

Auteurs : Travail collectif(plus d'infos)

Résumé : Chapitre de François Costard, issu de l'ouvrage "29 notions clefs pour savourer et faire savourer la science - primaire et collège", paru aux éditions Le Pommier en août 2009.

Copyright : Creative Commons France. Certains droits réservés.



A la découverte de Mars

Mars a toujours été considérée comme l'une des planètes les plus fascinantes de notre système solaire. Au premier abord, elle n'a rien de très passionnant : deux fois plus petite que la Terre, bien plus froide, très sèche, une atmosphère composée de CO₂... La température moyenne annuelle de -55 °C et la pression atmosphérique de 6 hectopascals (hPa) (1/168e de la pression atmosphérique terrestre) font que l'eau liquide n'est pas stable en surface. Ainsi, un bloc de glace hydrique posé sur le sol aujourd'hui se sublimerait immédiatement, c'est-à-dire passerait de l'état solide à l'état de vapeur sans passer par l'état liquide. Mars est donc un monde aride. Pourtant, si on la regarde d'un peu plus près, on s'aperçoit que sa surface est parcourue d'innombrables rivières aujourd'hui asséchées. Mars est la seule planète (avec la Terre) sur laquelle de l'eau semble avoir existé, ce qui nous intéresse au premier chef. En effet, l'eau fut l'un des ingrédients nécessaires à l'apparition de la vie sur la Terre, apparition qui reste une énigme. Il faut remonter à -3,5 milliards d'années (Ma) pour trouver les premières traces de vie terrestre. Avant cette date, nous ne savons que très peu de chose, les traces éventuelles de l'apparition de la vie ont été largement effacées par l'érosion. Or les deux tiers de la surface de Mars datent de l'équivalent de l'Archéen sur Terre, période qui fut propice à l'émergence de la vie sur notre planète. Ainsi la planète

rouge pourrait-elle détenir les clés de l'origine de la vie sur la planète bleue...

La recherche de l'eau ou des indices pouvant prouver son existence actuelle ou passée constitue aujourd'hui le fil directeur de l'exploration de Mars. La conquête de Mars constitue même l'objectif prioritaire des prochaines missions planétaires du système solaire. Ces dernières années, les États-Unis et l'Europe ont relancé un programme d'exploration vers Mars. L'objectif prioritaire de leurs agences spatiales est la recherche de l'eau sur Mars via l'étude de son influence sur son évolution géologique. Mission après mission, les scientifiques ont commencé à percer certains mystères de la planète rouge...

Le mystère des canaux et la conquête spatiale

Mars a de tout temps intrigué les astronomes. Dès le xv^e siècle, ces derniers avaient pu mettre en évidence des variations saisonnières à la surface de la planète rouge. Puis, au xix^e siècle, c'est l'« affaire des canaux » qui donna une nouvelle impulsion à l'étude de la planète. Les astronomes de l'époque, Angelo Secchi, Giovanni Schiaparelli et Percival Lowell, en observant la surface de Mars avec leurs lunettes, identifièrent des structures rectilignes parcourant la surface du globe martien : on supposa que des êtres intelligents construisaient des canaux d'irrigation à travers la planète – d'où le nom donné à ces structures. Mais ce n'est qu'au début du xx^e siècle qu'Evgénios Antoniádís put clarifier l'origine de ces canaux en réalisant des observations à haute résolution avec la lunette de l'observatoire de Meudon. Il remarqua que ces traces étaient en fait des taches isolées (appelées « taches d'albédo ») liées aux propriétés des matériaux recouvrant la surface de Mars. À l'époque, la déception fut grande. Bien plus tard, la conquête spatiale de Mars montrera que de l'eau a bien coulé sur Mars, mais pas dans des canaux d'irrigation...

Cette affaire des canaux vient souligner le rôle fondamental de la résolution spatiale des images, c'est-à-dire de la taille des détails observés à la surface d'une planète. Depuis 1962, date du premier lancement d'un engin vers Mars, la résolution des images renvoyées par les caméras embarquées s'est améliorée. Elle était alors de quelques centaines de mètres par pixel quand, de nos jours, nous atteignons quelques mètres par pixel. Outre ces progrès de la résolution, des instruments nouveaux ont été déployés à bord des engins, comme des caméras stéréoscopiques haute résolution, des spectromètres capables d'analyser la composition chimique et minéralogique de la surface, des radars pour détecter les discontinuités du sous-sol, des lasers altimètres, des détecteurs de méthane pour la recherche de traces de vie. Tous ces instruments reflètent la richesse des approches scientifiques et disciplinaires. Ainsi, jusque dans les années 1960, les astronomes étaient essentiellement les scientifiques impliqués dans l'étude des planètes. C'est vers les années 1970 que les géologues saisirent l'intérêt d'étudier la planète rouge sous l'angle d'une approche comparative Terre-Mars. Puis, d'autres disciplines, comme l'exobiologie, s'intéressèrent à la recherche de la vie sur Mars. Depuis les années 1990, cette recherche passe aussi par des analyses in situ, menées à l'aide de robots. Aujourd'hui, ces approches, diverses et complémentaires, fournissent une vision nouvelle de Mars et nous permettent de percevoir la complexité du monde martien.

