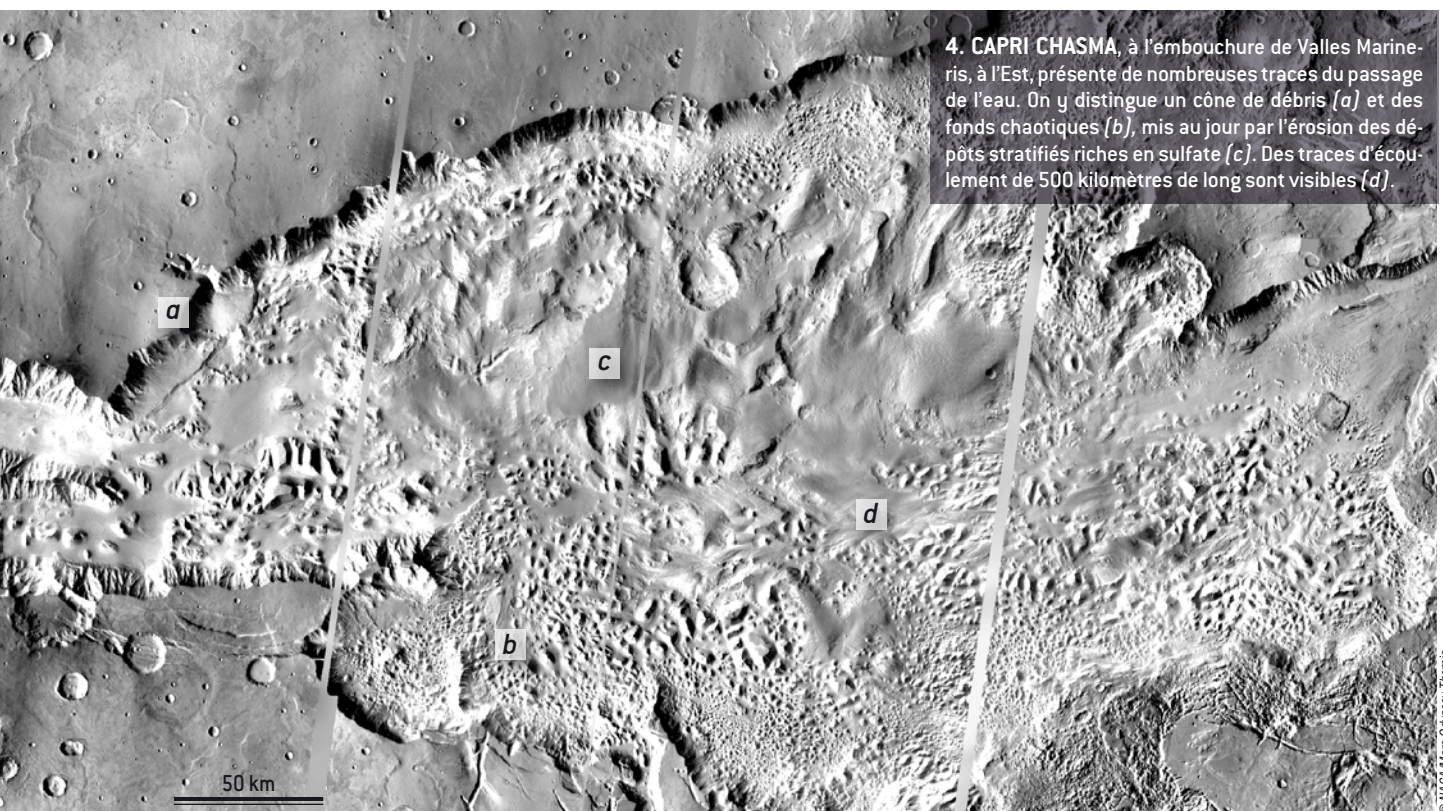




4. CAPRI CHASMA, à l'embouchure de Valles Marineris, à l'Est, présente de nombreuses traces du passage de l'eau. On y distingue un cône de débris [a] et des fonds chaotiques [b], mis au jour par l'érosion des dépôts stratifiés riches en sulfate [c]. Des traces d'écoulement de 500 kilomètres de long sont visibles [d].

© NASA/Mars Odyssey/Thémis

la surface, liée ou non à du volcanisme. Cela a pu déstabiliser le sous-sol, causant l'effondrement des terrains et formant les reliefs accidentés.

