



# Échos de la Planète rouge

## **Dioxyde de carbone martien**

*Basé sur un communiqué Utrecht University*

L'atmosphère martienne est composée à 95 % de gaz carbonique,  $\text{CO}_2$ . En hiver, la température de l'air descend en dessous de  $-120$  degrés Celsius, ce qui est suffisant pour que ce gaz gèle. Lors du processus de congélation, le gaz carbonique peut se transformer directement en glace, sautant la phase liquide. Le processus est semblable au gel sur Terre, où la vapeur d'eau forme des cristaux de glace et recouvre le paysage d'un film blanc.

L'arrivée du printemps provoque la sublimation, c'est-à-dire l'évaporation directe de la glace carbonique en gaz, un processus explosif en raison de la faible pression atmosphérique de Mars. Les scientifiques émettent depuis longtemps l'hypothèse que cela pourrait être un élément important de l'érosion du paysage martien. La pression du gaz sépare les grains de sédiments, provoquant des écoulements, comme les éboulements dans les zones montagneuses de la Terre. Ces flux peuvent remodeler le paysage martien, même en l'absence d'eau.

*Image d'un paysage martien raviné, obtenue par la caméra HiRISE (High Resolution Imaging Experiment), embarquée à bord de MRO (Mars Reconnaissance Orbiter). La glace blanche de  $\text{CO}_2$  est visible sur les flancs des ravines.  
(NASA/MRO)*

Cette hypothèse reposait principalement sur des modèles ou des études satellitaires. Des expériences en laboratoire, dans une « chambre martienne », ont permis de simuler ce processus dans des conditions martiennes. Les chercheurs ont pu constater que l'action du  $\text{CO}_2$  dans ces conditions est aussi efficace que celle de l'eau sur Terre.

L'émergence de la vie a nécessité probablement une longue période pendant laquelle de l'eau liquide était présente. Les ravines martiennes étaient un signe de la présence d'eau. La nouvelle étude montrant le rôle du  $\text{CO}_2$  minimise celui de l'eau, ce qui réduit les chances de vie sur Mars – la seule autre planète rocheuse de la zone habitable du Système solaire.