Remontons aux tout débuts de la formation de la planète rouge, il y a plusieurs milliards d'années, quand l'eau liquide sculptait son relief.

L'enfance de Mars

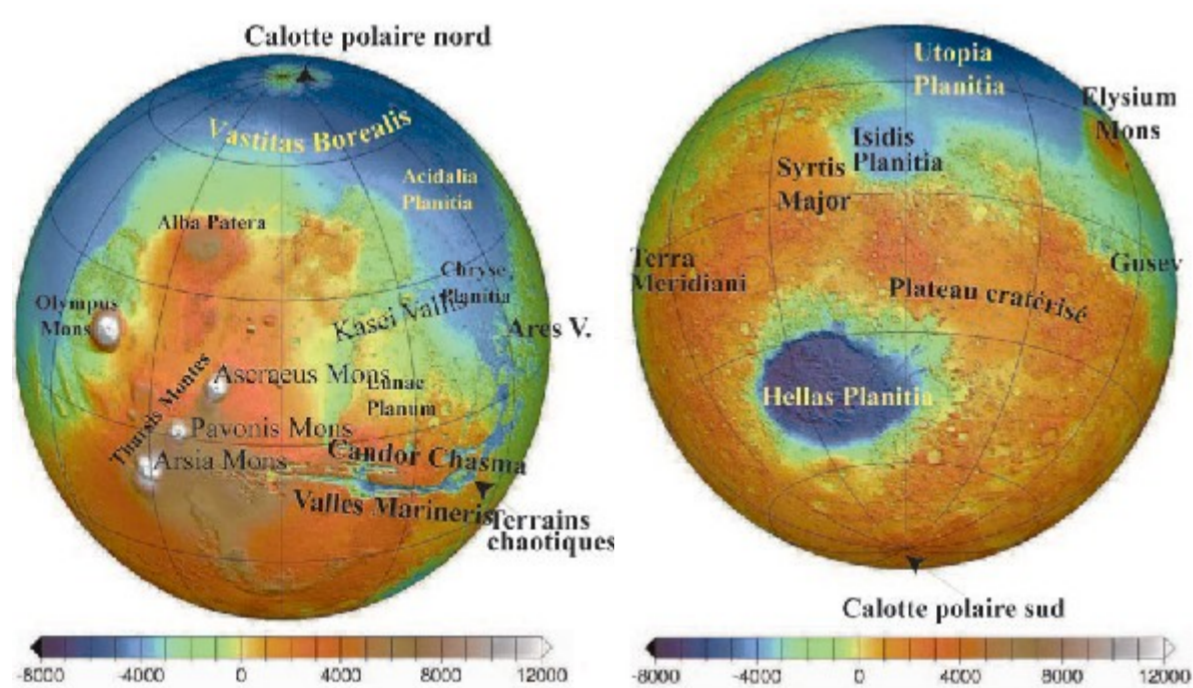
Les cratères d'impact

Durant la première partie de leur existence, entre -4,56 et -3,8 Ma, l'ensemble des planètes du système solaire subirent une phase de bombardement météoritique intense par des astéroïdes ou d'autres petits corps errants. Les impacts répétés dégagèrent suffisamment de chaleur pour faire fondre Mars en profondeur. Une différenciation chimique se produisit : les éléments les plus lourds (essentiellement le fer) se concentrèrent au cœur de la planète pour former un noyau liquide, les éléments les plus légers restant au niveau des enveloppes superficielles. Cette différenciation chimique organisa la structure interne de Mars en enveloppes successives avec le noyau au centre, puis le manteau et enfin la croûte.

Le plateau de l'hémisphère Sud est criblé de cratères d'impact dont le diamètre va de quelques dizaines de mètres à quelques centaines de kilomètres – Hellas Planitia détient le record des cratères d'impact du système solaire avec une profondeur de 11 km et un diamètre de 2 000 km ! Ce sont les témoins de cette phase de bombardement. Sur la Terre, ces cratères sont quasiment absents, la tectonique des plaques et la forte érosion ayant effacé au fil du temps les cicatrices de ces impacts.

