



Mars



*Mars est la quatrième planète du Système solaire par ordre de distance croissante au Soleil, et la deuxième par masse et par taille croissantes. Son éloignement au Soleil est compris entre 1,381 et 1,666 UA, avec une période orbitale de 686,71 jours.*

*La photo montre Mars vue par les sondes Viking en 1980*

C'est une planète tellurique, comme le sont Mercure, Vénus et la Terre, environ dix fois moins massive que la Terre mais dix fois plus massive que la Lune.

**Elle a des ressemblances aussi bien avec la Lune qu'avec la Terre**

**Elle contient, la plus grande montagne** du Système solaire, Olympus Mons (qui est aussi un volcan bouclier), et **le plus grand canyon**, Valles Marineris.

### Caractéristiques physiques

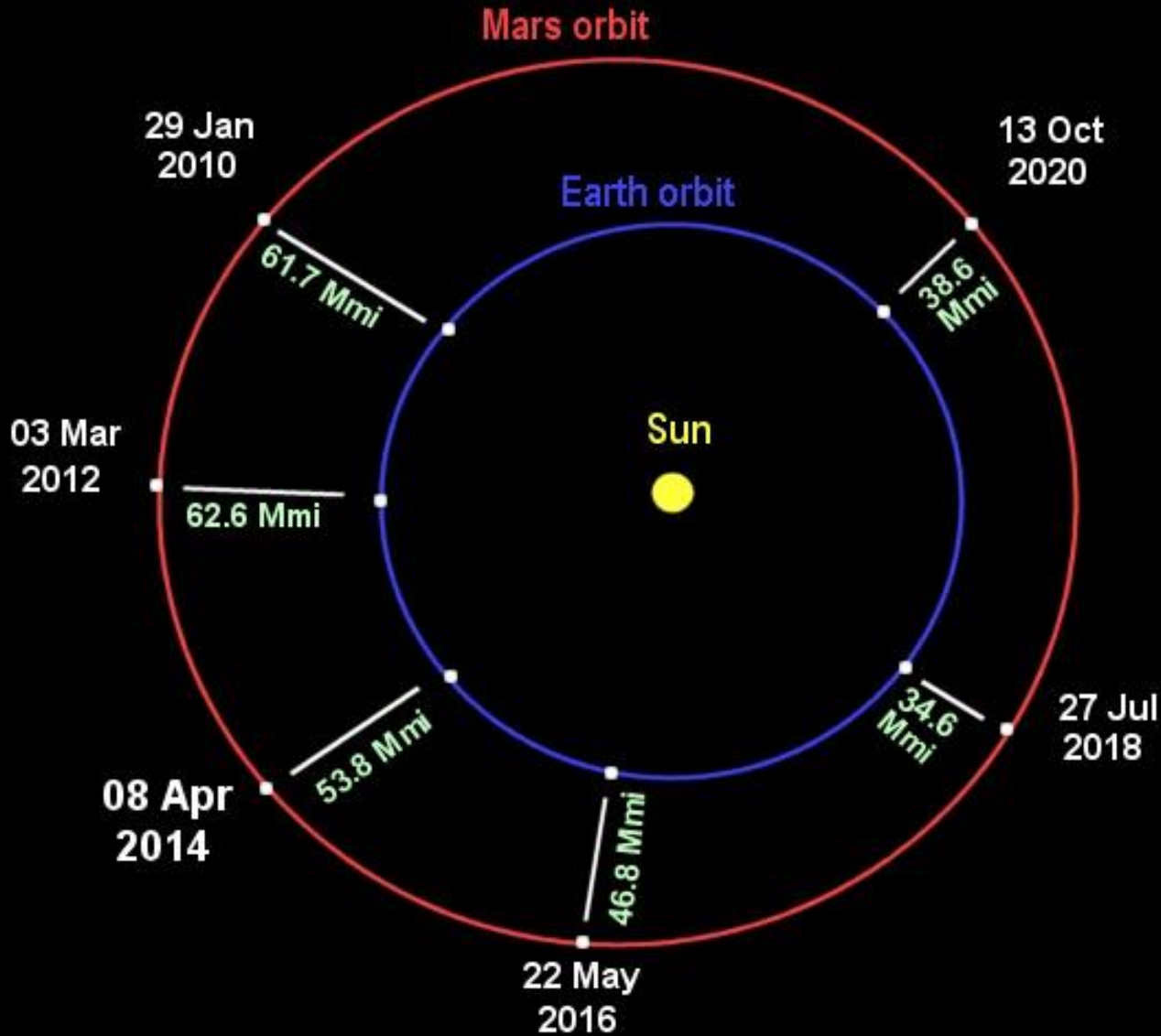
Rayon moyen	3 389,5 km (0,532 Terre)
Périmètre équatorial	21 344 km (0,5326 Terre)
Superficie	144 798 500 km <sup>2</sup> (0,284 Terre)
Volume	163,18×10 <sup>9</sup> km <sup>3</sup> (0,151 Terre)
Masse	641,85×10 <sup>21</sup> kg (0,107 Terre)
Masse volumique globale	3 933,5 ± 0,4 kg/m <sup>3</sup>
Gravité de surface	3,711 m/s <sup>2</sup> (0,376 g)
Vitesse de libération	5,027 km/s
Période de rotation (jour sidéral)	1,025957 jours (24,622962 h)
Vitesse de rotation (à l'équateur)	868,220 km/h
Inclinaison de l'axe	25,19°
Albédo	Environ 0,2
Irradiance solaire	589,2 W/m <sup>2</sup> (0,431 Terre)
Température de surface :	
Maximum :	270 K (-3 °C)
Moyenne :	210 K (-63 °C)
Minimum :	140 K (-133 °C)

Caractéristiques orbitales	
<b>Demi-grand axe</b>	227 936 637 km ou (1,52366231 UA)
<b>Aphélie</b>	249 228 730 km ou (1,66599116 UA)
<b>Périhélie</b>	206 644 545 km ou (1,38133346 UA)
<b>Excentricité</b>	0,09341233
<b>Période de révolution</b>	686,9601 jours ou (1,8808 années)
<b>Période synodique</b>	779,9643 jours
<b>Vitesse orbitale moyenne</b>	24,077 km/s
<b>Inclinaison sur l'écliptique</b>	1,85061°
<b>Satellites connus</b>	2 (Phobos, Déimos)

Mars peut être observée à l'œil nu, avec un éclat bien plus faible que celui de Vénus mais qui peut, lors d'oppositions rapprochées, dépasser l'éclat maximum de Jupiter, atteignant **une magnitude apparente de -2,91**, tandis que son diamètre apparent varie **de 25,1 à 3,5 secondes d'arc** selon que sa distance à la Terre varie **de 55,7 à 401,3 millions de kilomètres**. Mars a toujours été caractérisée visuellement par sa couleur rouge, due à l'abondance de l'hématite amorphe — oxyde de fer(III) — à sa surface

En français, Mars est souvent surnommée « la planète rouge » en raison de cette couleur particulière.

# Oppositions of Mars 2010 to 2020



Mmi = Million Miles

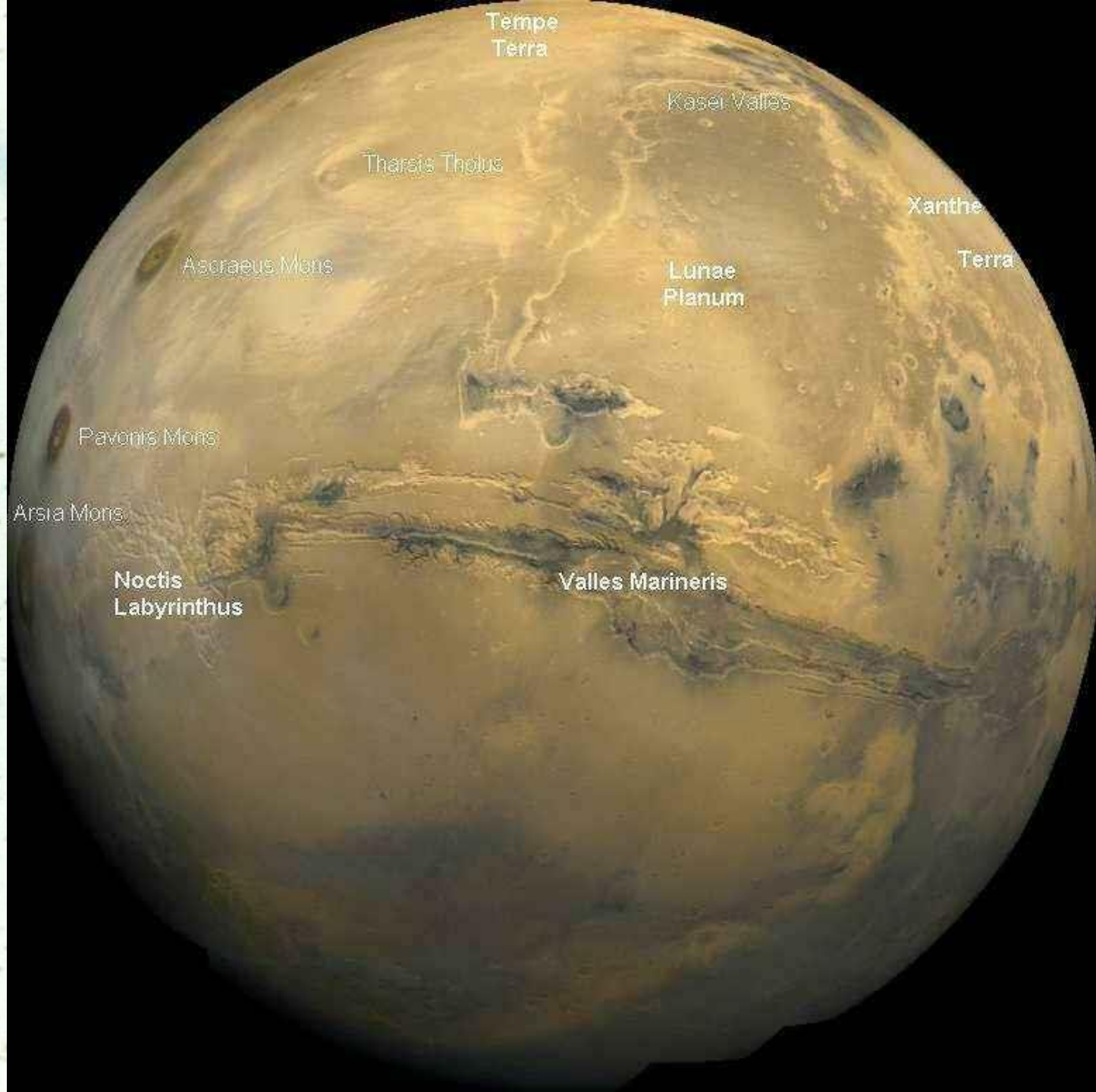
En raison des différences des orbites de la Terre et de Mars il arrive que Mars soit beaucoup plus près donc plus grosse. C'est arrivé le **27 août 2003** puis fin janvier 2010 et ainsi de suite...

position  
positions of  
oppositions,  
ct opposite  
s show the  
ch opposi-  
ing Hubble  
ner planets

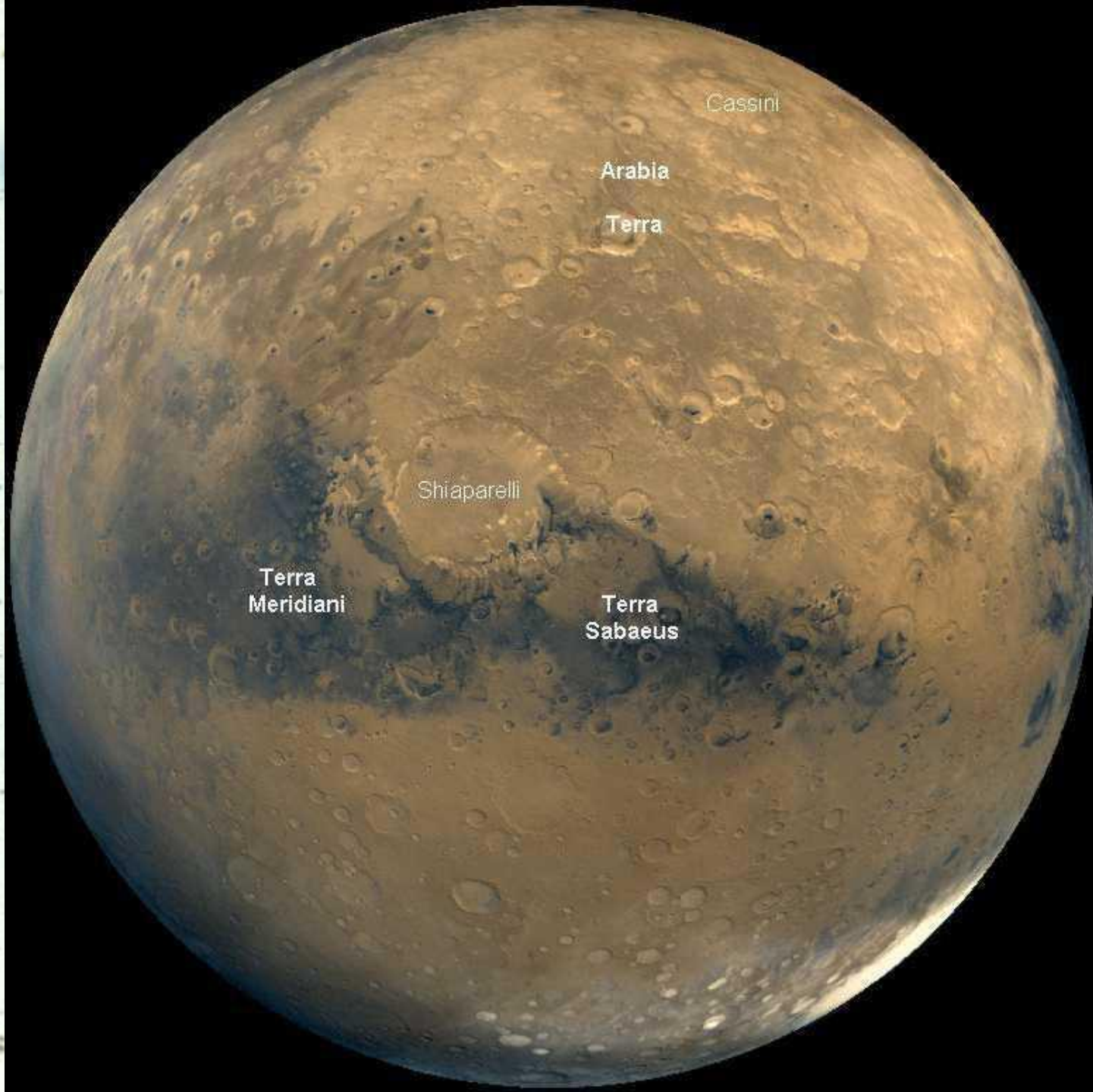
(Sci)

