

LE CRATÈRE GALE

(au centre sur cette vue de Mars, reconnaissable à la montagne située à l'intérieur) a autrefois contenu de l'eau liquide. Au début de 2014, le rover *Curiosity* y a détecté des traces de molécules organiques.

MARS

depuis 35 ans ont porté sur sa géologie, et non sur sa biologie. Seules les sondes *Viking 1* et *2*, arrivées sur Mars en 1976, ont effectué la première (et à ce jour la seule) recherche de vie sur une autre planète.

Chacune de ces deux sondes a effectué quatre expériences, mais les chercheurs n'ont pas pu conclure sur la présence de vie martienne à partir des différents résultats, parfois contradictoires. Les missions *Viking* nous ont apporté plus d'énigmes que de réponses. Nous savons aujourd'hui que les méthodes expérimentales de *Viking* n'auraient pas trouvé la vie sur Mars même si les sondes l'avaient rencontrée. La question de la vie sur cette planète reste ouverte.

Dans les décennies suivantes, les microbiologistes ont développé une panoplie d'outils pour détecter des micro-organismes. Ces outils sont maintenant banals sur Terre. Mais si on les installait sur l'une des missions bientôt en partance vers Mars,

ils pourraient devenir déterminants : ils révéleraient enfin si cette planète a hébergé ou héberge encore de la vie.

Avant d'envisager le futur, revenons sur les missions *Viking* : pourquoi ont-elles donné des réponses ambiguës ? Les dispositifs mis en œuvre correspondaient aux techniques de l'époque. Dans l'expérience initiale, l'atterrisseur a recueilli une poignée de sol martien et y a ajouté des composés organiques pour nourrir les éventuels micro-organismes présents dans l'échantillon. Si des microbes étaient présents dans le sol, ils consommeraient la nourriture et libéreraient du dioxyde de carbone.

Et effectivement, les missions *Viking* ont détecté une telle émission. Ce test semblait donc indiquer que des micro-organismes étaient présents dans le sol martien. Mais à la lumière des autres expériences réalisées par les missions *Viking*, un doute subsistait.

La deuxième expérience recherchait des signes de photosynthèse, mais elle n'a pas livré de résultats clairs. Une troisième expérience consistait à ajouter de l'eau dans un échantillon de sol.

Si la vie était présente, le sol humide aurait pu produire du dioxyde de carbone. Au lieu de cela, il a produit de l'oxygène. C'était très étrange, parce que sur Terre, aucun sol ne se comporte ainsi. Les scientifiques en ont conclu que cet oxygène provenait d'une réaction chimique qui restait à identifier.

Dans la dernière expérience, les sondes ont recherché dans le sol des substances organiques, des composés contenant du carbone qui constituent les briques de la vie telle que nous la connaissons sur Terre. Si la vie existe sur Mars, ces composés devraient s'y trouver. Cependant, la présence de composés organiques ne constitue pas à elle seule une preuve absolue de vie. Les météorites contiennent des composés organiques qui ne sont pas d'origine biologique et qu'ils déposent sur la planète quand ils s'écrasent à sa surface. Pourtant, pas la moindre trace de substances organiques n'a été trouvée.

Réunies, ces données ont laissé les chercheurs perplexes. La plupart des scientifiques pensaient que les résultats des deux dernières expériences étaient due à des réactions chimiques. De telles réactions avaient pu détruire les composés organiques. En revanche, la chimie ne pouvait pas expliquer la libération de dioxyde de carbone. Quelques spécialistes de Mars ont alors affirmé que la première expérience avait en fait trouvé des traces de vie. Mais tous les autres en ont conclu que Mars était stérile.

En 2008, 32 ans après *Viking*, la solution à ces énigmes a commencé à émerger quand l'atterrisseur *Phoenix* de la Nasa s'est posé dans la région du pôle Nord de Mars. À la surprise générale, *Phoenix* a détecté du perchlorate, une molécule rare sur Terre qui comporte quatre atomes d'oxygène liés à un ion chlore, le tout relié à un ion magnésium ou calcium. Quand les sels de perchlorate atteignent 350 °C, ils se

décomposent en libérant de l'oxygène et du chlore. Les perchlorates sont tellement réactifs qu'ils sont utilisés par l'industrie dans de nombreux propergols (produits

de propulsion de fusées).

Avec cette découverte, de nombreux chercheurs ont compris que les expériences des sondes *Viking* ne pouvaient pas détecter les traces de vie sur Mars. L'expérience de recherche organique de *Viking* commençait en effet par chauffer l'échantillon de sol à 500 °C, de façon à vaporiser les

de nourriture au sol s'était accompagné d'une émission de dioxyde de carbone. Or le perchlorate produit des composés apparentés à l'eau de Javel quand il est exposé à des rayons cosmiques. Ces substances décomposent les molécules organiques (telles celles apportées par les sondes) et produisent du dioxyde de carbone.

