

Chronique martienne

Perseverance regarde en arrière

Basé sur un communiqué NASA

Le rover martien Perseverance a gravi les flancs raides à l'ouest du cratère Jezero dans le but d'en atteindre le sommet début décembre. Au cours de l'ascension, le rover a pris une vue panoramique de l'intérieur du cratère Jezero, ainsi que des images des traces qu'il a laissées après quelques glissements en cours de route.

Sur le côté droit de la mosaïque, on peut voir une pente d'environ 20 degrés. Bien que Perseverance ait déjà gravi des pentes de 20 degrés (les rovers Curiosity et Opportunity de la NASA avaient tous deux atteint des sommets d'au moins 10 degrés plus raides), c'est la première fois qu'il parcourt une pente aussi raide sur une surface aussi glissante.

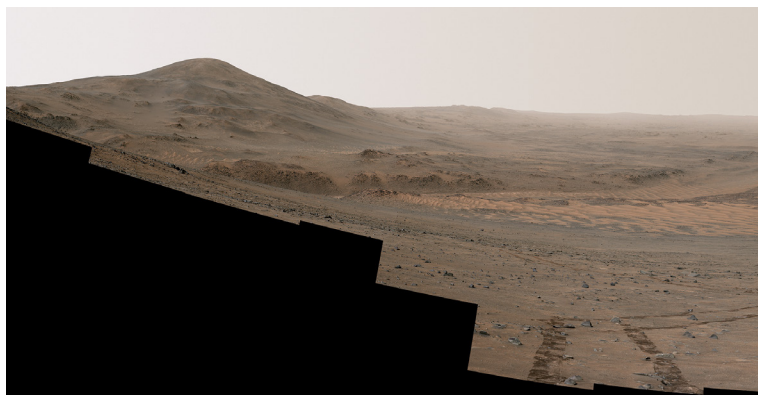
Pendant la majeure partie de son ascension, le rover a roulé sur une couche de poussière et de sable peu compacts, recouverte d'une fine croûte cassante. Souvent, Perseverance ne parcourait que la moitié de la distance qu'il aurait parcourue sur une surface plus stable, et à une occasion, il n'en a parcouru que 20%.

C'est la première fois qu'un rover doit gérer des terrains à la fois aussi escarpés et aussi glissants. Les planificateurs du rover savaient que le travail serait rude. Le 3 octobre,

ils ont envoyé des commandes à Perseverance pour tester des stratégies visant à réduire le glissement. Ils ont d'abord fait reculer le rover sur la pente (des tests sur Terre ont montré que dans certaines conditions, le système de suspension maintient une meilleure traction pendant la marche arrière). Ils ont ensuite essayé de conduire en travers de la pente (en lacets) et de se rapprocher du bord nord du « Summerland Trail », le nom que la mission a donné à l'itinéraire du rover sur le bord du cratère.

Les données recueillies lors de ces efforts ont montré que si les trois approches ont amélioré la traction, le fait de rester près du bord nord de la pente s'est avéré le plus bénéfique. Les planificateurs du rover pensent que la présence de rochers plus gros plus près de la surface a fait la différence.

Une fois arrivé au sommet du cratère, à un endroit que l'équipe appelle Lookout





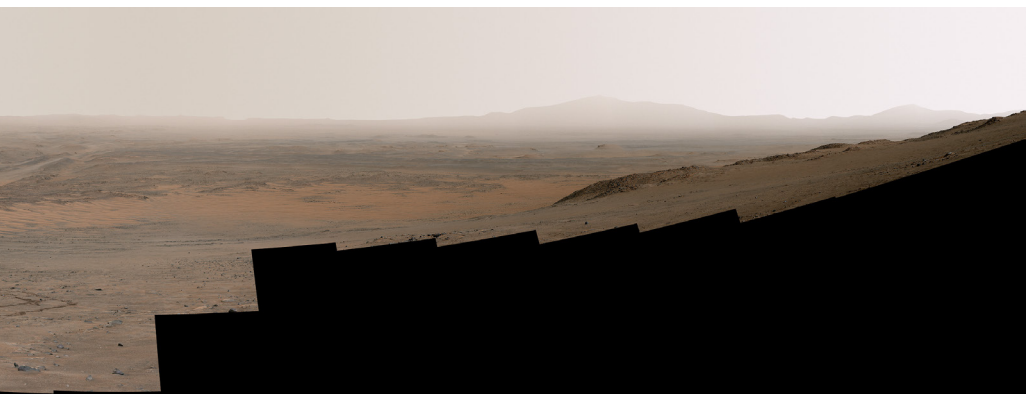
Hill, il reste 450m pour atteindre « Witch Hazel Hill ». Les données orbitales montrent que Witch Hazel Hill contient un substrat rocheux stratifié de couleur claire. L'équipe a hâte de comparer ce nouveau site à « Bright Angel », la zone où Perseverance a récemment découvert et échantillonné la roche « Cheyava Falls » (voir *Le Ciel*, décembre 2024).