**Photos de 4**  
**hémisphères de**  
**Mars et du Mont**  
**Olympus le plus**  
**grand volcan du**  
**système solaire**

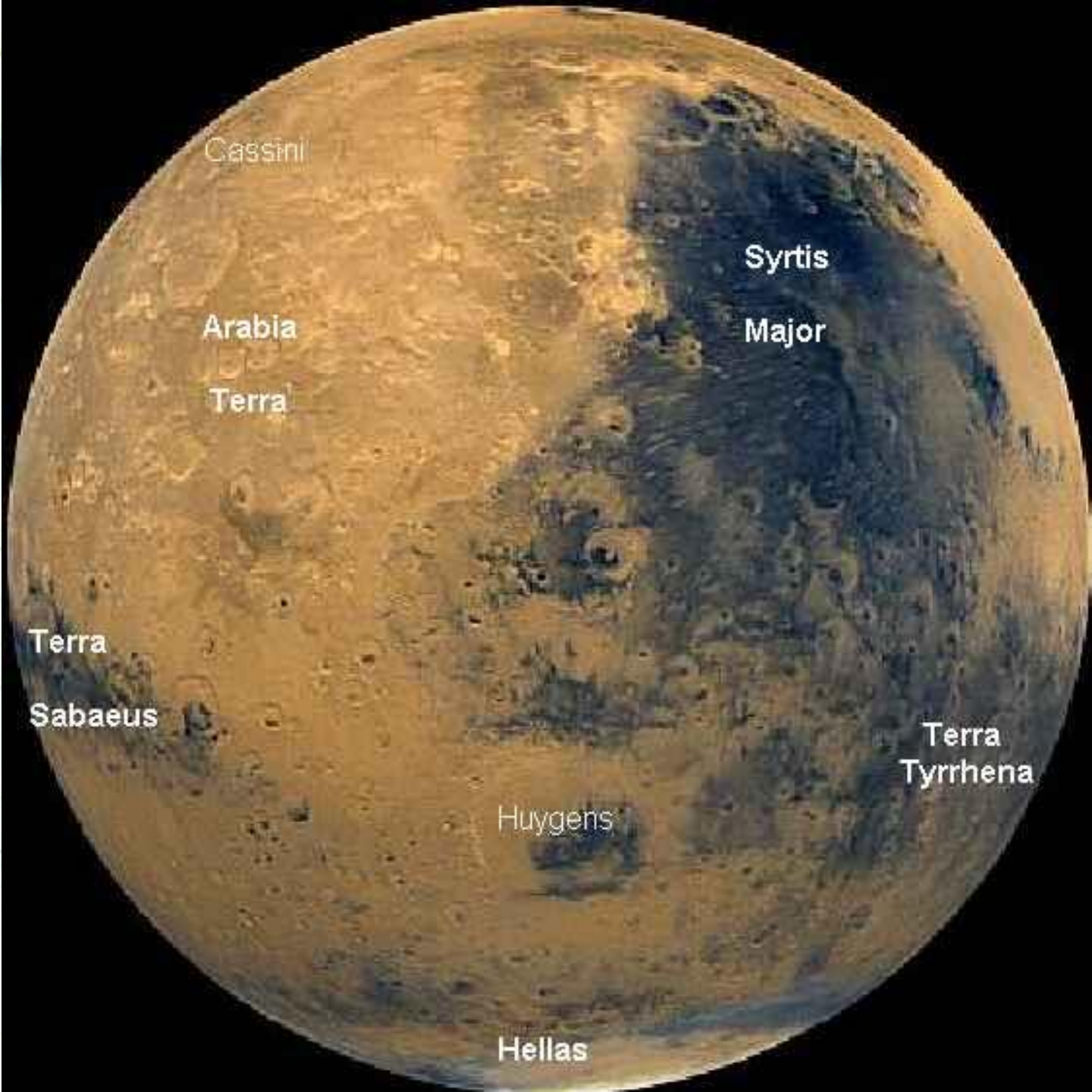
Hémisphère  
Valles  
Marineris



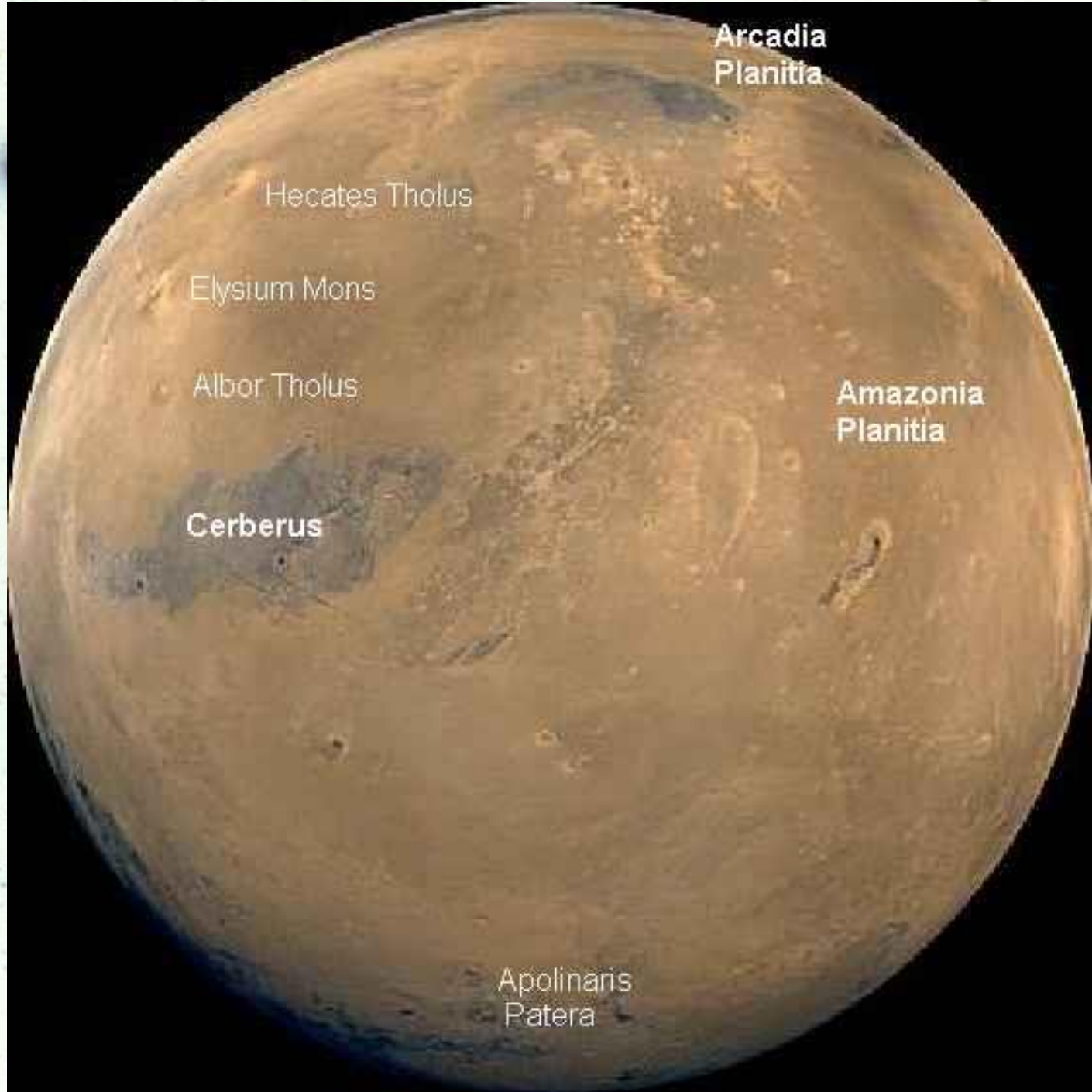
Hémisphère  
Schiaparelli



Hémisphère Syrtis



Hémisphère  
Cerberus



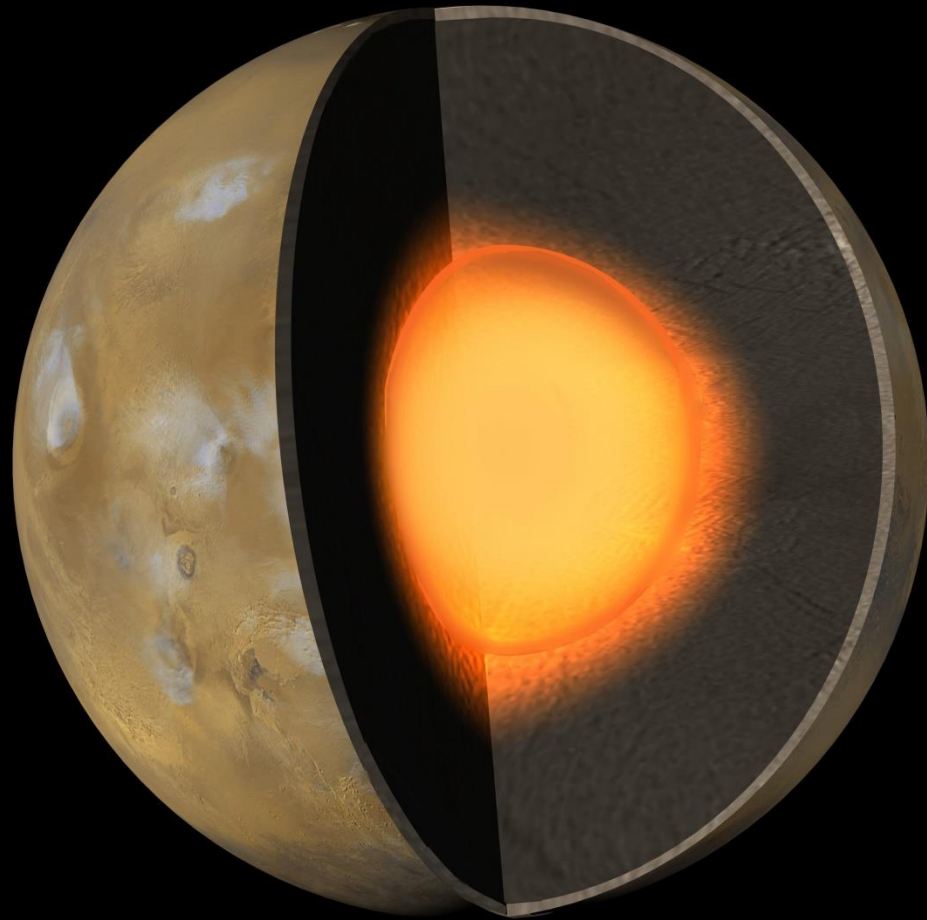


# Le Mont Olympus



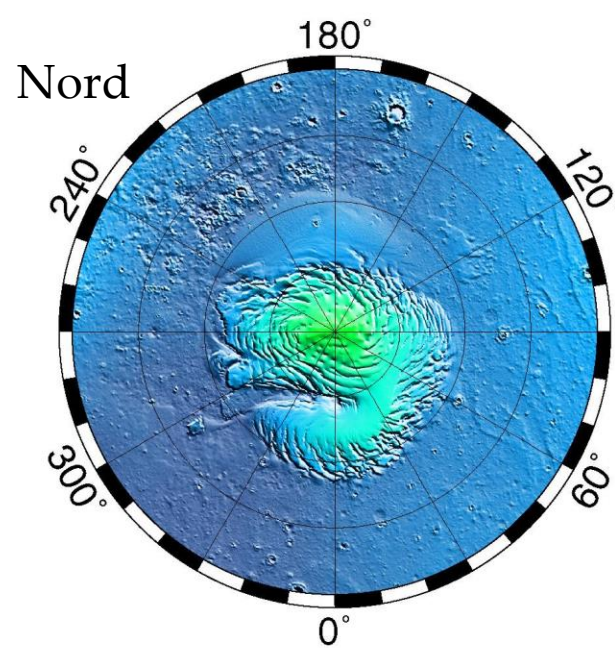
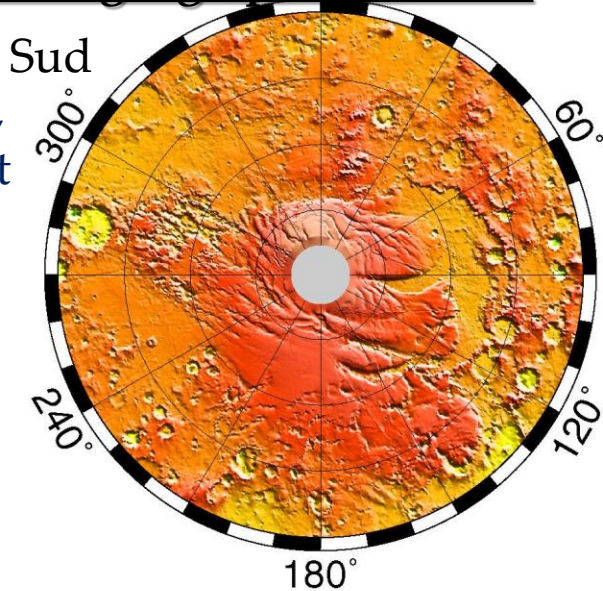
## Structure de Mars

Mars a aujourd'hui perdu la presque totalité de son activité géologique interne, et seuls des événements mineurs surviennent encore épisodiquement à sa surface.

