

Pourrait-il en être de même pour la vie ? Depuis la construction des atterrisseurs *Viking*, les techniques utilisées en microbiologie ont connu des avancées spectaculaires. Les missions *Viking* utilisaient des méthodes reposant sur la culture de micro-organismes dans des boîtes de Petri. Mais ces techniques ne sont plus considérées comme pertinentes, et nous savons maintenant que seule une petite fraction des micro-organismes du sol peut être mise en culture.

Approches modernes

Les scientifiques ont développé des approches beaucoup plus sensibles qui détectent directement les biomolécules des formes de vie microbiennes. Ces nou-

■ LES AUTEURS



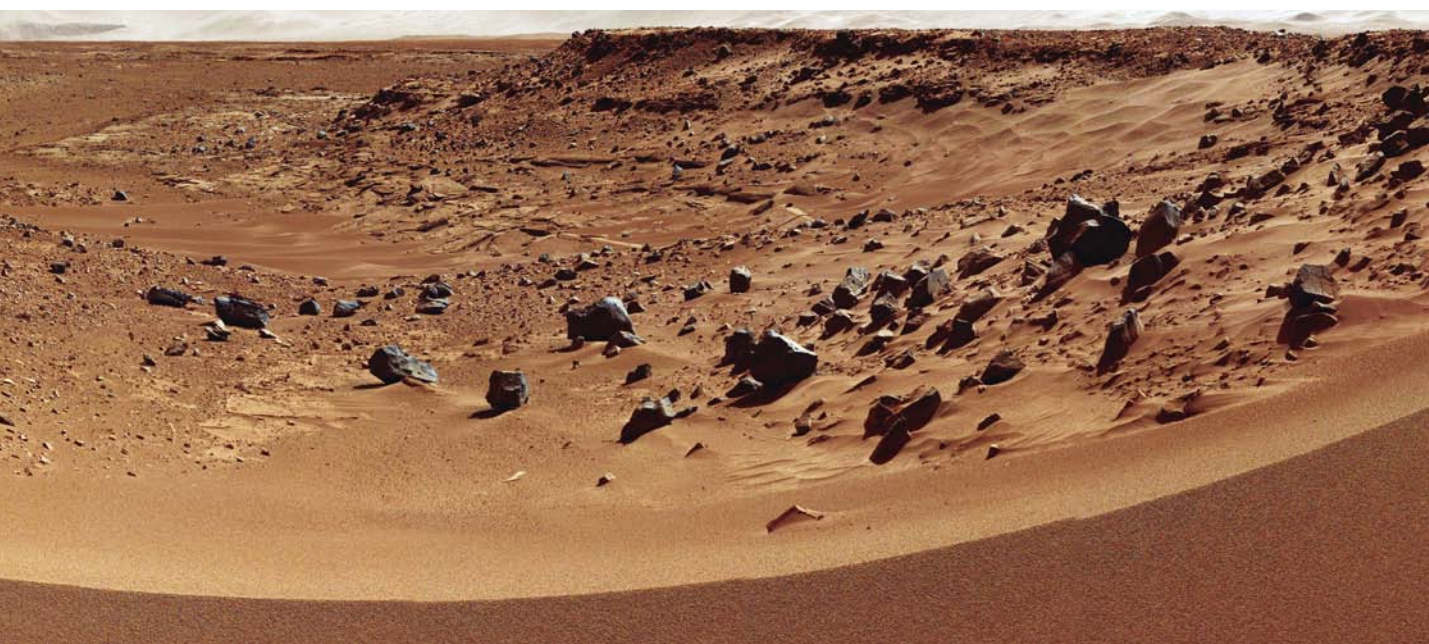
Christopher McKay
est chercheur au Centre
de recherche Ames de la Nasa,
en Californie.



Victor PARRO GARCÍA
est chercheur au Centre
espagnol d'astrobiologie,
à Madrid.

la Terre, il se peut que cela ne soit pas le cas avec la vie extraterrestre. Ou s'il est présent, il pourrait être tellement différent que les détecteurs conçus sur la base de la biologie terrestre ne le décèleraient pas.