Le rover a atterri sur Mars avec à son bord 43 tubes destinés à recueillir des échantillons de la surface martienne. Jusqu'à présent, Perseverance a scellé 24 échantillons de roche et de régolithe ainsi qu'un échantillon atmosphérique et trois tubes témoins.

La NASA a décidé de retirer deux des tubes vides de réserve car y accéder présenterait un risque pour le petit bras robotique interne. Perseverance dispose actuellement de 11 tubes vides pour l'échantillonnage de la roche et de deux tubes témoins vides.

▲ *Extrait de la mosaïque composée de 44 clichés pris le 27 septembre par Perseverance. L'image a été traitée pour montrer comment le paysage paraîtrait sur Terre.*
(NASA/JPL-Caltech)

▼ *Le panorama martien – en vraies couleurs – réalisé à partir de 44 images prises le 27 septembre, le 1 282^e jour martien de la mission Perseverance. On y voit de nombreux points de repère et premières martiennes qui ont rendu l'exploration de Jezero par le rover si mémorable : notamment le site d'atterrissage du rover, l'endroit où il a découvert pour la première fois des roches sédimentaires, l'emplacement du premier dépôt d'échantillons sur une autre planète et l'endroit où s'est posé la dernière fois l'hélicoptère Ingenuity Mars. Le rover a capturé la vue près d'un endroit que l'équipe appelle « Faraway Rock », à peu près à mi-chemin de son ascension du mur du cratère.*
(NASA/JPL-Caltech)





Le rover Perseverance doit parfois alterner marches avant et arrière pour négocier le terrain glissant trouvé le long d'une route menant au bord du cratère Jezero. Le rover martien a utilisé l'une de ses caméras de navigation pour capturer ces images en octobre.
(NASA/JPL-Caltech)



Curiosity dans Gediz Vallis

Basé sur un communiqué NASA

Curiosity, quant à lui, se prépare pour la prochaine étape de son voyage, un périple de plusieurs mois vers « Boxwork », un ensemble de reliefs en forme de toile d'araignée qui s'étend sur des kilomètres. Le rover laisse derrière lui Gediz Vallis, une vallée pleine de mystères. Comment cette vallée s'est-elle formée, si tard lors d'une transition vers un climat sec ? Quelle est l'origine d'un champ de pierres soufrées découvert au cours de l'été ?

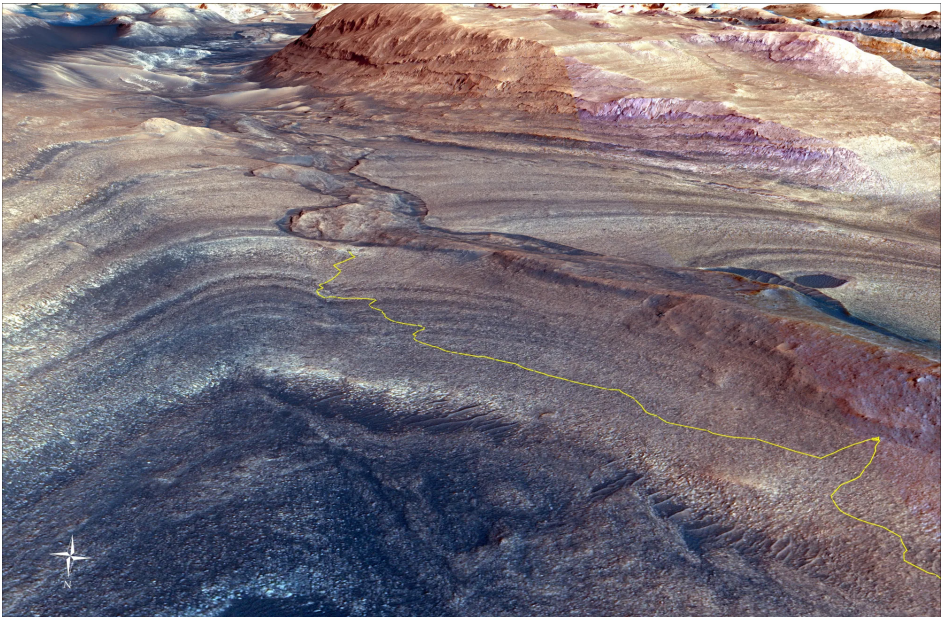
Les scientifiques voudraient savoir si la planète Mars possédait les ingrédients nécessaires pour une vie microbienne, lorsqu'elle abritait des lacs et des rivières. Située au pied du mont Sharp, une montagne de 5 kilomètres de haut, l'exploration de Gediz Vallis pourrait aussi aider à comprendre à quoi ressemblait la région lorsque l'eau disparaissait sur Mars.

