

Chronique martienne

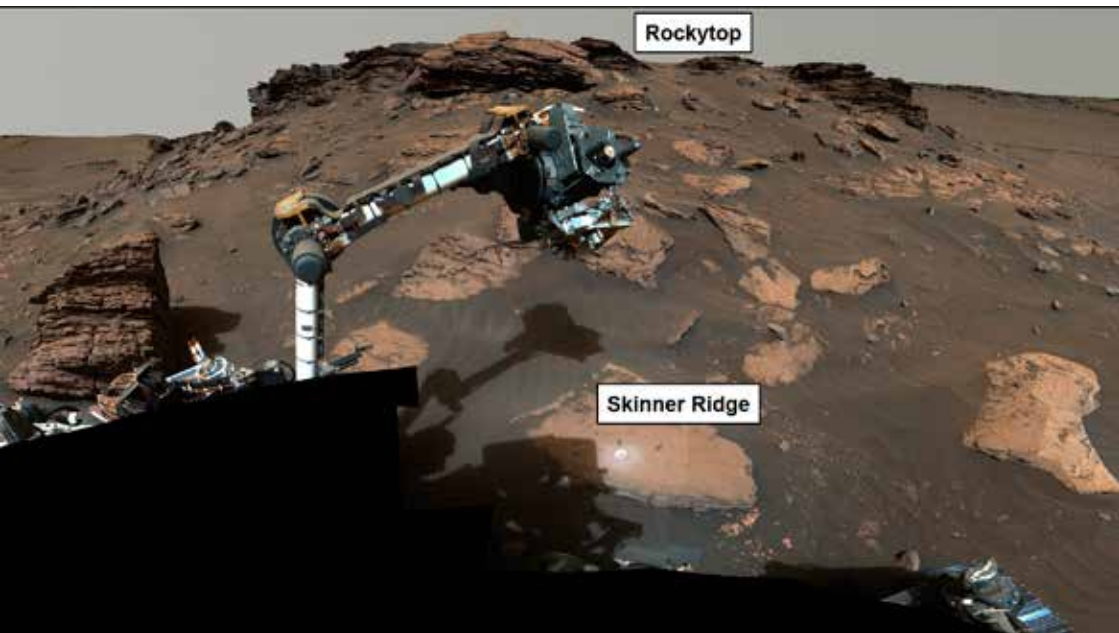
Perseverance sur Mars

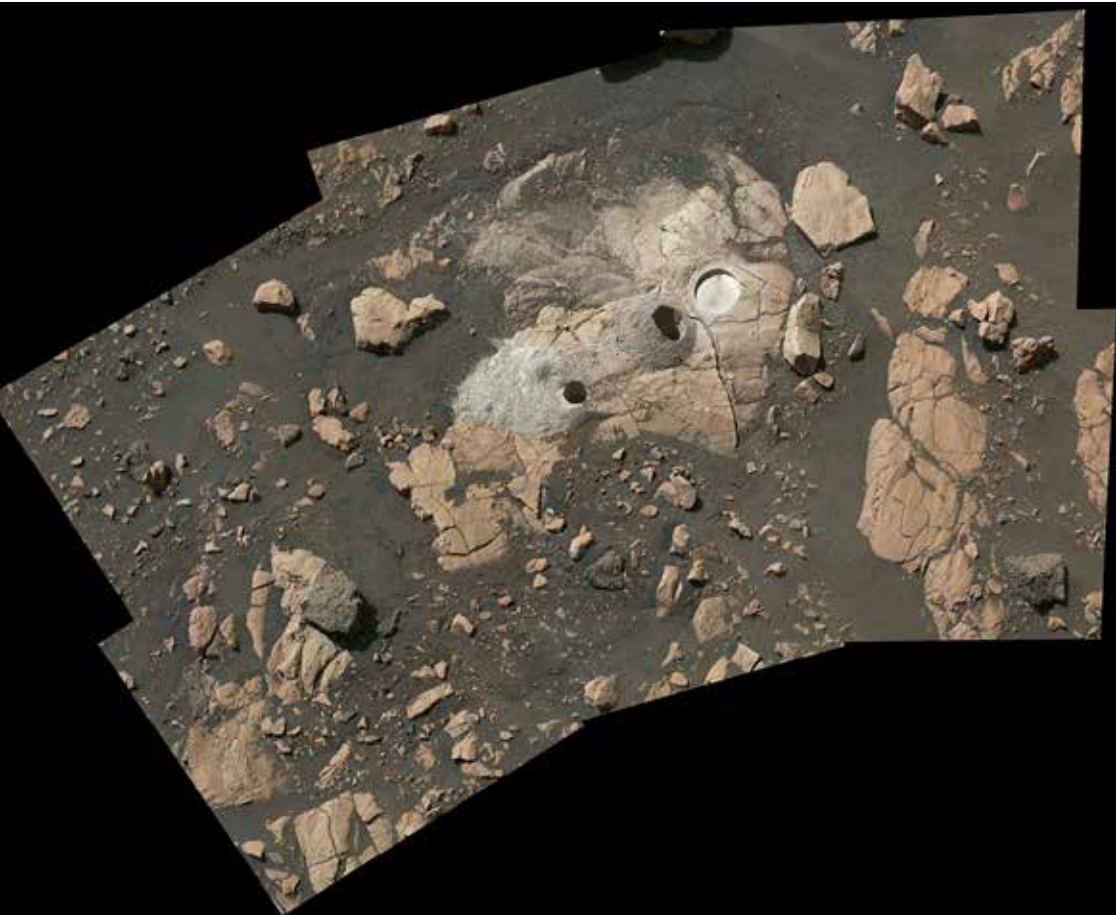
Basé sur un communiqué NASA

Les dernières découvertes fournissent de plus amples détails sur une région de la Planète rouge qui a un passé hydrique et fournissent des échantillons prometteurs pour la campagne NASA-ESA Mars Sample Return.

Le rover Perseverance est bien engagé dans sa deuxième campagne scientifique. Il recueille des échantillons de roches dans une région que les scientifiques considèrent depuis longtemps comme une des meilleures chances de trouver des signes de vie microbienne ancienne sur Mars. Depuis le 7 juillet, le rover a recueilli quatre carottes dans un ancien delta de rivière dans le cratère Jezero de la Planète rouge, ce qui porte à 12 le nombre total d'échantillons de roches scientifiquement convaincants.

Le rover Perseverance active son bras robotique autour d'un affleurement rocheux surnommé « Skinner Ridge » dans le cratère martien de Jezero. Composée de plusieurs images, cette mosaïque montre des roches sédimentaires stratifiées dans une falaise du delta, ainsi que l'un des endroits où le rover a réalisé un carottage pour analyser la composition d'une roche.
(NASA/JPL-Caltech/MSSS)