Comment se sont formés ces cratères ? L'arrivée à la vitesse de plusieurs kilomètres par seconde d'un corps sur une planète crée une onde de choc au-devant du bolide. Cette onde de choc, en rencontrant la surface de Mars, a généré une énorme pression de plusieurs milliers de bars et provoqué une fracturation et une excavation du sous-sol. La pression et la température, atteignant plusieurs milliers de degrés, ont liquéfié, vaporisé ou vitrifié les roches. Au moment de l'impact, les matériaux du sous-sol ont été éjectés, puis sont retombés à la surface après une trajectoire balistique. En partie fondus, on les appelle ejecta. Ils forment, en se déposant, une couronne de dépôts autour des cratères d'impact. Ainsi, durant le premier milliard d'années d'existence de Mars, les retombées des impacts répétés auraient formé une couche d'épaisseur kilométrique de débris rocheux de toutes tailles, uniformément répartis sur l'ensemble de la planète.

Ce sont ces cratères d'impact qui permettent au géologue de dater les surfaces martiennes ou, plus exactement, d'établir une chronologie relative grâce au calcul de la densité des cratères par unité de surface. Plus une surface est cratérisée, plus elle est ancienne. Ainsi, le plateau cratérisé de l'hémisphère Sud présente un grand nombre de cratères. Il est donc plus ancien que les plaines de l'hémisphère Nord, faiblement cratérisées.

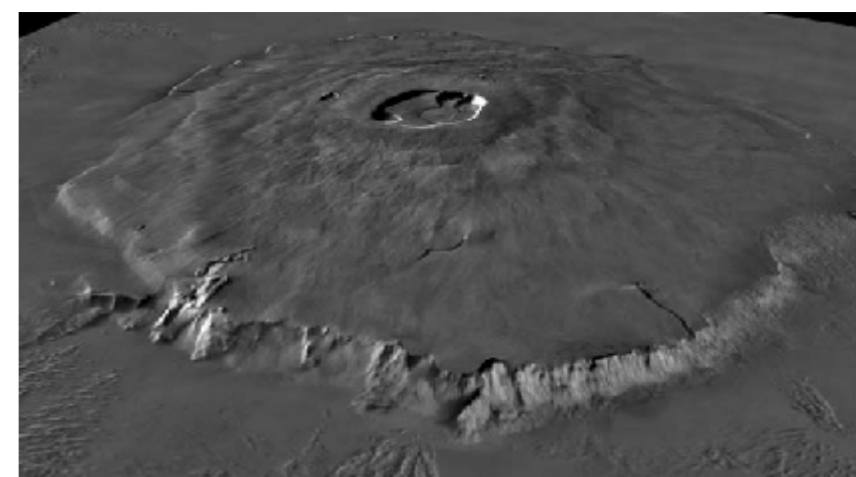


Cartes topographiques réalisées par le laser altimètre de la sonde Mars Global Surveyor montrant les principales provinces martiennes © Nasa

L'activité interne de Mars

Pour évacuer le flux de chaleur interne initié pendant la phase de bombardement météoritique, de puissants courants de convection sont nés dans le manteau, déclenchant de profondes déformations en surface pendant près de deux milliards d'années. Ces mouvements de convection sont bien connus sur la Terre, car ils sont à l'origine de la tectonique des plaques. Sur Mars, l'hypothèse d'une tectonique des plaques est écartée car nous ne retrouvons aucune structure en surface caractéristique du déplacement de la croûte martienne. Mars serait plutôt une planète monoplague composée d'une croûte rigide bien plus épaisse que son homologue terrestre.

À la faveur de la convergence de ces courants de convection, un bombement de la croûte s'est produit dans la région de Tharsis. Sur ce bombement de 5 000 km de diamètre et de 5 km d'altitude reposent de vastes édifices volcaniques aujourd'hui éteints comme Olympus Mons, Arsia Mons, Pavonis Mons, Ascraeus Mons. Ces édifices volcaniques sont probablement l'un des traits les plus marquants de la planète Mars. Ils sont non seulement diversifiés et nombreux mais, de plus, ils sont souvent gigantesques. La plupart ont une morphologie qui rappelle celle des volcans hawaïens de type « volcan bouclier ». Avec ses 25 km d'altitude et ses 600 km de diamètre, Olympus Mons est sans conteste le plus grand volcan du système solaire. S'il surpasse en taille et en volume tous ses concurrents sur Mars, il est aussi cinquante à cent fois plus volumineux que ses homologues terrestres. C'est l'absence de tectonique des plaques associée à l'épaisse croûte rigide de Mars qui aurait permis une telle accumulation de lave au cours du temps. Tout comme les volcans terrestres, Olympus Mons était alimenté en lave par un réservoir magmatique situé juste en dessous de l'édifice volcanique. La libération de tels volumes de lave par les volcans de Tharsis suppose un réservoir magmatique trois fois plus gros que ceux que nous connaissons sur la Terre.