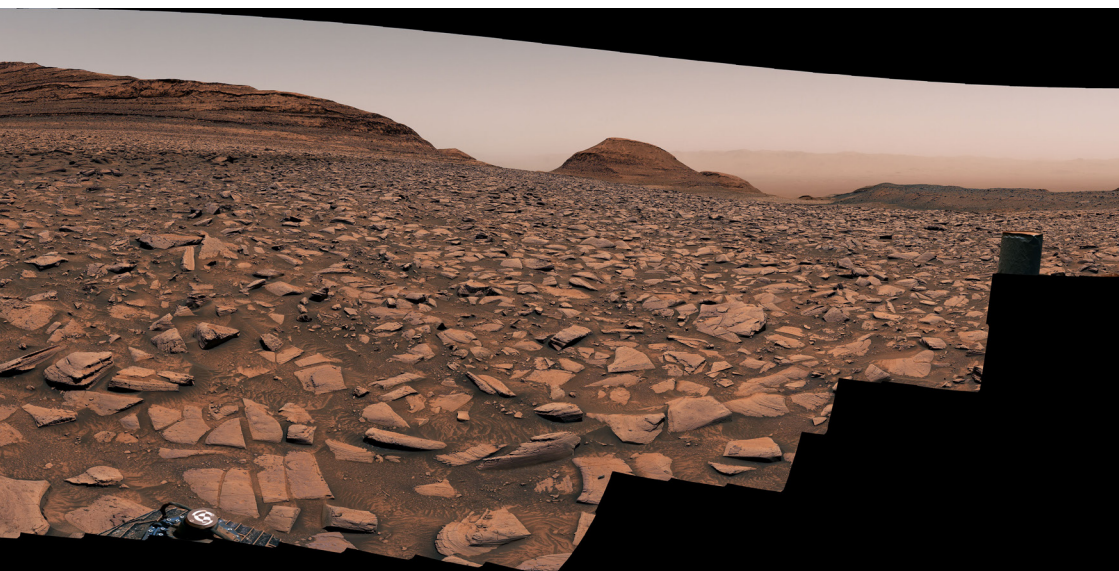
Route suivie par Curiosity pour accéder à Gediz Vallis.
(NASA/JPL-Caltech/UC Berkeley)

Bien que des couches plus anciennes de la montagne se soient déjà formées sous un climat sec, la vallée suggère que de l'eau a parfois coulé lorsque le climat se modifiait.

Les scientifiques sont encore en train de reconstituer les processus qui ont formé les différentes caractéristiques de la vallée, notamment « Pinnacle Ridge », visible dans le nouveau panorama à 360 degrés de la page 13. Il semble que des rivières, des écoulements de boue et des avalanches sèches aient toutes laissé leur empreinte.

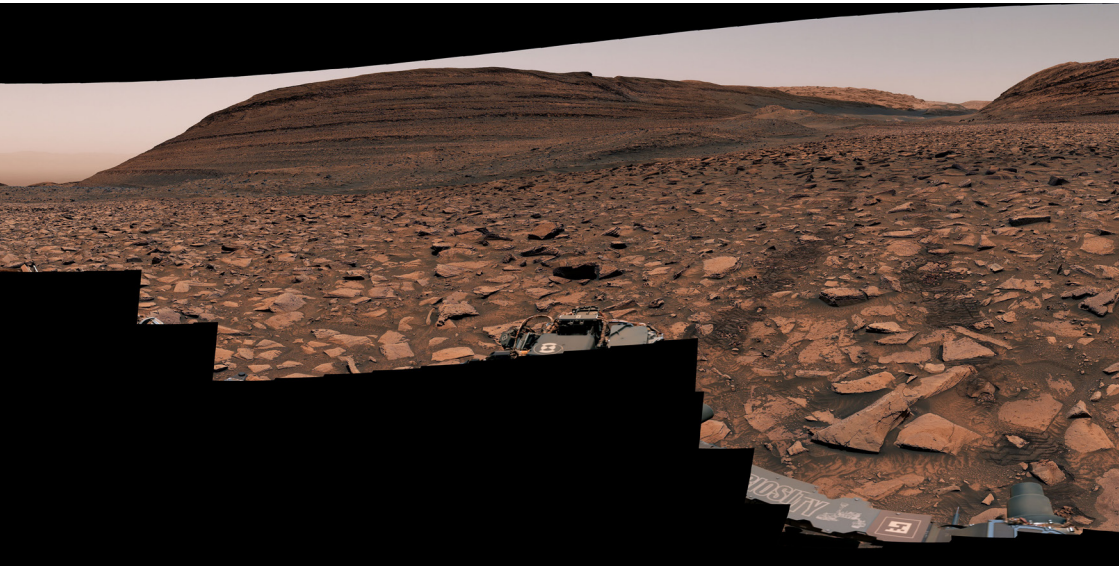
Là où des images prises par le Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) de la NASA avaient montré un terrain banal de couleur claire, Curiosity a révélé des roches de soufre, trop petites pour la caméra à haute résolution HiRISE du MRO. En roulant sur l'une de ces pierres, le rover l'a écrasée ce qui a révélé des cristaux jaunes. L'examen avec les instruments de bord a confirmé que la pierre était constituée de soufre pur, un élément qu'aucune mission n'avait observé auparavant sur Mars.