Le cratère Jezero a été choisi pour Perseverance car il semblait avoir les meilleures chances de fournir des échantillons scientifiquement excellents, ce qui s'est avéré. Les deux premières campagnes scientifiques ont permis d'obtenir une diversité étonnante d'échantillons à ramener sur Terre par la campagne de retour d'échantillons de Mars.

Large de 45 kilomètres, le cratère Jezero abrite un delta – une région en forme d'éventail qui s'est formée il y a environ 3,5 milliards d'années à la convergence d'une rivière martienne et d'un lac. Perseverance étudie actuellement les roches

Prélèvement d'échantillons et analyse de roches à « Wildcat Ridge ». Composée de plusieurs images du rover martien Perseverance, cette mosaïque montre l'affleurement rocheux « Wildcat Ridge », où le rover a extrait deux carottes de roche et abrasé une parcelle circulaire pour étudier la composition de la roche. (NASA/JPL-Caltech/ASU/MSSS)



L'itinéraire du rover martien Perseverance, depuis son site d'atterrissage au fond du cratère Jezero jusqu'au delta de l'ancienne rivière qu'il explore actuellement, est illustré sur cette image annotée composée de vues aériennes de la sonde Mars Reconnaissance Orbiter (MRO). L'étoile rouge indique l'emplacement du rover en septembre 2022.