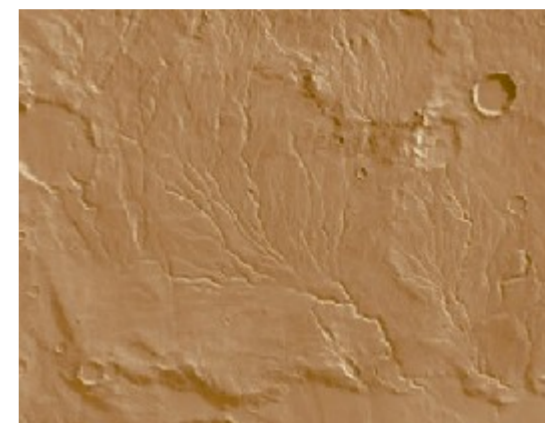
Olympus Mons © Nasa

Mars la Bleue

Durant la phase d'intense bombardement météoritique, les astéroïdes ou d'autres petits corps errants, comme des comètes ou des chondrites (l'autre nom des météorites les plus communes) très hydratées, ont, en percutant la planète Mars, libéré des matériaux volatils et enrichi l'atmosphère en vapeur d'eau. L'activité volcanique de la planète a, elle aussi, contribué à libérer dans l'atmosphère de très fortes quantités de gaz carbonique et de vapeur d'eau. Cette eau, si elle avait été répartie de façon homogène sur l'ensemble de la planète, aurait atteint une épaisseur de 120 m.

Les rivières de Mars

En 1972, la sonde Mariner 9 a découvert un grand nombre de rivières asséchées dans l'hémisphère Sud de Mars. La plupart des vallées présentent un grand nombre de ramifications (appelées « affluents ») qui suggèrent qu'un écoulement d'eau s'est progressivement organisé en un vaste réseau hydrographique (ci-dessous). La morphologie et le nombre de ramifications de ces rivières martiennes rappellent nos rivières terrestres. Pour mieux comprendre les réseaux anciens de Mars, un véhicule automatique, baptisé Opportunity, s'est posé en 2004 sur le plateau cratérisé de l'hémisphère Sud de la planète. Les géologues ont ainsi découvert dans les affleurements rocheux d'un petit cratère de 22 m de diamètre (page suivante) de l'hématite, un oxyde de fer se formant sur la Terre le plus généralement en présence d'eau liquide. De plus, l'observation, sur l'aire d'atterrissage, de fines stratifications entrecroisées des couches géologiques atteste le passage de l'eau liquide et l'existence d'étendues d'eau salée il y a plusieurs milliards d'années dans l'hémisphère Sud. L'analyse des échantillons à bord du robot ne fera que confirmer l'existence passée de l'eau liquide dans cette région.



Ancien réseau de vallées ramifiées sur le plateau cratérisé. L'image représente 300 km de large © NASA / Calvin J. Hamilton

Grâce à ces observations, les planétologues savent désormais que l'environnement primitif de Mars devait répondre à des conditions atmosphériques bien différentes de celles qui règnent aujourd'hui. Durant la jeunesse de Mars, vers – 4 Ma, le dégazage et l'activité volcanique ont profondément modifié le climat primitif en déclenchant un puissant effet de serre. Cet effet de serre est bien connu sur Terre : le rayonnement solaire pénètre l'atmosphère et atteint la surface, une fraction de l'énergie est renvoyée vers l'atmosphère sous forme de rayonnement infrarouge et il y a effet de serre quand le rayonnement infrarouge est piégé par certains gaz comme le CO₂, la vapeur d'eau, le méthane et l'ammoniac. L'atmosphère se réchauffe alors. La forte quantité de CO₂ a donc, sur Mars, formé une atmosphère ayant une pression de 1 bar, proche de celle de la Terre actuellement. Cet effet de serre a déclenché des conditions climatiques douces et humides favorables au démarrage d'un cycle de l'eau. Le Soleil étant à cette époque relativement moins lumineux qu'aujourd'hui, l'hypothèse de l'existence d'autres gaz à effet de serre, comme le méthane, a été proposée, ainsi que celle de nuages de glace carbonique.