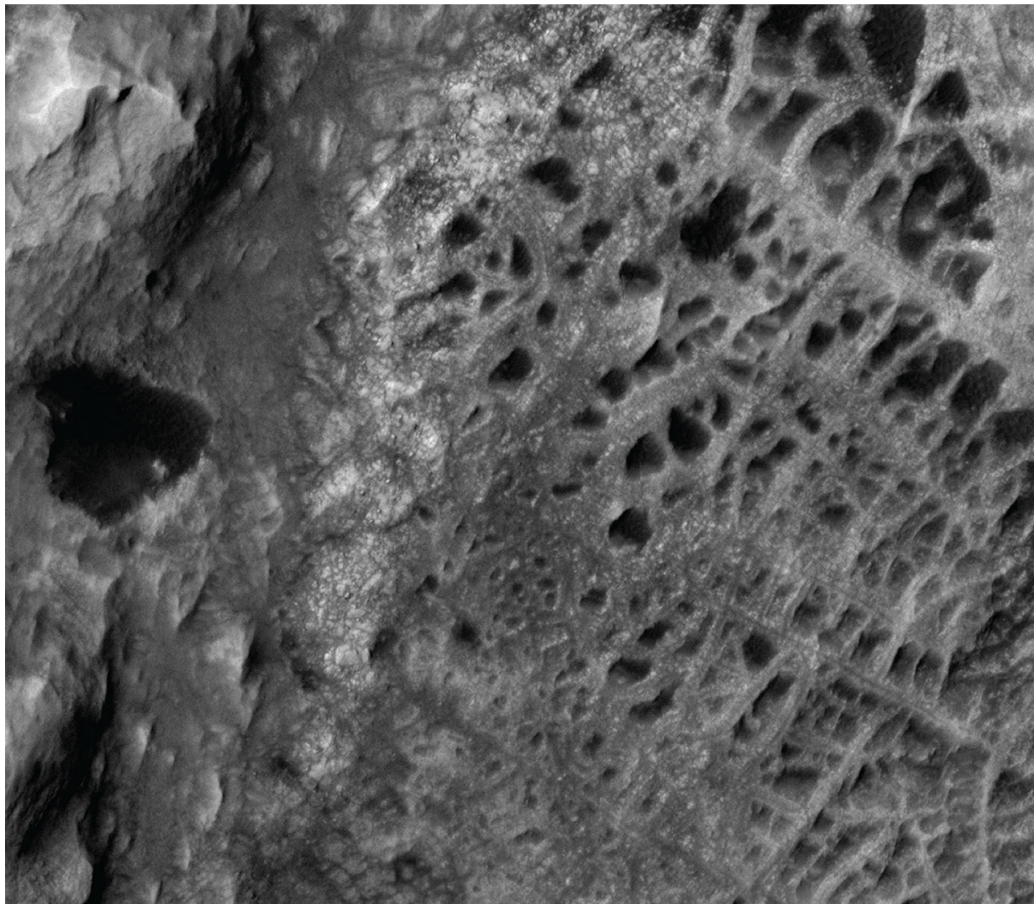




◀ Le 11 octobre, en quittant Gediz Vallis, Curiosity jette un dernier regard sur le terrain où il a découvert du soufre.
(NASA/JPL-Caltech/MSSS)



▼ En s'éloignant vers l'ouest, Curiosity a capturé ce panorama le 2 novembre. On distingue l'empreinte de ses roues à droite.
(NASA/JPL-Caltech/MSSS)



