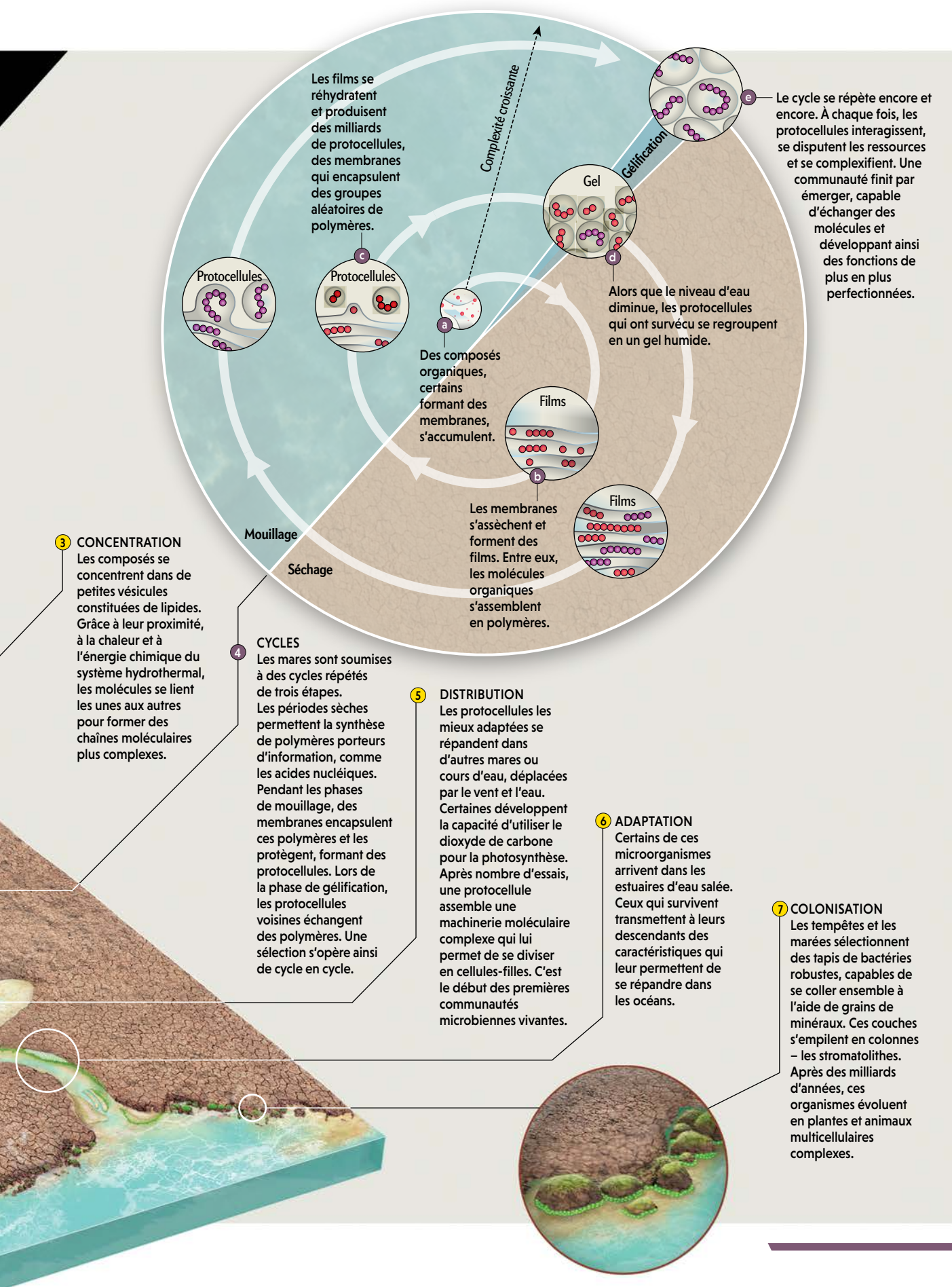




UN PAYSAGE À TRAVERS LES ÂGES

Quand j'ai mis les pieds pour la première fois sur les terres vieilles de 3,5 milliards d'années du Pilbara, qui abritent des traces des débuts de la vie, j'ai été extrêmement déçu. C'était en 1994. J'avais conduit avec entrain depuis la ville de Port Hedland sur la côte ouest, mais pendant les 150 premiers kilomètres, seule la vue de quelques arbres décharnés et brûlés par le soleil était venue tromper la monotonie des plaines poussiéreuses qui s'étendaient à perte de vue. Je me sentais désespéré, assommé par une chaleur intense, à laquelle s'ajoutaient les piqures d'innombrables moustiques.