Les vallées ramifiées supposent certes un écoulement en surface, mais les planétologues restent encore indécis quant aux conditions, cette fois climatiques, favorables au déclenchement de ce ruissellement : y faut-il nécessairement un climat chaud et humide ou bien un climat froid (comparable à celui de nos régions arctiques) est-il suffisant ?

Les lacs et l'océan boréal

Là où les rivières se jetaient dans des bassins d'impact, des dépôts lacustres se sont progressivement accumulés. Les géologues admettent depuis peu qu'un certain nombre de cratères ou de bassins d'impact auraient été recouverts d'eau, formant ainsi une succession de mers et de lacs temporaires. Plusieurs dizaines de cratères ont ainsi pu être occupés par des lacs. Les images à haute résolution ont permis de distinguer de fines stratifications de couches tantôt claires, tantôt foncées dans le fond de certains de ces cratères. La disposition de ces couches fait penser en effet à des sédiments qui seraient provenus de rivières et se seraient déposés, parfois en deltas, dans la région centrale des cratères. Les Américains, pour en avoir le cœur net, décidèrent d'envoyer un robot nommé Spirit en 2004 dans le cratère Gusev, qui était supposé être un ancien lac, mais leur attente fut déçue : l'engin n'identifia aucun dépôt lacustre...



Site d'atterrissage du robot Opportunity sur le plateau cratérisé de l'hémisphère Sud. On observe des dépôts stratifiés et d'innombrables petites billes d'hématite de quelques millimètres de diamètre © Nasa

Les planétologues supposent même qu'à cette époque où l'atmosphère était suffisamment dense et présentait un effet de serre suffisant pour autoriser le maintien d'eau liquide en surface, de forts volumes d'eau et de sédiments se sont déposés pour former un océan d'eau liquide dans les basses plaines d'Acidalia et d'Utopia Planitia, dans l'hémisphère Nord. En 1996, les géologues firent une découverte de taille. Un laser altimètre Mola (pour Mars Orbiter Laser Altimeter) embarqué à bord de la sonde Mars Global Surveyor, capable de mesurer très finement la topographie martienne, apporta des preuves en faveur d'un océan aujourd'hui disparu. Dans les basses plaines de l'hémisphère Nord, il avait clairement identifié des replats topographiques pouvant correspondre à d'anciennes lignes de rivages marins. Selon les estimations, cet océan aurait atteint une profondeur de 600 m à 2 km, soit l'équivalent d'une couche d'eau de 80 à 400 m d'épaisseur répartie sur l'ensemble de la planète. Pourtant, le débat quant à la possible existence ancienne d'un océan reste ouvert. En effet, en supposant une atmosphère riche en CO₂, comme celle de la Terre, l'océan aurait absorbé le gaz carbonique et ainsi formé des carbonates. Or ces hypothétiques dépôts de carbonates n'ont toujours pas été détectés par les sondes planétaires à la surface de Mars...

Les vallées de débâcle

Pour créer cet océan boréal, de gigantesques vallées sont venues alimenter en eau les basses plaines de l'hémisphère Nord. Entaillant profondément le plateau cratérisé, elles présentent une morphologie très différente des réseaux ramifiés dont nous avons parlé plus haut. En effet, ces vallées, situées près de l'équateur et non loin de Tharsis et d'Elysium, ont des dimensions exceptionnelles : 5 à 25 km de largeur, jusqu'à 2 km de profondeur et 1 500 km de longueur. Elles ont dû se former sur un pas de temps court et lors de plusieurs phases d'écoulement. Leur tracé faiblement sinueux et la quasi-absence d'affluents ont permis d'avancer l'hypothèse d'une origine catastrophique. L'écoulement dans ces « vallées de débâcle » aurait été associé à la vidange brutale d'une nappe phréatique sous pression présente dans le sous-sol. Au vu de leurs dimensions exceptionnelles, ces vallées ont probablement atteint des débits de pointe de 70 millions de mètres cubes par seconde, soit plus de deux mille fois celui du Mississippi !



