

Histoires d'eau sur

Le premier des deux robots envoyés sur Mars en 2004 a trouvé un ancien désert, le second s'est posé sur une région jadis aquatique. L'eau liquide a été rare sur Mars, mais sa présence passée est aujourd'hui une certitude.

Philip Christensen

Nombreux sont ceux que le désert attire par son aspect désolé et sa sobriété dépouillée. Pour ma part, je le trouve fascinant par sa complexité. Les pierres de l'Arizona témoignent d'une histoire des plus embrouillées. Des couches de calcaire, de limon, de sable de quartz et de lave solidifiée attestent que durant les derniers 600 millions d'années, cette région a été successivement une mer chaude et peu profonde, un marécage boueux, un désert de dunes brûlantes, une étendue glacée, avant de redevenir une mer peu profonde. Des volcans en éruption ont alors formé de grandes îles, avant que le soulèvement et l'érosion ne sculptent finalement le paysage désertique actuel.

Ce type de reconstitution historique a longtemps été impossible pour Mars. Au fil des ans, j'ai vu le statut de la planète rouge passer de celui de simple point dans le ciel à celui d'un monde familier aux hommes, une contrée dominée par des volcans, des lits de rivières et des lacs asséchés, et des plaines de laves balayées par le vent. Mars a sans doute une des histoires les plus passionnantes du Système solaire. Cependant, les scientifiques n'ont pu s'en faire jusqu'ici qu'une vague idée. Pendant des années, on s'est demandé si Mars avait été par le passé chaude et humide comme la Terre ou froide et sèche comme la Lune.

La question a depuis pris de l'ampleur. Durant la dernière décennie, nous avons entamé la troisième phase de l'exploration martienne, après les observations au télescope du XIX^e siècle et les reconnaissances spatiales des années 1960 et 1970. Les récentes missions orbitales et les modules d'exploration au sol ont cartographié le relief de la planète, déterminé sa minéralogie et livré des images suffisamment détaillées de la surface pour que l'on puisse interpréter les processus géologiques et confronter les résultats des vols orbitaux avec les données de terrain. Les planétologues peuvent enfin étudier Mars à la façon des géologues, en utilisant les roches, les minéraux et les motifs du relief pour reconstruire une histoire.

Nous avons découvert que Mars a connu une grande diversité de processus et de conditions au cours de son histoire. Le sol de la planète rouge a été à la fois complètement desséché, gorgé d'eau, recouvert de glace ou de neige. Les descriptions sommaires ne suffisent plus. Les questions portent aujourd'hui sur les niveaux de chaleur et d'humidité et leur répartition dans l'espace et dans le temps. La réponse contient en germe ce qui motive beaucoup d'entre nous à étudier la planète rouge : sa capacité, passée ou actuelle, à héberger la vie.

Deux sites, deux planètes ?

En janvier 2004, la NASA a fait se poser deux engins sur des sites très distincts de Mars. Les deux modules d'exploration *Spirit* et *Opportunity*, truffés de caméras et de spectromètres destinés à déterminer la composition du sol et des roches, sont partis en exploration pour répondre à la question centrale de la géologie martienne : quel rôle a joué l'eau ?

Spirit s'est posé dans le cratère de Gusev, choisi car les images prises en orbite avaient montré qu'une vallée, Ma'adim, débouche dans le cratère comme si celui-ci avait été un lac par le passé. Dans un premier temps, ce site s'est révélé décevant. *Spirit* n'a détecté aucun signe d'une présence ancienne d'eau. Il a trouvé au contraire des roches volcaniques qui, s'est-il avéré, sont de l'olivine et du pyroxène, des minéraux qui sont altérés par la moindre trace d'eau liquide. Le cratère de Gusev n'a donc pas été exposé de façon notable à l'eau durant les quelque trois milliards d'années qui ont suivi l'éruption volcanique. La situation est devenue plus intéressante lorsque *Spirit* s'est aventuré dans les collines de Columbia, qui surplombent le site d'atterrissage. Le robot y a découvert des sels de soufre en abondance. Les roches volcaniques semblent avoir été broyées en grains fins et avoir ensuite été cimentées par le sel – un processus qui a pu faire intervenir de l'eau percolant à travers les roches ou de l'acide sulfurique réagissant avec les minéraux présents dans ces roches. Malgré ces indices de la présence d'eau,