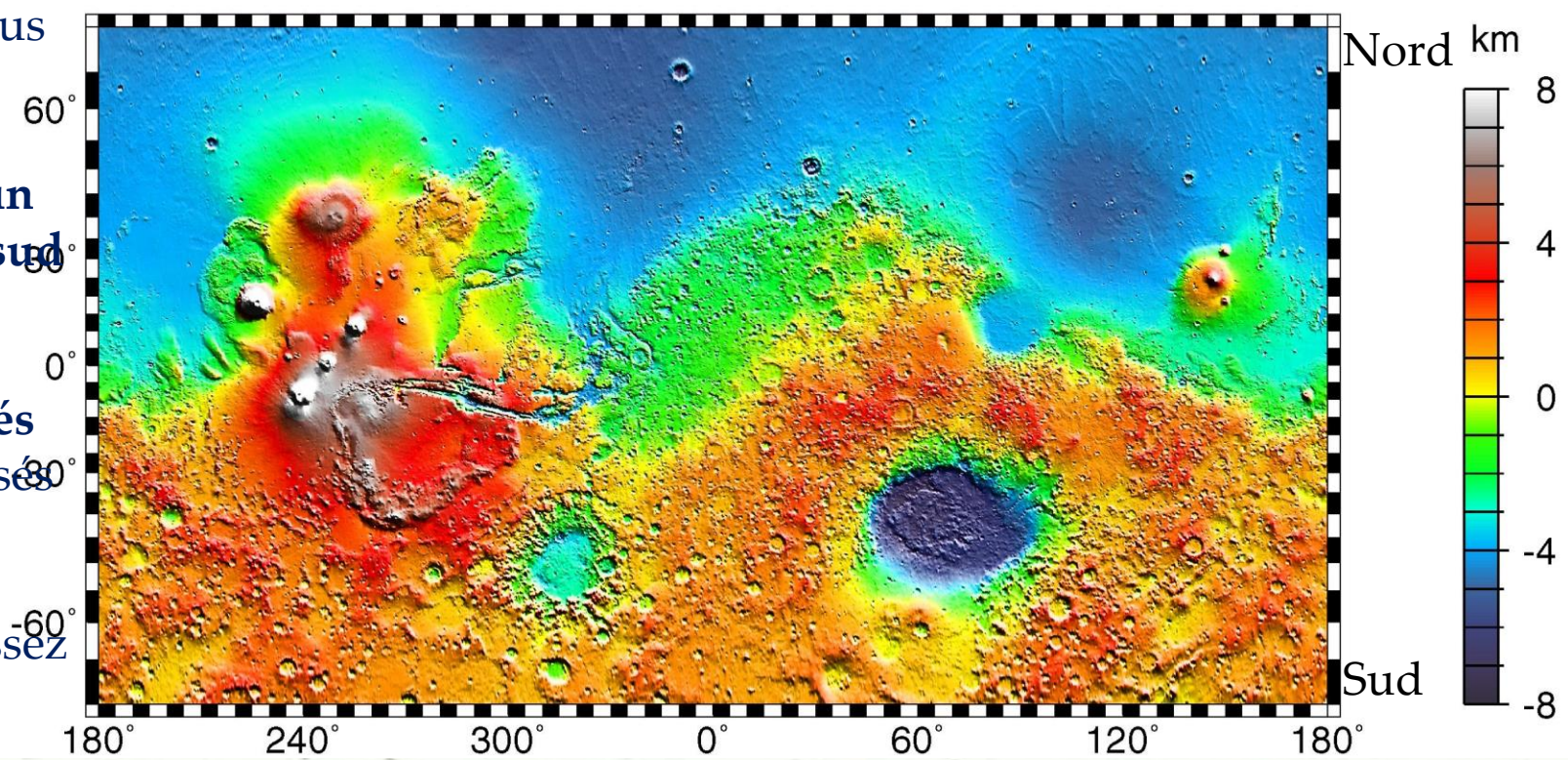


# Traits notables de la géographie de Mars

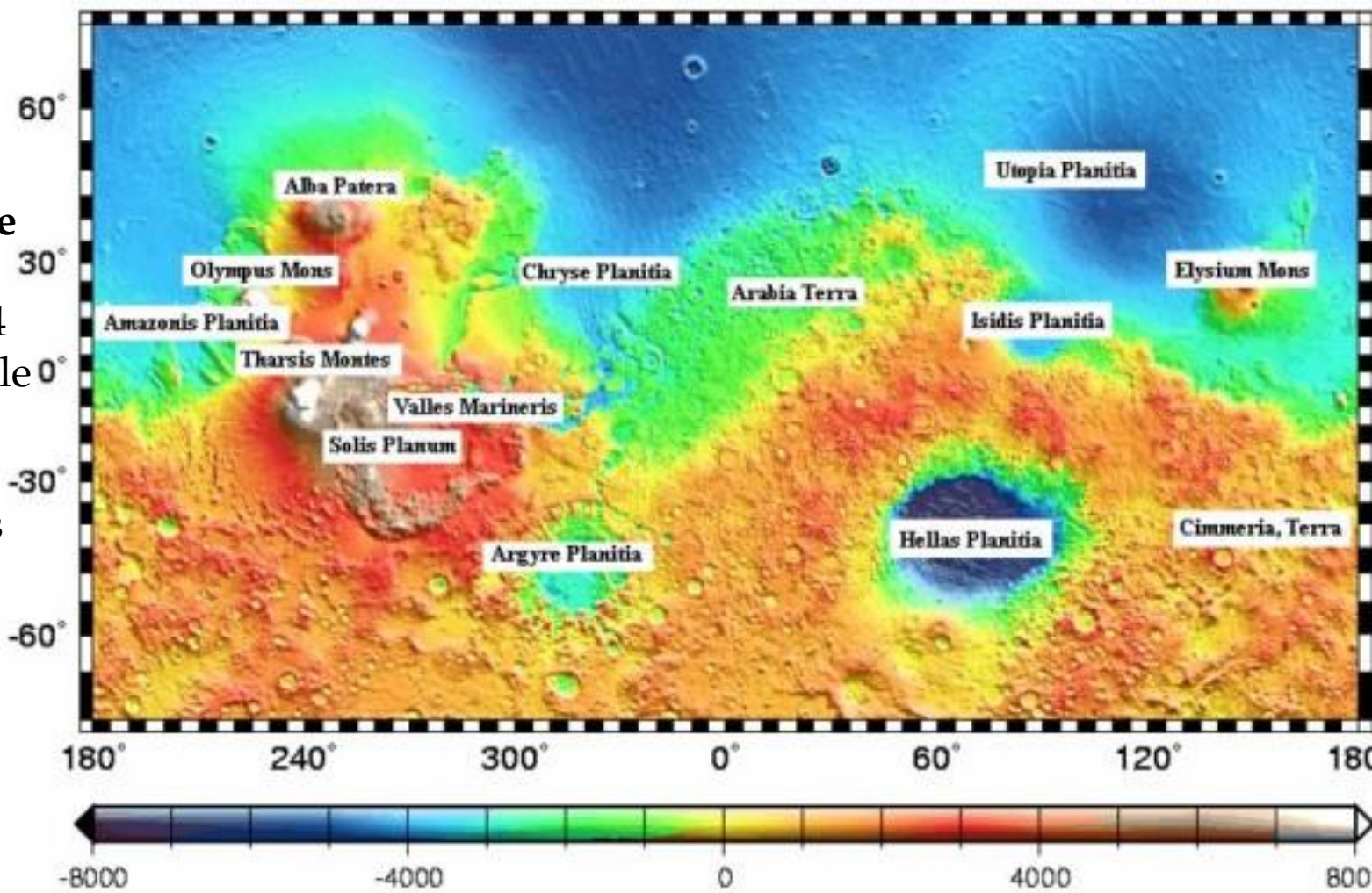
1) Sa fameuse « dichotomie », entre d'une part un hémisphère nord constitué d'une vaste plaine lisse à une altitude d'une demi-douzaine de kilomètres sous le niveau de référence, et d'autre part un hémisphère sud formé de plateaux souvent élevés et très cratérisés au relief pouvant être localement assez accidenté.



Carte topographique de Mars faite à partir des mesures du Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA) de Mars Global Surveyor.

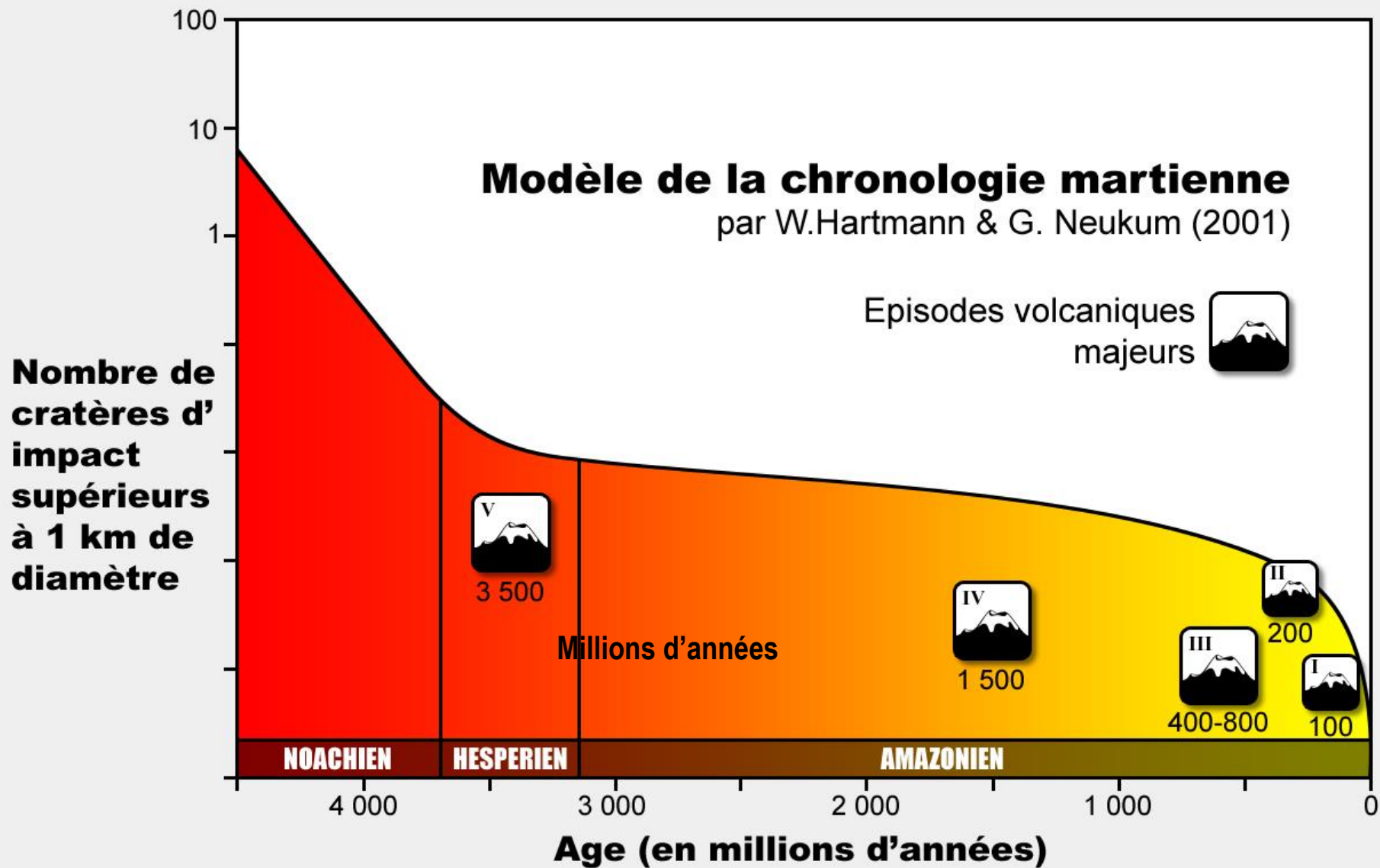


2) les cinq montagnes les plus hautes du Système Solaire sont 5 volcans martiens dont 4 se trouvent sur le renflement de Tharsis et le cinquième dans la seconde région volcanique de Mars.



Dans l'hémisphère sud on va de -8200 m dans « Hellas Planitia » à 21 229 m sur « Olympus Mons ».  
Il y a aussi de très grands canyons.

