

# Echos de Mars

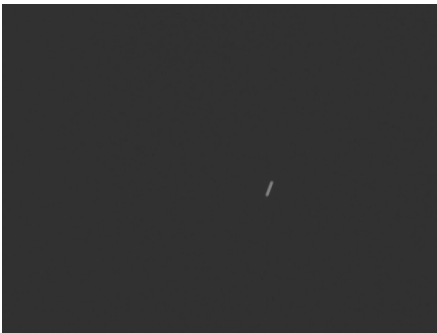
## ***La comète 3I/ATLAS vue de Mars***

*Basé sur des communiqués ESA et NASA*

Entre le 1<sup>er</sup> et le 7 octobre, les sondes ExoMars (TGO), Mars Express, ainsi que Perseverance, ont tourné leurs yeux vers la comète interstellaire 3I/ATLAS, alors qu'elle se trouvait à 30 millions de kilomètres d'elles.

Les caméras sont conçues pour photographier la surface brillante de Mars et les scientifiques ne savaient pas ce que donneraient des observations d'une cible aussi faible et lointaine.

Si le noyau est bien trop petit pour être vu, la chevelure, mesurant quelques milliers de kilomètres de diamètre, est clairement visible sur les images prises par la caméra CaSSIS d'ExoMars. Elle se forme à l'approche de 3I/ATLAS du Soleil. La chaleur et le rayonnement solaires donnent vie à la comète, provoquant la libération de gaz et de poussières qui forment ce halo autour du noyau.



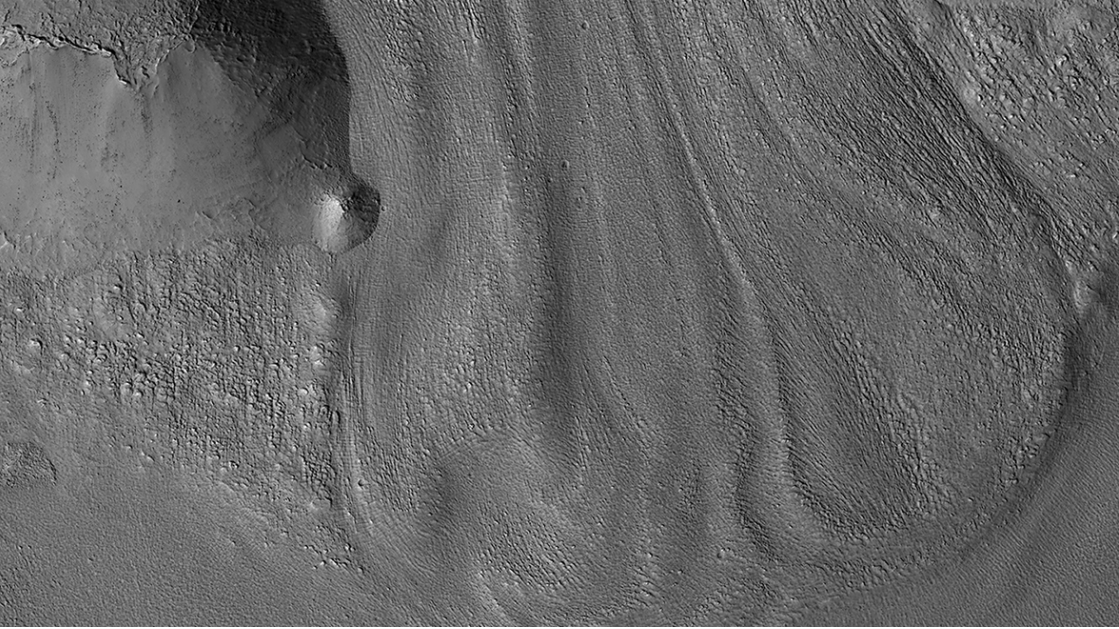
***La comète interstellaire 3I/ATLAS photographiée le 3 octobre, par l'orbiteur ExoMars Trace Gas Orbiter (TGO) de l'ESA alors qu'elle passait près de Mars. ExoMars TGO a utilisé la caméra CaSSIS (Colour and Stereo Surface Imaging System) pour capturer la comète. (ESA/TGO/CaSSIS)***

Généralement, la matière de la chevelure est entraînée dans une longue queue, qui peut atteindre des millions de kilomètres de long à mesure que la comète se rapproche du Soleil. Cette queue est beaucoup plus faible que la chevelure. On ne la voit pas sur les images de CaSSIS, mais elle pourrait devenir plus visible lors d'observations futures à mesure que la comète continue de se réchauffer et de libérer davantage de particules.

Mars Express a eu moins de succès et 3I/ATLAS ne s'est pas encore révélée sur les images, en partie parce que celles-ci ont été prises avec un temps d'exposition de seulement 0,5 seconde (la limite maximale pour Mars Express) contre cinq secondes pour ExoMars.