Athabasca Valles, vallée de débâcle sur Mars. L'image représente 30 km de côté. L'éclairage vient de la gauche. © NASA

La disparition de l'atmosphère

Au cours de son histoire géologique, Mars n'a pu conserver son effet de serre. En raison d'une masse dix fois plus faible que celle de la Terre, elle a laissé s'échapper l'essentiel de son atmosphère au cours de ses huit cents premiers millions d'années. Avant de s'écraser à la surface, les météorites ont expulsé une partie de l'atmosphère. De plus, le faible champ magnétique, actif durant les cinq cents premiers millions d'années, a cessé d'agir, ce qui a facilité cet échappement de l'atmosphère par l'action directe du vent solaire sur les hautes couches de ladite atmosphère. Avec cette fuite, l'essentiel du CO₂ atmosphérique, qui maintenait l'effet de serre, a perdu en efficacité. Mars s'est progressivement refroidie et, au fil des millions d'années, est devenue un monde gelé. Ce n'est pas tout : le départ de la

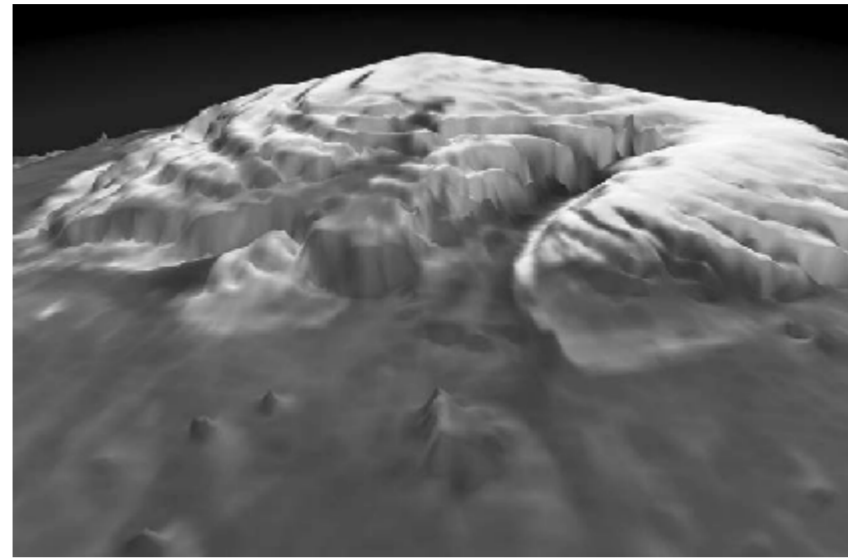
vapeur d'eau et du CO₂ atmosphérique va faire diminuer la pression atmosphérique qui finira par atteindre 6 hPa. Mars devint aussi aride que gelée...

Mars la Blanche

Mars contenait beaucoup d'eau. Où cette eau est-elle passée ? Où se cache-t-elle aujourd'hui ? Répondre à ces questions est l'objectif prioritaire des missions spatiales vers Mars. Caméras haute résolution, radars sondeurs, robots vont jouer les détectives pour retrouver les traces de cette eau si abondante il y a plusieurs milliards d'années.

Les calottes polaires

Tout comme la Terre, Mars présente deux calottes polaires, facilement identifiables avec une petite lunette. Dès 1610, Galilée avait observé des taches claires aux pôles, qui furent interprétées au XIX^e siècle par William Herschel comme des calottes polaires. Au pôle Nord, la calotte, de 1 200 km de diamètre, est constituée de glace hydrique. En la faisant fondre, on pourrait reconstituer un océan global de 30 m de profondeur. La calotte polaire Sud, de 350 km de diamètre, est quant à elle constituée de glace carbonique. Le spectromètre Omega de la sonde européenne y a récemment découvert de la glace d'eau. En hiver, les calottes polaires sont recouvertes d'une fine couche de givre carbonique.