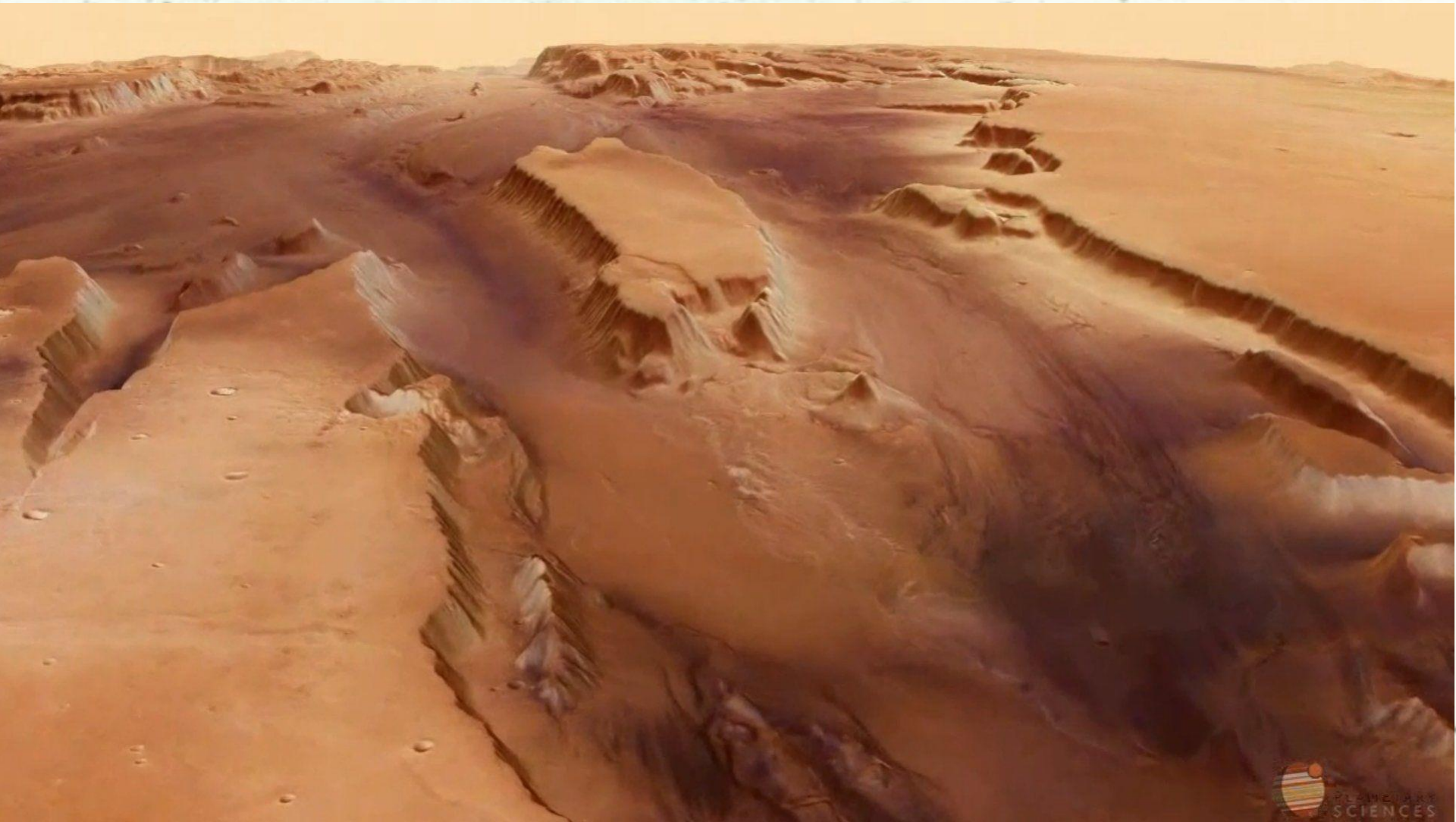
# Le volcanisme



*Un volcan bouclier, expression issue de l'islandais Skjaldbreiður désignant un volcan aplati en forme de « grand bouclier » (sens littéral de ce toponyme), est caractérisé par la très faible pente de ses flancs.*



**Cliché d'Olympus Mons obtenu par la sonde Mars Global Surveyor. Son sommet culmine à 21,2 km au-dessus du niveau de référence martien (22,5 km au-dessus des plaines alentour), et sa base atteint 624 km de large. Il s'agit du plus haut volcan connu du système solaire.**

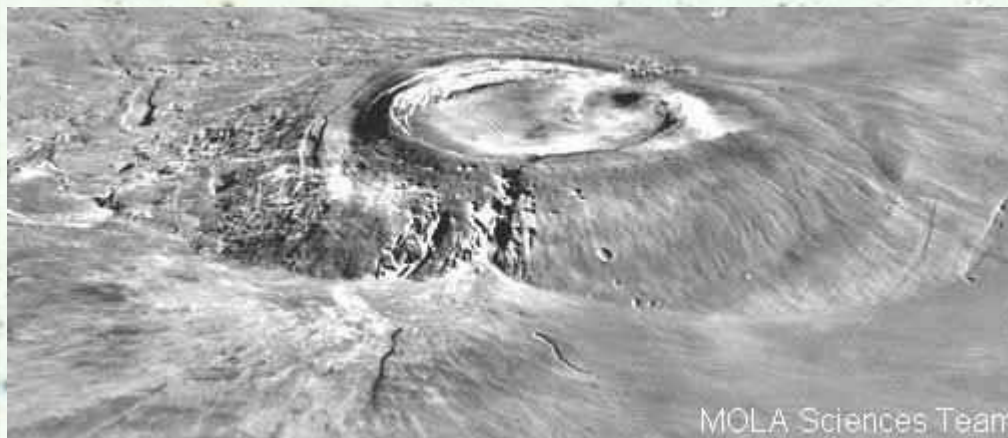


Kasei Valles

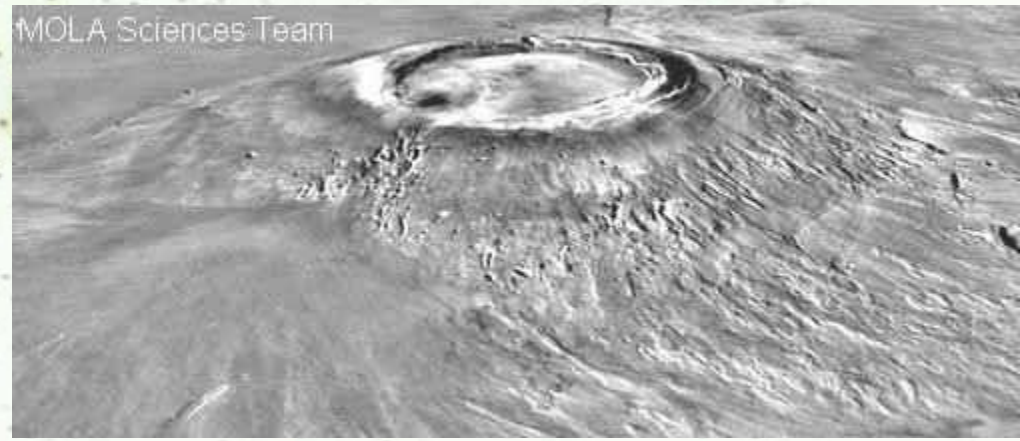


le volcanisme et, plus généralement, la tectonique ne semblent plus être notables sur Mars, où **aucune tectonique des plaques**, même passée, n'a jamais pu être mise en évidence.

Le volcanisme martien paraît également avoir cessé d'être actif, bien que l'âge semble-t-il très récent de certaines coulées de lave suggère, pour certains volcans, une activité actuellement certes très réduite, mais peut-être pas rigoureusement nulle, d'autant que Mars, n'a pas fini de se refroidir, et que son intérieur, loin d'être entièrement figé, contient en réalité un noyau peut-être entièrement liquide.

