

et nous avons commencé à penser que ces étranges écoulements sur des pentes chaudes pourraient bien, en réalité, être de l'eau salée.

Nous avons envisagé d'autres hypothèses. Un phénomène sec, ou presque sec, pourrait-il expliquer ces observations? Aucun processus purement sec, tel que des chutes de pierres ou des glissements de terrain, n'est en mesure d'expliquer le caractère saisonnier, la croissance progressive et la sensibilité à la température, et nous n'avions jamais observé quoi que ce soit d'approchant sur la Lune, un astre desséché.

Nous avons ensuite envisagé que des composés volatils tels que de la vapeur d'eau puissent jouer un rôle, même mineur. Si des substances volatiles agglomèrent des particules du sol, l'élévation de la température permettrait à cette colle de se sublimer, laissant échapper des grains qui, libérés, dévaleraient les pentes. Mais cette hypothèse ne pouvait pas expliquer pourquoi les lignes de pente récurrentes disparaissent. En revanche, nous avons supposé que de l'eau coule quand il fait chaud, puis gèle la nuit. C'est effectivement ce qui semblait le mieux expliquer les observations.

Des écoulements d'eau salée

Une telle activité de surface existe aussi sur Terre. En Antarctique, des traces d'eau d'aspect semblable sont formées par le ruissellement à faible profondeur de saumures; or les chercheurs ont trouvé des microbes vivant dans ces traces d'eau de l'Antarctique. Mais les ravines nous ont appris que les apparences peuvent être trompeuses. En outre, les comparaisons avec ce que l'on observe sur Terre ont une pertinence limitée: il fait beaucoup plus froid la nuit sur Mars qu'en Antarctique, et la couche active de sol non gelé y est beaucoup plus mince.

Nous n'étions pas la première équipe, ni même la deuxième à suggérer la présence d'eau liquide sur Mars. Des clichés de la mission *Phoenix* ont montré ce qui ressemblait à des gouttelettes d'eau sur les pieds de l'atterrisseur robotique. Cette idée me semblait assez folle, jusqu'à ce que j'entende parler du processus de déliquescence, par lequel des sels absorbent la vapeur d'eau atmosphérique quand la température et l'humidité relative de l'air sont élevées en même temps. Si les

rétrofusées de *Phoenix* avaient soulevé des sels de perchlorate au moment de l'atterrissage, les conditions auraient pu être réunies pour que ces sels absorbent de l'eau et fassent apparaître des gouttelettes.

Peut-on expliquer les lignes de pente récurrentes par la déliquescence? C'est tentant, mais c'est un processus qui, à partir d'un air martien raréfié, ne peut produire que de minuscules quantités d'eau, certainement pas assez pour que des torrents coulent le long des pentes, à moins qu'un mécanisme ne permette une accumulation progressive au fil du temps.

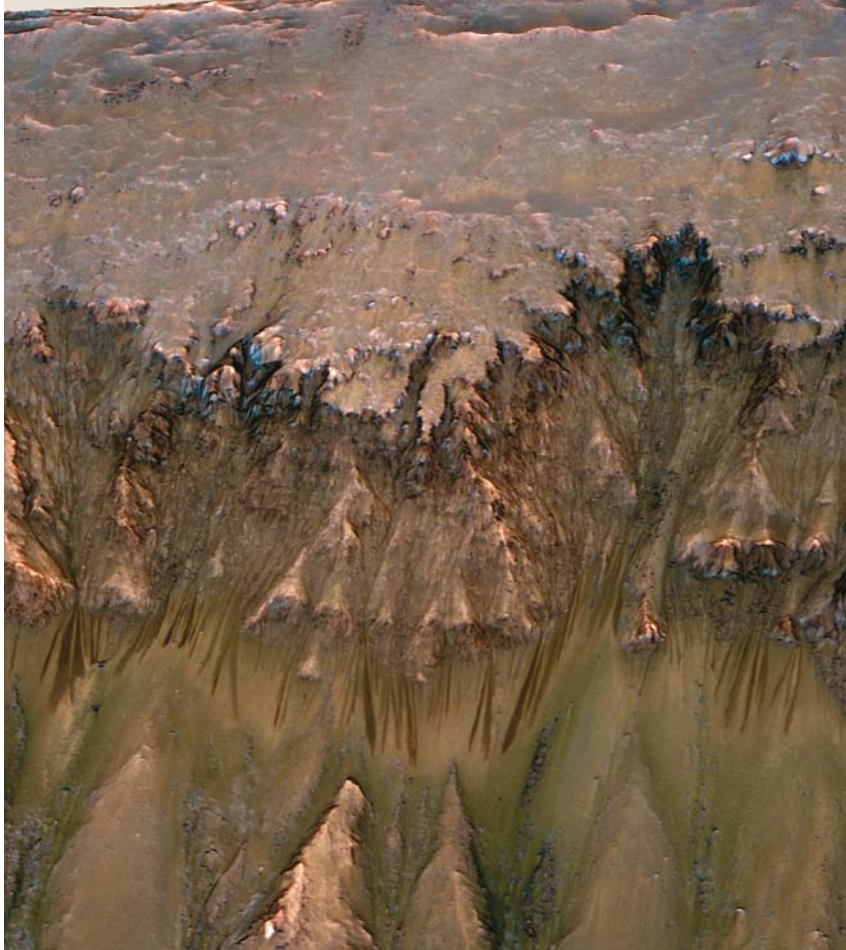
Peut-être les lignes de pente récurrentes sont-elles dues à de la glace fondant sous la surface? Nous savons, d'après la télédétection de neutrons, que les latitudes moyennes à élevées recèlent des étendues de glace peu profondes. Dans certains cratères d'impact récents, que nous avons découverts avec