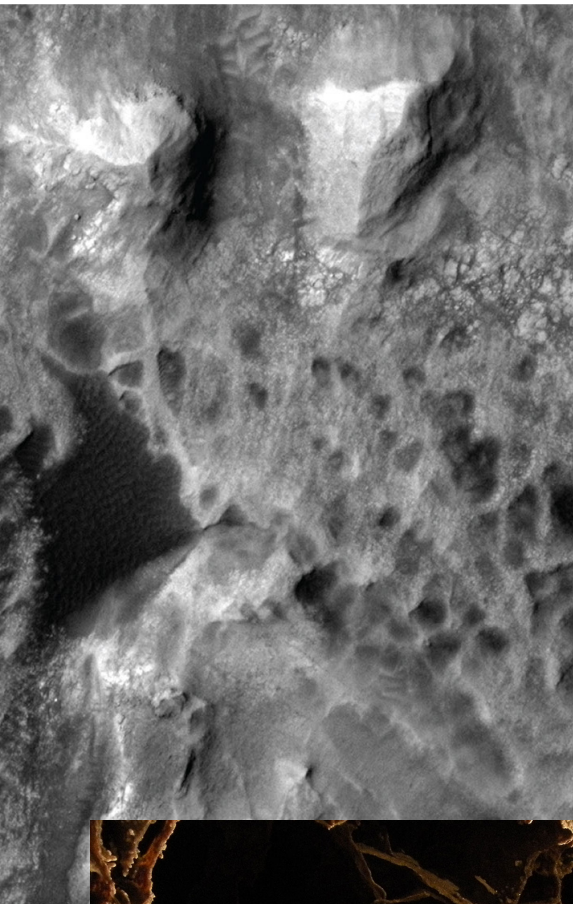
L'équipe n'a pas d'explication précise sur la raison pour laquelle le soufre s'est formé à cet endroit ; sur Terre, il est associé aux volcans et aux sources chaudes, et il n'y a rien sur le mont Sharp qui pointe vers l'une ou l'autre de ces causes.

En longeant le bord ouest de Gediz Vallis, Curiosity a recueilli quelques panoramas supplémentaires pour documenter la région avant de se diriger vers « Boxwork » (« la Boîte à Outils »). Vu par le MRO, le terrain évoque des toiles d'araignées. On pense qu'il s'est formé lorsque des minéraux transportés par les derniers écoulements d'eau du mont Sharp se sont déposés dans des fractures

de surface et ont durci. Au fur et à mesure que des portions de la roche s'érodaient, il ne restait que les minéraux qui s'étaient cimentés dans les fractures, laissant le relief compliqué de la Boîte à Outils.

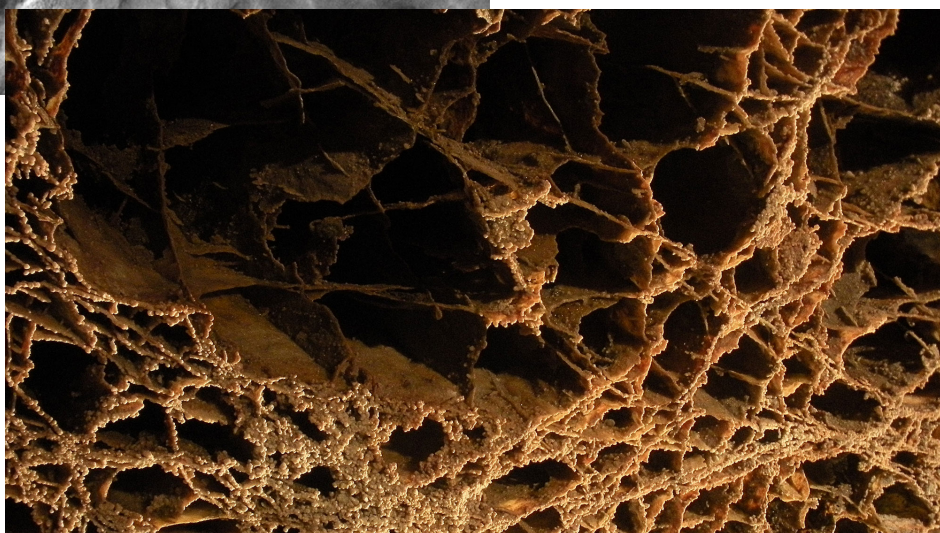
Sur Terre, des formations de ce genre ont été observées sur des falaises et dans des grottes. Mais celles du mont Sharp se distinguent à la fois parce qu'elles se sont formées alors que l'eau disparaissait de Mars et parce qu'elles sont très étendues, couvrant une zone de 10 à 20 kilomètres.

Les microbes de la Terre primitive auraient pu survivre dans un environnement similaire. Cela fait de cet endroit un lieu passionnant à explorer.