Au sol, le robot Perseverance a peut-être capturé la trace de la comète au moyen d'une caméra de navigation située sur son mât.

***◀ Depuis le sol martien, cette fois, le rover Perseverance a obtenu cette image, le 4 octobre, à l'aide de sa caméra Navcam. (NASA/JPL-Caltech)***



## **Glaciers martiens**

*Basé sur un communiqué  
Planetary Science Institute*

Les flancs des montagnes et des cratères martiens présentent des glaciers qui se déplacent extrêmement lentement et que l'on pensait principalement constitués de roches emprisonnées dans de la glace.

Les travaux menés au cours des 20 dernières années ont démontré qu'au moins certains de ces glaciers sont principalement constitués de glace pure, recouverte d'une fine couche de roche et de poussière. Cependant, selon une nouvelle étude, les glaciers de toute la planète contiennent en réalité plus de 80 % de glace d'eau, ce qui constitue une découverte importante. En fin de compte, cela signifie que les dépôts de glace glaciaire de Mars sont presque purs à l'échelle globale, ce qui permet de mieux comprendre l'histoire climatique de Mars et constitue une ressource potentielle pour une utilisation future.

L'analyse des glaciers recouverts de débris a toujours été compliquée. Différentes techniques avaient été appliquées pour plusieurs sites et les résultats étaient diffi-

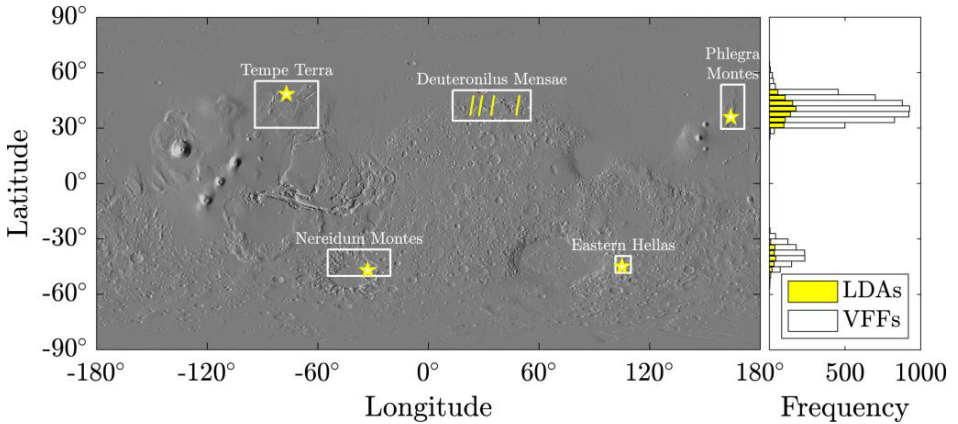
***Exemple de glacier martien recouvert de débris. De nouvelles recherches suggèrent que la glace y est plus pure qu'on ne le pensait, ce qui a des implications pour la compréhension du bilan hydrique global de Mars et l'utilisation des ressources lors de futures expéditions.***

***(NASA/JPL-Caltech/University of Arizona)***

cilement comparables. L'un des sites de la nouvelle étude n'avait jamais été étudié, et sur deux des cinq sites examinés, seule une analyse partielle avait été réalisée.

Les chercheurs ont décidé de normaliser la manière dont ces glaciers sont analysés. Ils ont mesuré leur propriétés diélectriques, la vitesse à laquelle les ondes radar se déplacent, et celle à laquelle elles perdent leur énergie (la « tangente de perte »). À partir de ces mesures, les chercheurs peuvent déduire la proportion roche-glace au sein d'un glacier. Cela ne peut pas être fait à partir d'une observation visuelle des glaciers dont la surface est recouverte de poussière et de roches.

Un autre site a pu être analysé avec le radar SHARAD du MRO (Mars Reconnaissance Orbiter). Au total, cinq sites répartis sur la



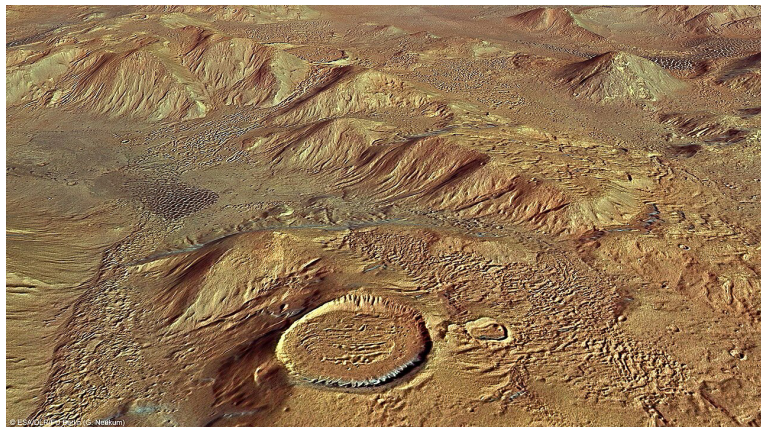
Planète rouge ont rendu possible une comparaison à l'échelle globale.

