



Nouvelles de Mars

Perseverance et Ingenuity après mille sols

Basé sur des communiqués NASA

Le rover Perseverance et son hélicoptère Ingenuity ont franchi le cap des 1000 sols (jours martiens) d'exploration de leur lieu d'atterrissage, le cratère Jezero. En particulier, ils ont exploré le delta d'une ancienne rivière qui a pu se déverser dans le cratère et en faire un lac dans un passé lointain.

Un tel environnement, potentiellement habitable, peut contenir des fossiles et d'autres signes de vie ancienne et cela a justifié son choix comme cible de la mission.

Perseverance est le premier rover à conditionner des échantillons en vue d'un retour sur Terre lors d'une future mission. Perseverance extrait des carottes de roche qui ont à peu près la taille d'un bâton de craie et les place dans des tubes qui seront récupérés par un atterrisseur faisant partie de la campagne de retour d'échantillons sur Mars prévue par la NASA et l'ESA. Une fois sur Terre, des analyses plus précises seront effectuées avec des instruments trop grands et trop complexes pour être envoyés sur Mars.

Perseverance transporte des instruments capables de détecter des structures microscopiques ressemblant à des fossiles et des chan-

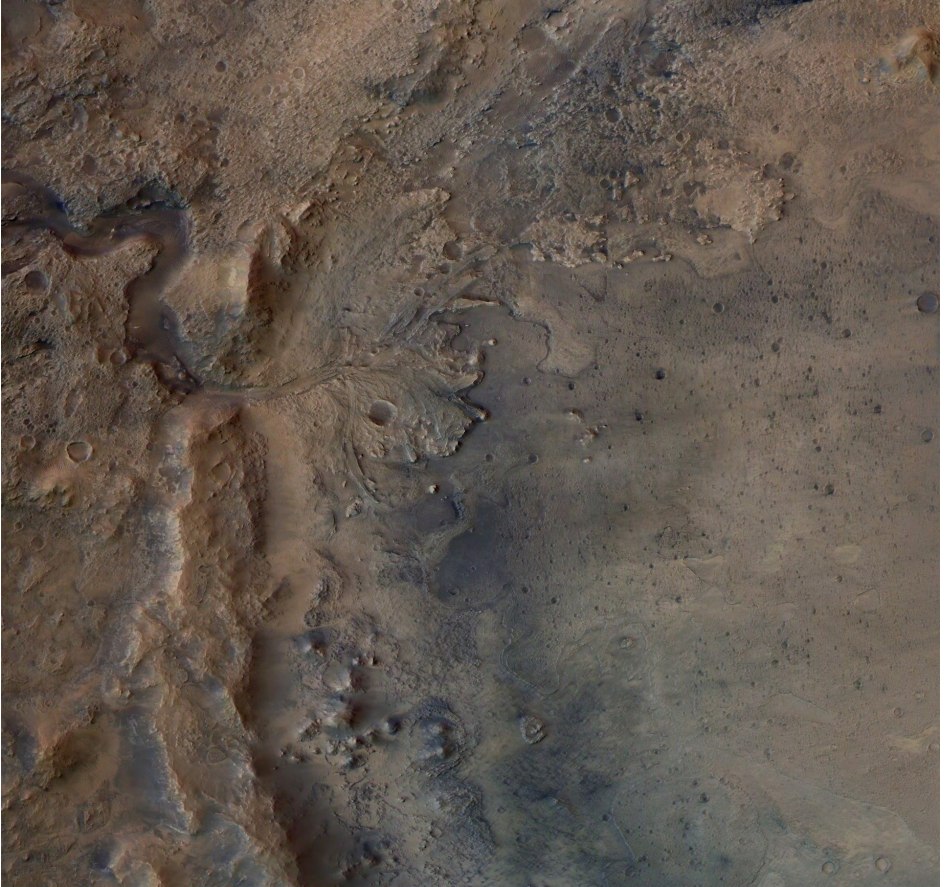
*Vue d'artiste du rover Perseverance et de son hélicoptère Ingenuity.
(NASA/JPL-Caltech)*

gements chimiques qui pourraient avoir été laissés par d'anciens microbes. Cependant, ces instruments n'ont encore détecté rien de tel.