Dans la troisième expérience, de l'oxygène a émergé du sol humide. La réaction de production de l'eau de Javel forme aussi de l'oxygène, mais cet oxygène reste piégé dans le sol. Il n'est libéré que plus tard, quand le sol est mouillé, comme cela était le cas dans une des expériences de *Viking*. Deux énigmes résolues.

Ainsi, les méthodes utilisées n'étaient pas adaptées aux conditions martiennes.

Les deux sondes *Viking* ont plus posé d'énigmes qu'apporté de réponses.



AUTREFOIS LAC D'EAU DOUCE, LE CRATÈRE GALE
a peut-être abrité la vie. Le successeur du rover *Curiosity* sera capable d'effectuer des expériences qui détermineront s'il y subsiste des traces de vie.

éventuelles molécules organiques et à les détecter sous forme gazeuse. Ce chauffage aurait décomposé les sels de perchlorate. Les réactifs auraient alors détruit et effacé toute trace de vie dans le four de la sonde. En 2010, l'équipe dirigée par Rafael Navarro-González, de l'Université nationale autonome du Mexique, et dont l'un de nous (Ch. McKay) faisait partie a testé ce scénario et a conclu que le perchlorate avait détruit tout composé carboné du sol dans le processus de chauffage.

Le perchlorate dissipe également le mystère de la première et de la troisième expérience. Dans la première, l'apport

Pour autant, tout espoir n'est pas perdu de découvrir de la vie. Depuis qu'il s'est posé en mars 2012, le rover *Curiosity* prélève des échantillons de sol martien. En début d'année, l'équipe de l'instrument SAM (*Sample Analysis at Mars*, Analyse d'échantillons sur Mars), dirigée par Paul Mahaffy du Centre de vol spatial Goddard de la Nasa et dont fait partie Ch. McKay, a rapporté que l'expérience a trouvé des composés carbonés dans d'anciens sédiments au fond du cratère Gale, même en présence de perchlorate. Il existe donc bien des substances organiques sur Mars – *Viking* n'a simplement pas su les trouver.

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



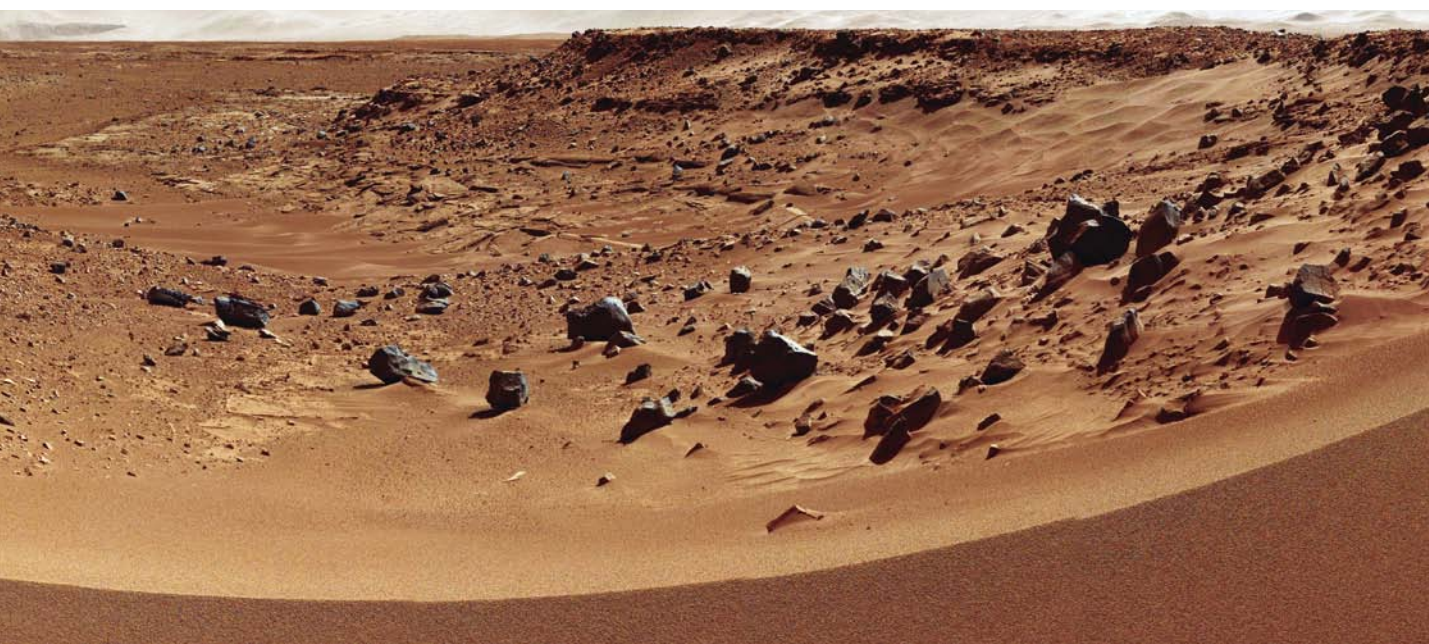
Christopher McKay
est chercheur au Centre
de recherche Ames de la Nasa,
en Californie.



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