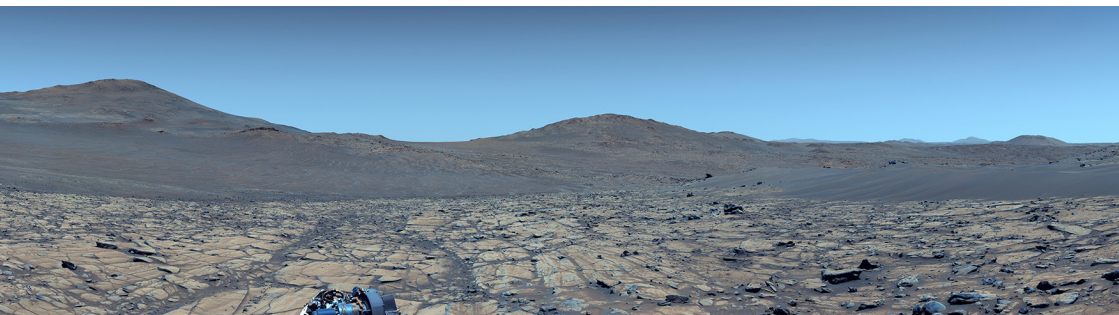
Il est apparu que tous les glaciers, même ceux situés dans des hémisphères opposés, ont presque les mêmes propriétés. Cela signifie que les mécanismes de formation et de préservation sont probablement les mêmes partout. On peut en conclure que Mars a connu une glaciation généralisée ou une succession de glaciations aux caractéristiques similaires.

Connaître la pureté minimale de ces glaciers permet de mieux comprendre les processus qui les forment et les préservent. De plus, cela aide à planifier les futures explorations humaines de Mars, où l'utilisation des ressources locales, telles que l'eau, devient essentielle.

*Les sites étudiés pour déterminer la pureté des glaciers. Le fait que ces sites disparates présentent tous un même rapport glace/roche implique que Mars a connu une glaciation importante, ou plusieurs glaciations ayant des propriétés similaires. (Steinberg et al.)*

*Perspective générée par ordinateur de Nereidum Montes à partir d'images HRSC de la sonde Mars Express. (ESA)*





## ***Perseverance sur Mars***

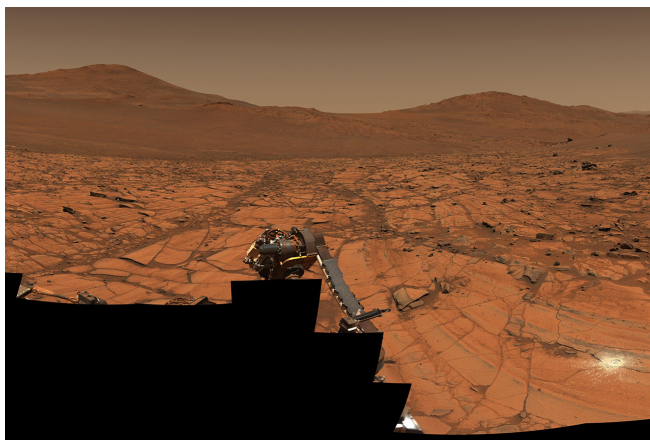
*Basé sur un communiqué NASA*

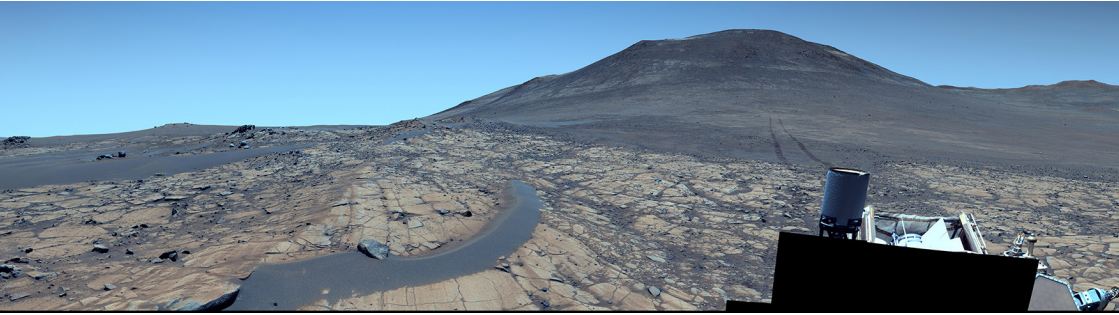
L'équipe du rover martien Perseverance a capturé l'un des panoramas les plus nets de la mission à ce jour. La mosaïque, assemblée à partir de 96 images prises à un endroit surnommé « Falbreen », montre un rocher qui semble reposer sur une ondulation de sable, une ligne de démarcation entre deux unités géologiques et des collines distantes de 65 kilomètres. La version en couleurs « améliorées » montre un ciel martien remarquablement clair et d'un bleu trompeur, tandis que la version en couleurs naturelles est beaucoup moins appétissante.