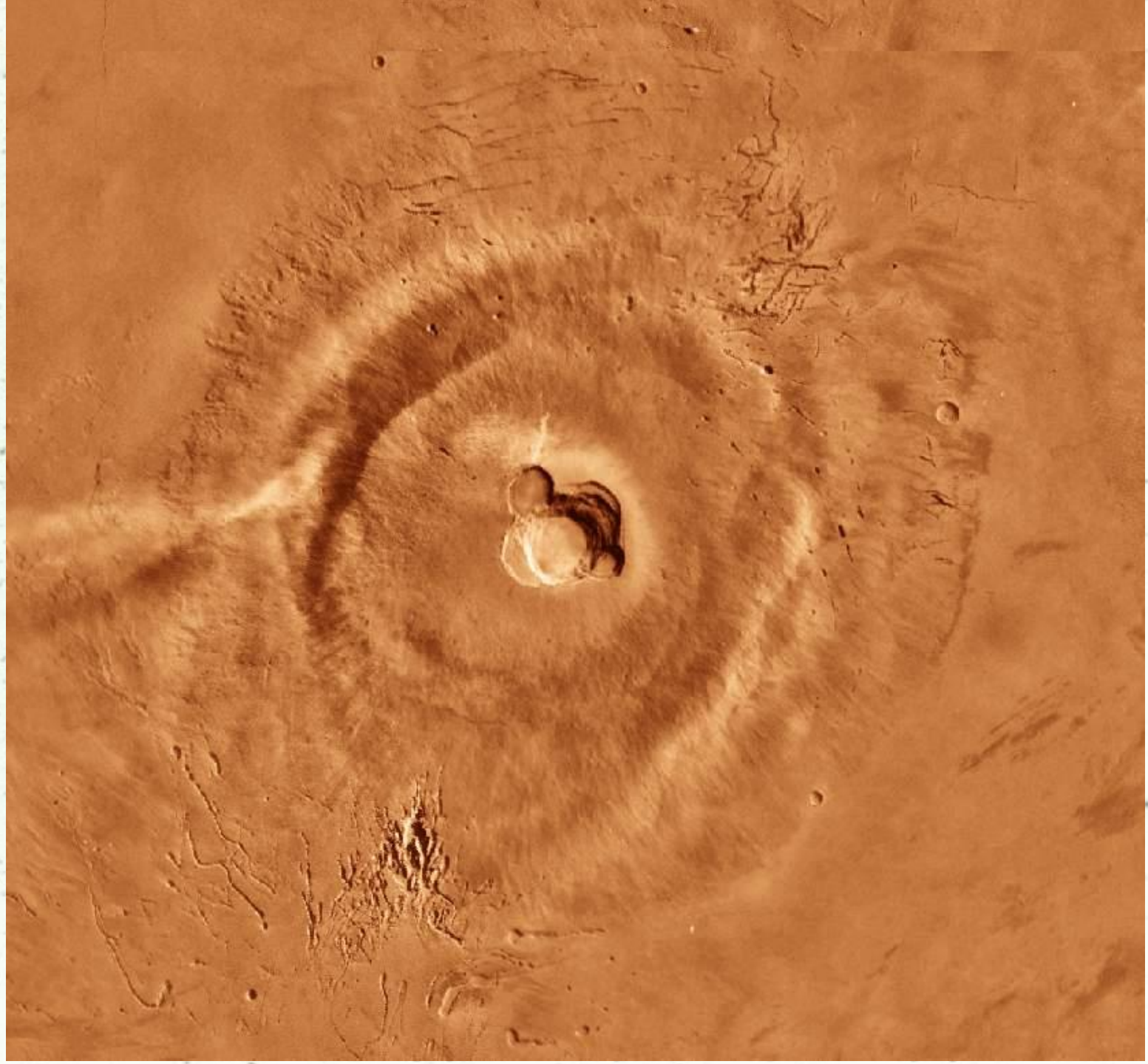


Volcan Arsia

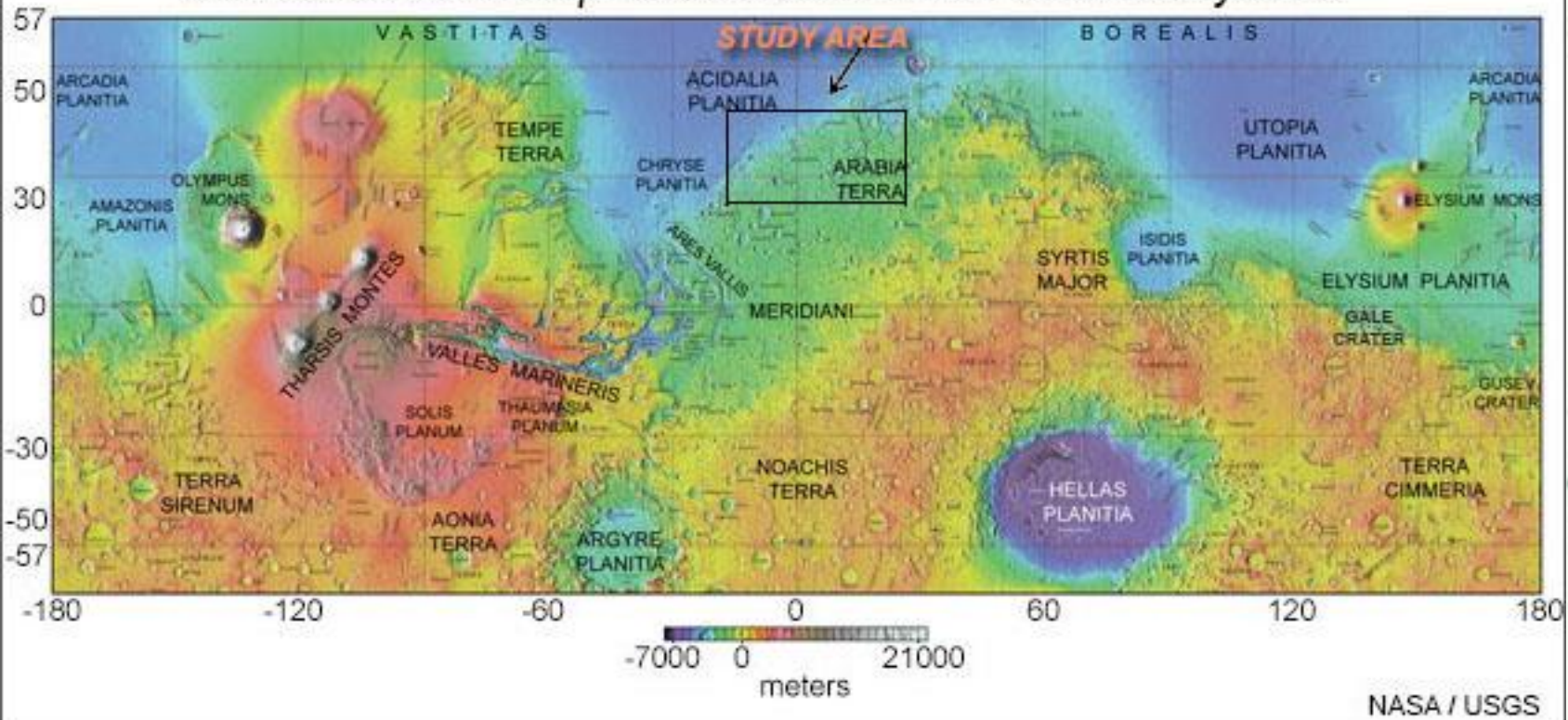




Ascreu



## MOLA Elevation Map of Mars with Arabia Terra Study Area

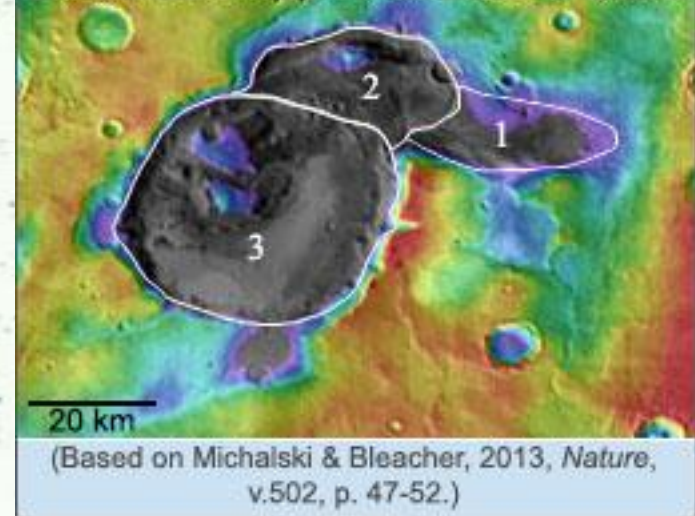


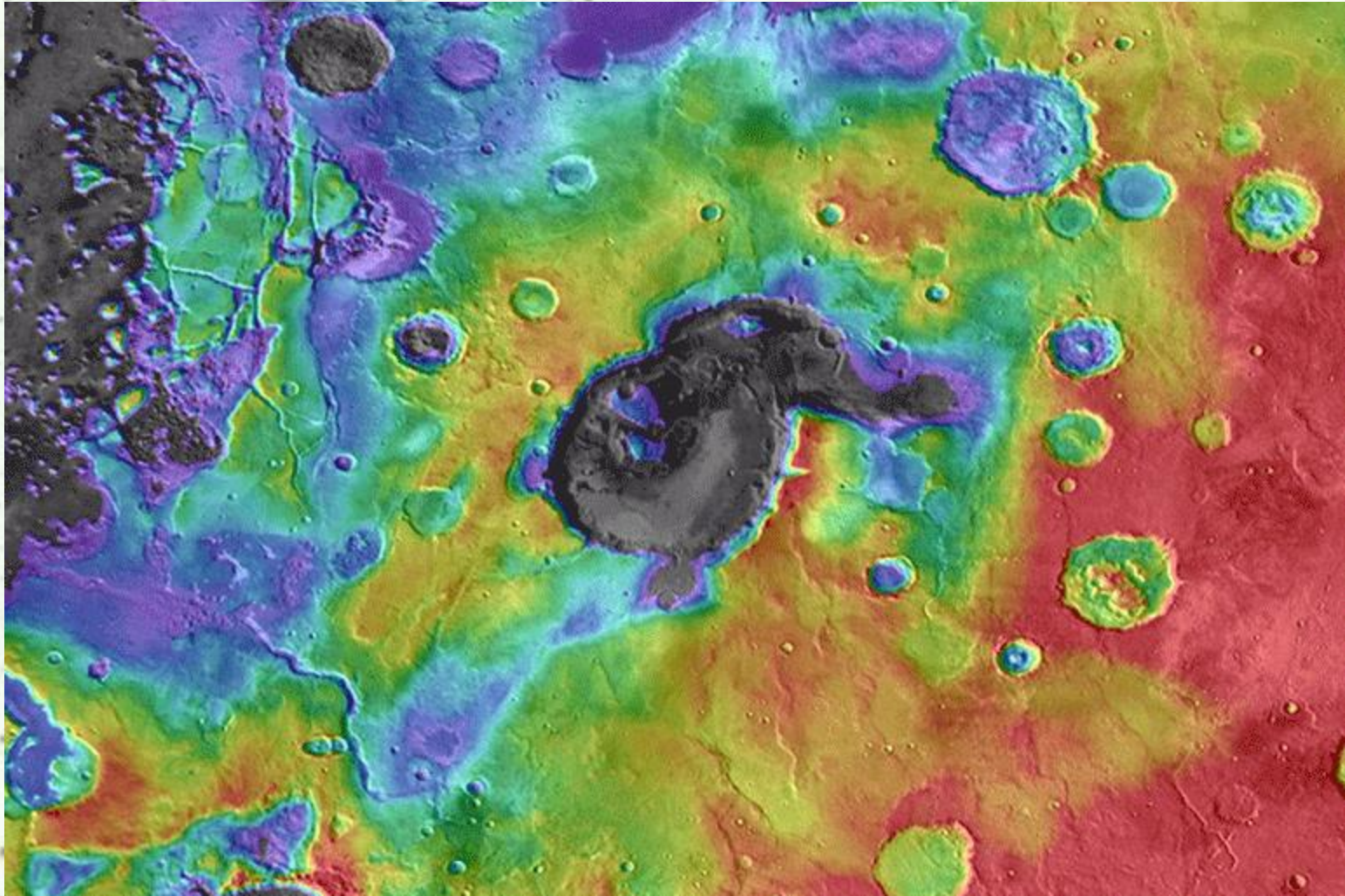
Et le cratère Eden Patera, dans la région d'Arabia Terra, est-il en réalité une caldeira, le vestige d'un ancien volcan ?

En 2013, des chercheurs ont mis en évidence les stigmates de ce qui pourrait être un supervolcan martien.

Jamais encore un tel monstre magmatique, capable de bouleverser le climat d'une planète, n'avait été identifié sur la planète rouge. Mais l'étude reste spéculative...

### Calderas Mapped in Eden Patera

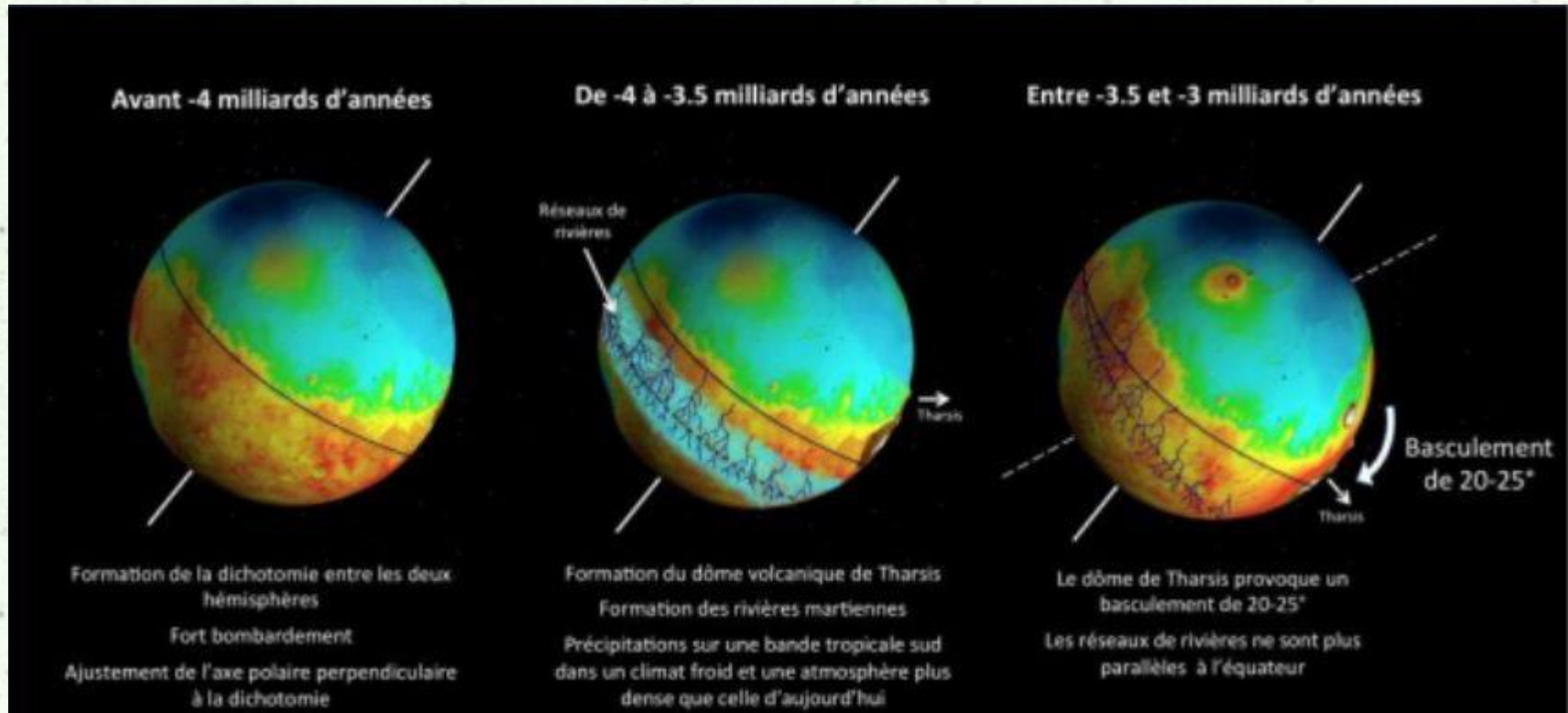




Eden Patera le premier super volcan découvert

**Par contre, aujourd'hui, on apprend que la planète a basculé.**

Quand elle était encore jeune, avant d'être balafmée et toute rouge, Mars avait un visage différent. Il y a 3,5 milliards d'années s'est produit un étonnant basculement de la lithosphère, vraisemblablement dû à l'apparition d'un système volcanique géant, le dôme de Tharsis. Comme si la coquille d'un œuf pivotait sans que le jaune ne bouge.



Durant des centaines de millions d'années, l'activité volcanique a ainsi formé un plateau qui aujourd'hui mesure quelque 5.000 km de diamètre pour 12 km d'épaisseur. Sa masse est estimée à un milliard de milliards de tonnes, soit l'équivalent d'un soixante-dixième de la Lune



Voilà Mars,  
il y a 4  
milliards  
d'années.

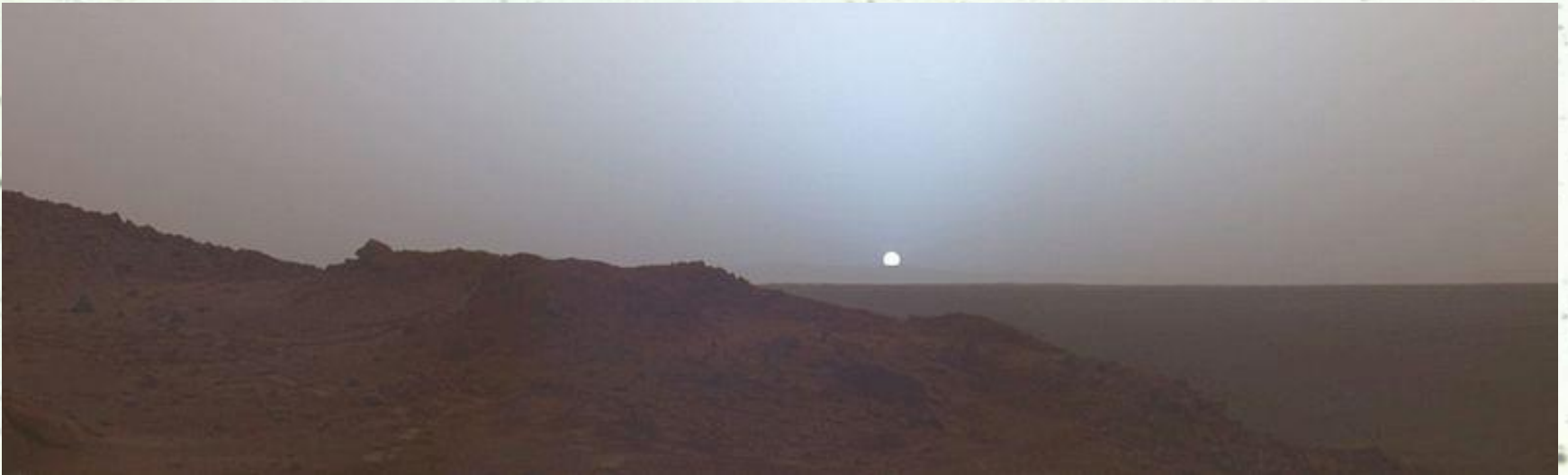


# Cendres volcaniques





**Mosaïque d'images en quasi vraies couleurs donnant une vue panoramique du cratère Victoria, large d'environ 730 m, obtenues en automne 2006 par le rover Opportunity sur Meridiani Planum**



**Coucher de soleil vu du cratère Gusev par le rover Spirit le 19 mai 2005 en vraies couleurs restituées à travers des filtres à 750, 530 et 430 nm. Le diamètre apparent du Soleil vu de Mars n'est que des deux tiers de celui vu de la Terre. La lueur de crépuscule se prolonge deux bonnes heures après que le soleil a disparu derrière l'horizon en raison de la grande quantité de poussières présentes jusqu'à une altitude élevée dans l'atmosphère de Mars.**

## L'atmosphère de Mars

On sait aujourd'hui que Mars possède une atmosphère ténue dont la pression moyenne au niveau de référence martien est de 610 Pa, avec une température moyenne de 210 K (-63 °C).

Elle est composée principalement de dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$  (95,32 %), d'azote  $\text{N}_2$  (2,7 %) et d'argon Ar (1,6 %). Compte tenu de la faible gravité à la surface de Mars, l'ordre de grandeur de l'épaisseur de cette atmosphère est de 11 km, plus d'une fois et demie celle de l'atmosphère terrestre, qui n'est que de 7 km. Les pressions extrêmes relevées à la surface de la planète vont d'à peine 30 Pa au sommet d'Olympus Mons jusqu'à 1 155 Pa au point le plus bas.



## C'est Curiosity qui a découvert de l'azote sur Mars

Une équipe de chercheurs qui a examiné trois échantillons de roches et de poussières prélevés par Curiosity a révélé la découverte d'azote. C'est la première fois que cet élément indispensable à la vie est mis en évidence sur Mars. Les chercheurs attribuent sa présence à des phénomènes énergétiques comme la foudre ou l'impact de météorites.