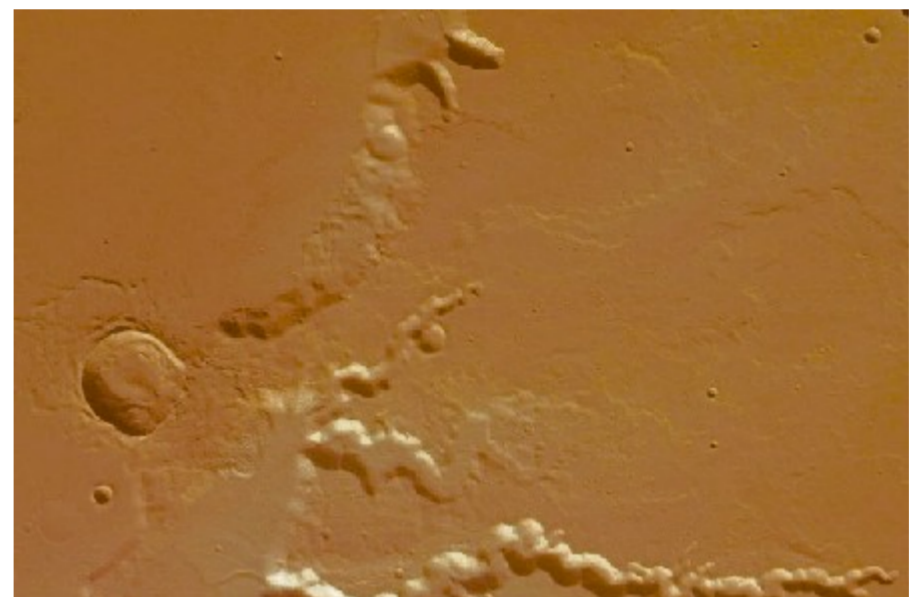


Reconstitution 3D de la calotte polaire permanente Nord à l'aide des données du laser altimètre Mola de la sonde MGS. Cette calotte polaire a un diamètre de 1 200 km.
© Nasa

Un sous-sol gelé riche en glace

Les calottes polaires ne seraient pas les seules à contenir de la glace d'eau. Les températures de surface, constamment négatives, forment un sol gelé en permanence. Or, sur la Terre, dans les régions froides dites « périglaciaires » comme la Sibérie, les couches superficielles qui sont à l'état gelé tout au long de l'année forment un pergélisol – on désigne par ce terme un sol qui reste gelé pendant au moins deux années consécutives. Il est constitué d'un mélange de roches et de glace. En Sibérie, il peut atteindre 1,5 km d'épaisseur avec une température de -7 °C en moyenne. Sur Mars, jusqu'où s'étend en profondeur ce sous-sol gelé ? Il serait épais de 1 à 3 km en zone équatoriale et de 3 à 7 km vers les hautes latitudes. On ne connaît pas la composition du pergélisol martien : recèle-t-il de l'eau ? D'après certains chercheurs, l'eau de ce sous-sol gelé représenterait l'équivalent d'un océan global de 400 à 800 m d'épaisseur ! À ce jour, l'existence de ce sous-sol gelé riche en glace d'eau reste encore à démontrer, même si la présence de cratères d'impact d'un type assez particulier intrigue depuis de nombreuses années les planétologues (page suivante).

Ces cratères sont entourés de nappes d'éjecta ayant un aspect « lobé » – un peu comparable à celui de coulées boueuses. Différentes études proposent que l'aspect lobé des éjecta soit dû à la présence d'un sous-sol riche en glace. Au moment de l'impact, avec l'augmentation brutale de la température, les éjecta enrichis en eau, glace et vapeur auraient formé une « nuée ardente » (sorte de nuage de vapeur d'eau et de débris rocheux qui se forme parfois lors d'éruptions volcaniques). Les matériaux éjectés, en retombant au sol, se seraient écoulés à la surface sur une certaine distance, formant des lobes. Ces cratères apporteraient-ils la preuve de l'existence d'un sous-sol riche en glace ? Seul un radar embarqué à bord d'un orbiteur, comme celui de Mars Express, capable de sonder le sous-sol martien, pourra un jour nous fournir un début de réponse...



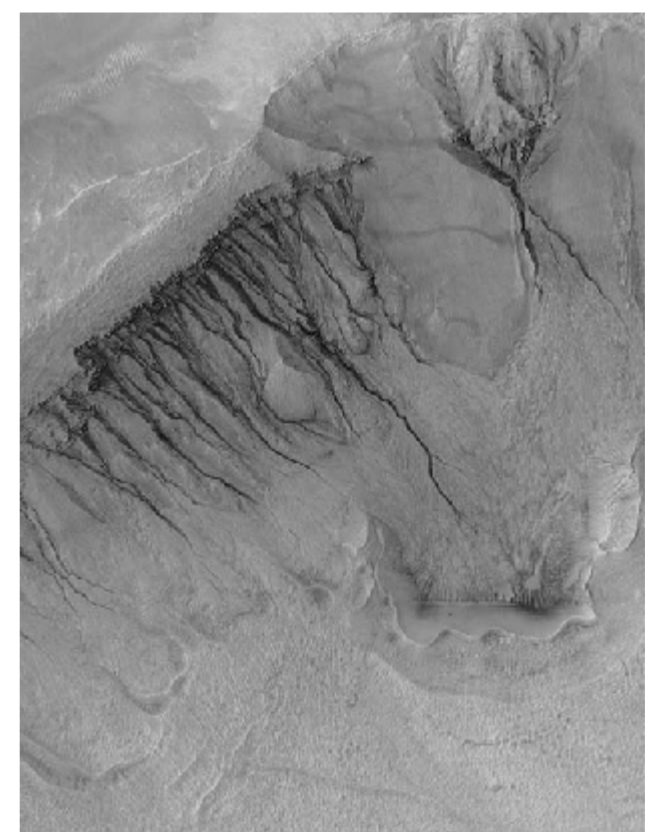
Cratère d'impact à éjecta lobés. L'éclairage vient de la gauche. Image prise avec la caméra haute résolution de la sonde européenne Mars Express.
© ESA