Mais tandis que nous filions sur l'autoroute en direction de Marble Bar, la ville la plus chaude du pays, de grandes collines commencèrent à pointer à l'horizon. Nous croisions désormais des criques sablonneuses et des rivières.

Alors que nous suivions une piste de terre, les paysages désertiques laissaient peu à peu place à des collines recouvertes d'une herbe à la fois stupéfiante et diabolique: le spinifex. Cette plante pousse en buissons de quelques dizaines de centimètres à un mètre de diamètre, dont les brins s'effilent en aiguilles tranchantes constituées presque exclusivement de silice pure. Ces terribles aiguilles s'insinuent partout. Mon directeur enfila des guêtres, mais il ne m'avait pas averti du danger. Sans équipement approprié, je me suis transformé en porc-épic en quelques minutes, la peau constellée de bouts d'aiguilles qui y restèrent pendant des mois.

Mais je n'ai pas regretté le déplacement. Je marchais là sur des roches parmi les plus anciennes et les mieux



Le Pilbara, en Australie, aujourd'hui une terre sèche parsemée de spinifex, a hébergé à une lointaine époque des sources chaudes et des geysers.

préservées sur Terre, contenant des traces de vie remontant presque aux débuts de notre planète. Alors que je regardais des structures ridées qui reposaient sous d'anciens sédiments, j'ai pris conscience que je contemplais les restes de nos plus lointains ancêtres: les précurseurs de toute vie complexe sur Terre.

J'ai pris conscience que je contemplais les restes de nos plus lointains ancêtres

Le Pilbara a beaucoup changé depuis sa formation il y a 3,5 milliards d'années. À cette époque, j'aurais eu sous les yeux une terre volcanique noire, dépourvue de toute végétation. Au-delà des collines, j'aurais peut-être entrevu une mer verte, riche en fer, sous un ciel orangé chargé en dioxyde de carbone et dénué d'oxygène. À proximité, j'aurais traversé des champs de sources chaudes, premières taches colorées sur le sol sombre. Des traînées blanches, jaunes et rouges auraient témoigné de la présence de soufre, d'argile et de fer au milieu des mares de boue bouillonnante et des jets des geysers. Et dans certaines mares, peut-être aurais-je

aperçu des touches de beige, de rouge et de violet: des colonies de microbes adaptés à la chaleur et à la chimie locales. Voire quelques pointes de vert, provenant d'organismes photosynthétiques primitifs.

Si une machine à voyager dans le temps pouvait me transporter un milliard d'années plus tard, je verrais le Pilbara disparaître sous des coulées de lave et de sédiments volcaniques; j'assisterais au mouvement des masses continentales à la surface du globe, puis à leur collision, entraînant la formation des chaînes de montagnes.

Il y a environ 2,5 milliards d'années, j'observerais les océans s'emplir de vie, les mers peu profondes se garnir de stromatolithes, ces petits monticules édifiés couche après couche par des cyanobactéries. Le ciel deviendrait bleu à mesure que ces cyanobactéries photosynthétiques libéreraient de l'oxygène dans l'atmosphère en échange de dioxyde de carbone.

Près de deux milliards d'années plus tard, la planète fut entièrement recouverte d'un manteau de glace, effaçant presque toute forme de vie. Quand celui-ci fondit, la concentration d'oxygène dans l'atmosphère augmenta à nouveau. La vie put enfin s'épanouir. Les animaux et de nouveaux types de plantes ont lentement colonisé les continents. La Terre verdit pour de bon et une grande diversité d'organismes apparut dont, malheureusement pour moi, le spinifex.

M. V. K.

> géothermales comme celle-ci comportent des centaines de mares, chacune avec une acidité et une température légèrement différentes, et des compositions et concentrations variées en ions et autres substances chimiques dissoutes. En outre, la complexité chimique est riche dans des terrains comme celui-ci parce qu'ils contiennent trois interfaces très réactives: entre l'eau et la roche, entre la roche et l'air, et entre l'eau et l'air.

Mélangez le tout: les cycles de mouillage-séchage se produisant plusieurs fois par jour, les conditions chimiques variées des bassins, les interfaces hautement réactives, la capacité des mares à échanger des composants par le biais des geysers, et un réseau de fractures souterraines, interconnectées et remplies de liquide. Faites le calcul, et vous verrez qu'un terrain géothermal contenant une centaine de sources chaudes peut produire un million ou plus de nouvelles combinaisons de conditions chaque année! Ce nombre suggère que la vie a pu apparaître et commencer à évoluer en seulement 10 millions d'années et ce, dès l'installation d'une croûte stable émaillée de masses volcaniques terrestres au milieu des océans, il y a plus de quatre milliards d'années.