Il est néanmoins possible de détecter la vie sous d'autres formes qui pourraient être présentes sur Mars. Parmi ces marqueurs biologiques, notons en particulier les protéines et les polysaccharides. Les protéines sont de longues chaînes linéaires composées d'acides aminés, dont il existe dans le monde vivant 20 types. Des acides aminés sont présents dans les météorites, et il est vraisemblable qu'ils aient été un élément commun à l'environnement prébiotique de toutes les planètes. Les polysaccharides sont de longues chaînes de sucres construites par des enzymes (des



NASA/JPL-CALTECH, MALIN SPACE SCIENCE SYSTEMS

velles méthodes seraient plus efficaces pour rechercher la vie sur Mars.

La méthode la plus connue repose sur la détection et le séquençage de l'ADN. Il n'est plus nécessaire de mettre un organisme en culture afin qu'il se réplique suffisamment et fournisse assez d'ADN pour effectuer le séquençage. Plusieurs équipes travaillent à l'intégration des techniques d'extraction de l'ADN dans des instruments adaptés aux prochaines missions martiennes.

L'un des inconvénients de la détection de l'ADN pour mettre en évidence la vie sur Mars est que même si l'ADN est présent chez tous les organismes vivants de

catalyseurs biologiques), qui sont elles-mêmes des protéines.

La détection de molécules aussi complexes qu'une protéine ou un polysaccharide serait très convaincante comme trace de vie au sens large (définie comme un système biologique qui encode de l'information et utilise cette information pour construire des molécules complexes). Ces molécules complexes se démarqueraient facilement au milieu de simples molécules prébiotiques.

L'un d'entre nous (V. Parro García) développe un instrument visant à détecter ces molécules complexes sur Mars. Cet instrument repose sur une technique de

dosage immunologique déjà utilisée pour détecter en même temps des centaines de protéines différentes, polysaccharides et autres biomolécules (dont l'ADN).

Les tests de dosage immunologique utilisent des anticorps (des protéines en forme de Y) qui se lient à des biomolécules (voir l'encadré ci-dessous). On verse une solution de l'échantillon à tester sur un large assortiment d'anticorps, conçus chacun pour se lier à une cible spécifique. Si la solution contient une molécule qui se lie à un anticorps du réseau, l'anticorps la capture et, en s'y liant, l'identifie.

L'un des grands atouts des dosages immunologiques est que les anticorps peuvent détecter des molécules plus petites et moins complexes que des protéines entières. Ces tests recherchent des molécules en rapport avec la vie, mais de moindre complexité, telles que des fragments de protéines cassées. Trouver ces morceaux serait suffisant pour conclure que la vie existe sur Mars.