Mars

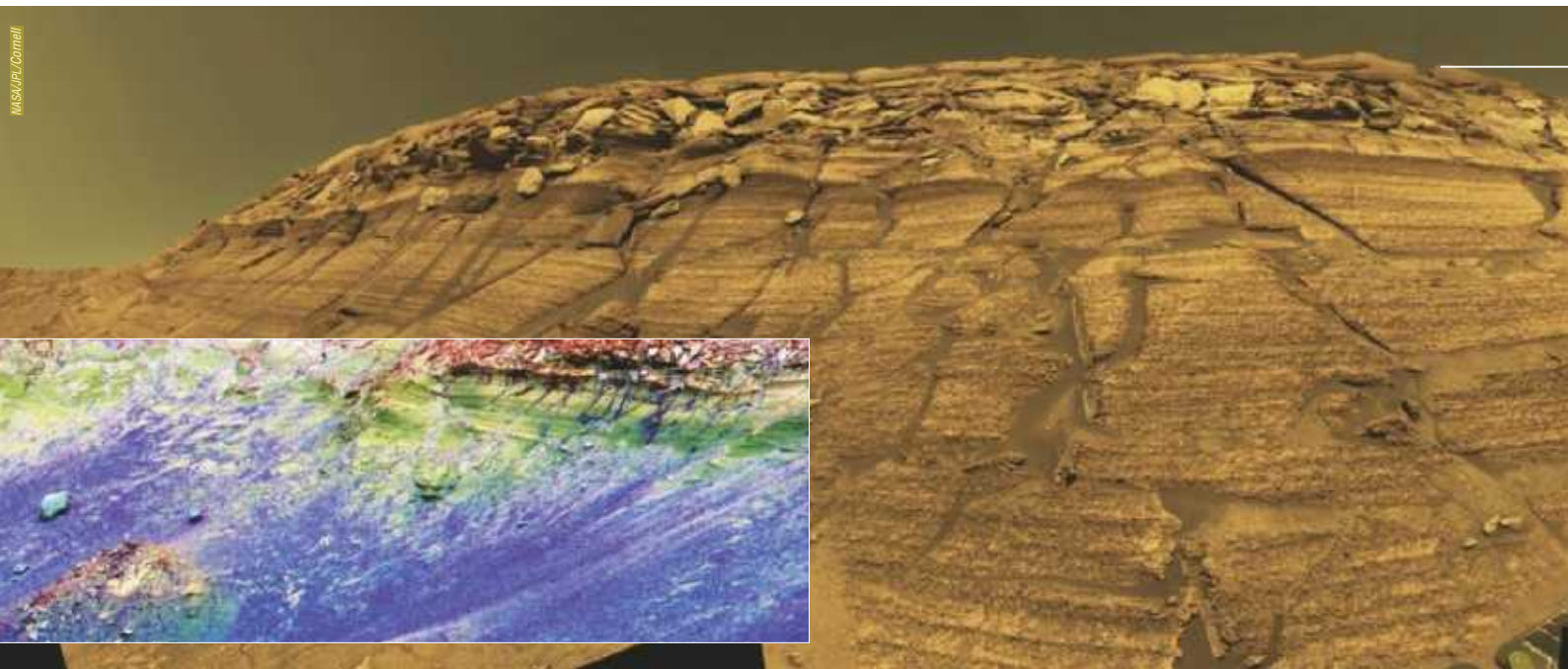
Vasistas Borealis

Utopia Planitia

Cratère Lyot

Arabia Terra

1. Lever de Soleil sur Arabia Terra, vue de l'Ouest vers Utopia Planitia. Cette vue d'artiste est une reconstruction d'images de Mars prises en orbite. Elle montre les bords de Vasistas Borealis, une vaste plaine qui a pu être inondée par les eaux d'anciens canaux. Au centre, le Soleil projette ses premiers rayons sur la lèvre Ouest du cratère Lyot.



ces roches contiennent néanmoins une quantité significative d'olivine et de pyroxène. De fait, même pour ce qui a pu être un jour le fond d'un lac, l'eau semble avoir joué un rôle mineur au cours des derniers milliards d'années.