Un détail a retenu l'attention des chercheurs, un gros rocher qui semble reposer sur une ondulation de sable sombre en forme de croissant, à droite du centre de la mosaïque, à environ 4,4 mètres du rover. Les géologues appellent ce type de roche une « roche flottante », car elle s'est très probablement formée ailleurs et a été transportée jusqu'à son emplacement actuel. On ignore si celle-ci est arrivée là par un glissement de terrain, ou poussée par l'eau ou le vent, mais on soupçonne qu'elle était déjà en place avant la formation de l'ondulation de sable.

Le cercle blanc brillant, juste à gauche du centre et près du bas de l'image, est un site d'abrasion. Il s'agit de la 43<sup>e</sup> roche forée par Perseverance depuis son atterrissage sur Mars. D'une largeur de cinq centimètres, cette zone peu profonde a été creusée pour pouvoir observer ce qui se cache sous la surface poussiéreuse et altérée. Cette opération permet de décider de prélever une carotte qui sera stockée dans l'un des tubes d'échantillonnage en titane de la mission.

Le rover a réalisé cette abrasion le 22 mai et a effectué une analyse détaillée des roches et du sol environnants deux jours plus tard grâce aux instruments montés sur son bras. Le site de Falbreen est d'un grand intérêt, car il se situe sur ce qui pourrait être l'un des terrains les plus anciens jamais explorés par





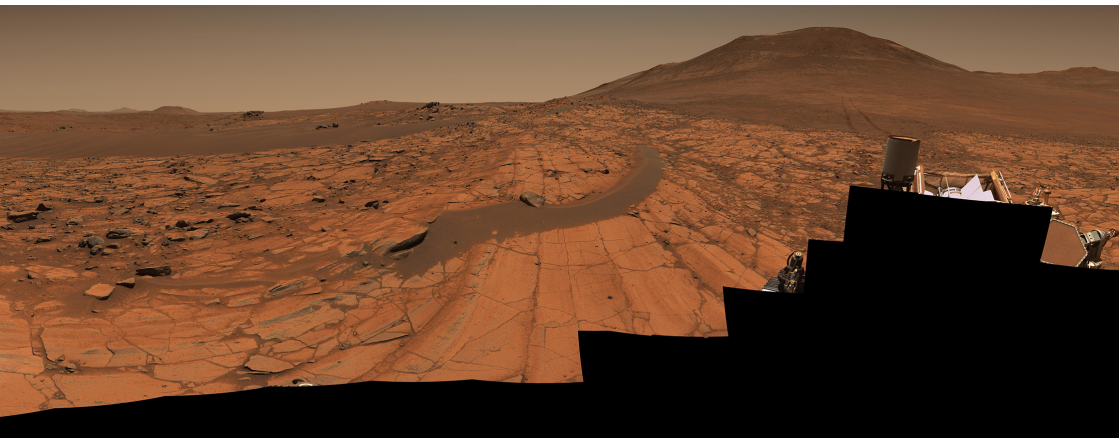
Perseverance, peut-être même plus ancien que le cratère Jezero.

Les traces du trajet du rover jusqu'à cet emplacement sont visibles sur la droite de la mosaïque. À environ 90 mètres, elles bifurquent à gauche et disparaissent en se dirigeant vers le site « Kenmore » visité précédemment.

S'étendant en travers de la mosaïque, entre les roches claires et les roches plus foncées, se trouve la ligne de démarcation, ou de contact, entre deux unités géologiques. Les roches plates et claires, plus proches du rover, sont riches en olivine, un minéral, tandis que les roches plus foncées, plus éloignées, seraient des roches argileuses beaucoup plus anciennes.

