

équipé d'un dispositif pour faire vibrer l'écran de protection, mais il a fallu quatre jours martiens pour tamiser assez de matériau. Pendant ce temps, toute l'eau éventuelle s'était sublimée. D'autres échantillons ont raté leur entrée dans les ouvertures en raison des vents violents qui balayaient la sonde. Avec le temps, cependant, nous avons apprivoisé le vent et la texture du sol, et nous avons réussi à analyser des échantillons prélevés à différents endroits et profondeurs.

Pendant ce temps, les détecteurs atmosphériques accumulaient des données météorologiques. Un lidar (un radar laser) fourni par l'Agence spatiale canadienne nous a permis de mesurer la poussière atmosphérique, ainsi que la profondeur optique du brouillard au sol et la hauteur des nuages de glace d'eau. *Phoenix* a également enregistré la température de surface et la pression. Nous avons ainsi cartographié l'environnement du haut de la couche de glace jusqu'au sommet de la troposphère (la première couche de l'atmosphère, où se déroulent la plupart des phénomènes météorologiques), pendant que les sondes en orbite cernaient le contexte général de la région.

Un sol assez bon pour des asperges

L'une des grandes surprises a été la découverte de carbonate de calcium (à une concentration de cinq pour cent) et de perchlorate (à 0,5 pour cent) dans le sol. Ces composés ont une grande importance dans la recherche de traces de vie.

Le carbonate de calcium se forme lorsque le dioxyde de carbone atmosphérique se dissout dans de l'eau liquide et forme de l'acide carbonique. L'acide réagit avec le calcium présent dans le sol pour former du carbonate, un minéral très répandu sur Terre, et plus connu sous le nom de calcaire ou de craie. L'instrument WCL a mesuré un pH de 7,7, légèrement alcalin et très proche de celui des océans terrestres, où se forme aussi du carbonate de calcium.

Les planétologues traquent les carbonates sur Mars depuis des décennies. La multitude de canyons, de structures de type fluvial et d'anciens fonds lacustres ne laissent presque aucun doute : Mars était jadis une planète humide. Cela suggère que l'atmosphère était autrefois beaucoup plus épaisse. Tout le dioxyde de carbone est forcément allé quelque part,

et le réservoir naturel est le carbonate de calcium. *Phoenix* a fourni les premières preuves que ce dernier entre effectivement dans la composition du sol martien. Les satellites ont depuis repéré des affleurements isolés de carbonate de calcium, bien que d'autres types de carbonates semblent plus répandus.

Le carbonate de calcium apporte des preuves supplémentaires que le site d'atterrissage de *Phoenix* a été humide dans un passé récent, il y a moins de deux milliards d'années. Cela pourrait également expliquer pourquoi le sol formait une croûte : ce minéral peut constituer un ciment.

Le sol alcalin du site d'atterrissage de *Phoenix* est assez différent de ce que les autres atterrisseurs ont observé. Avec un peu plus d'eau et d'atmosphère, vous pourriez y faire pousser des asperges (elles aiment les sols alcalins). À l'inverse, le rover *Opportunity* avait traversé des sols anciens acides, riches en sulfates. Ces derniers traduisent un régime chimique différent et hostile à la vie.

Quant au perchlorate, on le trouve sur Terre sous forme de perchlorate d'ammonium, qui sert d'oxydant dans les moteurs de fusée à propergols solides. Le perchlorate rend l'eau impropre à la consommation à des concentrations supérieures à 25 parties par milliard. Mais ce qui est un poison pour nous est une manne pour les micro-organismes. Des processus naturels peuvent créer du perchlorate en petite quantité, et il peut s'accumuler dans les déserts arides puisqu'il n'est pas lessivé comme ailleurs. Dans le désert d'Atacama au Chili, il ne pleut qu'une fois par décennie, et le perchlorate peut s'accumuler. Les bactéries survivent en utilisant les perchlorates et les nitrates comme sources d'énergie. Pourrait-il en être de même sur Mars ?

Les modèles climatiques globaux de Mars les plus récents, mis au point par François Forget, de l'Institut Pierre Simon Laplace, à Paris, et ses collègues, intègrent la dynamique orbitale de Mars et les fortes oscillations de l'obliquité (l'angle entre le plan orbital et l'axe de rotation, actuellement de 25 degrés). Ils ont permis d'estimer l'évolution du climat au cours des dix derniers millions d'années. L'intensité du chauffage solaire aux pôles varie de façon spectaculaire entre les périodes froides (comme aujourd'hui) et les longs épisodes chauds. Quand l'obliquité est grande, les températures polaires grimpent

✓ BIBLIOGRAPHIE

A. Kessler, *Martian Summer : Robot Arms, Cowboy Spacemen, and My 90 days with the Phoenix Mars Mission*, Pegasus, 2011.

C. R. Stoker *et al.*, *Habitability of the Phoenix landing site*, *Journal of Geophysical Research*, vol. 115, article E00E20, 16 juin 2010.

P. H. Smith *et al.*, *H₂O at the Phoenix landing site*, *Science*, vol. 325, pp. 58-61, 3 juillet 2009.

N. Horowitz, *Premières expériences martiennes*, *Dossier Pour la Science* n° 60, juillet-septembre 2008. http://bit.ly/doss_60_viking

S. Atreya, *Le méthane, signe de vie sur Mars et Titan ?*, *Pour la Science* n° 356, juin 2007. http://bit.ly/356_mars_titan

J. Bell, *Mars : un passé humide*, *Pour la Science* n° 352, février 2007. http://bit.ly/352_mars

✓ SUR LE WEB

Site de la NASA consacré aux missions martiennes : <http://marsprogram.jpl.nasa.gov/>

Site du projet Phobos LIFE : www.planetary.org/programs/projects/life/design.html

Page du site de l'ESA consacrée à la mission *Exomars* : <http://exploration.esa.int/science-e/www/area/index.cfm?fareaid=118>