## Un volcan martien caché

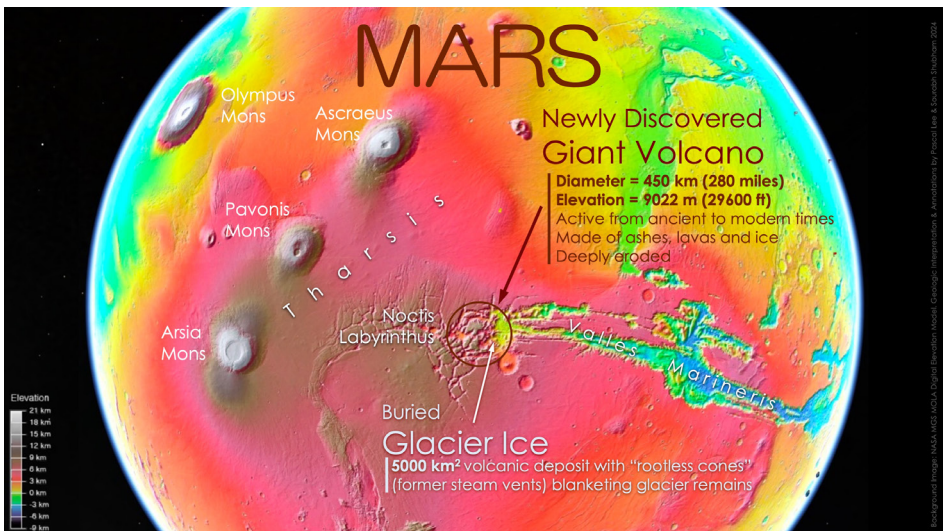
Basé sur un communiqué SETI

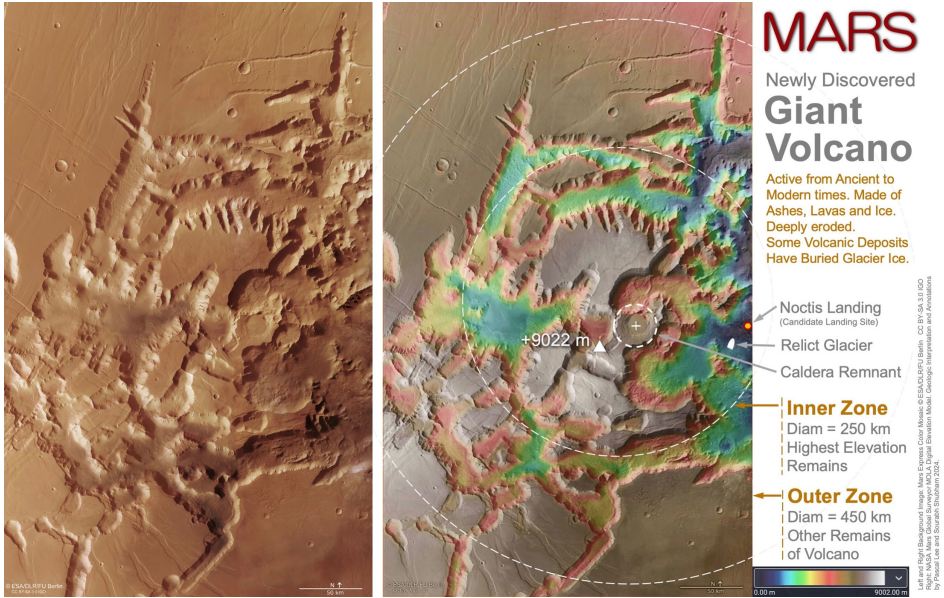
Les scientifiques ont annoncé la découverte d'un volcan géant dans la province volcanique de Tharsis, près de l'équateur de la planète Mars. Photographié à plusieurs reprises par des vaisseaux spatiaux en orbite autour de Mars depuis Mariner 9 en 1971, mais fortement érodé, le volcan géant se cachait dans l'une des régions les plus emblématiques de Mars, à la frontière entre la zone fracturée de Noctis Labyrinthus et les canyons monumentaux de Valles Marineris.

Le volcan, provisoirement dénommé Noctis en attendant une appellation officielle, atteint 9 000 mètres d'altitude sur une base de 450 kilomètres. La taille gigantesque du volcan et son histoire complexe de modifications indiquent qu'il est actif depuis très longtemps. Dans sa partie sud-est se trouve un mince dépôt volcanique récent sous lequel de la glace est probablement encore présente, une combinaison prometteuse pour l'étude de l'évolution géologique de Mars, la recherche de la vie et l'exploration future par des astronautes.

C'est en examinant la géologie d'une zone où avaient été trouvés les restes d'un glacier que les scientifiques ont compris qu'il s'agissait d'un immense volcan profondément érodé. Plusieurs indices révèlent la nature volcanique du fouillis de mesas et de canyons dans cette partie orientale de Noctis Labyrinthus. La zone centrale du sommet est marquée par plusieurs mesas surélevées. Les pentes extérieures douces s'étendent jusqu'à 225 kilomètres dans différentes directions. Un vestige de caldeira – les restes d'un cratère volcanique effondré abritant autrefois un lac de lave – peut être vu près du centre de la structure. Des coulées de lave, des dépôts pyroclastiques (constitués de particules volcaniques telles que des cendres, de la pierre ponce et du téphra) et des dépôts minéraux hydratés se trouvent dans plusieurs régions périphériques. Cette zone de Mars est connue pour contenir une grande variété de minéraux hydratés couvrant une longue période de

*Carte topographique montrant l'emplacement du volcan Noctis entre les plus grandes provinces volcaniques et canyons de Mars. (NASA/MGS, P. Lee et S. Shubham 2024))*





l'histoire martienne et l'on soupçonnait depuis longtemps un environnement volcanique.