*Le rover Perseverance de la NASA a utilisé sa caméra Mastcam-Z pour capturer ce panorama à 360 degrés d'une zone surnommée « Falbreen » le 26 mai 2025, soit le 1 516<sup>e</sup> jour martien, ou sol, de la mission. 96 images ont été assemblées pour créer ce panorama. Cette version aux couleurs et contraste « améliorés » montre un ciel martien remarquablement clair et d'un bleu trompeur.  
(NASA/JPL-Caltech/ASU/MSSS)*

*Version en couleurs naturelles du panorama « Falbreen ». On distingue la 43<sup>e</sup> abrasion effectuée par Perseverance (la tache blanche au centre gauche).  
(NASA/JPL-Caltech/ASU/MSSS)*



## ***Diables de poussière sur Mars***

*Basé sur un communiqué ESA*

Des tourbillons ou diables de poussière sont observés depuis des décennies par les rovers et les orbiteurs martiens. Une nouvelle étude est consacrée à suivre le mouvement d'un grand nombre de ces tourbillons afin de comprendre précisément comment ils se déplacent à la surface de Mars. Un catalogue a été compilé qui est le premier à décrire leurs mouvements sur toute la planète. Mars Express et ExoMars TGO n'avaient pas été conçus pour mesurer la vitesse du vent sur Mars. Les chercheurs ont en fait exploité une caractéristique normalement indésirable des données pour en extraire ces informations et mener des recherches totalement inattendues. Les diables de poussière rendent visible le vent, ce qui permet en mesurant leur vitesse et leur direction de déplacement, de le cartographier, une tâche qui n'est possible que par l'accumulation des données à l'échelle globale.

Mars est une planète spectaculaire, avec ses vastes volcans et ses cratères caverneux. Pourquoi se focaliser sur quelque chose en apparence aussi ennuyeux que la poussière ? La poussière peut protéger du Soleil et maintenir les températures diurnes plus fraîches, et agir comme une couverture pour maintenir les températures nocturnes plus chaudes. Les particules de poussière peuvent également favoriser la formation de nuages, tandis que les tempêtes de poussière peuvent forcer la vapeur d'eau à s'échapper dans l'espace.

Contrairement à la Terre, où elle est emportée par la pluie, la poussière peut rester longtemps dans l'atmosphère de Mars, se propageant tout autour de la planète. Pour mieux comprendre le climat martien, les scientifiques souhaitent donc comprendre quand, où et comment la poussière est soulevée de la surface et emportée dans l'atmosphère.

Pour cette nouvelle étude, les chercheurs ont entraîné un réseau neuronal à reconnaître les tourbillons de poussière, puis à parcourir



*Le système CaSSIS (Colour and Stereo Surface Imaging System) à bord de l'orbiteur ExoMars (TGO) de l'ESA a capturé ce diable de poussière se déplaçant à la surface martienne le 3 décembre 2021. Ce tourbillon n'est que l'un des 1039 découverts dans le cadre d'une nouvelle étude qui a utilisé 20 ans d'images prises par les orbiteurs martiens européens pour suivre les forts vents de surface sur la Planète rouge.*

*ExoMars TGO crée une image couleur unique en combinant des images de différents*

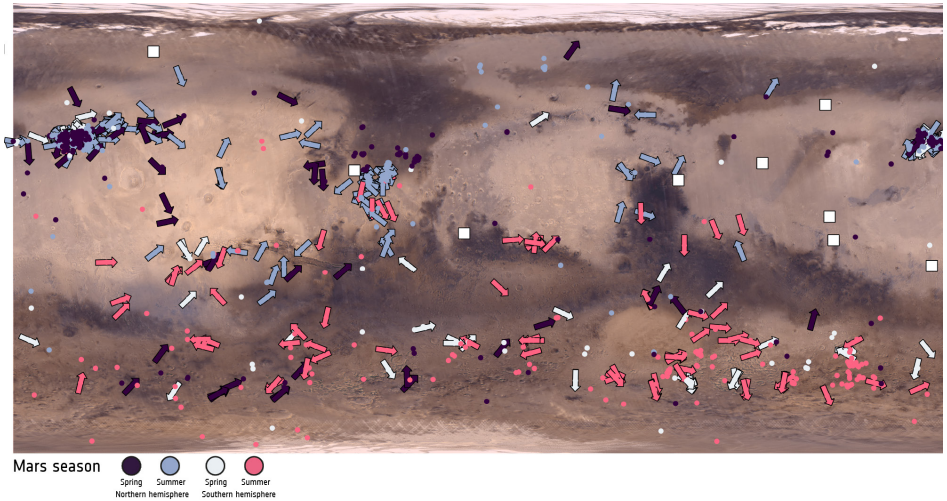
*canaux. Par conception, il existe un décalage d'environ une seconde entre chaque image. Ce décalage ne pose aucun problème tant que la surface est statique, mais il peut entraîner de légers décalages de couleur dans l'image finale en cas de mouvement, comme des nuages et des tourbillons de poussière. Les chercheurs ont utilisé ce délai pour mesurer la vitesse et la direction du tourbillon. (ESA/TGO/CaSSIS)*

les images prises par Mars Express depuis 2004 et par ExoMars TGO depuis 2016, pour constituer un catalogue de 1039 d'entre eux.