◀ *Le terrain chaotique de Boxwork apparaît dans cette photo prise par le MRO (Mars Reconnaissance Orbiter) en 2006. Ce sera une cible du rover Curiosity cette année. (NASA/JPL-Caltech/University of Arizona)*

▼ *Une structure cristalline similaire, beaucoup plus petite, et qualifiée également de « boxwork », se retrouve sur Terre, par exemple dans le Wind Cave National Park, South Dakota. (NPS Photo/Kim Acker)*





Comment l'eau a coulé sur Mars

Basé sur un communiqué PSI

Une nouvelle étude décrit comment, il y a 3,6 milliards d'années, le dioxyde de carbone de l'atmosphère de Mars a gelé et s'est déposé aux pôles, isolant la chaleur venant de l'intérieur de la planète et augmentant la pression sur la glace. Cela a provoqué la fonte d'environ la moitié de l'inventaire total d'eau de Mars et son écoulement sur sa surface.

Ces résultats proviennent d'une modélisation de l'intégralité du cycle du dioxyde de carbone depuis le régolithe jusqu'à l'atmosphère et aux calottes polaires. Le modèle décrit de manière cohérente les origines des principales caractéristiques du paysage martien – comme le plus grand lac, les plus grandes vallées et le plus grand système d'eskers (vestiges de rivières qui coulaient autrefois sous une calotte glaciaire). Il s'appuie sur un processus que l'on observe aujourd'hui, l'effondrement du dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

Interprétation artistique d'une rivière recouverte de glace provenant de l'eau de fonte sous la calotte polaire sud de Mars.

(Peter Buhler/PSI)

Les scientifiques savent depuis les années 1970 qu'une grande partie du dioxyde de carbone de Mars est actuellement liée au régolithe dans des couches monomoléculaires enrobant les grains. En incorporant le régolithe dans le modèle, les chercheurs ont montré que l'atmosphère n'est qu'un élément du parcours, pour arriver au processus principal, qui est l'échange entre le régolithe et la calotte polaire sud – un processus qui opère même aujourd'hui.

Le cycle est contrôlé par l'inclinaison de l'axe de Mars, qui oscille avec une période de 100 000 années martiennes. Lorsque l'axe de rotation de la planète est vertical, les pôles ne reçoivent que peu de lumière solaire directe, tandis que le Soleil brûle l'équateur. Dans ces conditions, le dioxyde de carbone s'échappe

du régolithe dans l'atmosphère et se dépose sur la calotte glaciaire.

À l'inverse, lorsque Mars est fortement inclinée, le Soleil réchauffe facilement les pôles. En conséquence, la glace de dioxyde de carbone se sublime dans l'atmosphère. Le régolithe plus froid peut alors l'absorber comme une éponge.

Le modèle fonctionnant bien pour la planète Mars actuelle, les scientifiques l'ont testé à une époque où la planète avait une atmosphère de dioxyde de carbone beaucoup plus épaisse, il y a environ 3,6 milliards d'années. On pense que c'est à cette époque que l'atmosphère de Mars a commencé à s'effondrer et que le cycle actuel du dioxyde de carbone a commencé à fonctionner. Il existe également des preuves que cette époque coïncide avec l'origine de nombreux réseaux de vallées fluviales, mais les scientifiques ne s'accordent toujours pas sur les conditions climatiques qui expliqueraient leur formation.

Dans le nouveau modèle, une couche de dioxyde de carbone de 600 mètres d'épaisseur se dépose sur une couche de glace d'eau de 4 km – à peu près aussi épaisse que celle qui existe aujourd'hui au pôle Sud. La glace de dioxyde de carbone agit comme un puissant isolant, emprisonnant la chaleur provenant de l'intérieur de la planète. Elle ajoute également du poids au sommet de la calotte glaciaire.

Ces deux conditions font fondre d'énormes quantités d'eau à la base de la calotte glaciaire. L'eau de fonte sature la croûte martienne jusqu'aux bords de la calotte glaciaire. Là, l'eau souterraine tente de s'échapper, mais gèle sous forme de permafrost.

Avec une calotte glaciaire surmontant une nappe phréatique saturée et entourée de permafrost, la seule voie qui reste à l'eau pour s'écouler est l'interface entre la calotte glaciaire et la roche qui se trouve en dessous. C'est pourquoi sur Terre, on voit des rivières sortir de dessous les glaciers au lieu de simplement s'écouler dans le sol.

Cette eau de fonte forme des rivières à la base de la calotte glaciaire. Ces rivières sous-glaciaires laissent derrière elles de longues crêtes de gravier, les eskers. Les scientifiques

ont observé de nombreux eskers près du pôle Sud, dont la taille correspond aux rivières sous-glaciaires prédites par le modèle.

Les eskers sont la preuve qu'à un moment donné, il y a eu une fonte sous-glaciaire sur Mars, et c'est un grand mystère. Les chercheurs ont essayé de découvrir les processus qui pourraient être à l'origine de ce phénomène, mais rien n'a vraiment fonctionné. La meilleure hypothèse actuelle est qu'il y a eu un événement de réchauffement climatique non spécifié, mais cette réponse n'est guère satisfaisante car nous ne savons pas ce qui aurait pu provoquer ce réchauffement. Le modèle explique les eskers sans invoquer un tel réchauffement climatique.