À ce jour, le rover a collecté un total de 23 échantillons. Les scientifiques ont pu obtenir un aperçu des échantillons dès leur collecte. En effet, une fois l'intérieur d'un carottage exposé, Perseverance étudie la chimie et les caractéristiques de la roche à l'aide d'un ensemble d'instruments, notamment PIXL (Planetary Instrument for X-ray Lithochemistry). Cela a déjà permis d'élucider certains aspects de l'histoire géologique de la Planète rouge.

Par exemple, l'un des échantillons contient beaucoup de silice à grains fins, une substance connue pour bien préserver les fossiles sur Terre. Un autre montre de grandes quantités de phosphate, un composé souvent étroitement associé à la vie. Les deux échantillons contiennent également du carbonate, qui a pu préserver les conditions environnementales au cours des âges.

La découverte de roches ignées a permis de confirmer que le cratère s'est formé à la



Delta d'une ancienne rivière dans le cratère Jezero, vu par l'orbiteur Mars Express de l'ESA (ESA/DLR/FU-Berlin)

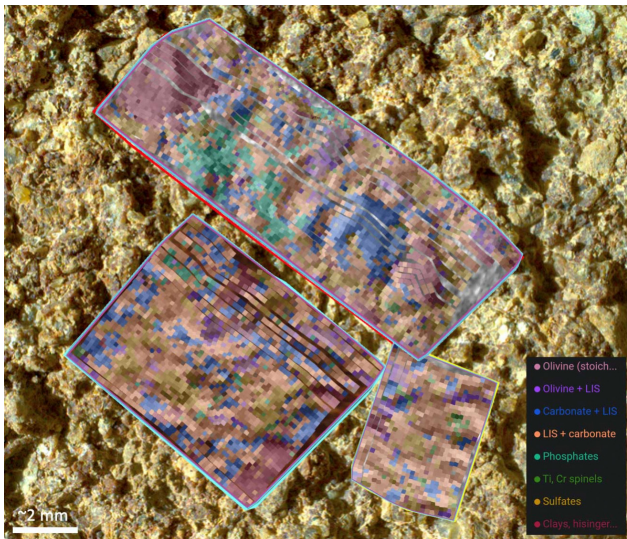
suite d'un impact d'astéroïde il y a près de quatre milliards d'années. Les découvertes ultérieures de grès et d'argiles ont permis de déterminer que les premières rivières ont coulé dans Jezero quelques centaines de millions d'années après l'impact. Au-dessus de ces premières couches de sable et d'argiles se trouvent des argiles riches en sels, qui suggèrent la présence passée d'un lac peu profond en cours d'évaporation. Les eaux torrentueuses ont transporté des rochers de l'extérieur du cratère dans le lac, où ils se sont dispersés dans le delta et dans tout le cratère. D'autres décou-

vertes réalisées par Perseverance et Ingenuity ont conduit les planétologues à estimer que le lac de Jezero mesurait autrefois 35 kilomètres de large et 30 mètres de profondeur.

La campagne scientifique dans le delta de Jezero étant terminée, Perseverance et Ingenuity vont se consacrer à l'étude de l'entrée du canyon. Des gisements riches en carbonate y ont déjà été repérés...