Perseverance s'est posé à « Octavia E. Butler Landing » le 18 février 2021 et a exploré des formations connues sous les noms de Séítah » et Máaz sur le sol du cratère Jezero avant de se diriger vers le delta pour l'atteindre en avril 2022. C'est là qu'il y a des milliards d'années, une rivière se jetait dans un lac et déposait des roches et des sédiments. Les scientifiques considèrent que c'est l'un des meilleurs endroits sur Mars pour rechercher des signes potentiels de vie microbienne ancienne. Pour cette image, les scientifiques ont combiné plusieurs clichés de la caméra HiRISE (High Resolution Imaging Experiment) et des couleurs du CRISM (Compact Reconnaissance Imaging Spectrometer for Mars), deux instruments

embarqués sur MRO. Les images HiRISE utilisées couvrent une période allant de 2007 à 2017.

L'un des principaux objectifs de la mission de Perseverance sur Mars est l'astrobiologie, notamment la collecte d'échantillons susceptibles de contenir des signes de vie microbienne ancienne. Le rover doit caractériser la géologie et le climat ancien de la planète et ouvrir la voie à l'exploration humaine de la Planète rouge. Il est la première mission à collecter et à mettre en cache des roches et du régolithe martiens.

Les missions ultérieures de la NASA, en coopération avec l'ESA, enverront des engins spatiaux sur Mars pour prélever ces échantillons scellés à la surface et les ramener sur Terre pour une analyse approfondie. La mission Mars 2020 Perseverance fait partie de l'approche d'exploration de la Lune vers Mars de la NASA, qui comprend des missions Artemis vers la Lune qui aideront à préparer l'exploration humaine de la Planète rouge. (NASA/JPL-Caltech/University of Arizona/USGS/JHU-APL)

sédimentaires du delta, formées lorsque des particules de différentes tailles se sont déposées dans cet environnement autrefois humide. Au cours de sa première campagne scientifique, le rover a exploré le fond du cratère et a découvert des roches ignées, qui se forment en profondeur à partir du magma ou lors d'une activité volcanique en surface.

Le delta, avec ses diverses roches sédimentaires, contraste avec les roches ignées formées par la cristallisation du magma et découvertes au fond du cratère. Cette diversité éclaire l'histoire géologique après la formation du cratère. Par exemple, on a trouvé un grès incorporant des grains et des fragments de roche créés loin du cratère Jezero, en même temps que de l'argile contenant d'intéressants composés organiques.

« Wildcat Ridge » est le nom donné à un rocher d'environ un mètre de large qui s'est probablement formé il y a des milliards d'années lorsque de la boue et du sable fin se sont déposés dans un lac d'eau salée en cours d'évaporation. Le 20 juillet, le rover a abrasé une partie de la surface de Wildcat Ridge afin de pouvoir l'analyser avec le bien nommé SHERLOC (Scanning Habitable Environments with Raman & Luminescence for Organics & Chemicals).

SHERLOC a conclu que les échantillons présentent une série de molécules organiques qui sont spatialement corrélées avec des minéraux sulfatés. Les minéraux sulfatés trouvés dans les couches de roches sédimentaires peuvent fournir des informations importantes sur les environnements aqueux dans lesquels ils se sont formés.

Les molécules organiques consistent en une grande variété de composés constitués principalement de carbone et comprenant généralement des atomes d'hydrogène et d'oxygène. Elles peuvent également contenir d'autres éléments, comme l'azote, le phosphore et le soufre. Bien que certains processus chimiques produisant ces molécules ne nécessitent pas la vie, certains de ces composés sont les éléments chimiques constitutifs de la vie.

La présence de ces molécules spécifiques est considérée comme une biosignature potentielle – une substance ou une structure qui pourrait être une preuve de vie passée, mais qui peut aussi avoir été produite sans la présence de la vie.

En 2013, le rover Curiosity avait trouvé des preuves de matière organique dans des échantillons de poudre de roche. Perseverance avait aussi déjà détecté des composés organiques dans le cratère Jezero. Mais la nouvelle détection montre la plus forte abondance trouvée par la mission à ce jour. Elle a été faite dans un ancien lac où des sédiments et des sels avaient été déposés dans un passé lointain, lorsque existaient des conditions favorables à la vie.