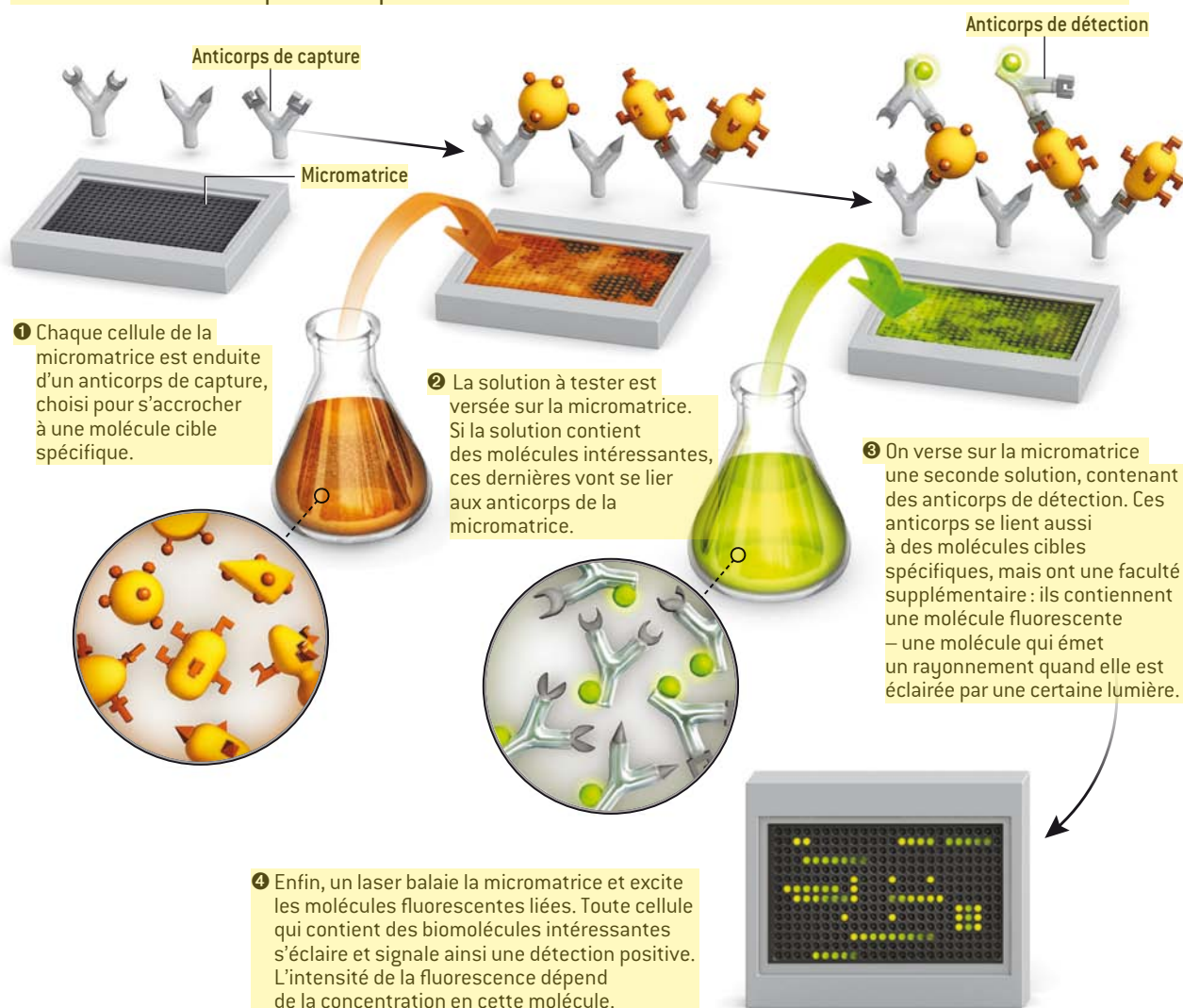
On estime que l'ensemble des organismes terrestres totalise environ dix millions de protéines différentes. Avec un tel choix, comment sélectionner les quelques centaines que l'on pourrait rechercher avec

un seul test de dosage immunologique ? La réponse courte est que nous ne savons pas vraiment. Mais nous pouvons faire quelques hypothèses.

Tout d'abord, nous pourrions rechercher des protéines utiles ou essentielles à la vie sur Mars. Par exemple, des enzymes qui consomment du perchlorate, des enzymes adaptées au froid qui permettraient à un micro-organisme de survivre aux températures glaciales de Mars, ou des enzymes qui réparent les dégâts causés sur l'ADN par le rayonnement ionisant, intense sur Mars. Et, par ailleurs, nous pourrions

LE DÉTECTEUR DE PROTÉINES MARTIENNES

Les tests de dosage immunologique utilisent la propriété de « Velcro » des anticorps (des protéines en Y du système immunitaire) pour piéger des molécules de façon spécifique. Un unique test de dosage immunologique peut identifier des centaines de molécules biologiques (telles que les protéines), de même que des fragments de molécules. Ces tests sont en cours d'optimisation pour la détection de traces de vie sur Mars.



Emily Cooper

cibler des molécules omniprésentes dans le monde microbien, tel le peptidoglycane, un composant universel de toutes les parois bactériennes, ou l'adénosine triphosphate (ATP), qui fournit à toutes les formes de vie sur Terre l'énergie chimique nécessaire au métabolisme.