▲ **Parcours du rover Perseverance de la NASA au cours des 1000 premiers sols (jours martiens) de sa mission dans le cratère Jezero. Image prise par la caméra HiRISE à bord de l'orbiter MRO. Les points blancs marquent les emplacements où le mobile s'est arrêté après avoir effectué chaque traversée. Le cercle bleu pâle en haut à gauche indique la position du rover le 12 décembre 2023. (NASA/JPL-Caltech/University of Arizona)**



◀ **Analyse de l'échantillon « Chutes d'Ouzel » par PIXL. On remarque la présence de phosphate et de carbonate dans la roche abrasée. (NASA/JPL-Caltech/MSSS)**

Glace de Mars

Basé sur un communiqué NASA

L'équipe du projet SWIM (Subsurface Water Ice Mapping project) a récemment publié les cartes les plus détaillées des endroits susceptibles de contenir de la glace accessible pour de futures missions martiennes.

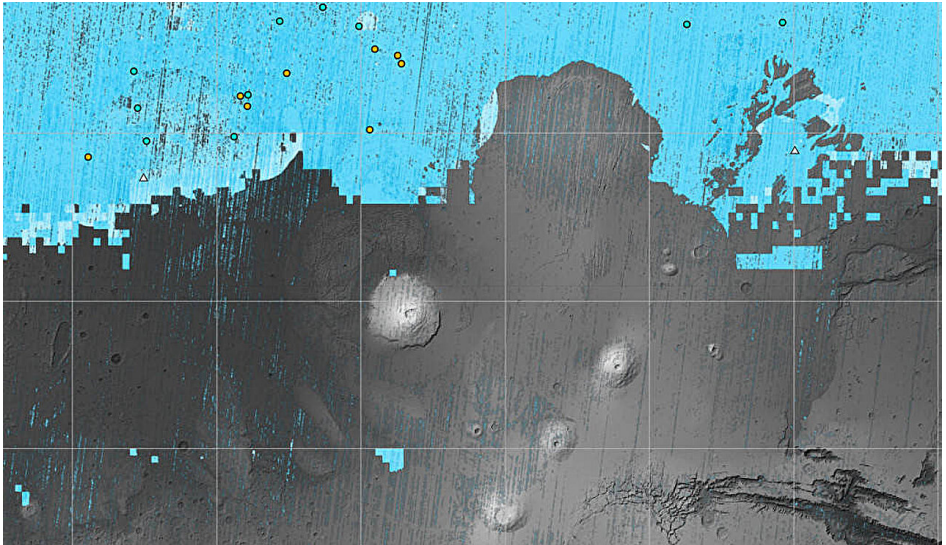
SWIM rassemble les données de plusieurs missions de la NASA, notamment MRO (Mars Reconnaissance Orbiter), Mars Odyssey et MGS (Mars Global Surveyor – désormais inactif). Les instruments de ces satellites ont détecté ce qui ressemble à des masses de glace souterraines aux latitudes moyennes nord. Ces régions sont particulièrement attrayantes car l'atmosphère y est la plus épaisse, ce qui facilite le ralentissement d'un atterrisseur. Les sites idéaux pour des astronautes seraient aux latitudes les plus basses pour que la glace soit présente mais avec des températures assez chaudes pour le confort des astronautes. La carte pourrait aider à décider où devraient atterrir les premiers hommes sur la Planète rouge. Plus il y a d'eau disponible, moins les missions devront en apporter.

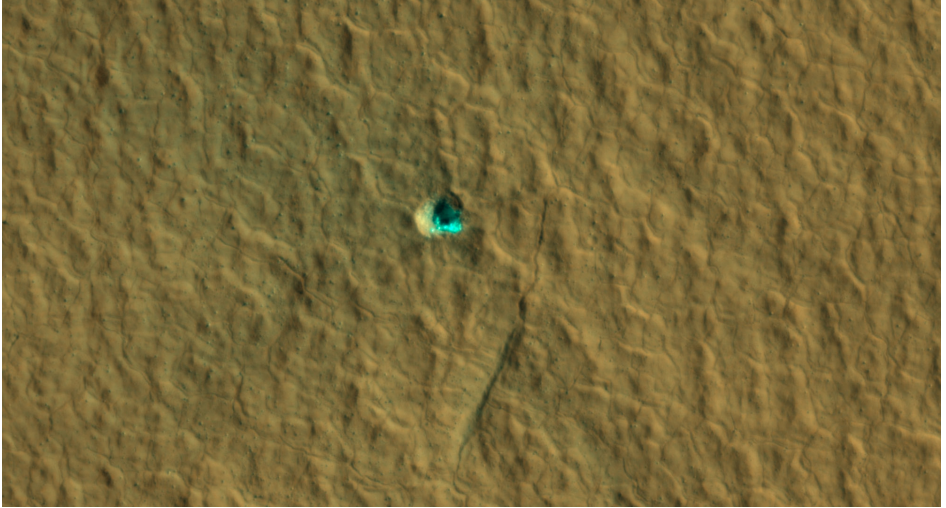
La glace enfouie sera une ressource vitale pour les premiers humains à poser le pied sur