Le fait que la matière organique ait été trouvée dans une telle roche sédimentaire – connue pour préserver des fossiles de la vie ancienne sur Terre – est important. Cependant, aussi performants que soient les instruments à bord de Perseverance, les conclusions concernant le contenu de l'échantillon de Wildcat Ridge devront attendre son retour sur Terre pour une étude approfondie dans le cadre de la campagne NASA-ESA de retour d'échantillons martiens.

La première étape de la campagne NASA-ESA de retour d'échantillons de Mars a commencé lorsque Perseverance a prélevé son premier échantillon de roche en septembre 2021. En plus de ses échantillons de carottes de roche, le rover a collecté un échantillon atmosphérique et deux tubes témoins, qui sont tous stockés dans le rover.

La diversité géologique des échantillons déjà transportés dans le rover est si bonne que l'équipe du rover envisage de déposer des tubes témoins près de la base du delta dans environ deux mois. Ensuite le rover poursuivra ses explorations du delta.

Dans quelques années les échantillons seront ramenés sur Terre par d'autres engins spatiaux, pour que les scientifiques puissent les étudier dans les moindres détails.

Anciens lacs martiens

Basé sur un communiqué Université de Hong Kong

Le nombre d'anciens lacs martiens pourrait avoir été considérablement sous-estimé par les scientifiques.

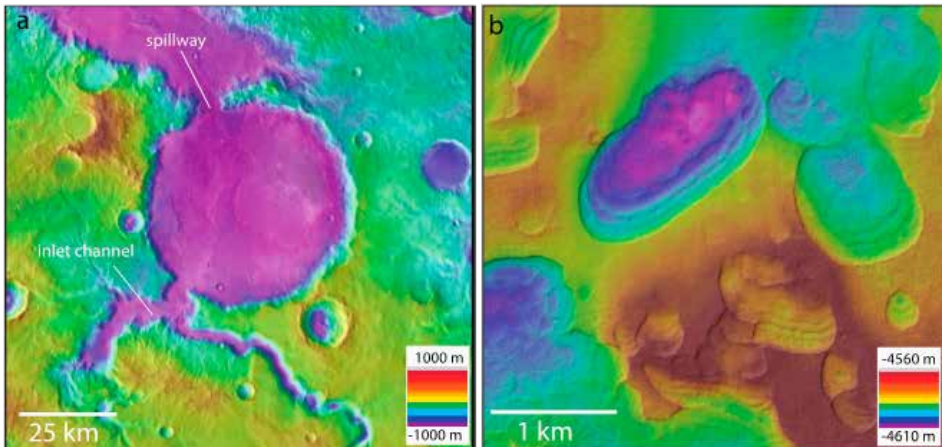
Les lacs sont des étendues d'eau alimentées par les précipitations, la fonte des neiges, les rivières et les eaux souterraines, grâce auxquelles la Terre regorge de vie. Les lacs contiennent également des enregistrements géologiques essentiels des climats passés. Bien que la planète Mars soit aujourd'hui un désert glacé, les scientifiques ont montré qu'elle contenait des preuves de l'existence d'anciens lacs il y a des milliards d'années, qui pourraient témoigner d'une vie ancienne et des conditions climatiques de la Planète rouge. Une méta-analyse portant sur plusieurs années de données satellitaires et montrant la présence de lacs sur Mars, suggère que les scientifiques ont beaucoup sous-estimé la quantité d'anciens lacs ayant existé.

L'analyse globale des anciens lacs martiens a révélé environ 500 anciens lacs sur Mars, mais presque tous ont une superficie de plus de 100 km². Sur Terre, 70% des lacs sont plus petits que cela et ils se trouvent dans des régions froides où des glaciers se sont retirés.

Ces lacs de petite taille sont difficiles à identifier sur Mars par télédétection satellitaire, mais de nombreux petits lacs ont probablement existé. Il est probable qu'au moins 70% des lacs martiens n'ont pas encore été découverts. Les scientifiques surveillent ces petits lacs sur Terre afin de comprendre le changement climatique. Les petits lacs manquants sur Mars pourraient également contenir des informations essentielles sur les climats passés.