Le plus grand réservoir de sulfates de Mars

Les dépôts stratifiés sont les formations les plus énigmatiques de la région. Le sol de presque tous les chasmata, y compris le fond chaotique, est recouvert de ces dépôts stratifiés, épais de plusieurs kilomètres, à sommet plat et à fort albédo. Leur origine est inconnue, mais ces dépôts seraient liés à une sédimentation en milieu lacustre, à l'altération de restes de matériaux constituant les murs des canyons, à la formation d'édifices volcaniques sous-glaciaires, ou à l'accumulation de dépôts éoliens ou volcaniques. Le spectromètre OMEGA à bord de *Mars Express* a montré que ces matériaux sont riches en sulfates. Le volume gigantesque des dépôts fait de Valles Marineris le plus grand réservoir de sulfates à la surface de la planète. La présence de sulfates implique l'action de l'eau liquide au moment ou après la formation de ces sédiments.

L'âge de ces dépôts est mal défini, mais il a été montré que la formation des sulfates est postérieure à l'ouverture du canyon et à la mise en place des fonds chaotiques qui ont été recouverts par les sédiments dans un premier temps. L'activité hydrologique ne s'arrête pas là, puisque les dépôts stratifiés ont été érodés, formant des buttes qui mettent au jour les fonds chaotiques. Bien qu'une grande partie de cette érosion puisse être attribuée au vent, qui laisse des crêtes sur les reliefs et qui accumule les particules les plus fines dans les dépressions, souvent sous forme de dunes, certaines morphologies caractéristiques ne peuvent correspondre qu'à une érosion par l'eau. C'est le cas des gigantesques stries Est-Ouest de Capri Chasma (voir la figure 4d). Ces marques d'écoulement s'étendent sur environ 500 kilomètres de longueur et 40 kilomètres de largeur et se terminent près des terrasses creusées dans les murs à l'embouchure Est du canyon.

L'étude des dépôts montre que la planète a connu un changement de conditions environnementales il y a 3,5 milliards d'années, au moment de l'ouverture du canyon, qui se traduit par une évolution

des types de dépôts sédimentaires. La présence de sulfates au sein de dépôts stratifiés, au cours de l'Hespérien, traduit une altération à *pH* acide, alors que les argiles détectées dans les laves des terrains noachiens se forment à un *pH* neutre. Néanmoins, ce changement de chimie en surface ne semble pas lié à un changement climatique brutal, puisque l'eau liquide aurait été présente en abondance dans la région durant tout l'Hespérien. Peut-être une étude plus approfondie de Valles Marineris nous révélera-t-elle les causes de ces modifications environnementales.

La sonde MRO a permis de faire des observations plus détaillées de Valles Marineris et a précisé l'histoire géologique de la région, même si la chronologie des événements qui ont façonné les paysages du canyon n'est pas encore parfaitement établie.

Ainsi, pendant les premiers « âges » de la planète rouge, la croûte primitive se serait formée et la couche d'argile se serait constituée sous l'influence de l'eau. Puis seraient venus les temps des bouleversements géologiques avec les éruptions volcaniques et l'ouverture du canyon. Enfin, l'érosion de l'eau aurait sculpté les parois et le sol de Valles Marineris. ■

1. DES TRAÎNÉES SOMBRES

sur les pentes escarpées de l'intérieur du cratère Hale indiqueraient la présence de réserves d'eau salée liquide.

Mars, un remodelage

L'ESSENTIEL

- Des images en haute résolution réalisées en orbite sur plusieurs années montrent que la surface change en permanence.
- L'eau serait responsable de certaines de ces variations, mais pas de la formation des ravines. Ces dernières seraient surtout façonnées par le dioxyde de carbone quand il se sublime.
- Sur des pentes chauffées par le Soleil, les planétologues auraient repéré des écoulements d'eau salée qui pourraient héberger une vie martienne.



permanent

La surface de Mars change en permanence.
Des lignes sombres apparaissent sur certaines pentes.
S'agit-il de traces d'écoulements d'eau liquide ?

Alfred McEwen

Sur mention contraire, les illustrations sont de la NASA/JPL/Univ. d'Arizona

La découverte de traces d'eau sur Mars semble si banale que c'est devenu une plaisanterie parmi les spécialistes de la planète rouge : « Félicitations ! Vous êtes la millième personne à découvrir de l'eau sur Mars ! »

La plupart de ces découvertes reposent soit sur des traces de l'écoulement d'eau disparue depuis longtemps, soit sur la présence actuelle de glace, de vapeur d'eau ou de minéraux hydratés. La découverte d'eau liquide, aujourd'hui, à la surface de Mars, pourrait changer le cours de l'exploration martienne : là où il y a de l'eau liquide sur Terre, il y a presque toujours de la vie. Confirmer l'existence d'eau liquide sur Mars relancerait l'espoir de trouver des formes de vie extraterrestre encore existantes.