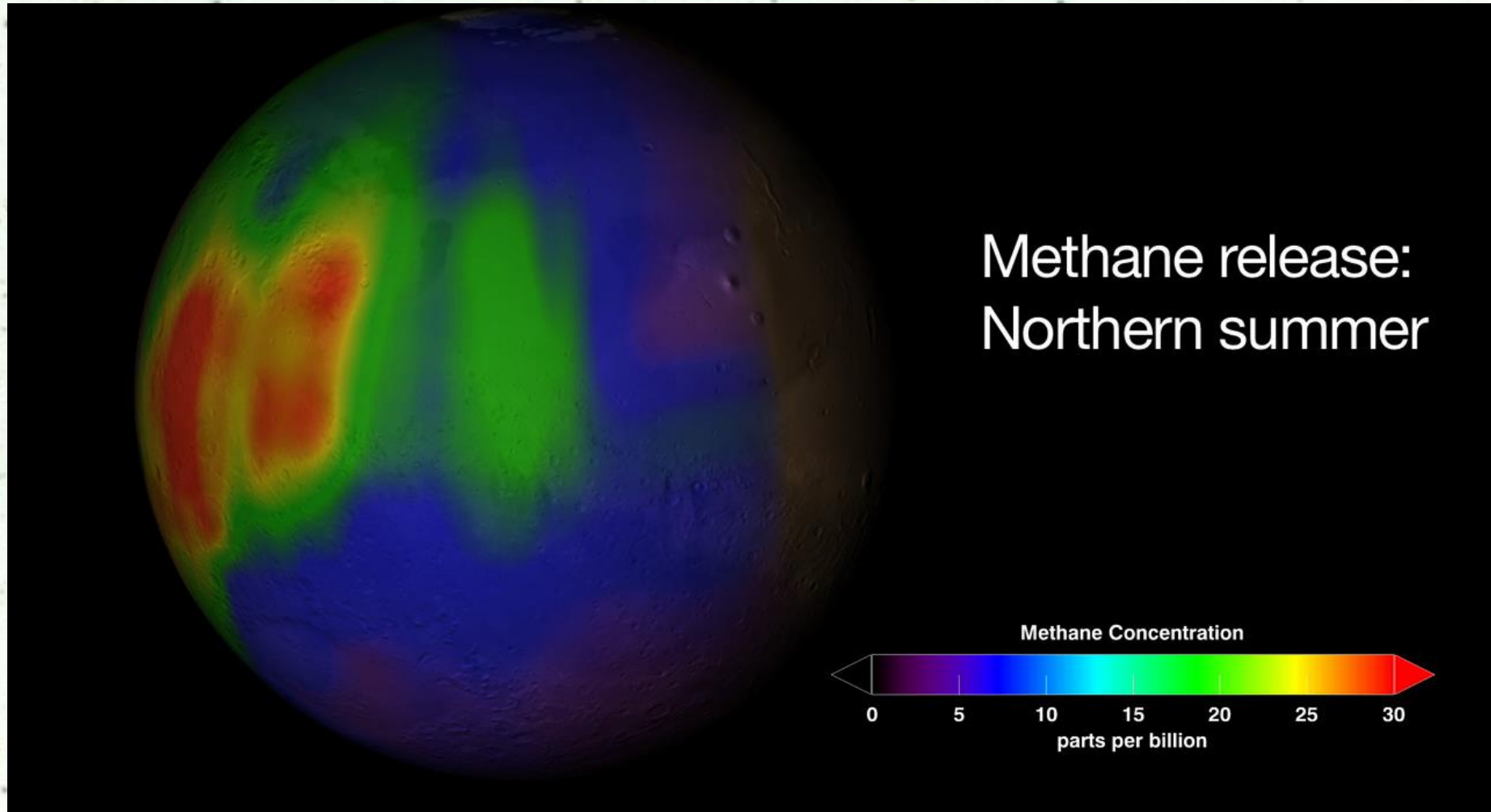


**Curiosity explores veins at Garden City outcrop**

Credit: NASA/JPL/MSSS/Ken Kremer/Marco Di Lorenzo

Cet affleurement rocheux traversé de veines de minéraux a été baptisé « *Garden City* ». Il a été photographié avec la caméra du mât de Curiosity le 15 mars 2015, lors du Sol 926.

Le méthane a été détecté dès 2003 dans l'atmosphère de Mars, aussi bien par des sondes telles que Mars Express que depuis la Terre ; ces émissions de CH<sub>4</sub> se concentreraient notamment en trois zones particulières de la région de Syrtis Major Planum. Le méthane est instable dans l'atmosphère martienne, il a une durée de vie de quelques centaines de jours (on pensait 300 ans).

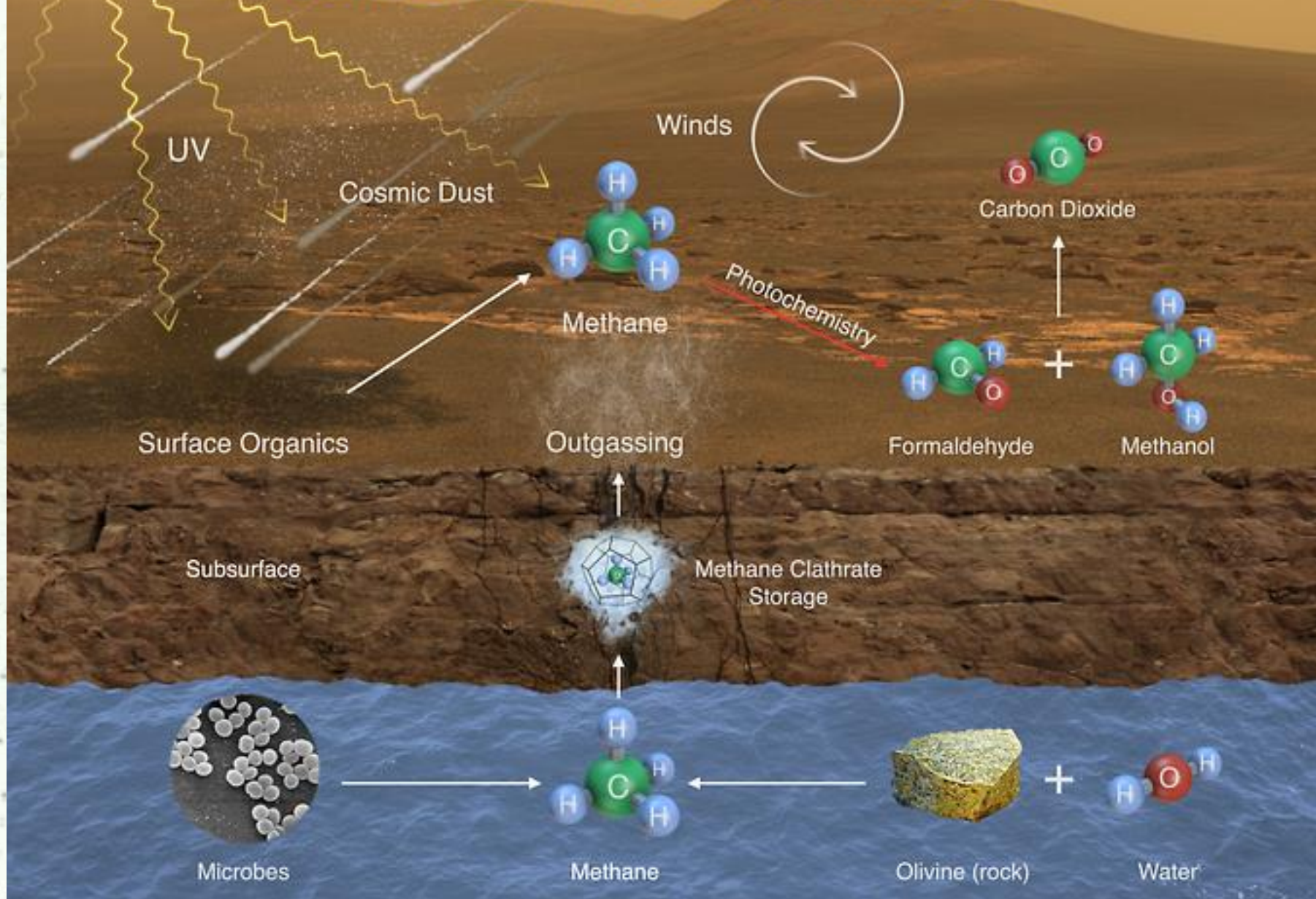




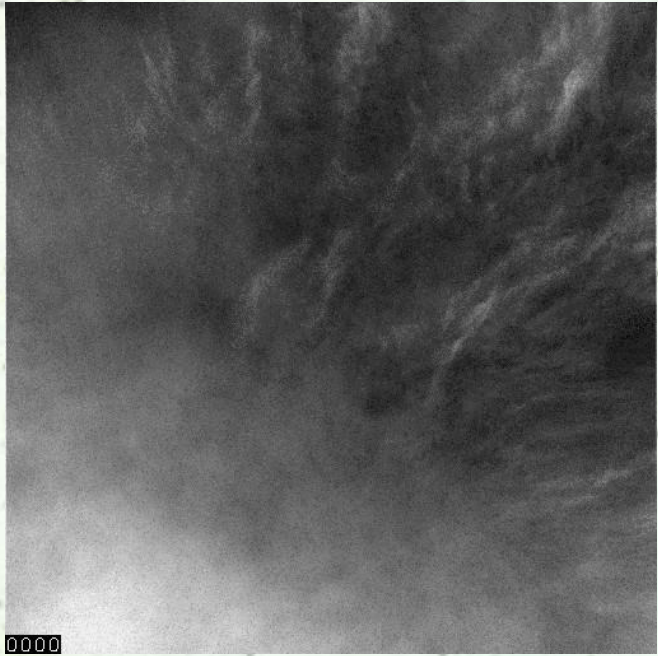
Curiosity a d'abord détecté des niveaux de méthane plus faibles qu'attendu par les scientifiques, qui proviennent de la décomposition de la poussière du sol sous l'effet de la lumière du soleil et des matériaux organiques transportés par les météorites. Mais le robot a également mesuré des pics «dix fois plus élevés» à quatre reprises en 60 jours martiens. Ils restent cependant largement inférieurs aux niveaux trouvés sur Terre.

Le rover Curiosity a montré que le méthane est parfois produit ou libéré près du cratère de Gale, sans que l'on sache comment ni où.

# Possible Methane Sources and Sinks



Pour l'instant on ne peut toujours pas dire si l'origine est biologique, car Curiosity n'a pas les instruments pour en décider.

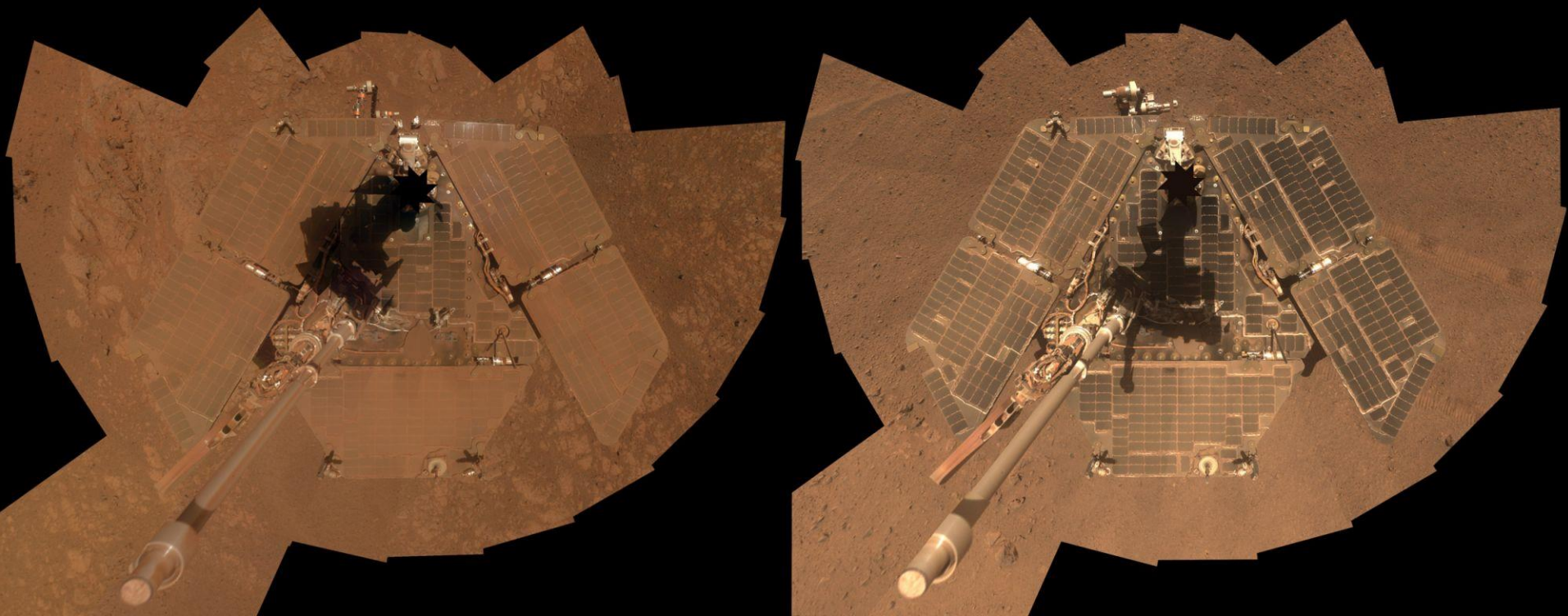


Il y a une atmosphère  
donc du vent



## Opportunity nous a envoyé un selfie pédagogique

Opportunity est toujours en activité. Et c'est très surprenant pour une machine qui avait été conçue à l'origine pour fonctionner pendant 90 jours martiens. Aujourd'hui, il en est à sa 3.640<sup>e</sup> journée sur la Planète rouge ! Et cela sans doute grâce aux vents qui nettoient périodiquement ses panneaux solaires... ainsi qu'à la bonne qualité de son matériel et de son itinéraire.