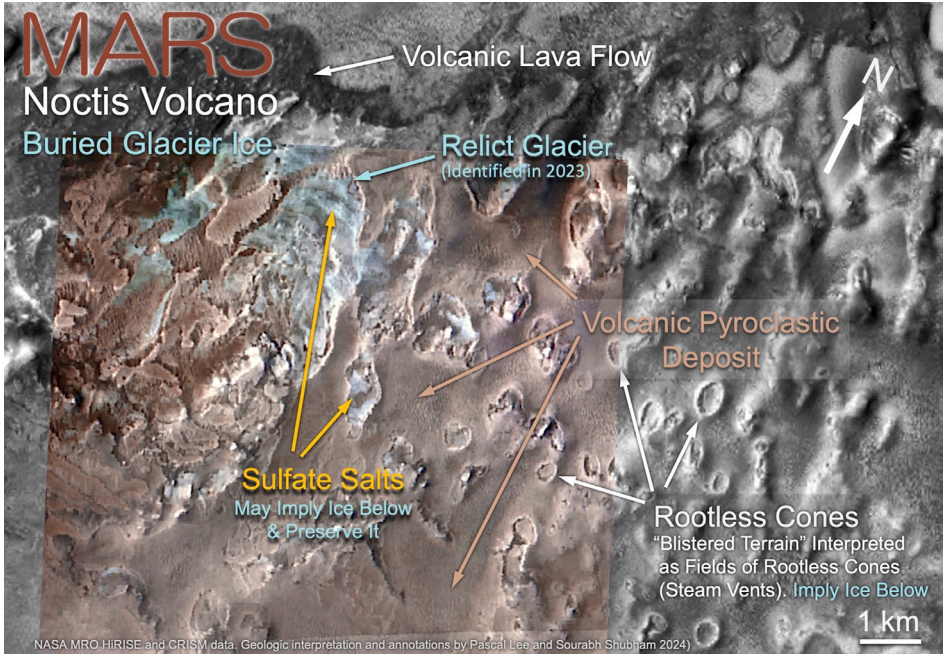
En plus du volcan, l'étude rapporte la découverte d'une vaste zone de 5 000 kilomètres carrés de dépôts volcaniques autour du volcan présentant un grand nombre de monticules bas, ressemblant à des cloques. Ce « terrain cloqué » est interprété comme un champ de « cônes sans racines », des monticules produits par un dégagement explosif de vapeur ou un gonflement de vapeur lorsqu'une fine couche de matériaux volcaniques chauds se dépose sur une surface riche en eau ou en glace.

Le volcan Noctis présente une histoire complexe de fracturation, d'érosion thermique et d'érosion glaciaire. Les chercheurs interprètent le volcan comme un vaste bouclier constitué d'accumulations de matériaux pyroclastiques, de laves et de glace, cette dernière résultant d'accumulations répétées de neige et de glaciers sur ses flancs. Au fur et à mesure que des fractures et des failles se sont développées, en particulier en relation avec le soulèvement de la vaste région de Tharsis sur laquelle

*Analyse détaillée de l'altimétrie de la région à l'aide des données de l'altimètre laser (MOLA) du MGS (Mars Global Surveyor), en combinaison avec des données d'imagerie haute résolution des caméras du MRO (Mars Reconnaissance Orbiter) et de Mars Express. En plus du sommet du volcan, des vestiges de la caldeira et des zones intérieures et extérieures, la carte topographique de droite montre le « glacier relique » découvert en 2023 et Noctis Landing, un site d'atterrissage candidat pour une future exploration robotique et humaine. (Mars Express HRSC/ESA/DLR/FU Berlin CC BY-SA 3.0 IGO; MGS MOLA/NASA; P. Lee, S. Shubham 2024)*

se trouve le volcan, les laves ont commencé à s'élever en divers endroits, entraînant une érosion thermique, l'élimination de grandes quantités de glace et l'effondrement catastrophique de pans entiers du volcan.

Les glaciations ultérieures ont poursuivi leur érosion, donnant à de nombreux canyons leur forme distinctive actuelle. Dans ce contexte, le « glacier relique » pourrait être un