La carte ci-dessous indique l'emplacement des 1039 tourbillons de poussière et la direction de leur déplacement pour 373 d'entre eux. Elle confirme que, bien que des tourbillons de poussière soient présents partout sur Mars, même sur ses imposants volcans, beaucoup proviennent de certaines régions spécifiques. Par exemple, beaucoup étaient regroupés dans la plaine amazonienne (en haut

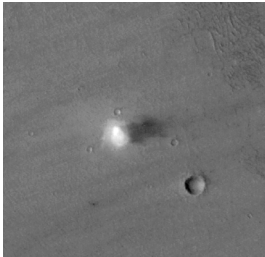
à gauche de la carte), une immense étendue de Mars recouverte d'une fine couche de poussière et de sable.

En suivant la vitesse de déplacement des tourbillons de poussière, les chercheurs ont constaté des vents atteignant jusqu'à 44 m/s, soit 158 km/h. C'est la vitesse la plus rapide jamais mesurée par des rovers au sol; il est toutefois important de noter que l'air martien est si raréfié qu'un humain remarquerait à peine un vent de 100 km/h sur Mars.



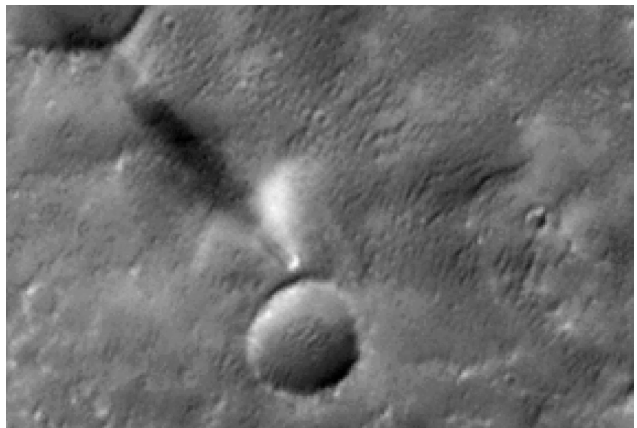
*Carte des diables de poussière actifs au printemps et en été dans l'hémisphère nord de Mars (points et flèches noirs et gris-bleu foncé respectivement) et au printemps et en été dans l'hémisphère sud (points et flèches gris clair et roses respectivement). Les points colorés indiquent 1039 tourbillons pour lesquels on ne dispose que d'informations de localisation, et les flèches indiquent 373 tourbillons pour lesquels il existe aussi des informations sur la vitesse et la direction de leur déplacement. Bien que les deux orbiteurs martiens n'aient pas pu capturer tous les tourbillons se déplaçant à la surface de Mars (on estime qu'il pourrait y en avoir un par kilomètre carré et par jour et que leur durée de vie*

*n'est que de quelques minutes à quelques heures), ce tout premier catalogue des mouvements des diables de poussière sur l'ensemble de la planète Mars permet de réaliser des études statistiques pour mieux comprendre le vent à proximité de la surface martienne, et d'améliorer d'ores et déjà les modèles du climat martien. Les carrés blancs indiquent l'emplacement des rovers et des atterrisseurs martiens. La poussière peut nuire aux rovers si elle s'accumule sur leurs panneaux solaires, réduisant leur production d'énergie à moins que ces derniers ne puissent être nettoyés. (ESA/TGO/CaSSIS, DLR/FU, NASA/Viking, V. Bickel)*



*La caméra stéréo haute résolution (HRSC) à bord de Mars Express de l'ESA a suivi le diable de poussière montré à gauche le 20 novembre 2018. Ce tourbillon était l'un des 1039 découverts dans le cadre d'une nouvelle étude qui a utilisé 20 ans d'images prises par les orbiteurs martiens européens pour suivre les vents de la Planète rouge.*

*Ci-dessous, un autre diable observé le 28 février 2019 par CaSSIS à bord du TGO. (ESA/DLR/FU Berlin)*





***CaSSIS a capturé ces trois tourbillons de poussière se déplaçant à la surface martienne le 8 novembre 2021. (ESA/TGO/CaSSIS)***

Cette vue globale nécessite de nombreuses données, que les rovers et les atterrisseurs ne peuvent pas capturer seuls. Jusqu'à présent, les modèles du climat martien reposaient sur les données limitées, issues de missions ne couvrant qu'une petite partie de la surface de la planète. Grâce à cette étude, les chercheurs disposent de nombreuses mesures provenant de toute la planète Mars, contribuant ainsi à enrichir et à affiner les modèles.