La nouvelle analyse rapporte également que la plupart des lacs martiens connus datent d'une période comprise entre 3,5 et 4,5 milliards d'années, mais chacun des lacs pourrait n'avoir duré qu'un temps géologiquement court (10 000 à 100 000 ans). Cela signifie que l'ancienne Mars était probablement froide et sèche comme maintenant, mais qu'elle s'est réchauffée épisodiquement pendant de courtes périodes. En raison de la faible gravité

Exemple d'un grand lac de cratère d'impact sur Mars (a) et d'un petit lac de permafrost sur Mars. Les deux images montrent les données d'élévation des instruments MOLA (Mars Orbiter Laser Altimeter) et HRSC High Resolution Stereo Camera) drapées sur les images de THEMIS (a) et CTX (b). (ESA/JPL/NASA/ASU/MSSS)





*Le lac du cratère des Pinguicula, au Canada, est un exemple moderne de lac de cratère d'impact froid sur Terre, analogue aux anciens lacs de cratère sur Mars.
(Google Earth)*

martienne et de l'omniprésence d'un sol à grains fins, les lacs de Mars auraient été très troubles et n'auraient peut-être pas permis à la lumière de pénétrer très profondément, ce qui aurait pu représenter un défi pour une vie photosynthétique.

Les lacs contiennent de l'eau, des nutriments et des sources d'énergie pour une éventuelle vie microbienne, y compris la lumière pour la photosynthèse. Par conséquent, les lacs sont les cibles privilégiées de l'exploration astrobiologique par les rovers martiens tels que Perseverance, actuellement en action sur Mars. Mais tous les lacs ne sont pas créés égaux. En d'autres termes, certains lacs martiens seraient plus intéressants pour la vie microbienne que d'autres, car certains lacs étaient grands, profonds, avaient une longue durée de vie et présentaient un large éventail d'environnements tels que des systèmes hydrothermaux qui auraient pu être propices à la formation d'une vie simple. De ce point de vue, il pourrait être judicieux de cibler les grands lacs anciens et à l'environnement diversifié pour une exploration future.

La Terre abrite de nombreux environnements qui peuvent servir d'analogues à d'autres planètes. Du terrain accidenté du Svalbard aux profondeurs du lac Mono, on peut déterminer comment concevoir des outils pour détecter la vie ailleurs. La plupart de ces outils visent à détecter les restes et les résidus de la vie microbienne. La Chine a réussi à faire atterrir son premier rover, Zhurong, sur Mars en mai de cette année. Zhurong parcourt actuellement les plaines d'Utopia Planitia, à la recherche d'indices minéralogiques et chimiques sur les récents changements climatiques. La Chine prévoit également une mission de retour d'échantillons, probablement à la fin de cette décennie, qui pourrait cibler l'un des dépôts lacustres intéressants.

Impacts martiens

Basé sur un communiqué NASA/JPL

En 2020 et 2021 l'atterrisseur InSight a détecté des ondes sismiques et acoustiques provenant de quatre impacts martiens. C'est la première fois que de telles observations sont faites sur la Planète rouge. Ces impacts se sont produits dans la plaine d'Elysium Planitia, entre 85 et 290 kilomètres de l'emplacement d'InSight.

La première des quatre météorites a fait l'entrée la plus spectaculaire. Elle a explosé dans l'atmosphère de Mars le 5 septembre 2021, en au moins trois fragments qui ont chacun laissé un cratère derrière eux.

Le satellite MRO (Mars Reconnaissance Orbiter) a survolé le site d'impact estimé pour en confirmer l'emplacement. La caméra noir et blanc « Context » du MRO a révélé trois taches sombres à la surface. Après avoir localisé ces taches, les scientifiques ont utilisé la caméra HiRISE (High-Resolution Imaging Science Experiment) pour obtenir un gros plan

en couleur des cratères (le météoroïde aurait pu laisser d'autres cratères à la surface, mais ils seraient trop petits pour être visibles sur les images de HiRISE).