Mars, car elle servira d'eau potable et d'ingrédient clé pour le carburant des fusées. Mais ce serait aussi un objectif scientifique majeur : des astronautes ou des robots pourraient un jour forer des carottes de glace un peu comme le font les scientifiques sur Terre, découvrant l'histoire climatique de Mars et explorant des habitats potentiels (passés ou présents) pour la vie microbienne.

La nécessité de rechercher de la glace souterraine est due au fait que l'eau liquide n'est pas stable à la surface de Mars : l'atmosphère est si ténue que l'eau se vaporise immédiatement. Il y a beaucoup de glace aux pôles martiens – principalement constituée d'eau, bien que du dioxyde de carbone et de la neige carbonique puissent également être présents – mais ces régions sont trop froides pour que les astronautes (ou les robots) puissent survivre longtemps.

Carte de Mars, de l'équateur à la latitude de 60°, montrant en bleu les régions où de la glace d'eau a été détectée sous la surface. Ces données pourraient aider à décider de lieu d'atterrissage pour des astronautes. (NASA/JPL-Caltech/Planetary Science Institute)





▲ Cratère présentant une forte abondance de glace d'eau. (NASA/JPL-Caltech/University of Arizona)

▼ Dans cette vue d'artiste, des astronautes de la NASA forent le sous-sol martien. L'agence a créé de nouvelles cartes montrant où la glace est la plus susceptible d'être facilement accessible aux futurs astronautes. (NASA)



Les itérations précédentes de la carte reposaient sur des imageurs, des radars, des cartographes thermiques et des spectromètres à basse résolution, qui peuvent tous faire allusion à de la glace enfouie mais ne peuvent pas confirmer purement et simplement sa présence ou sa quantité. Pour cette dernière carte SWIM, les scientifiques se sont appuyés sur deux caméras à plus haute résolution à bord du MRO. Les données de la caméra contextuelle ont été utilisées pour affiner les cartes de l'hémisphère nord et, pour la première fois, les données de la caméra HiRISE (High-Resolution Imaging Science Experiment) ont été incorporées pour fournir la vue la plus détaillée de la ligne de démarcation de la glace aussi près que possible de l'équateur.

Les scientifiques utilisent régulièrement HiRISE pour étudier les nouveaux cratères d'impact causés par des météorites qui pourraient avoir excavé de la glace. La plupart de ces cratères ne mesurent pas plus de 10 mètres de diamètre mais, en 2022, HiRISE a photographié un cratère d'impact de 150 mètres qui a révélé un filon de glace.