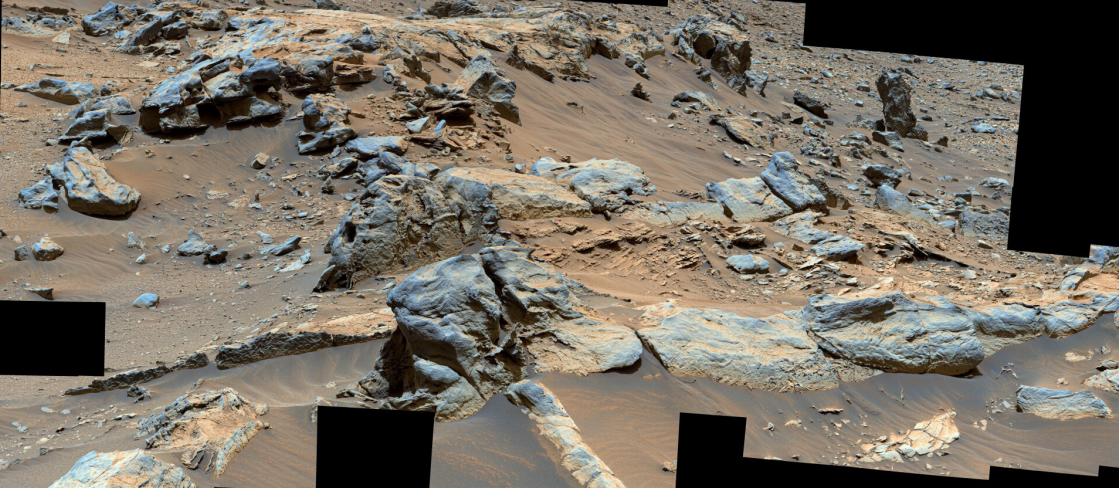
vestige du dernier épisode glaciaire affectant le volcan Noctis.

Beaucoup de choses restent mystérieuses. L'activité a dû se développer au début de l'histoire de Mars, mais quand exactement? Le volcan est-il toujours actif? Et s'il l'est depuis très longtemps, la combinaison chaleur-eau aurait-elle pu permettre au site d'abriter la vie?

Alors que les mystères entourant le volcan Noctis intriguent les scientifiques, le site apparaît déjà comme un endroit passionnant pour planifier l'exploration robotique et humaine. La présence possible de glace à faible profondeur près de l'équateur permettrait d'extraire de l'eau pour s'hydrater et fabriquer du carburant en la décomposant en hydrogène et oxygène.

*Une coulée de lave volcanique bien préservée et un dépôt pyroclastique dans la partie sud-est du volcan Noctis suggèrent que le volcan est resté actif même à une époque relativement récente. Le dépôt pyroclastique présente des « cloques » à sa surface, interprétées comme des « cônes sans racines » ou des événements de vapeur produits lorsque les matières pyroclastiques chaudes entrent en contact avec de la glace d'eau. Des brèches dans le dépôt pyroclastique révèlent des dépôts de couleur claire de sels de sulfate, produits attendus de réactions chimiques entre les matériaux pyroclastiques et la glace. Le plus grand dépôt de sulfates dans cette zone avait déjà été décrit comme un « glacier relique », car il présente un large éventail de traits morphologiques spécifiques aux glaciers, suggérant que la glace des glaciers pourrait encore être préservée, uniquement protégée sous une fine couche de sels de sulfate. Par extension, les cônes sans racines et autres dépôts de sulfate dans cette zone pourraient recouvrir encore plus de glace glaciaire.*

*(NASA/MRO/HiRISE/CTX/CRISM, P. Lee, S. Shubham 2024)*



## **Eau martienne**

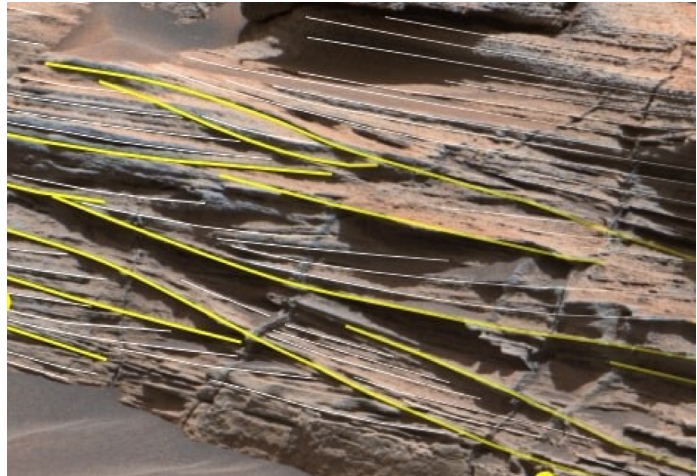
*Basé sur un communiqué Imperial College London*

Il y a des milliards d'années, Mars abritait de l'eau en abondance. Peu à peu, le climat a changé, asséchant la Planète rouge et créant le monde désertique poussiéreux que nous connaissons aujourd'hui. La découverte par le Rover Curiosity de déformations dans des strates de grès indique que l'eau était restée abondante dans le cratère Gale – un bassin aride de 150 km de diamètre juste au sud de l'équateur. – bien plus longtemps qu'on ne le pensait.