Après avoir passé au peigne fin les données antérieures, les scientifiques ont confirmé que trois autres impacts avaient eu lieu le 27 mai 2020, le 18 février 2021 et le 31 août 2021. Ils se sont demandé pourquoi ils n'avaient pas détecté davantage d'impacts de météorites sur Mars. La planète se trouve à proximité de la ceinture principale d'astéroïdes, qui fournit une grande quantité de rochers susceptibles de heurter le sol. L'atmosphère de Mars étant moins de cent fois moins dense que celle de la Terre, davantage de météoroïdes la traversent sans se désintégrer.

Cratères martiens formés par l'impact du 5 septembre 2021, le premier de ceux détectés par InSight. Les couleurs sont codées pour représenter l'importance des soulèvements de terre et de poussières. (NASA/JPL-Caltech/University of Arizona)





Les trois autres impacts détectés par InSight et photographiés par la caméra HiRISE de l'orbiteur MRO. (NASA/JPL-Caltech/University of Arizona)

Le sismomètre d'InSight a détecté plus de 1 300 tremblements de terre. Cet instrument est si sensible qu'il peut détecter des ondes sismiques à des milliers de kilomètres de distance. Mais l'événement du 5 septembre 2021 marque la première fois qu'un impact a été confirmé comme étant la cause de telles ondes.

L'équipe d'InSight soupçonne que d'autres impacts ont pu être masqués par le bruit du vent ou par les changements saisonniers de l'atmosphère. Mais maintenant que la signature sismique distinctive d'un impact sur Mars a été découverte, les scientifiques espèrent en trouver d'autres qui se cachent dans les presque quatre années de données d'InSight.

Les données sismiques offrent divers indices qui aideront les chercheurs à mieux

comprendre la Planète rouge. La plupart des tremblements de terre sont dus à la fissuration des roches souterraines sous l'effet de la chaleur et de la pression. L'étude de l'évolution des ondes sismiques qui en résultent lorsqu'elles se déplacent à travers différents matériaux permet aux scientifiques d'étudier la croûte, le manteau et le noyau de Mars.

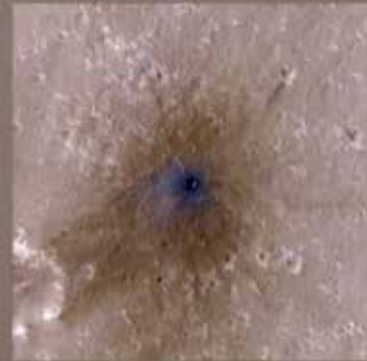
Les quatre impacts de météorites confirmés jusqu'à présent ont produit de petits tremblements de terre d'une magnitude ne dépassant pas 2,0. Ces petits tremblements

Le 5 septembre 2021, le sismomètre a détecté un tremblement de terre dû à l'impact d'une météorite sur la surface de la planète, créant ainsi plusieurs cratères.

<https://soundcloud.com/nasa/insight-captures-sound-of-a-meteoroid-striking-mars>

L'enregistrement du son révèle trois moments distincts : l'entrée dans l'atmosphère, l'explosion en morceaux et l'impact au sol. Le son est particulier par suite d'un effet atmosphérique qui a également été observé dans les déserts de la Terre, où les sons graves arrivent avant les sons aigus.

(CNES/IPGP)





de terre ne donnent aux scientifiques qu'un aperçu de la croûte martienne, tandis que les signaux sismiques provenant de tremblements de terre plus importants, comme celui de magnitude 5 qui s'est produit en mai 2022, peuvent également révéler des détails sur le manteau et le noyau de la planète.

Les impacts seront essentiels pour affiner la chronologie de Mars. On peut les voir comme les horloges du Système solaire.

Les scientifiques peuvent estimer l'âge de la surface d'une planète en comptant ses cratères d'impact. Plus ils sont nombreux, plus la surface est ancienne. En étalonnant leurs modèles statistiques sur la base de la fréquence des impacts actuels, les scientifiques peuvent ensuite estimer combien d'impacts se sont produits plus tôt dans l'histoire du Système solaire. Il faut donc connaître exactement le taux d'impact actuel pour estimer l'âge des différentes surfaces.