Même si l'environnement hostile de Mars a détruit les grosses molécules telles que l'ADN et les protéines, il serait néanmoins possible de trouver des traces de vie dans les débris. Par exemple en étudiant leurs conformations. De nombreuses molécules sont chimiquement équivalentes, mais présentent une « chiralité » opposée (leurs liaisons peuvent être orientées vers la droite ou vers la gauche). La vie sur Terre est dominée par les acides aminés lévogyres (ils font tourner le plan de polarisation de la lumière vers la gauche). Si une expérience trouve un ensemble particulier d'acides aminés de chiralité dominante droite ou gauche, cela serait une preuve convaincante de la présence de vie sur Mars. En outre, si nous découvrons que les formes de vie sur Mars présentent surtout des acides aminés dextrogyres (de chiralité opposée aux lévogyres), cela indiquerait que la vie sur les deux planètes s'est développée de façon indépendante.

Les missions de demain

Un appareil qui rechercherait la vie sur Mars serait équipé de plusieurs instruments : un détecteur d'ADN, une micromatrice pour dosage immunologique et un dispositif de détection et caractérisation des acides aminés, par exemple. La technologie est presque prête.

La tâche suivante est de sélectionner un site martien où d'éventuelles traces biologiques seraient préservées. La glace et le sel sont propices, car ils protègent les marqueurs biologiques des dégradations et de la désintégration. Les basses températures de Mars font que les altérations thermiques sont négligeables, même à une échelle de temps comparable à l'âge de la planète. En revanche, le rayonnement ionisant pourrait détruire, en quelques milliards d'années, les marqueurs biologiques se trouvant à moins d'un mètre de la surface.

Les cibles prometteuses sont donc les zones glacées qui ont pu abriter récemment la vie, tel le site d'atterrissage de *Phoenix* près du pôle Nord de Mars, ou des sites où l'érosion a récemment mis à nu le matériau



LE ROVER CURIOSITY a été conçu pour étudier la géologie et le climat martien. Il a effectué des forages, ce que fera aussi son successeur, mais pour chercher des traces de vie.

NASA/JPL-CALTECH, MALIN SPACE SCIENCE SYSTEMS

■ BIBLIOGRAPHIE

A. McEwen, *Une planète façonnée par l'eau*, Dossier Pour la Science, n° 84, juillet-septembre 2014.

C. McKay et al., *The Icebreaker life mission to Mars: a search for biomolecular evidence for life*, *Astrobiology*, vol. 13, n° 4, pp. 334-353, 2013.

P. Smith, *On a creusé sur Mars*, *Pour la Science*, n° 411, janvier 2012.

J. Bell, *Mars : un passé humide*, *Pour la Science*, n° 352, février 2007.

ancien. Dans un cas comme dans l'autre, il faudra creuser pour extraire des échantillons à plus d'un mètre sous la surface.

Les futures missions martiennes seront équipées pour rechercher de telles traces de vie. La mission européenne *ExoMars*, prévue pour 2018, emportera une foreuse. Et le projet *Mars 2020* de la Nasa prévoit un rover similaire à *Curiosity* (voir la figure ci-dessus), mais équipé d'autres instruments. Ces missions consisteront à explorer les régions équatoriales sèches de Mars à la recherche de marqueurs biologiques dans les sels et les dépôts de sédiments (voir l'article de Sylvestre Maurice et Michel Viso page 60).

Quant aux pôles, aucun rover ne peut s'y aventurer, mais la Nasa étudie la possibilité d'envoyer un atterrisseur bon marché nommé *Icebreaker*. Équipé d'une foreuse d'un mètre et d'un instrument de dosage immunologique, il pourrait sonder le sol gelé boréal, riche en eau, de Mars.

Les dernières décennies de recherche n'ont laissé aucun doute : de l'eau liquide a autrefois coulé sur Mars. Il est maintenant temps de voir si cette planète a abrité des organismes vivants et si l'Univers offre aussi bien une diversité de corps célestes que de formes de vie. ■