Une fois que les rivières sous-glaciaires atteignent le bord de la calotte glaciaire, elles rencontrent l'atmosphère froide et forment d'abord des coulées suintantes, comme de la lave lente recouverte d'une croûte solide. Finalement, ces suintements recouverts de glace se gonflent avec suffisamment d'eau pour devenir de véritables rivières recouvertes de glace. Le modèle prédit que cette couche de glace devrait atteindre des dizaines à des centaines de mètres d'épaisseur et recouvrir une rivière de quelques mètres de profondeur, avec suffisamment d'eau de fonte pour atteindre des milliers de kilomètres de long. Il existe plusieurs longues vallées sinueuses qui descendent de la région polaire sud, riche en eskers, vers le bassin d'Argyre et qui ont déjà été identifiées comme d'anciens lits de rivière, ce qui est cohérent avec le modèle.

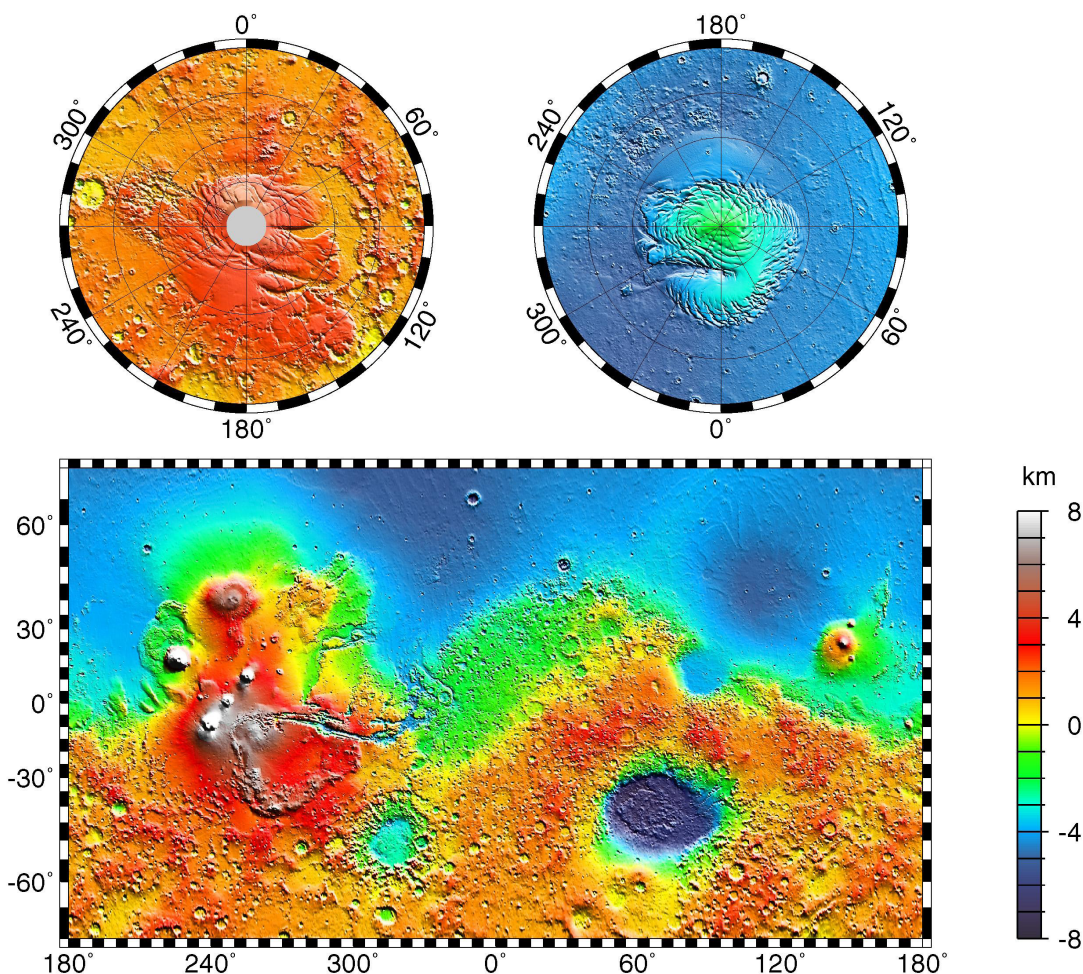
L'eau recouverte de glace remplit ensuite le bassin d'Argyre, dont le volume équivaut à peu près à celui de la mer Méditerranée, pendant des dizaines de milliers d'années avant de déborder et de se vider à près de 8 000 kilomètres de là, dans les plaines du nord. Le processus s'est probablement produit plusieurs fois, à des millions d'années d'intervalle, au cours d'une période de cent millions d'années.