SUR TERRE OU DANS L'OcéAN ?

Tous les scientifiques ne partagent pas notre conviction. L'hypothèse des sources hydrothermales sous-marines a toujours le vent en poupe. Au laboratoire Jet Propulsion de la Nasa, le biochimiste Michael Russell a ainsi développé un modèle alternatif élégant (mais pas encore prouvé) à partir de la découverte du sous-marin *Alvin*. Dans son modèle, des membranes minérales qui constituent de minuscules pores à l'intérieur des roches des cheminées séparent l'eau alcaline de l'eau plus acide. Cela produit un gradient d'acidité qui constitue une forme d'énergie exploitable: les bactéries actuelles l'utilisent pour produire l'ATP dont elles ont besoin. L'autre source d'énergie de ces lieux provient du mélange de gaz dissous tels que l'hydrogène et le dioxyde de carbone. Michael Russell et ses collègues ont émis l'hypothèse que lorsque l'hydrogène sortait de la cheminée hydrothermale et se mélangeait avec le dioxyde de carbone présent dans l'eau de mer ancestrale, un transfert d'électrons s'opérait de l'hydrogène vers le dioxyde de carbone, offrant de l'énergie pour synthétiser plus de composés organiques complexes. Dans ce modèle, les compartiments minéraux ressemblent aux cellules, et l'énergie issue du gradient d'acidité et de l'hydrogène évoluerait en un métabolisme primitif nécessaire aux toutes premières formes de vie.

Les implications de ces deux scénarios s'étendent au-delà des recherches des plus anciennes traces de vie sur Terre: le choix du modèle influe aussi sur la stratégie à adopter dans la quête de vie sur d'autres planètes et

leurs lunes. Si la théorie des sources hydrothermales sous-marines est correcte, les océans glacés d'Encelade, lune de Saturne, et d'Europe, lune de Jupiter, sont des cibles pertinentes. En revanche, si notre modèle est juste, il est peu probable que ces lieux hébergent la vie.

Qu'en est-il de Mars? Des traces témoignent de la présence sur cette planète de mers peu profondes dans un passé lointain, mais pas de l'existence d'un vaste océan ni de zones tectoniques comme celles qui ont créé des cheminées hydrothermales sous-marines sur Terre. Si la vie

Seulement dix millions d'années auraient suffi pour que la vie émerge et commence à évoluer

est apparue dans de telles cheminées, il est peu probable qu'elle ait émergé sur Mars. Mais si elle a débuté sur Terre dans des sources chaudes volcaniques, alors un phénomène similaire a aussi pu se produire sur la planète rouge. En effet, en 2008, le robot explorateur Spirit a découvert sur Mars, dans les collines Columbia, des dépôts de sources chaudes vieux de 3,65 milliards d'années.

L'origine de la vie est comme un puzzle comportant beaucoup de pièces, dont nous ignorons encore trop de choses pour placer chaque morceau au bon endroit. Concernant le Dresser, par exemple, nous ne savons pas ce qui augmente la concentration de certains éléments dans différentes mares ni comment les zones géothermales évoluent, ni même comment leurs différents composants interagissent pour synthétiser ou dégrader des molécules organiques. Des expériences plus sophistiquées de chimie prébiotique dans une série de petites mares chaudes, où l'on étudie comment les molécules organiques complexes se forment, interagissent et se combinent lorsqu'elles sont encapsulées au sein de membranes, nous en diront certainement plus. La route est encore longue, mais, que ce soit sur terre ou dans la mer, les lois de la chimie et de la physique livrent peu à peu des indices pour compléter le puzzle. Et c'est particulièrement grisant de voir ainsi le chemin se dessiner vers la solution. ■

BIBLIOGRAPHIE

T. Djokic et al., **Earliest signs of life on land preserved in ca. 3.5 Ga hot spring deposits**, *Nature Communications*, vol. 8, article n° 15263, 2017.

B. Damer, **A field trip to the archaean in search of Darwin's warm little pond**, *Life*, vol. 6(2), article n° 21, 2016.

D. W. Deamer et al., **Hydrothermal conditions and the origin of cellular life**, *Astrobiology*, vol. 15(12), pp. 1091-1095, 2015.

D. Deamer, **First life : Discovering the connections between stars, cells, and how life began**, University of California Press, 2011.