Les informations sur la vitesse et la direction du vent sont cruciales pour la planification de l'arrivée des futures sondes martiennes. Elles aideront à comprendre les conditions de vent sur un site d'atterrissage et permettront d'estimer la quantité de poussière susceptible de se déposer sur les panneaux solaires d'un rover et donc la fréquence à laquelle ils s'auto-nettoieraient. Elles sont déjà utilisées pour planifier des missions de l'ESA. Ainsi le rover ExoMars Rosalind Franklin devrait atterrir sur Mars en 2030 afin d'éviter d'atterrir pendant la saison des tempêtes de poussière.

Ce catalogue de traces de tourbillons est public, chacun peut l'utiliser pour ses propres recherches. D'autres entrées s'ajouteront progressivement grâce à Mars Express et ExoMars TGO qui collectent de nouvelles images chaque jour.

Les chercheurs ont constaté que, dans la plupart des cas, les tourbillons de poussière se déplaçaient à travers le paysage plus vite que ne le prédisaient les modèles météorologiques martiens. Là où la vitesse du vent est la plus élevée, davantage de poussière est soulevée.

Comme la Terre, Mars connaît des saisons. Le catalogue souligne également que les tourbillons de poussière sont plus fréquents au printemps et en été dans chaque hémisphère. Ils durent quelques minutes et se produisent généralement pendant la journée, avec un pic entre 11 et 14 heures (temps solaire). C'est très similaire à ce que l'on observe sur Terre, où les tourbillons de poussière sont plus fréquents en été et dans les endroits secs et poussiéreux, de la fin de la matinée au début de l'après-midi.

## Ravines martiennes

*Basé sur un communiqué Utrecht University*

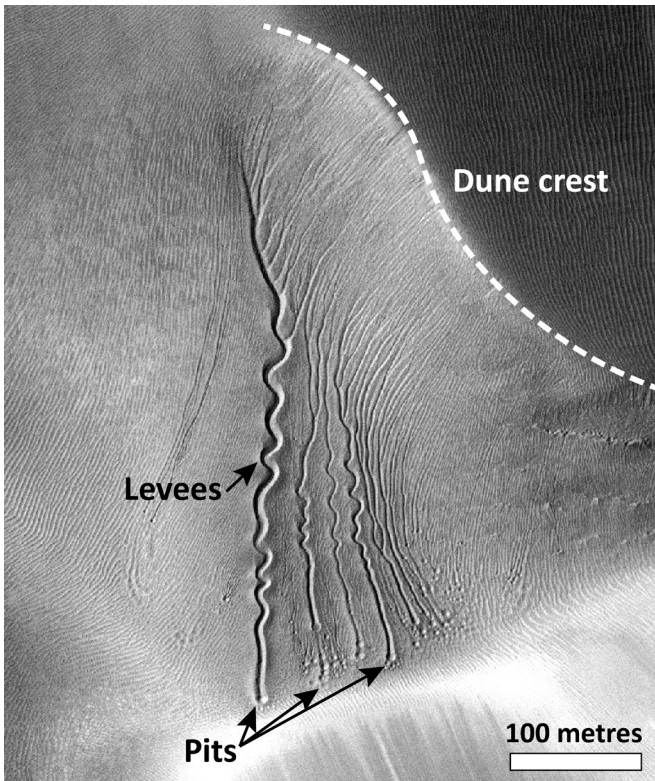
On pense que la sublimation de la glace de CO<sub>2</sub> est à l'origine de coulées de débris qui creusent de profonds ravins dans les parois des cratères martiens. L'origine de ravines plus larges est plus incertaine mais des expériences en laboratoire mettent en cause également le dioxyde de carbone.

Des blocs de glace de CO<sub>2</sub> se forment sur les dunes désertiques situées aux latitudes moyennes australes. Pendant l'hiver, lorsque la température atteint moins 120 degrés Celsius, la couche de glace de CO<sub>2</sub> qui apparaît sur toute la surface du champ de dunes peut atteindre 70 cm d'épaisseur. Au printemps, cette glace commence à se réchauffer et à se sublimer. Les derniers vestiges de cette glace

se trouvent sur l'ubac des dunes et c'est là que les blocs se détachent lorsque la température est suffisamment élevée.

En raison de la faible densité de l'atmosphère et de la grande différence de température entre le sable chaud des dunes et la glace, la face inférieure de la glace se sublime immédiatement de façon quasi explosive. Les glaçons s'enfoncent dans la pente et se retrouvent piégés entre de petites crêtes de sable. Le processus de sublimation se poursuit et le sable continue d'être projeté dans toutes les directions. Les blocs se déplacent ainsi progressivement vers le bas, laissant derrière eux un ravin.

Une fois que les blocs atteignent le bas de la pente et cessent de se déplacer, la glace continue de se sublimer jusqu'à ce que tout le CO<sub>2</sub> se soit évaporé. Il ne reste alors qu'un creux dans le sable au pied de la dune.