C'est le premier modèle qui produit suffisamment d'eau pour dépasser Argyre, ce qui est cohérent avec les observations géologiques vieilles de plusieurs décennies. Il est également probable que l'eau de fonte, une fois en

aval, se soit sublimée dans l'atmosphère avant de retourner vers la calotte polaire sud, perpétuant un cycle hydrologique pôle-équateur qui pourrait avoir joué un rôle important dans l'énigmatique sursaut tardif d'activité hydrologique de Mars. De plus, il n'est pas nécessaire d'avoir un réchauffement de stade avancé pour l'expliquer.

Si ces résultats se confirment, ils devraient modifier radicalement notre compréhension du cycle de l'eau sur Mars.

Carte topographique de Mars, élaborée à partir des mesures du Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA) de Mars Global Surveyor 5. Elle permet de repérer les grandes formations géologiques martiennes, dont les deux grands bassins austraux, Argyre (à gauche) et Hellas.
(NASA/JPL-Caltech/GSFC)



Météorite de Lafayette

Basé sur un communiqué Purdue University

Il y a 11 millions d'années, un astéroïde a frappé Mars. La violence de l'impact a projeté des éjectas dans l'espace. L'un de ces morceaux de Mars s'est finalement écrasé sur la Terre quelque part près de Lafayette dans l'Indiana. Son arrivée sur notre planète est plus mystérieuse que son départ de Mars. Peut-être s'agit-il d'un des bolides qui ont été vu en 1919 et 1927. Peut-être est-ce une météorite qu'un pêcheur a vu tomber dans un étang et qu'il a apportée à l'université locale, Purdue University. Toujours est-il qu'elle a été redécouverte dans un tiroir de l'université en 1929 ou 31 et a été baptisée « météorite de Lafayette ».

La plus grosse partie de la météorite se trouverait au Smithsonian National Museum of Natural History (NMNH) de Washington, mais c'est un fragment de 0,7 g provenant du London Natural History Museum qui a été utilisé pour une nouvelle étude.

C'est l'une des rares météorites dont on peut remonter la trace directement jusqu'à Mars. Au cours des premières recherches sur la météorite de Lafayette, les scientifiques ont découvert qu'elle avait interagi avec de l'eau liquide alors qu'elle se trouvait sur Mars. Elle contient en effet des minéraux qui se sont formés par interaction avec de l'eau liquide.

La datation de ces minéraux peut donc nous indiquer à quel moment il y avait de l'eau liquide à la surface ou à proximité de la surface de Mars dans le passé géologique de la planète. La datation de ces minéraux de la météorite martienne Lafayette révèle qu'ils se sont formés il y a 742 millions d'années. Sans doute n'y avait-il pas d'eau liquide en abondance à la surface de Mars à cette époque. Elle provenait plutôt de la fonte de la glace souterraine. La fonte de ce permafrost a été causée par une activité magmatique qui se produit encore périodiquement sur Mars de nos jours.

Les chercheurs ont pu démontrer que la détermination de l'époque de l'interaction eau-roche sur Mars était fiable et n'était pas affectée par l'altération aqueuse qui s'était produite

Le Smithsonian National Museum of Natural History (NMNH) abrite la majeure partie de la météorite de Lafayette. On voit les traînées de roche fondue s'écoulant de l'avant de la pierre durant sa chute.

à Lafayette. En revanche l'estimation de l'âge de la météorite Lafayette a pu être influencée par l'impact qui a éjecté la météorite de Mars, par le rayonnement qu'elle a reçu pendant les 11 millions d'années où elle a flotté dans l'espace, ou par le réchauffement qu'elle a subi lorsqu'elle est tombée sur Terre et a brûlé partiellement dans l'atmosphère.

On sait que la météorite de Lafayette a été éjectée de la surface de Mars il y a environ 11 millions d'années car, durant son long voyage dans l'espace interplanétaire, elle a été bombardée par des rayons cosmiques, ce qui a provoqué la production de certains isotopes. Après son arrivée sur Terre, l'histoire devient un peu confuse jusqu'à sa redécouverte dans un tiroir de l'université Purdue en 1931. Les chercheurs ont analysé des contaminants organiques, plus précisément des maladies des cultures qui étaient particulièrement présentes certaines années, pour déterminer à quel moment la météorite a pu tomber. Les années 1927 et surtout 1919 viennent en tête pour ce critère. Le fait que la chute ait été observée par un étudiant dont on sait seulement qu'il était noir est important car ceux-ci étaient rares sur les bancs de l'université à cette époque : trois en 1919 et un seul en 1927 dans les registres de Purdue, ce qui favorise aussi 1919.