Acquises à trois mois d'intervalle (début janvier à gauche et fin mars à droite), ces deux autoportraits du rover Opportunity de la Nasa montrent l'effet du vent sur ses panneaux solaires. En janvier, ceux-ci étaient complètement recouverts d'une fine couche de poussière, alors que cette dernière avait complètement disparu à la fin mars ! © Nasa

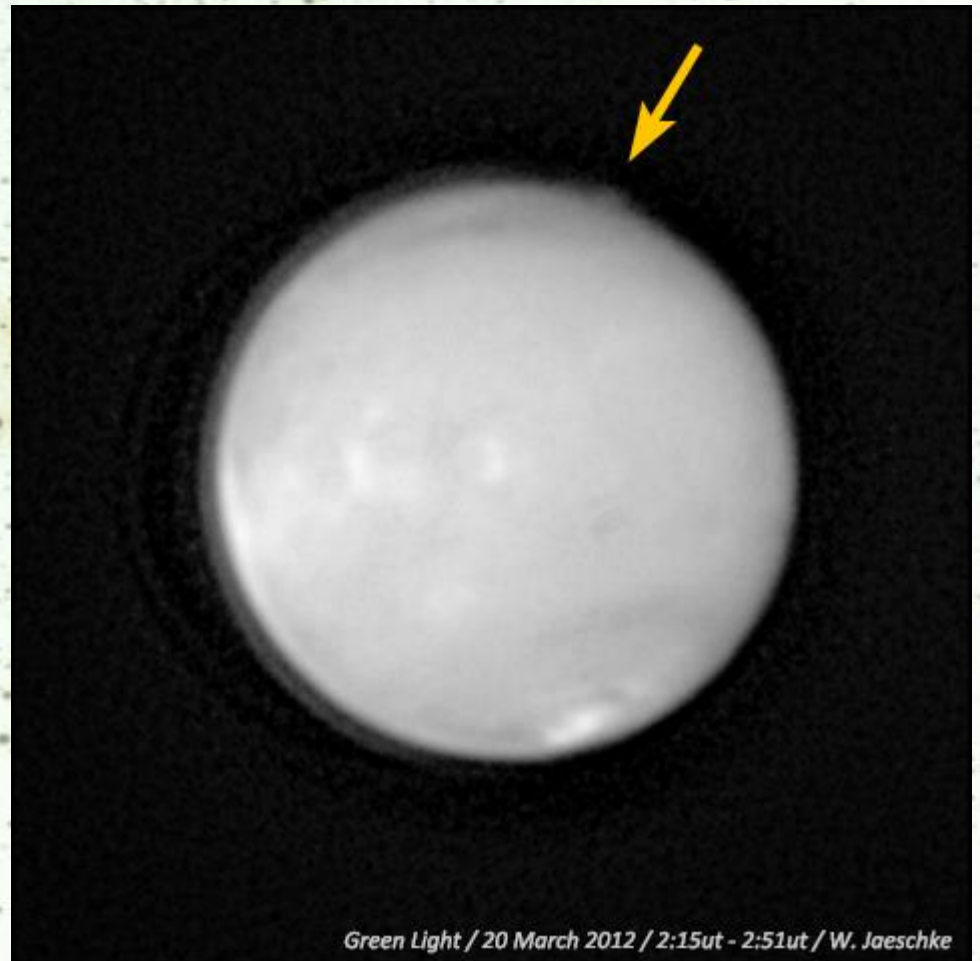
## On a aussi trouvé de mystérieux nuages géants

L'histoire débute en mars 2012. Au cours de ce mois, plusieurs astronomes amateurs détectent un mystérieux panache nuageux flottant au-dessus de la surface de Mars. Apparu en moins de dix heures, ce nuage d'une surface de 100 kilomètres sur 500 s'est maintenu durant une dizaine de jours, changeant d'aspect de jour en jour, puis a disparu.

L'étude révèle que ces fugaces formations nuageuses sont apparues à une altitude étonnamment élevée :

plus de 200 kilomètres d'altitude, voire 250 kilomètres, alors que les formations atmosphériques habituellement observées sur Mars n'ont jamais évolué à une altitude dépassant les 100 kilomètres.

il s'agit d'un phénomène récurrent, on a retrouvé des archives où c'est déjà visible en 1997.



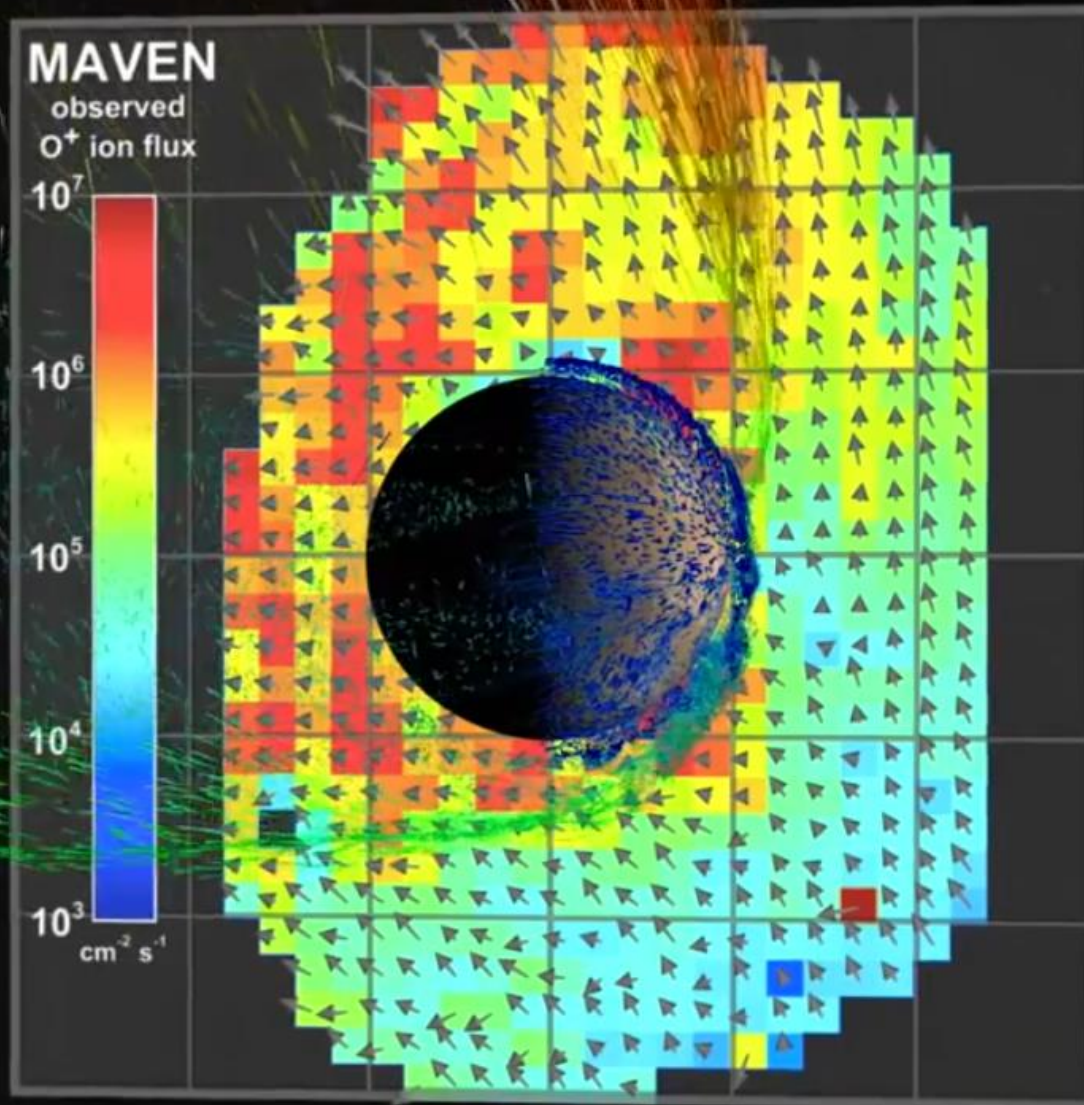


Mars high altitude plume in 2012  
GCP-UPV/EHU



# Maven l'a prouvé : le vent solaire use l'atmosphère de Mars

Les nouvelles données ne font plus aucun doute, c'est vraiment le vent solaire (et le manque de magnétisme) qui explique le manque d'air sur Mars

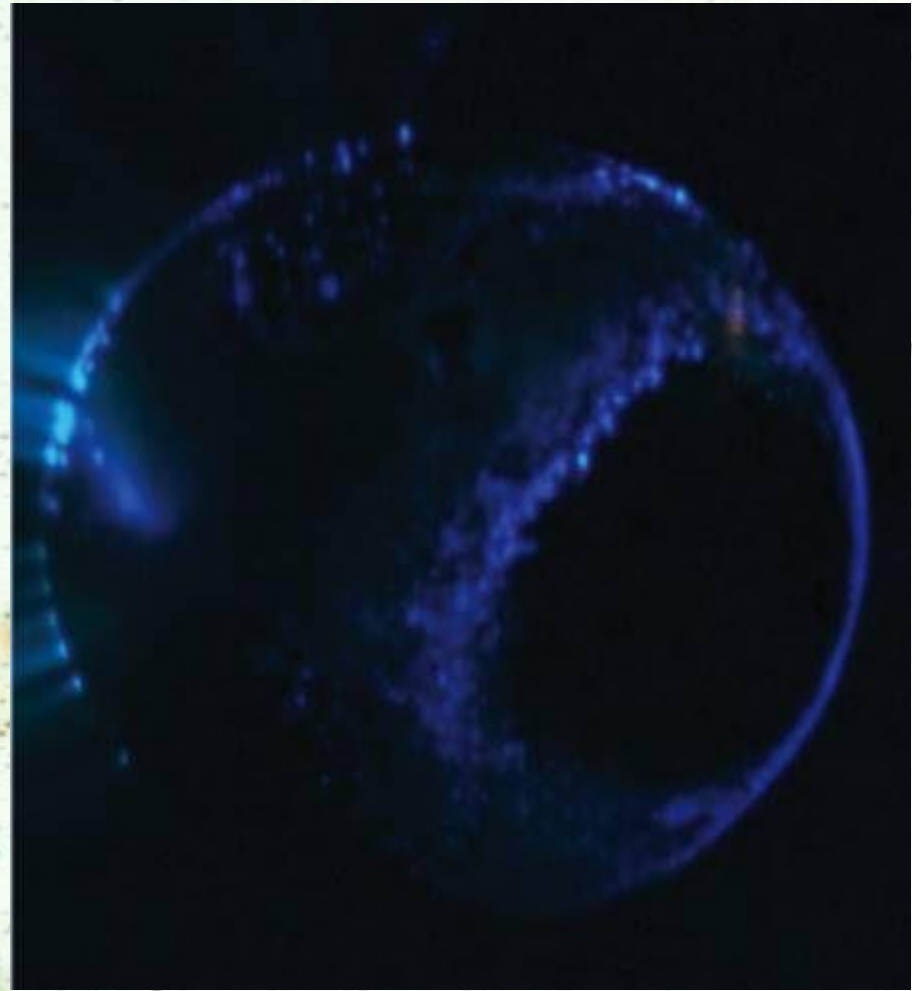


## Sur Mars, il y a aussi des aurores mais elles seraient bleues

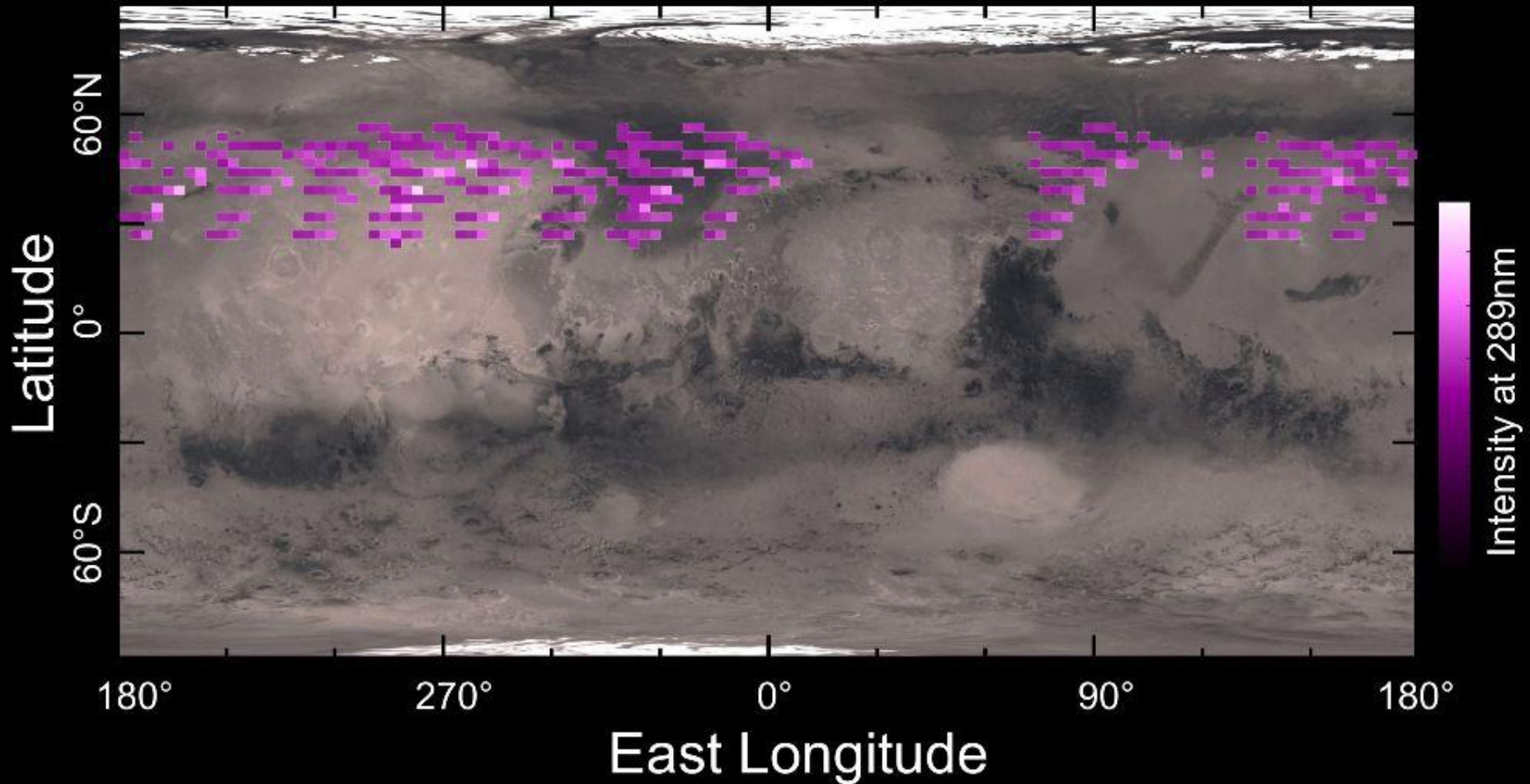
Si un jour de futurs colons martiens mettent le pied sur Mars, ils devraient pouvoir observer à la surface de la Planète rouge des aurores polaires de couleur bleue, en particulier dans l'hémisphère sud.

