



Eau et glace sur Mars

*Image MRO du pôle sud de Mars.
(NASA/JPL-Caltech/U. Arizona/JHU)*

Glace martienne

Basé sur un communiqué Cornell University

L'observation du pôle sud de Mars avec le radar à pénétration de sol de l'orbiteur Mars Express avait montré des réflexions intenses qui ont été interprétées comme dues à la présence d'eau liquide sous la calotte glaciaire.

Les implications étaient fortes : là où il y a de l'eau liquide, il pourrait y avoir une vie microbienne.

Les conditions de température et de pression impliqueraient que l'eau soit une saumure épaisse, ou nécessiteraient des minéraux exotiques ou la proximité d'une chambre magmatique active – ce qui n'a pas été détecté. Des observations ultérieures par un autre satellite ont renforcé le problème en montrant des réflexions brillantes sur plusieurs couches, à différentes profondeurs.

Des simulations réalistes, basées uniquement sur les conditions connues pour exister aux pôles martiens, ont montré qu'il suffit de petites inhomogénéités dans les strates

de glace – trop subtiles pour que les radars puissent les résoudre – pour provoquer des interférences constructives et produire des réflexions expliquant les observations.

Ces résultats n'excluent pas nécessairement qu'il y ait de l'eau liquide, mais ils prouvent qu'il existe des explications bien plus simples, utilisant des mécanismes et des matériaux que l'on sait déjà qu'ils existent sur la Planète rouge.

Les simulations faisaient varier légèrement la composition et l'espacement des couches de glace sur des dizaines ou des centaines de kilomètres. Ces légers ajustements produisaient parfois des signaux brillants, en accord avec les observations de l'orbiteur Mars Express. En se réfléchissant sur des couches trop rapprochées pour que l'instrument puisse les résoudre, les ondes radar peuvent interférer, se combiner et se détruire ou s'ajouter.

La structure en couches des calottes polaires martiennes est également trahie par

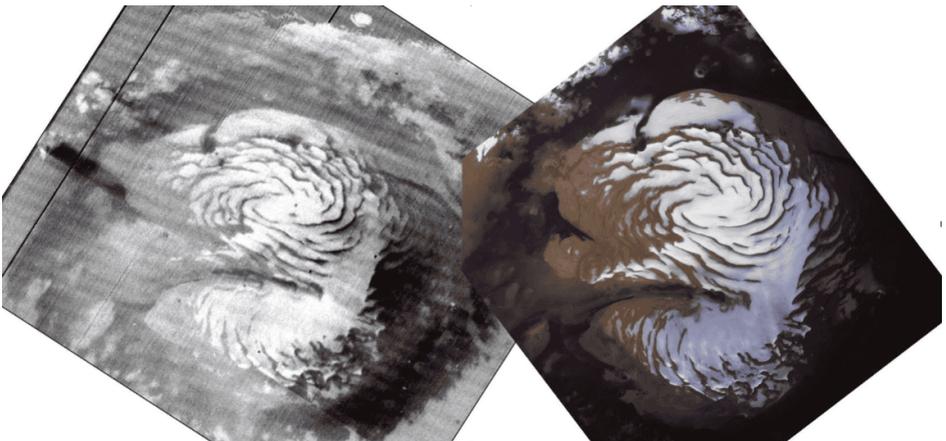
leur immobilité. Les calottes polaires de Mars ont été parmi les premiers caractères terrestres identifiés sur Mars. Les chercheurs s'attendaient à y observer une activité semblable à celle de la Terre, telle que l'écoulement des glaciers. Mars, cependant, ne répondit pas aux attentes. Depuis 1971, lorsque Mariner 9 a vu pour la première fois la glace du pôle sud de Mars, la question a été de savoir si la glace coulait ou non. Chaque fois qu'une interprétation du débit se présentait, elle était rapidement écartée par de nouvelles observations. Depuis 50 ans, les chercheurs peinent à expliquer cette glace immobile.