HiRISE, de la glace a été mise à nu à des latitudes aussi basses que 40 degrés dans l'hémisphère Nord, un peu plus près de l'équateur que nous ne l'attendions.

À quoi ressemblent ces dépôts de glace? La glace présente sous la surface jonchée de roches est remarquablement propre, contenant peu de poussière de sol. Cela signifie que cette glace ne résulte pas de la condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère, un processus qui remplit les vides entre les fines particules du sol. Elle ne semble pas non plus provenir d'un vestige de chutes de neige, qui ne subsistent pas longtemps à la surface et disparaissent en se sublimant. On imagine plutôt que de l'eau salée diffuse depuis les profondeurs et regèle en formant une couche de glace propre sous la surface.

Ce mécanisme évite diverses difficultés liées à la sublimation. Parce que la glace





3. DES ÉPISODES RÉCENTS D'ÉROSION OU DE DÉPÔT dans les ravines martiennes (*page ci-contre*) apparaissent en bleu sur cette image en fausses couleurs. Le givre de glace carbonique est probablement à l'œuvre plutôt que l'eau. En revanche, ce sont peut-être bien des écoulements d'eau qui produisent les lignes de pente récurrentes qui strient les parois de certains cratères (*ci-dessus*).

d'eau pure se sublime beaucoup plus vite que la glace d'eau salée, presque toute la glace qui s'est formée à faible profondeur sous la surface, à une époque passée où régnait un climat différent, aurait disparu. Seule resterait la glace la plus salée. En revanche, les pentes escarpées exposées au Soleil pourraient absorber assez de chaleur durant l'été pour que fonde la glace d'eau salée qui s'y trouve.

Nous disposons d'observations qui vont dans ce sens. Le maximum d'activité des lignes de pente récurrentes correspond non pas au moment où la surface est réchauffée au maximum, mais au pic des températures enregistrées à faible profondeur sous la surface, qui se produit quelques mois plus tard. Reste une difficulté : si les températures estivales sont assez élevées pour faire fondre la glace saumâtre, alors la réserve de glace devrait disparaître petit à petit. Disparaît-elle effectivement ? Les lignes de pente récurrentes ne sont-elles actives que pendant quelques années ou quelques décennies en un endroit donné ? Les réserves se reconstituent-elles d'une façon ou d'une autre, qu'il nous reste à découvrir ?

Malgré toutes ces preuves indirectes, il n'y a pas eu, jusqu'à présent, d'identification directe d'eau sur les sites des lignes de pente récurrentes. Le spectromètre de MRO pourrait y parvenir, mais il lui manquera peut-être la résolution spatiale suffisante pour discerner des stries aussi fines à la surface. En outre, l'orbite de MRO est telle que la sonde observe en permanence l'après-midi sur Mars, quand l'eau n'est probablement pas abondante ni même présente à la surface. Grâce aux études réalisées en laboratoire, nous savons aujourd'hui que l'eau salée peut être stable à la surface de Mars, mais soit en début de journée, soit en début de nuit.