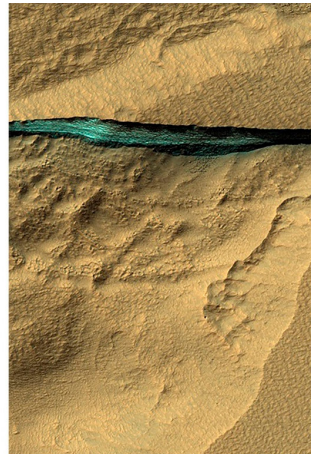
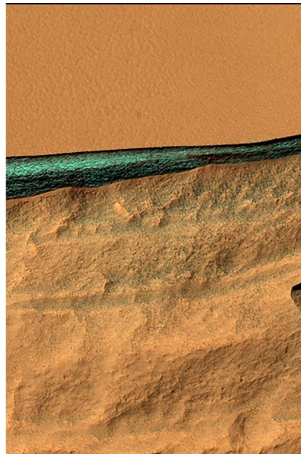
En plus des impacts exposant la glace, la nouvelle carte comprend des observations par HiRISE de ce que l'on appelle un « terrain

polygonal », où l'expansion et la contraction saisonnières de la glace souterraine provoquent la formation de fissures polygonales dans le sol. Voir ces polygones s'étendre autour de cratères d'impact récents est une autre indication de la présence de glace sous la surface.

La quantité de glace d'eau trouvée aux latitudes moyennes martiennes n'est pas uniforme ; certaines régions semblent en avoir plus que d'autres, et personne ne sait vraiment pourquoi. La nouvelle carte SWIM pourrait aider à comprendre ces disparités. Elle pourrait être utile pour peaufiner les modèles de l'évolution du climat martien ancien au fil du temps, laissant de plus grandes quantités de glace déposées dans certaines régions et de moindres quantités dans d'autres.

Les scientifiques de SWIM espèrent que le projet servira de base à une proposition de mission Mars Ice Mapper – un orbiteur qui serait équipé d'un puissant radar conçu spécifiquement pour rechercher de la glace proche de la surface avec plus d'efficacité que HiRISE.

*Dans des régions martiennes de moyenne latitude, des reliefs érodés révèlent des strates de glace à un ou deux mètres de profondeur.
(NASA, JPL Cal-tech, University of Arizona)*



Volcanisme sur Mars

Basé sur un communiqué University of Arizona

La monotonie de la vaste plaine martienne d'Elysium Planitia n'est qu'apparente. Les chercheurs lui attribuent un passé géologique tumultueux. D'énormes quantités de lave ont jailli de nombreuses fissures il y a à peine un million d'années, recouvrant une zone presque aussi grande que l'Alaska, interagissant avec l'eau souterraine et de surface, et creusant de profonds canaux.

En l'absence de tectonique des plaques, Mars a longtemps été considérée comme une planète géologiquement morte mais des découvertes récentes amènent les chercheurs à remettre cela en question. Ainsi, l'an passé, des planétologues ont décelé un panache géant de magma dans le manteau martien, en dessous de cette région d'Elysium Planitia. Ce panache a été à l'origine d'une intense activité volcanique et sismique dans un passé relativement récent.

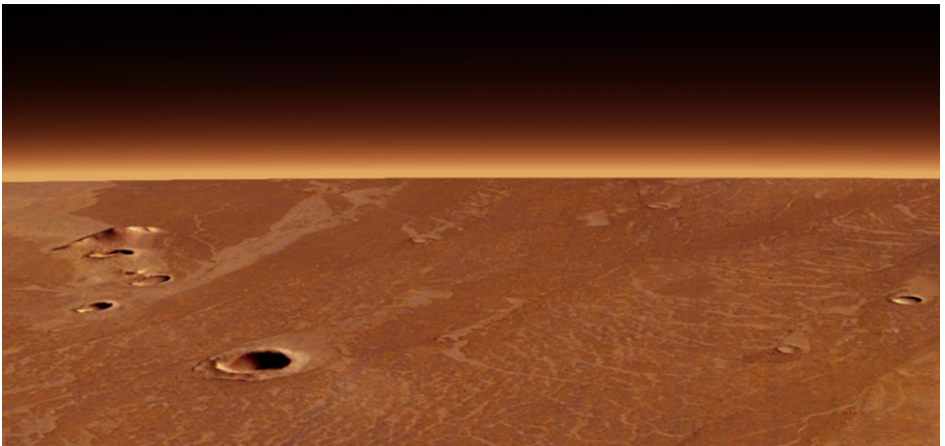
Dans la nouvelle étude, les chercheurs ont combiné des images optiques et radar pour reconstruire en trois dimensions chaque coulée de lave identifiée dans la zone, en tout plus de 40 événements volcaniques. L'un des flux les plus importants a rempli la vallée Athabasca Valles avec près de 4000 kilomètres cubes de basalte.