Ce résultat modifie nos idées sur l'évolution du climat de Mars, ainsi que sur les endroits favorables à la vie.

Quel processus a bien pu laisser ces indices dans le grès martien ? L'eau pourrait avoir été liquide, et forcée sous pression dans les sédiments, provoquant la déformation.

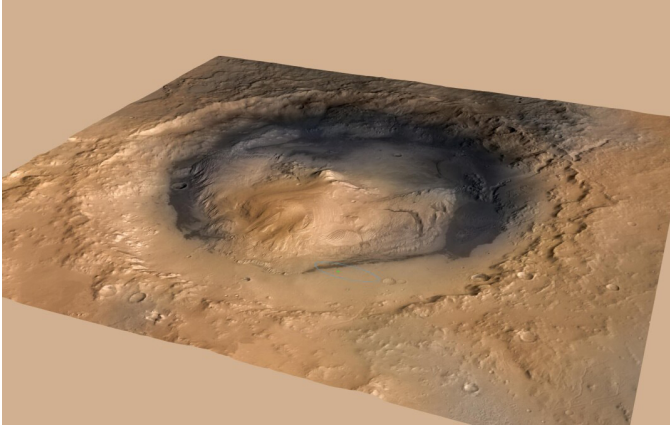
***Roche martienne composée d'anciens dépôts de dunes et de rides de vent. Les lignes blanches et jaunes soulignent des stratifications.***  
*(NASA/JPL-Caltech/MSSS)*



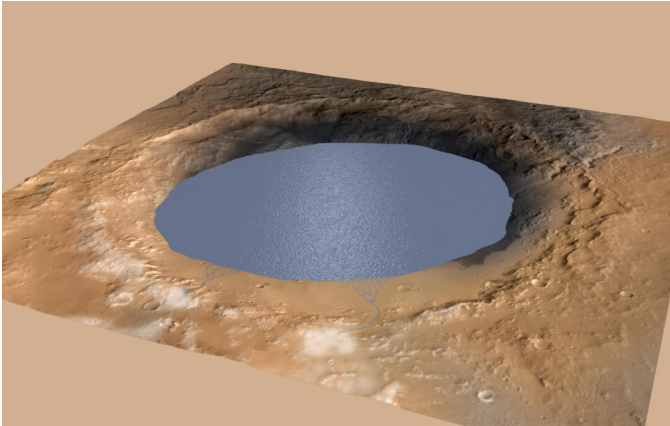
***Affleurement rocheux. La structure de Feòrachas montre des caractéristiques clairement influencées par l'eau.***  
*(NASA/JPL-Caltech/MSSS)*

Celle-ci était peut-être due à des cycles de congélation et décongélation. On peut aussi invoquer de l'eau très chargée en sels, sujette à de grandes variations de température. Derrière chacune de ces façons de déformer le grès, l'eau est le dénominateur commun.

Les scientifiques admettent que la majeure partie de l'eau de surface sur Mars a été perdue au milieu de la période hespérienne. Cette période géologique martienne est caractérisée par une activité volcanique soutenue et des inondations catastrophiques.



*En haut, le cratère Gale actuel. Peu à peu, le climat a changé, asséchant la Planète rouge et créant le monde désertique poussiéreux que nous connaissons aujourd'hui. En bas, illustration du cratère lorsqu'il abritait un lac.*  
(NASA/JPL-Caltech/ESA/DLR/FU Berlin/MSSS)



Elle a commencé il y a 3,7 milliards d'années, après le Grand Bombardement Tardif (LHB, Late Heavy Bombardment). On en situe mal la fin, quelque part entre il y a 2 et 3,2 milliards d'années, lorsque Mars était devenue froide et aride.

Ces nouvelles découvertes suggèrent que l'eau était en fait encore abondante juste sous la surface de Mars, vers la fin de l'Hespérien.

Curiosity explore le cratère Gale et le flanc nord de sa montagne centrale, appelée Mont Sharp, depuis 2012. Le cratère abrite une montagne de 5,5 km de haut qui a été construite en couches – d'abord par les sédiments entrants des lacs et des rivières, puis par les sédiments et les vents du désert pendant la période supposée d'assèchement de Mars.