Les calottes polaires de Mars montrent une structure complexe en couches superposées. D'une épaisseur d'environ de 2 à 3 km, et constituées essentiellement de glace d'eau, les calottes s'étendent sur plus de 1000 km. Sous la glace le relief est tourmenté, composé de pentes abruptes et de falaises. Les chercheurs s'attendaient à voir les glaces s'écouler avec des vitesses allant jusqu'à un mètre par an, des courants qui seraient décelables assez rapidement par les missions modernes dont le pouvoir de résolution atteint le mètre. À long terme, des mouvements devraient également être perceptibles dans des moraines, des falaises ou d'autres accidents de relief des glaces. Rien de tout cela n'est visible sur l'une ou l'autre des calottes polaires.

Pour expliquer cette immobilité les chercheurs ont examiné diverses hypothèses. La glace est trop froide pour se déplacer; des impuretés, ou un mélange spécial de matériaux ralentissent l'écoulement; la glace est disposée en couches multiples qui freinent l'écoulement jusqu'à le rendre imperceptible. Des modèles mathématiques montrent que seul le dernier scénario, superposant des couches alternativement dures et molles, est capable de figer la glace. Cette structure peut ralentir le mouvement de plusieurs ordres de grandeur.

À mesure que se révèle la diversité des glaciers du Système solaire, nous commençons à voir à quel point la physique peut être la même partout, mais que des conditions locales spécifiques font que les choses agissent très différemment. Il est facile d'imaginer que Mars ressemble à la Terre, et peut-être l'était-elle autrefois, mais depuis environ un milliard d'années, Mars a connu un climat unique et rigoureux qui laisse des caractéristiques très différentes de celles de la Terre.

La calotte polaire nord de Mars photographiée par Mariner 9 en 1972 et Mars Express en 2016. La persistance de la structure a surpris les spécialistes. (NASA/JPL; ESA/DLR/Cowart.)



Givre martien

Basé sur un communiqué Université de Berne

Les images couleur à haute résolution de la caméra CaSSIS, à bord du vaisseau spatial ExoMars Trace Gas Orbiter (TGO) ont révélé la présence de givre sur les hauts volcans de Mars. Savoir où l'on peut trouver de l'eau sur la Planète rouge et comment elle est transportée est utile pour comprendre les processus physiques impliqués dans le climat de Mars. C'est aussi essentiel pour les futures missions sur Mars et une éventuelle exploration humaine.

Les volcans Tharsis, où le givre a été trouvé, sont les plus hautes montagnes non seulement de Mars, mais de tout le Système solaire, avec Olympus Mons culminant à 26 km au-dessus des plaines environnantes. La formation de gel à ces endroits n'avait pas été prédite car ces montagnes se situent près de l'équateur et, à ces basses latitudes, l'ensoleillement a tendance à maintenir les températures de surface relativement élevées. De plus, l'atmosphère ténue de Mars est inefficace pour refroidir le sol, de sorte qu'il peut devenir aussi chaud au soleil à haute altitude qu'à basse altitude, contrairement à ce qui se passe sur Terre.