Le robot *Opportunity* s'est posé, lui, dans la plaine de *Meridiani*. C'est la première fois que les planétologues choisissaient une zone d'exploration en fonction de sa minéralogie. Les premières missions spatiales vers Mars avaient étudié la composition de sa surface en termes d'éléments chimiques, mais pour identifier les minéraux par leur composition et leur structure cristalline, il a fallu attendre que *Mars Global Surveyor*, l'orbiteur de la NASA équipé du spectromètre à émission thermique TES (pour *thermal emission spectrometer*), atteigne la planète en 1997. Dans les cartes minéralogiques ainsi établies, *Meridiani* se distinguait par son abondance en hématite cristalline, une signature possible de la présence d'eau.

Cet oxyde de fer, commun sur Terre, se forme en effet par différents processus faisant en général intervenir l'eau. L'un d'entre eux est la précipitation de fluides circulant à travers des sédiments ; un autre correspond au dépôt et à la déshydratation de minéraux ferreux riches en eau comme la goëthite, une roche ocre présente dans de nombreux sols désertiques. De surcroît, les roches riches en hématite de la plaine de *Meridiani* semblent s'être finement stratifiées et facilement érodées ; elles reposent sur la couche superficielle plus ancienne et constellée de cratères, ce qui suggère un dépôt sédimentaire ; et elles ont rempli les canaux préexistants ainsi que les régions de basse altitude, ce qui suggère qu'elles ont été déposées par un écoulement d'eau (des cendres volcaniques ou des poussières portées par les vents auraient recouvert l'ensemble du paysage).

Quelques jours après s'être posé, *Opportunity* a confirmé que *Meridiani* s'était trouvée sous l'eau par le passé. Le robot a repéré des affleurements de roches sédimentaires en couches, les premières trouvées sur Mars. Les roches contien-

nent tant de sulfate, de 30 à 40 pour cent de leur masse, que seule l'évaporation d'une eau riche en soufre peut en rendre compte. L'hématite est présente sous forme de boulettes de quelques millimètres de diamètre surnommées myrtilles, ancrées dans la roche ou dispersées sur le sol.

Opportunity a exploré pendant six mois un des affleurements, nommé *Burns Cliff*, pour la première fois sous différents angles, à la façon des géologues sur Terre. Les 11 couches visibles se présentent sous la forme d'une série de dunes de sable mouillées par des eaux de surface et de sous-sol. Elles comportent de nombreux grains de sulfates formés par l'évaporation d'eau stagnante, peut-être dans les dépressions (nommées *playas*) entre les dunes. En comparant cela à des phénomènes terrestres similaires, on conclut que les roches de *Burns Cliff* ont dû se former en plusieurs centaines de milliers d'années. Les boulettes d'hématite se sont sans doute formées plus tardivement à partir des fluides riches en fer qui circulaient dans les sédiments.

L'hématite, un marqueur d'eau

Même la morphologie des plaines de *Meridiani*, un des paysages les plus plats de tout le Système solaire, évoque le fond d'un lac. L'étendue de l'hématite suggère que c'était un grand lac isolé ou une petite mer plutôt qu'une partie d'un grand océan. Plusieurs cratères au Sud et à l'Ouest du dépôt principal d'hématite contiennent aussi des roches stratifiées riches en hématite ; peut-être constituaient-ils des lacs séparés. L'eau était, en tout cas, omniprésente dans cette région.

En somme, les deux sondes semblent s'être posées sur deux planètes totalement différentes, l'une plus sèche que tous les déserts de la Terre, l'autre parsemée de lacs. Mars présente-t-elle deux visages très contrastés, ou ses paysages se déclinent-ils à l'infini ? Ces deux sites, séparés par des milliers de kilomètres, représentent-ils l'ensemble du spectre de la composition rocheuse et de l'activité aqueuse sur Mars ?