Les données d'InSight, combinées aux images orbitales, peuvent être utilisées pour reconstruire la trajectoire d'un météoroïde. Chaque météoroïde crée une onde de choc lorsqu'il heurte l'atmosphère et une explosion lorsqu'il touche le sol. Ces événements

L'instrument SEIS d'InSight attend patiemment de capter toute vibration à travers le sol. L'autre instrument principal d'InSight, HP3, qui mesure les flux de chaleur, est visible à gauche. (NASA/JPL-Caltech)

envoient des ondes sonores dans l'atmosphère. Plus l'explosion est importante, plus cette onde sonore fait basculer le sol lorsqu'elle atteint InSight. Le sismomètre de l'atterrisseur est suffisamment sensible pour mesurer l'ampleur du mouvement du sol dû à un tel événement et sa direction.

On peut donc maintenant associer des cratères de tailles différentes à des ondes sismiques et acoustiques spécifiques.

L'atterrisseur a encore du temps pour étudier Mars. L'accumulation de poussière sur les panneaux solaires réduit progressivement sa puissance et finira par entraîner l'arrêt de l'engin. Il est difficile de prédire précisément quand, mais sur la base des derniers relevés de puissance, les ingénieurs pensent maintenant que l'atterrisseur pourrait s'arrêter entre octobre de cette année et janvier 2023.

Barkhanes martiennes

*Basé sur des communiqués NASA/
JPL-Caltech/Univ. d'Arizona*

Lorsque les conditions sont parfaites pour produire des dunes de sable – un vent régulier dans une direction et juste assez de sable – des dunes en forme de croissant se développent : les barkhanes. Le mot est un terme russe car ce type de dune a été décrit pour la première fois dans les régions désertiques du Turkestan. Les barkhanes sont communes à la fois sur Terre et sur Mars. Habituellement, ces dunes ont une forme très particulière et sont importantes car elles peuvent renseigner les scientifiques sur l'environnement dans lequel elles se sont formées et sur la direction des vents.

Les arcs de sable qui définissent les barkhanes se terminent en « cornes » qui pointent vers le vent, tandis que le sable est soufflé en crêtes et en pentes.

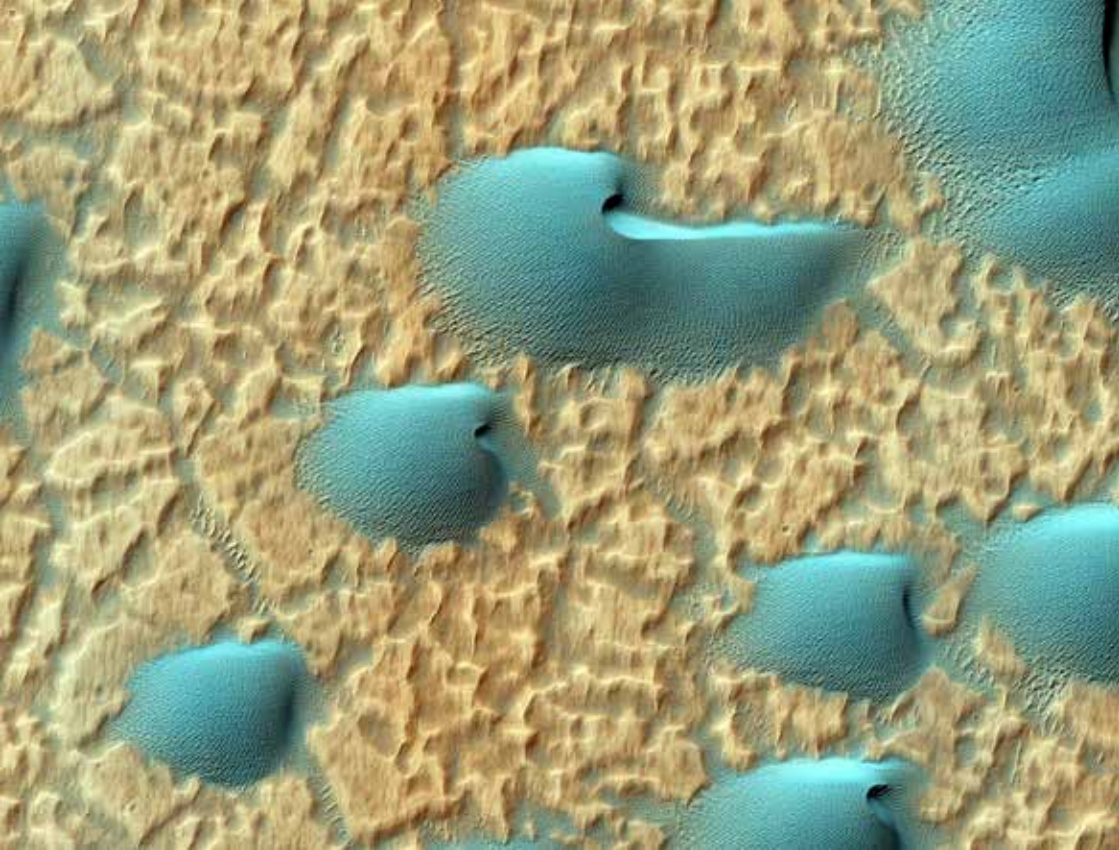
La caméra à haute résolution HiRISE de la sonde Mars Reconnaissance Orbiter, permet de prendre des photos du sol martien avec une