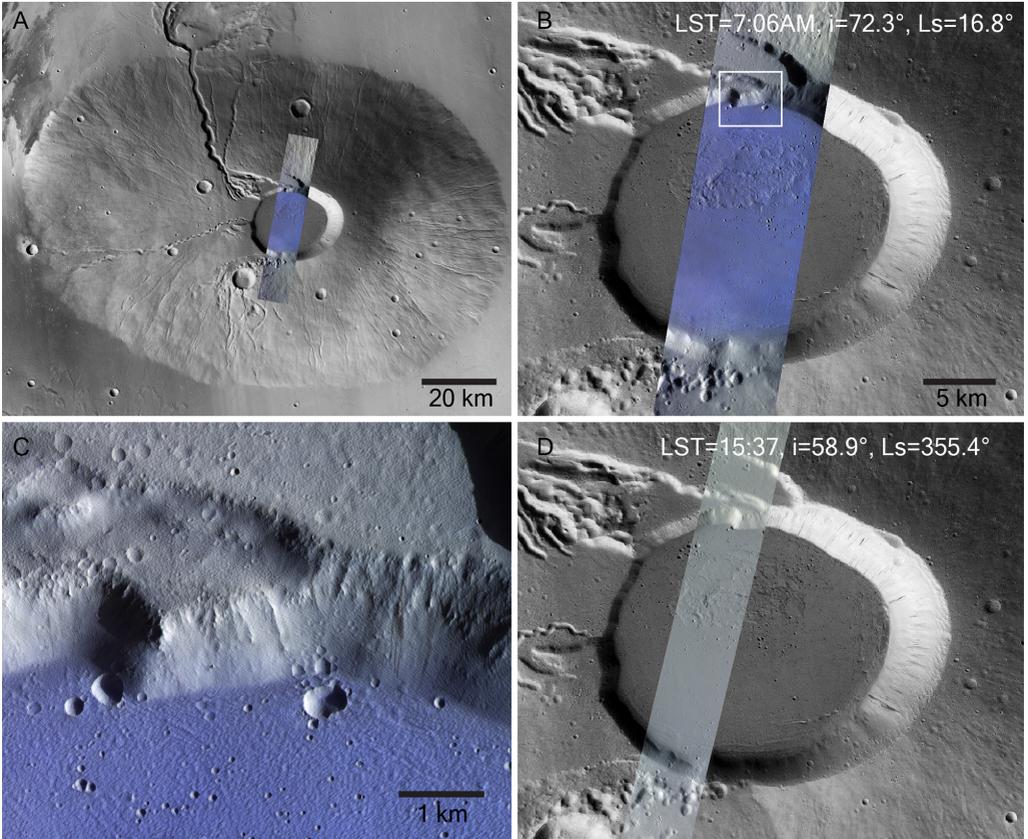
Les vents ascendants font monter de l'air contenant de la vapeur d'eau depuis les basses terres et cet air se refroidit à mesure qu'il atteint les hautes altitudes, provoquant de la condensation. Il s'agit d'un phénomène familier sur Terre et sur Mars. Le même phénomène est à l'origine de l'impressionnant nuage allongé d'Arsia Mons et il produit également les dépôts de gel matinal sur les volcans de Tharsis. Les images CaSSIS montrent que ce mince dépôt de givre ne tient que quelques heures autour du lever du Soleil avant de s'évaporer.

Ces résultats sont basés sur plus de 5 000 images prises par la caméra CaSSIS. Depuis avril 2018, CaSSIS fournit des observations sur l'activité locale des poussières, les changements saisonniers des dépôts de glace de CO₂ et les avalanches sèches sur Mars.

La découverte a été validée à l'aide d'observations indépendantes réalisées par la caméra stéréo haute résolution (HRSC) à bord de l'orbiteur Mars Express et par le spectromètre NOMAD à bord du TGO. En combinant

***Givre dans la caldera et sur la paroi nord d'Olympus Mons. Il est absent des pentes bien éclairées.
(ESA/TGO/CaSSIS CC-BY-SA 3.0 IGO)***





les mesures de divers instruments et la modélisation, les chercheurs peuvent étudier les interactions atmosphère-surface d'une manière qui ne serait pas possible avec un seul instrument. Les résultats montrent l'importance de la surveillance à long terme des processus planétaires, car certains phénomènes ne deviennent apparents qu'en comparant plusieurs mesures au fil du temps.

Bien qu'elles soient minces – probablement seulement un centième de millimètre d'épaisseur (aussi épaisse qu'un cheveu humain) – les plaques de givre couvrent une zone très vaste. Cela représente environ 150 000 tonnes d'eau qui s'échangent chaque jour entre la surface et l'atmosphère pendant les saisons froides, soit l'équivalent d'environ 60 piscines olympiques.

Givre dans le volcan Ceraunius Tholus volcano. Image générale prise par le MRO (Mars Reconnaissance Orbiter) sur laquelle sont superposées des vues obtenues par CASSIS au petit matin (A-C). L'image D est prise à un autre moment et ne montre pas de givre. La couleur est due à la combinaison d'images dans le visible et l'infrarouge proche. (ESA/TGO/CaSSIS CC-BY-SA 3.0 IGO)



Olympus Mons, le plus haut volcan non seulement de Mars, mais de tout le Système solaire. Image obtenue tôt le matin (7h 20, heure solaire locale) par la caméra stéréo à bord de Mars Express dans le cadre d'une recherche révélant des dépôts de givre près de l'équateur de Mars. (ESA/DLR/FU Berlin)



Eau martienne

Basé sur un communiqué UC Berkeley

L'activité sismique de Mars a été mise à profit pour sonder l'intérieur de la planète. L'atterrisseur InSight de la NASA a ainsi permis de découvrir un grand réservoir souterrain d'eau liquide avec des quantités suffisantes pour former un océan global d'un à deux kilomètres de profondeur.