L'humidité relative de l'atmosphère décroît quand l'air se réchauffe le matin, et augmente quand l'air se refroidit le soir. La température et l'humidité relative sont alors toutes deux assez élevées pour que certains types de sels absorbent de l'eau par déliquescence et la retiennent. Le soir, ce processus peut avoir lieu après le coucher du Soleil, mais il est alors difficile de faire des observations ciblées. Le matin, la déliquescence se produit après le lever du Soleil.

De futurs projets de sonde spatiale en orbite autour de Mars munie d'un spectromètre à haute résolution et utilisable à différentes heures de la journée sont à l'étude. Ils pourraient, à terme, confirmer la présence d'eau liquide (ou l'infirmier !).

Des environnements favorables à des extrêmophiles ?

Si les lignes de pente récurrentes reflètent bien la présence d'eau liquide, la question qui viendra ensuite sera celle de l'environnement habitable pour des microbes adaptés à une salinité élevée. Nous avons fait beaucoup de progrès dans la connaissance des organismes extrêmophiles sur Terre (ces espèces qui peuvent survivre à des températures très basses ou très élevées, à une sécheresse ou une salinité extrêmes, à une forte exposition aux rayonnements, etc.). Nous savons que de tels organismes ne se contentent pas de survivre, mais peuvent aussi se reproduire à des températures inférieures à -20°C dans certains liquides.

Certaines solutions eutectiques ne sont pas habitables (à notre connaissance), et il n'est donc pas toujours vrai que là où il y a de l'eau liquide sur Terre, il y a de la vie. Mais dans beaucoup des sites de lignes de pente récurrentes, il fait vraisemblablement plus de -20°C jusqu'à une profondeur de quelques centimètres pendant certaines parties des journées d'été. Et les extrêmophiles de la planète rouge, s'ils existent, pourraient être plus tolérants aux extrêmes martiens que les microbes terrestres.

Tout cela reste de la spéculation. Pour l'instant, nous travaillons à mieux comprendre la nature des lignes de pente récurrentes. Nous avons désormais identifié beaucoup plus de sites présentant de tels sillons actifs que dans notre travail initial. D'autres chercheurs ont réalisé des études en laboratoire et des études de terrain en Antarctique pour essayer d'observer et de reproduire sur Terre ce que HiRISE voit depuis son orbite autour de Mars. Nous espérons que nous réussirons à expliquer ce phénomène et à confirmer que l'eau liquide est vraiment responsable des lignes de pente récurrentes. Peut-être que parmi la multitude de découvertes d'eau sur Mars, la 1001^e sera la bonne ! ■

MARS

en images

Jessica Flahaut et Pierre Thomas

Mars n'est pas la planète déserte qu'on a pu imaginer. Elle se révèle d'une grande richesse. Les images prises depuis l'espace ou au sol en témoignent.

En 1965, une sonde, *Mariner 4*, a survolé Mars pour la première fois. Les images transmises étaient décevantes : par un malencontreux hasard, les caméras ratèrent les endroits intéressants et ne montrèrent que des images de surface déserte et ressemblant à la Lune. Depuis, neuf sondes ont été mises en orbite autour de Mars ; trois atterrisseurs fixes et quatre robots mobiles s'y sont posés. Toutes ces missions spatiales ont collecté des millions de données analytiques (composition des roches, données météorologiques...). Mais surtout, elles ont pris des milliers d'images du haut d'une orbite ou au sol. Toutes montrent que Mars ressemble à la Lune, à la Terre et... à Mars. Elle a ses caractéristiques propres, par exemple une atmosphère qui se transforme en neige carbonique chaque hiver aux pôles et redevient gazeuse avec l'été.

Ces images, s'ajoutant aux données analytiques, permettent de reconstituer en partie l'histoire de Mars. De surcroît, elles sont magnifiques. Grâce à des jeux de filtres, la NASA a reconstitué ce que verrait un homme se promenant sur Mars, ou ce que verrait un œil humain si ces paysages étaient transportés sur Terre et éclairés avec une « lumière terrestre ». Ce portfolio vous révélera les beautés et l'étrangeté de cette planète et, surtout, vous fera rêver...

La mégadune du cratère Russell (1) est le siège de coulées sombres qui correspondent à des avalanches de poussière et de sable, déclenchées par la sublimation printanière de la glace de dioxyde de carbone qui recouvre la dune en hiver.