À l'aide de Mastcam, la caméra scientifique principale de Curiosity, les chercheurs ont photographié des strates du mont Sharp pour comprendre comment les roches se sont formées. En effet, les sédiments laissent des empreintes caractéristiques des processus qui les ont formés lorsqu'ils sont déplacés par l'eau des rivières ou par le vent.

Au fur et à mesure que le rover montait dans la montagne, il rencontrait des roches de plus en plus jeunes déposées dans des environnements de plus en plus secs. Il a finalement atteint un dépôt de grès drapé sur le flanc de la montagne, la « formation de Stimson » – relique d'un désert contenant de grandes dunes de sable.

Les images ont révélé que Stimson est postérieure à la formation du mont Sharp, pendant la période supposée d'assèchement de Mars. Elles ont également montré qu'une partie du dépôt, la « structure Feòrachas », présentait des caractéristiques clairement dues à l'eau.

Habituellement, le vent dépose des sédiments de manière très régulière et prévisible. Les chercheurs ont constaté qu'au contraire, ces couches déposées par le vent étaient déformées en d'étranges formes, ce qui suggère que le sable avait bougé peu de temps après avoir été déposé. Ces structures indiquent la présence d'eau juste sous la surface.

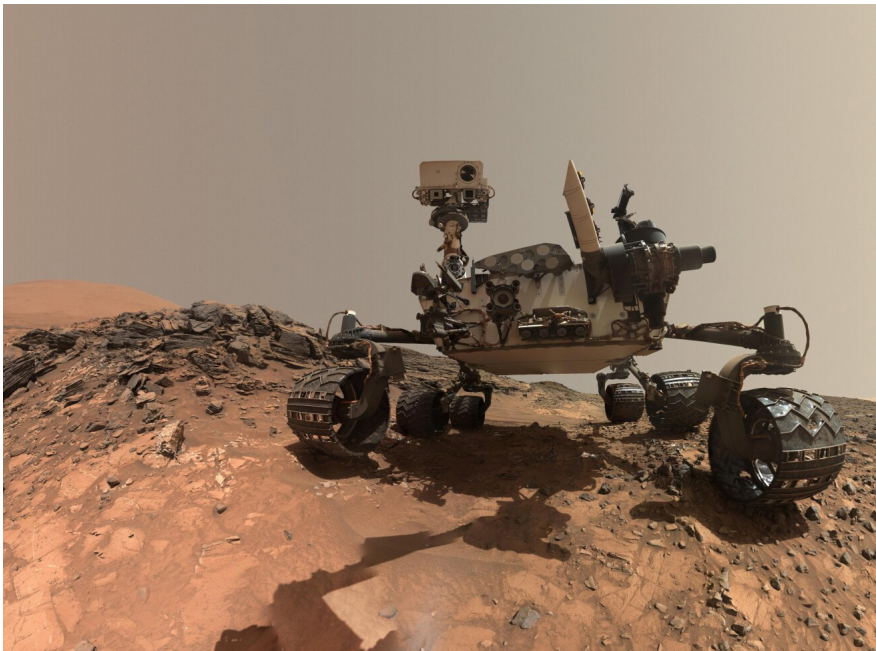
Les couches de sédiments dans le cratère révèlent le passage d'un environnement humide à un environnement sec, reflétant la transition de Mars d'un monde humide et habitable à un désert inhospitalier. Mais ces structures formées par l'eau dans le grès du désert montrent que l'eau a persisté sur Mars beaucoup plus tard qu'on ne le pensait.

La découverte des chercheurs a des implications pour les futures missions d'exploration spatiale, en particulier pour la recherche de signes de vie au-delà de la Terre. La formation de Stimson et d'autres grès désertiques similaires étaient auparavant considérés comme des cibles moins prometteuses lors de la recherche de preuves de vie primitive martienne. La découverte de ces structures formées par l'eau change cette notion.