Elysium Planitia est le terrain volcanique le plus jeune de la planète, et son étude aide à mieux comprendre le passé de Mars ainsi que son histoire hydrologique et volcanique récente. Bien qu'aucune activité volcanique n'ait jusqu'à présent été observée sur Mars, la plaine d'Elysium a été volcaniquement beaucoup plus active qu'on ne le pensait, et elle pourrait l'être encore aujourd'hui.

Cette étude est à ce jour la plus fouillée pour une planète autre que la Terre. Elle couvre les derniers 120 millions d'années, c'est-à-dire depuis l'époque de l'apogée des dinosaures.

Les résultats ont des implications concernant la vie martienne. Elysium Planitia a connu plusieurs grandes inondations d'eau, et il est prouvé que la lave qui s'est répandue a interagi avec elle, façonnant le paysage de manière spectaculaire. Les chercheurs ont mis en évidence de nombreux indices de telles interactions, des explosions de vapeur, qui pourraient avoir créé des environnements hydrothermaux propices à la vie microbienne.

Image prise par l'orbiteur Mars Express de l'ESA montrant une vue oblique se concentrant sur l'une des vastes coulées de lave d'Elysium Planitia. (ESA/DLR/FU Berlin)



Pour réaliser cette étude, les scientifiques ont utilisé des images de la caméra Context du satellite MRO (Mars Reconnaissance Orbiter), combinées à des images de résolution encore plus élevée prises avec la caméra HiRISE du même MRO dans des zones sélectionnées. Pour obtenir des informations topographiques, ils ont profité des enregistrements de l'altimètre laser d'un autre vaisseau spatial de la NASA, le MGS (Mars Global Surveyor). Ces données ont ensuite été combinées avec des mesures radar souterraines prises avec la sonde SHARAD (Shallow Radar) qui peut « regarder » jusqu'à 140 mètres sous le sol. Cet ensemble de données a permis de reconstruire une vue tridimensionnelle de la zone, y compris la topographie avant que la lave n'éclate dans plusieurs fissures et remplisse des bassins et des canaux précédemment creusés par l'eau.

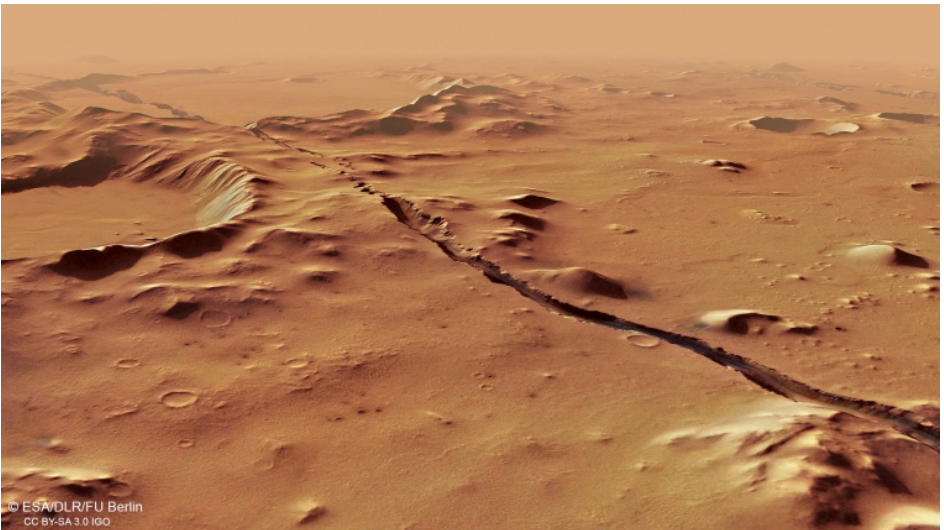
On pense que l'intérieur de Mars est très différent de celui de la Terre, et une reconstruction détaillée de ses caractéristiques géologiques donne aux scientifiques un aperçu des processus qui l'ont façonné au cours des âges. La relation entre les volcans et la structure de la croûte martienne est essentielle pour comprendre les conditions paléo-environne-