Des coulées d'eau intermittentes

Découvertes grâce à l'imagerie haute résolution, des traces de ruissellement sur des versants semblent attester l'existence d'eau liquide dans un passé géologiquement récent. Aujourd'hui, ces ruissellements sont complètement asséchés mais les géologues ont pu dater ces formations et se sont rendu compte qu'elles étaient actives il y a quelques millions d'années seulement. Ces traces de ruissellement récent supposent donc la présence d'eau liquide en surface à une époque où, normalement, Mars n'avait plus depuis longtemps d'effet de serre.

C'est en comparant ces formations avec des observations effectuées dans des régions terrestres froides que les géologues ont pu proposer un début de scénario. Présents au Groenland, des ruissellements similaires se déclenchent lors de la fonte de la glace ou de la neige en surface et forment des écoulements boueux, turbulents et intermittents, contenant une assez forte proportion d'eau liquide. Appliqué à Mars, un tel scénario suppose l'existence de glace et d'eau liquide en surface. Des changements climatiques ont dû se produire voilà quelques millions d'années. Les astronomes ont alors fait marcher leur imagination. Selon eux, Mars a dû connaître des variations brutales de l'inclinaison de son axe de rotation (obliquité) au cours du temps. L'obliquité actuelle est de 25°, elle était de 45° il y a moins de six millions d'années. Par rapport aux 4,56 milliards d'années d'évolution de Mars, ces basculements seraient donc très récents. De telles variations de l'inclinaison de l'axe de rotation auraient bouleversé la répartition en latitude du flux de chaleur en provenance du Soleil. Ainsi, les températures aux pôles auraient augmenté et les calottes polaires, en fondant, auraient libéré de fortes quantités de vapeur d'eau et de CO₂ dans l'atmosphère. Avec la réactivation temporaire de l'effet de serre et l'augmentation de la pression atmosphérique, les conditions de stabilité de l'eau auraient totalement changé. Dans ces conditions, la glace, en se réchauffant, ne se sublime plus mais passe à l'état liquide, ce qui expliquerait ces traces de ruissellement sur les versants. Toutefois, l'existence de ces conditions de stabilité de l'eau liquide serait restée temporaire car elle dépend directement des variations de l'obliquité de Mars.

Contrairement à ce que l'on pensait dans les années 1990, Mars fut géologiquement active dans un passé pas si lointain.



Écoulements récents à la surface de Mars sur un versant de 1 km de long. © NASA

Conclusion

Les dernières missions martiennes redécouvrent la planète Mars sous un jour nouveau, comme une planète présentant de nombreuses analogies avec notre Terre, notamment quant à son activité fluviale passée et à son activité volcanique. De multiples données attestent que l'environnement primitif de Mars devait être différent de ce qu'il est aujourd'hui : on a retrouvé des traces d'eau liquide, des sédiments anciens, des signes d'un volcanisme plus intense, etc. La plupart des planétologues suggèrent donc qu'un climat relativement plus humide qu'actuellement, essentiellement lié à un effet de serre, ait favorisé le déclenchement d'un cycle de l'eau, l'eau de pluie ayant pu alors s'infiltrer dans le sous-sol ou s'écouler en surface. Les dernières sondes ont renouvelé un certain nombre d'idées sur l'évolution géologique de Mars, en particulier sur son évolution climatique récente avec la découverte de traces d'écoulements vieux de moins de dix millions d'années. Ces écoulements, étonnamment récents, ont remis en cause certaines hypothèses formulées à propos de l'eau liquide sur Mars, jusque-là supposée instable dans le passé proche.

Comprendre l'apparition de la vie sur la Terre, c'est tout d'abord comprendre la planète Mars et rechercher les indices du passage de l'eau. Une étape intermédiaire dans cette compréhension consistera à étudier le sous-sol de Mars et à rechercher cette eau liquide, probablement stockée aujourd'hui dans les couches profondes de la planète...