Bien que ce soit une bonne nouvelle pour ceux qui s'inquiètent du sort de l'eau martienne après la disparition des océans il y a plus de 3 milliards d'années, le réservoir ne pourra guère être exploité par de futures colonies martiennes. L'eau séjourne dans de minuscules interstices entre 10 et 20 kilomètres sous la surface. Même sur Terre, forer aussi profondément serait un défi.

Cette découverte permet de répondre à certaines questions de l'histoire géologique de la planète. Établir qu'il existe un grand réservoir d'eau liquide donne une idée de ce qu'était ou pourrait être le climat. Cela identifie aussi un endroit où la vie pourrait exister.

Comprendre le cycle de l'eau est essentiel pour comprendre l'évolution du climat, de

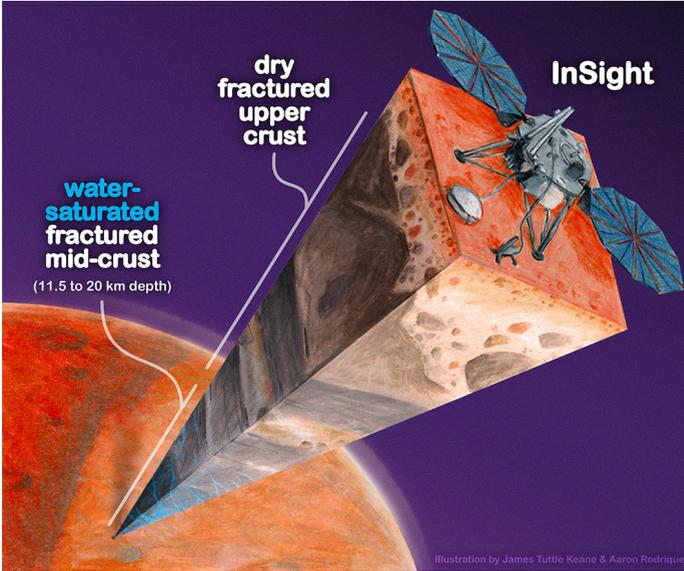
Mars en 2018 pendant une tempête de poussière.

Il y a plus de 3 milliards d'années, la Planète rouge possédait des océans et des rivières. Cette eau a disparu, ne laissant que de la glace à la surface, la majeure partie dans les calottes polaires. Une nouvelle analyse de l'intérieur de Mars suggère qu'une grande partie de l'eau liquide existe encore dans les pores des roches situées entre 10 et 20 kilomètres sous la surface.

Photo prise par le télescope spatial Hubble. (NASA, ESA, STScI)

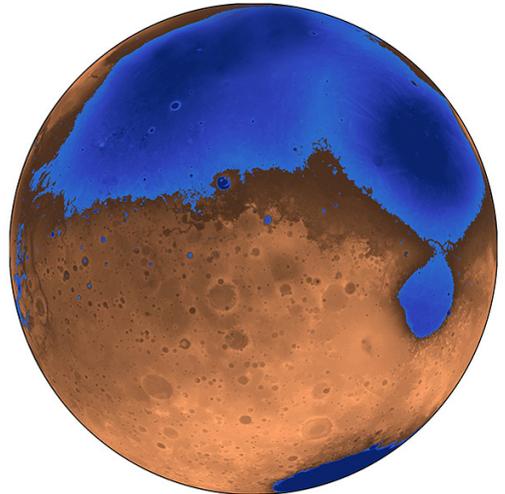
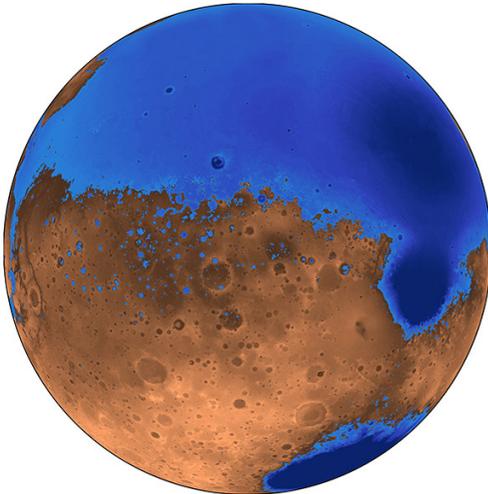
la surface et de l'intérieur. Un point de départ utile est d'identifier où se trouve l'eau et en quelle quantité.