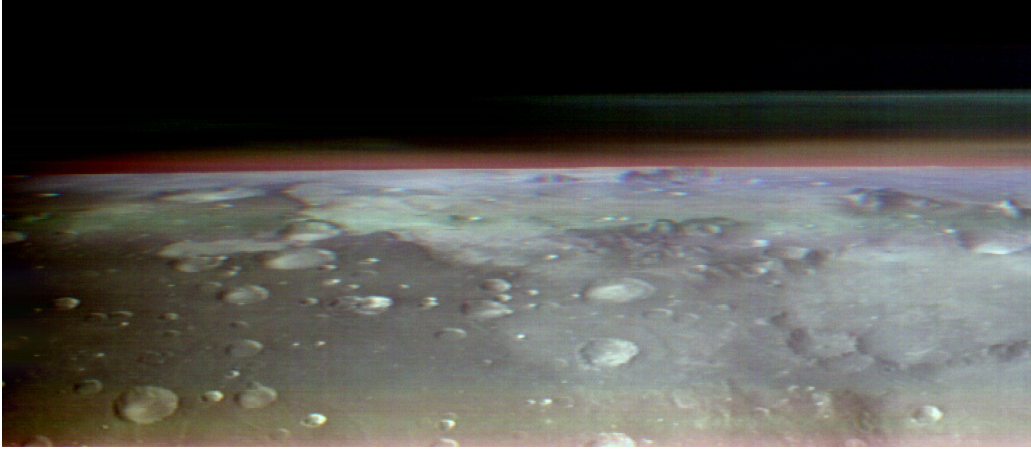
mentales de la planète. En plus de l'eau du magma qui est rejetée dans l'atmosphère puis gèle à la surface, une éruption volcanique peut permettre un rejet catastrophique d'eaux souterraines à la surface.

Lorsqu'il y a une fissure dans la croûte martienne, l'eau peut s'écouler en surface. La faible pression atmosphérique tend à la vaporiser, mais, si le débit est suffisant, il peut y avoir une énorme inondation susceptible de sculpter le paysage et de lui donner l'aspect qu'on lui voit actuellement.

La question de l'eau sur Elysium Planitia est aussi d'un intérêt pour de futures missions humaines qui dépendront beaucoup de cette ressource.

Les fractures de Cerberus Fossae, dans la vaste plaine martienne d'Elysium Planitia, traversent des collines et des cratères, prouvant ainsi leur relative jeunesse. Une nouvelle étude a fourni la carte tridimensionnelle la plus détaillée des caractéristiques volcaniques de cette zone et a révélé un passé géologique beaucoup plus tumultueux qu'on ne le pensait. (ESA/DLR/FU Berlin)





Mars vue par Odyssee

Basé sur un communiqué NASA

Les astronautes s'émerveillent toujours lorsqu'ils voient la courbure de la Terre sous la Station Spatiale Internationale. De récentes images prises par l'orbiteur Mars Odyssey 2001 donnent un avant-goût du spectacle que l'on aurait depuis une station tournant autour de la Planète rouge.

Les images panoramiques mettent en valeur le paysage martien incurvé sous des couches de nuages et de poussière. Elles offrent une vue nouvelle et époustouflante de Mars, mais elles aideront surtout les scientifiques à acquérir de nouvelles connaissances sur l'atmosphère martienne.