*Image par le satellite HiRISE de ravines dans les dunes martiennes. Leur trajectoire irrégulière est probablement due à des accidents de terrain (« Levees ») tels que des crêtes dans le sable, qui dévient les blocs. Les creux (« Pits ») marquent l'endroit où les blocs de glace ont disparu. (ESP\_030528\_1300\_RED), NASA/JPL/University of Arizona)*

## ***Y a-t-il des microbes vivants sur Mars ?***

*Basé sur un communiqué Penn State*

Figés dans le temps, d'anciens microbes ou leurs restes attendraient d'être découverts dans les dépôts de glace martienne lors de futures missions vers la Planète rouge. En recréant en laboratoire des conditions semblables à celles de Mars, des chercheurs ont en effet démontré que des fragments des molécules qui composent les protéines des bactéries *E. coli*, si elles sont présentes dans le permafrost et les calottes glaciaires de Mars, pourraient rester intacts pendant plus de 50 millions d'années, malgré une exposition intense et continue aux rayonnements cosmiques. Les chercheurs encouragent donc les futures missions de recherche de vie sur Mars à cibler de préférence les zones de glace ou de permafrost à dominante de glace pour l'exploration.

Cinquante millions d'années, c'est bien plus que l'âge attribué à certains dépôts de glace martiens actuels, souvent moins de deux millions d'années. Cela signifie que toute vie organique présente dans la glace serait préservée et que, si des bactéries se trouvent près de la surface de Mars, de futures missions pourront les détecter.

L'équipe a scellé des bactéries *E. coli* dans des tubes à essai contenant des solutions de glace d'eau pure. D'autres échantillons

d'*E. coli* ont été mélangés à de l'eau et à des ingrédients présents dans les sédiments martiens, comme des roches silicatées et de l'argile. Les échantillons ont ensuite été exposés à un rayonnement équivalent à 20 millions d'années d'exposition aux rayons cosmiques à la surface de Mars. Les chercheurs ont modélisé 30 millions d'années supplémentaires de rayonnement, pour une durée totale de 50 millions d'années.

Dans la glace d'eau pure, plus de 10 % des acides aminés – les éléments moléculaires constitutifs des protéines – de l'échantillon d'*E. coli* ont survécu à la période simulée de 50 millions d'années, tandis que les échantillons contenant des sédiments semblables à ceux de Mars se sont dégradés dix fois plus vite et n'ont pas survécu.

Une étude menée en 2022 par le même groupe de chercheurs de la NASA avait révélé que les acides aminés conservés dans un mélange composé à 10 % de glace d'eau et à 90 % de sol martien étaient détruits plus rapidement que les échantillons contenant uniquement des sédiments. On pensait donc que la matière organique présente uniquement dans la glace ou l'eau serait détruite encore plus rapidement que le mélange à 10 % et l'on a été très surpris de constater que la matière organique placée uniquement dans la glace d'eau est détruite beaucoup plus lentement que les échantillons contenant de l'eau et du sol.



***Phoenix, en 2008, a été la première mission qui a pu photographier la glace souterraine martienne. (NASA/JPL-Caltech/University of Arizona/Texas A&M University)***



*Des échantillons d'*E. coli* mélangés à de la glace d'eau et à des sédiments martiens ont été refroidis à -15 °C, puis exposés à l'équivalent de 20 millions d'années de rayonnement cosmique.*  
(Alexander Pavlov)

Les chercheurs ont émis l'hypothèse que la dégradation pourrait être due à un film qui se forme dans les zones où la glace touche les minéraux, permettant aux radiations d'atteindre et de détruire les acides aminés. Dans la glace solide, les particules nocives créées par le rayonnement restent gelées et pourraient ne pas atteindre les composés organiques. Ces résultats suggèrent que la glace pure ou les régions dominées par la glace constituent un

lieu idéal pour la recherche de matériel biologique récent sur Mars.

Outre les conditions sur Mars, les chercheurs ont également testé des matières organiques à des températures semblables à celles d'Europe et d'Encelade, des lunes de Jupiter et Saturne. Ils ont constaté que ces températures encore plus froides ralentissaient encore davantage la dégradation.

Ces résultats sont encourageants pour la mission Europa Clipper qui explorera la coquille de glace et l'océan d'Europe, la quatrième plus grande lune de Jupiter. Lancée en 2024, Europa Clipper atteindra Jupiter en 2030. Elle effectuera 49 survols rapprochés d'Europe afin d'évaluer l'existence de zones susceptibles d'abriter la vie sous la surface.

Il y a beaucoup de glace sur Mars, mais la majeure partie se trouve juste sous la surface. Les futures missions nécessiteront des moyens suffisamment importants pour y accéder.



*Europa Clipper s'envole vers Jupiter le 14 octobre 2024 à bord d'une fusée Falcon Heavy.*  
(NASA Kennedy Space Center / NASA/Amber Jean Notvest)