très bonne résolution, une trentaine de centimètres par pixel.

La caméra HiRISE fonctionne dans les longueurs d'onde visibles, mais avec un objectif télescopique qui en fait l'une des caméras à la plus haute résolution actuellement dans l'espace. Ces images à haute résolution permettent aux scientifiques de distinguer des objets de la taille d'un mètre sur Mars et d'étudier la structure de la surface de manière beaucoup plus complète que toute autre mission martienne.

La caméra HiRISE de la sonde Mars Reconnaissance Orbiter montre un champ de barkhanes le long d'une falaise dans le Chasma Boreale, au pôle Nord de Mars. Les vents au pôle doivent tourbillonner dans différentes directions car les dunes n'ont pas la forme classique du croissant ou du chevron. L'image a été prise en utilisant le filtre rouge-vert-bleu de la caméra, ce qui donne au sable un aspect bleu. (NASA/JPL-Caltech/UArizona)





HiRISE effectue également des observations dans le proche infrarouge pour obtenir des informations sur les minéraux présents. MRO est en orbite autour de Mars depuis 2006 et la longévité de la mission permet aux planétologues de suivre les changements au fil du temps. Le but de ces images est de permettre à l'équipe de suivre les changements saisonniers dans cette région.

*Ce champ de dunes se trouve sur le sol d'un ancien cratère de Noachis Terra, l'un des terrains les plus anciens de Mars. Les barkhanes ont une pente douce du côté du vent et une pente beaucoup plus raide du côté sous le vent où se forment souvent des cornes ou une encoche. Dans ce cas, le vent venait du sud-ouest. Les couleurs sur la photographie ne sont pas naturelles car elles incluent une composante infrarouge qui peut nous donner des indices sur la composition de la surface. Sur Mars, les dunes sont souvent de couleur sombre car elles ont été formées à partir de basalte, une roche volcanique commune. Dans un environnement sec, les minéraux sombres du basalte, comme l'olivine et le pyroxène, ne se décomposent pas aussi rapidement que sur Terre. Bien que rare, on trouve du sable foncé sur Terre, par exemple à Hawaï qui compte de nombreux volcans rejetant du basalte.
(NASA/JPL-Caltech/Univ. d'Arizona)*



Barkhanes près du pôle nord de Mars. Le pôle nord est entouré d'une vaste « mer » de dunes de sable basaltique. Dans ce cas, les vents les plus forts soufflaient approximativement du sud au nord.

Les dunes et la surface environnante semblent brillantes car elles sont recouvertes de gel saisonnier laissé par l'hiver de l'hémisphère nord. Le givre de dioxyde de carbone qui s'est accumulé pendant l'hiver est en train de se sublimer et la surface sous-jacente se révèle (taches sombres).

Composées principalement de sable basaltique, les dunes apparaissent sombres pendant l'été de l'hémisphère nord.

(NASA/JPL-Caltech/Univ. d'Arizona)