Les scientifiques ont utilisé un modèle mathématique de physique des roches, identique aux modèles utilisés sur Terre pour cartographier les aquifères souterrains et les champs de pétrole, pour conclure que les données sismiques d'InSight s'expliquent le mieux par une couche profonde de roche ignée – du magma refroidi – fracturée et saturée d'eau liquide.



Coupe de Mars sous l'atterrisseur InSight. Les 5 premiers kilomètres de la croûte semblent secs, mais une nouvelle étude montre une zone de roche fracturée située entre 10 et 20 km sous la surface qui est remplie d'eau liquide.

(J.K. Tuttle Keane, A.A. Rodriguez, Scripps Institution of Oceanography)



L'océan primitif Arabia (à gauche, en bleu) aurait ressemblé à ceci lorsqu'il s'est formé il y a 4 milliards d'années sur Mars, tandis que l'océan Deuteronilus, âgé d'environ 3,6 milliards d'années, avait un littoral plus petit. Les deux coexistaient avec l'immense province volcanique de Tharsis, située du côté invisible de la planète. L'eau a maintenant disparu, tandis que les anciens fonds marins constituent les plaines du nord.

(R. Citron, UC Berkeley.)



De nombreux indices – canaux fluviaux, deltas et dépôts lacustres, roches altérées par l'eau – soutiennent l'hypothèse selon laquelle l'eau coulait autrefois à la surface de la planète. Mais cette période humide a pris fin il y a plus de 3 milliards d'années, après que Mars eut perdu son atmosphère. De nombreuses sondes ont été envoyées pour découvrir ce qui est arrivé à cette eau car l'eau gelée des calottes polaires de Mars ne peut pas tout expliquer.

La nouvelle découverte indique qu'une grande partie de l'eau ne s'est pas échappée dans l'espace mais s'est infiltrée dans la croûte.

L'atterrisseur InSight a été envoyé par la NASA sur Mars en 2018 pour étudier la croûte, le manteau, le noyau et l'atmosphère. Il a enregistré des informations inestimables sur l'intérieur de Mars avant la fin de la mission en 2022. En examinant toutes les données sismiques collectées par InSight, les chercheurs ont déterminé l'épaisseur de la croûte, la profondeur du noyau, la composition du noyau, et même la température à l'intérieur du manteau.

InSight a détecté sur Mars des tremblements de terre d'une magnitude d'environ 5,

Vue d'artiste d'InSight sur Mars après que le bras robotique de l'atterrisseur a déployé un sismomètre (objet en forme de dôme à gauche de l'atterrisseur) et une sonde thermique directement sur le sol. L'atterrisseur a cessé d'enregistrer des données en 2022, mais les scientifiques continuent de les exploiter pour obtenir des informations sur l'intérieur de Mars. (NASA/JPL-Caltech)

des impacts de météores et des grondements provenant de zones volcaniques, qui ont tous produit des ondes sismiques qui ont permis aux géophysiciens de sonder l'intérieur.

Des recherches antérieures avaient conclu qu'à moins d'environ 5 kilomètres la croûte ne contient pas de glace d'eau et, par conséquent, qu'il y a peu d'eau souterraine gelée accessible en dehors des régions polaires.

La nouvelle étude de la croûte plus profonde conclut que les données disponibles s'expliquent par une croûte intermédiaire saturée d'eau située sous l'emplacement d'InSight. En supposant que la croûte soit semblable sur toute la planète, on arrive aux grands volumes annoncés.