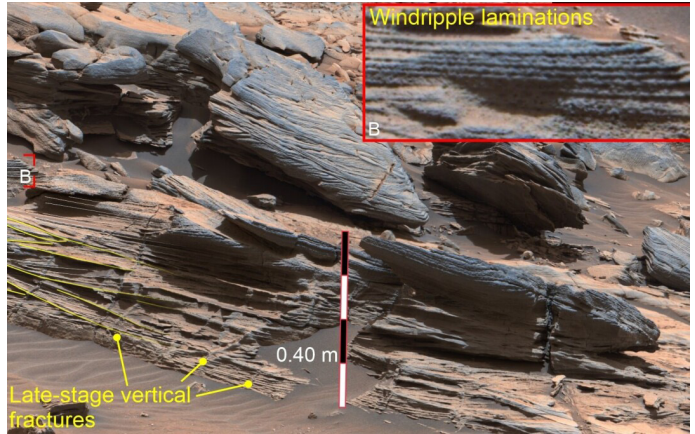
Déterminer si Mars et d'autres planètes ont été capables de soutenir la vie a été un moteur de la recherche planétaire depuis plus d'un demi-siècle. Ces résultats révèlent de nouvelles pistes d'exploration – mettant en lumière le potentiel de Mars à soutenir la vie et montrant là où il faut continuer à chercher de nouveaux indices.

Aucune trace de vie n'a encore été trouvée sur la Planète rouge, et le consensus est que tout ce que l'on pourrait trouver indiquerait la vie primitive la plus primitive – peut-être aussi simple que des molécules auto-répliquantes.

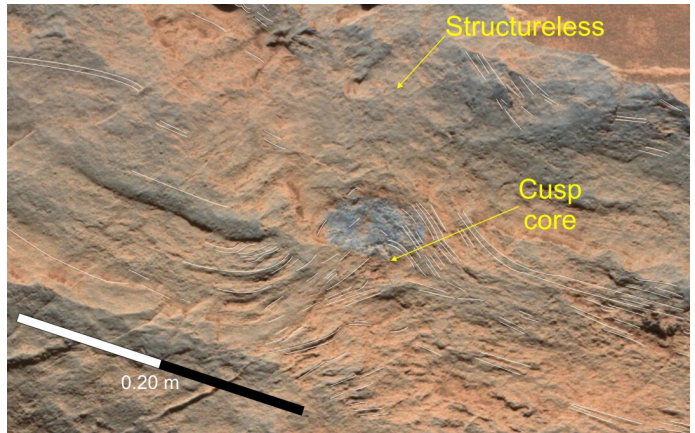
*Selfie de Curiosity.  
(NASA/  
JPL-Caltech/  
MSSS)*



*Affleurement rocheux présentant des ondulations évidentes.*



*Structures de déformation des sédiments préservées dans la roche, qui indiquent le mouvement de l'eau à travers les sédiments.*



*Vue de dessus du cratère Gale. Le mont Sharp est visible au centre et le site d'atterrissage de Curiosity est encerclé en haut à gauche.*

*(NASA/JPL-Caltech/ESA/DLR/FU Berlin/MSSS)*







▲ *Le rover martien Curiosity de la NASA a capturé le panorama à 360 degrés ci-dessus à l'aide de l'une des caméras de navigation le 3 février 2024, 4086<sup>e</sup> sol (jour martien) de la mission. Le panorama est composé de 36 images qui ont été assemblées après avoir été renvoyées sur Terre.*

*Depuis 2014, Curiosity gravit les contreforts du mont Sharp. Les couches de la base de la montagne se sont accumulées pendant des millions d'années sous un climat martien changeant, fournissant aux scientifiques un moyen d'étudier comment la présence d'eau et des ingrédients chimiques nécessaires à la vie a changé au fil du temps.*

► *Illustration de la zone gravie par Curiosity pour atteindre Gediz Vallis, qu'il explore depuis février. Les images capturées par la caméra HiRISE de la sonde MRO, ainsi que d'autres instruments, ont été utilisées pour réaliser cette visualisation.*

*La région est enrichie en sulfates, des minéraux salés qui se forment souvent lorsque l'eau s'évapore. Au bas de l'image se trouve la pente escaladée par Curiosity, qui comprend une alternance de bandes sombres et claires de matériaux sédimentaires sur lesquelles les scientifiques s'interrogent. Au-dessus de ces strates se trouve la vallée Gediz, d'une largeur d'une centaine de mètres. Les versants en sont couverts de sable sombre tandis que le fond est semé de rochers et d'autres débris. La vallée pourrait avoir été creusée dans la roche par une ancienne rivière ou des glissements de terrain. L'itinéraire représenté en jaune montre comment Curiosity a dévié pour étudier la crête de près.*