En juin 2000, la NASA a dévoilé des informations qui n'avaient rien de banal : une caméra de la sonde *Mars Global Surveyor* avait identifié de nombreuses structures de surface qui ressemblaient aux ravines terrestres, qui sont sculptées par des écoulements d'eau. Un communiqué de presse de la NASA annonçait qu'avec la découverte des ravines, il « pourrait y avoir, aujourd'hui encore, des sources d'eau liquide à la surface de la planète rouge ou à faible profondeur ». Les ravines ont attiré l'attention de nombreux planétologues parce qu'on pensait qu'elles étaient creusées par des écoulements d'eau ou de coulées de débris humides.

Mais plusieurs questions se sont immédiatement posées. Des dizaines de milliers de ces ravines, mesurant parfois plusieurs kilomètres de longueur, sillonnent les pentes situées aux latitudes moyennes de Mars. Elles impliquaient des quantités importantes de liquide très difficiles à expliquer. En outre, la pression atmosphérique de la planète est si basse (moins de un pour cent de celle de la Terre) que toute l'eau pure de surface gèle inévitablement, s'évapore ou bout rapidement. En effet, les conditions de température et de pression sont très proches du point critique de l'eau pure.

Certains chercheurs ont supposé que les ravines étaient des reliques du passé, quand la planète connaissait de plus grandes variations climatiques. Puis, en 2006, de nouvelles données de *Mars Global Surveyor* ont montré que du matériau de couleur claire s'était échappé des ravines au cours des années précédentes. Il fallut admettre que les ravines ne sont pas des structures du passé : elles continuent à évoluer.

Alors que le mystère s'épaississait autour des ravines, une nouvelle sonde venait d'arriver en orbite autour de Mars : *Mars Reconnaissance Orbiter* (MRO), avec à son bord HiRISE (*High-Resolution Imaging Science Experiment* pour Expérience d'imagerie scientifique à haute résolution), dont je suis le chef de projet. HiRISE, la plus puissante caméra jamais embarquée sur une sonde interplanétaire, allait bientôt apporter des données cruciales.

Des zébrures à flanc de colline

Pendant que l'imagerie détaillée de MRO démêlait les mystères des ravines, un étudiant de mon laboratoire a découvert une curieuse caractéristique de la surface de Mars qui n'avait encore jamais été observée : des zébrures superficielles, qui s'écoulent à flanc de colline, et qui croissent lentement et changent avec les saisons d'une façon qui suggère qu'il s'agit d'écoulements d'eau liquide. Ces zébrures sont désormais la preuve la plus convaincante de la présence d'eau liquide sur Mars. Elles nous ont apporté de nouvelles idées qui expliqueraient comment de l'eau liquide peut exister dans un environnement aussi défavorable, et la meilleure indication en date que Mars pourrait toujours abriter une niche près de la surface, où de la vie subsisterait.

Dès les prémices de la mission, nous avions conçu HiRISE en ayant à l'esprit les ravines et autres structures à petite échelle. La caméra nous a permis d'examiner ces caractéristiques avec plus de détails que tout ce qui se faisait jusque-là. HiRISE peut photographier n'importe quelle partie de la surface de Mars, en couleurs, avec une résolution inférieure au mètre (entre 0,25 et 0,32 mètre par pixel). La sonde est capable de pointer la caméra sur une zone intéressante lors de plusieurs passages en orbite afin de détecter d'éventuelles variations dans le paysage. En outre, elle peut cartographier le sol en stéréoscopie, pour livrer une vue tridimensionnelle.

Grâce à la combinaison de la haute résolution et de la couleur, ainsi que de prises de vue répétées sur plusieurs années, HiRISE a amélioré notre connaissance de la surface de Mars. Nous avons vu de nouveaux sites d'impact constellant la surface, des avalanches de roches, du givre et de la glace, ainsi que des tourbillons de poussière et de sable (voir la figure 2).

L'AUTEUR



Alfred McEWEN est professeur de planétologie à l'Université de l'Arizona. Il est chef

de projet sur la mission HiRISE.

BIBLIOGRAPHIE

V. Chevrier et E. Rivera-Valentin, *Formation of recurring slope lineae by liquid brines on present-day Mars*, *Geophysical Research Letters*, vol. 39, n° 21, L21202, 2012.

A. S. McEwen et al., *Seasonal flows on warm Martian slopes*, *Science*, vol. 333, pp. 740-743, 2011.

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

M. Malin et K. Edgett, *Evidence for recent groundwater seepage and surface runoff on Mars*, *Science*, vol. 288, pp. 2330-2335, 2000.