Cette vue est exceptionnelle en raison des défis liés à sa création. Les ingénieurs ont passé trois mois à planifier les observations de THEMIS. La sensibilité de la caméra infrarouge à la chaleur lui permet de cartographier

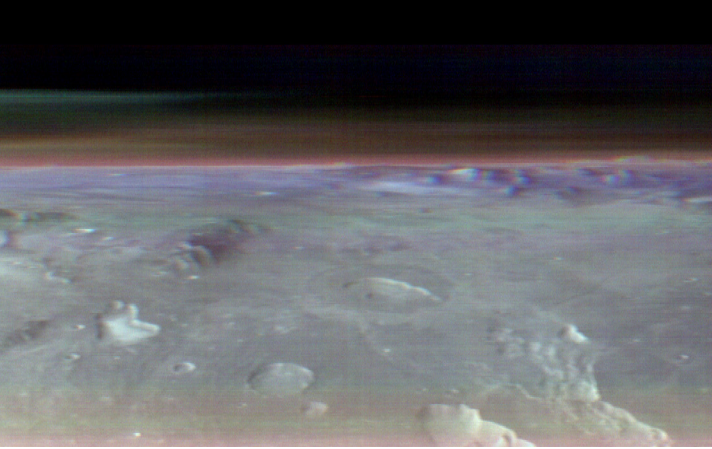
la glace, les roches, le sable et la poussière, ainsi que les changements de température à la surface de la planète. Elle peut également mesurer la quantité de glace d'eau ou de poussière présente dans l'atmosphère, mais uniquement dans une colonne étroite située directement sous le vaisseau spatial car THEMIS pointe généralement vers le bas.

Les scientifiques souhaitaient une vision plus large de l'atmosphère et voulaient comprendre comment se superposent les couches de nuages de glace et de poussière, afin d'améliorer les modèles de l'atmosphère de Mars.

THEMIS ne pouvant pas pivoter, l'ajustement de l'angle de la caméra nécessite de bouger tout le vaisseau spatial. Dans ce cas, l'équipe devait faire pivoter l'orbiteur de près de 90 degrés tout en s'assurant que le Soleil brille sur les panneaux solaires du vaisseau spatial, mais pas sur les équipements sensibles qui pourraient surchauffer. L'orientation la plus simple s'est avérée être celle où l'antenne de



***La caméra THEMIS de l'orbiteur Mars Odyssey a pris une série de photographies de Phobos, l'une des deux minuscules lunes de la Planète rouge.
(NASA/JPL-Caltech/ASU.)***



Cette vue inhabituelle de l'horizon de Mars est la combinaison de dix images prises par la caméra Themis de l'orbiteur Mars Odyssey. Elles ont été obtenues d'une altitude d'environ 400 kilomètres, soit à peu près la même que celle de la Station Spatiale Internationale autour de la Terre. (NASA/JPL-Caltech/ASU)

l'orbiteur pointait à l'opposé de la Terre. Cela signifiait que l'équipe était hors de communication avec Odyssey pendant plusieurs heures jusqu'à ce que l'opération soit terminée.

La mission Odyssey espère prendre des images similaires à l'avenir, capturant l'atmosphère martienne sur plusieurs saisons.

Pour tirer le meilleur parti de ces efforts, la mission a également capturé des images de la petite lune de Mars, Phobos. C'est la septième fois en 22 ans que l'orbiteur pointe THEMIS vers la lune afin de mesurer les variations de température à sa surface.

Les nouvelles images donnent un aperçu de la composition et des propriétés physiques de la lune. Une étude plus approfondie pourrait aider à régler le débat sur la question de savoir si Phobos, qui mesure environ 25 kilomètres de diamètre, est un astéroïde capturé ou un ancien morceau de Mars qui a été projeté de la surface par un impact.

Extrait d'une animation montrant Odyssey au-dessus de Mars. (NASA/JPL-Caltech)