En effet, les particules chargées du vent solaire entrent en collision dans l'atmosphère de Mars avec son composant principal, le gaz carbonique.

Les molécules de  $\text{CO}_2$  excitées par ces chocs retournent ensuite à leur état fondamental en émettant quantiquement de la lumière avec une couleur d'un bleu très profond, proche du bleu Klein (un bleu outremer inventé par Yves Klein avec l'aide du chimiste Edouard Adam).



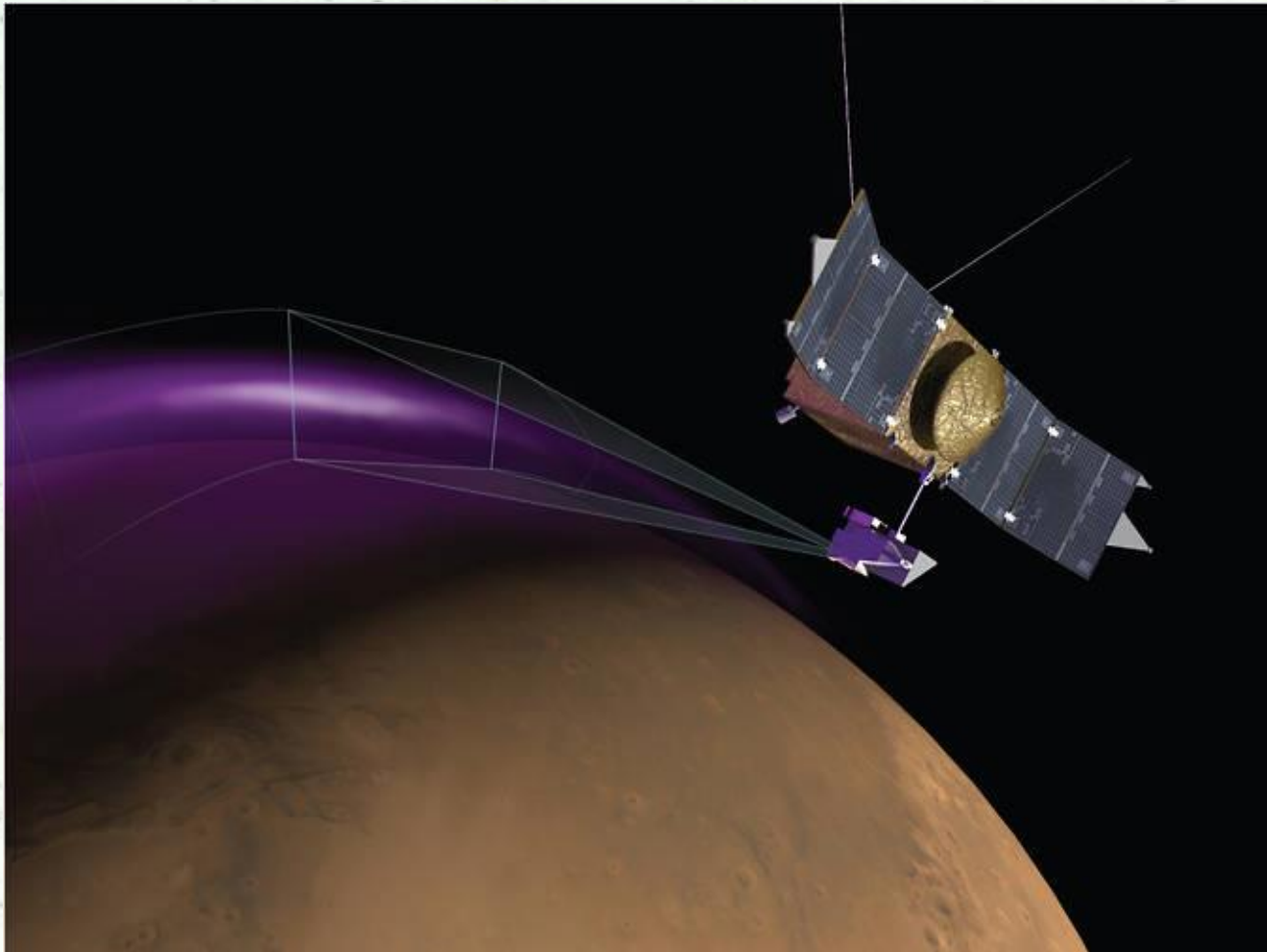
# Ultraviolet Aurora on Mars



Une carte dressée grâce à l'instrument *Ultraviolet Imaging Spectrograph* (IUVS) de la sonde *Maven* de la *Nasa*. Elle montre qu'en décembre 2014, des aurores visibles dans l'ultraviolet étaient très répandues dans l'hémisphère nord de Mars, sans être particulièrement liées à un emplacement géographique. © université du Colorado

## De mystérieux nuages de poussière et des aurores boréales détectés sur Mars

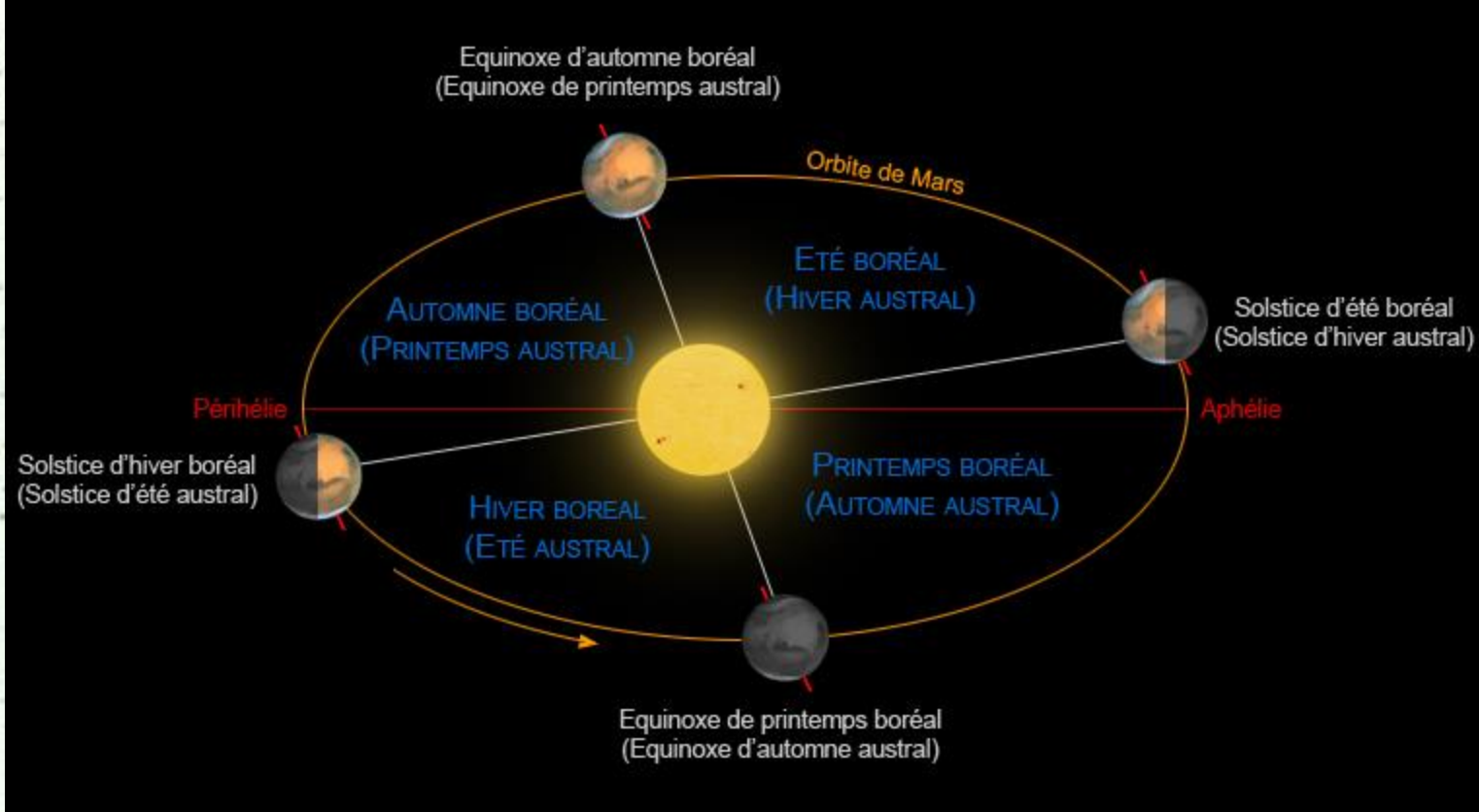
La sonde Maven (Mars Atmosphere and Volatile Evolution) de la Nasa a détecté de mystérieux nuages de poussière dans la haute atmosphère de Mars et des aurores boréales similaires à celles qui se produisent sur Terre, a indiqué, l'agence spatiale américaine (Nasa).



## Climat

En vertu de son éloignement plus grand par rapport au Soleil que celui de la Terre, Mars reçoit du Soleil une énergie variant de 492 à 715 W/m<sup>2</sup> selon sa position sur son orbite, contre de 1 321 à 1 413 W/m<sup>2</sup> pour la Terre, c'est-à-dire de 37,2 % à 50,6 % entre les aphélie et les périhélie respectivement.

L'atmosphère martienne étant de surcroît 150 fois moins dense que celle de la Terre, elle ne génère qu'un effet de serre négligeable, d'où une température moyenne d'environ -63 °C à la surface de Mars, avec des variations diurnes importantes en raison de la faible inertie thermique de cette atmosphère : Viking 1 Lander avait ainsi relevé des variations diurnes allant typiquement de -89 à -31 °C, tandis que les températures extrêmes — assez variables selon les sources — seraient d'environ de -135 et -5 °C.



L'axe de Mars étant incliné de  $25,19^\circ$ , il existe des saisons sur Mars comme il en existe sur Terre. Mais l'excentricité de l'orbite martienne est sensiblement plus élevée — 0,09332 contre 0,01671 pour la Terre — de sorte que, si Mars possède des saisons similaires à celles de la Terre, celles-ci sont d'intensité et de durée très inégales au cours de l'année martienne (voir tableau ci-dessous).

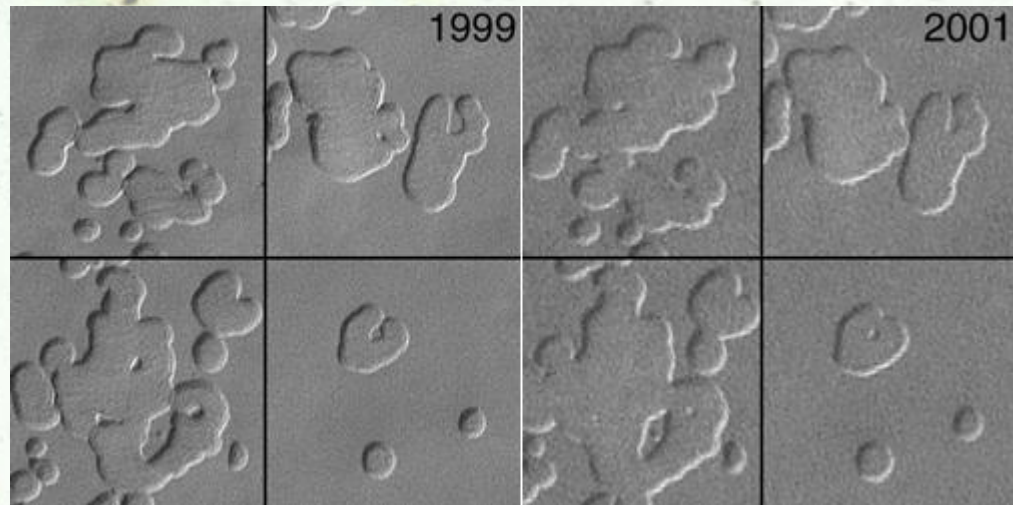
Printemps	21 janvier 2006 soit 6mois 14jours	9 décembre 2007 Environ 6mois 15jours	26 octobre 2009	13 septembre 2011	31 juillet 2013 <b>Soit 6mois 14jours</b>	18 juin 2015
Été	7 août 2006 Soit 6mois	24 juin 2008 Soit 6mois 1jour	12 mai 2010	29 mars 2012	14 février 2014 <b>Soit 6mois 3jours</b>	2 janvier 2016
Automne	7 février 2007 Soit 5mois 28jours	25 décembre 2008 Soit 5mois 27jours	12 novembre 2010	29 septembre 2012	17 août 2014 <b>Soit 5mois 28jours</b>	4 juillet 2016
Hiver ●	4 juillet 2007 Soit 5mois 5jours	21 mai 2009 Soit 5mois 5jours	7 avril 2011	22 février 2013	10 janvier 2015 <b>Soit 5mois 8jours</b>	27 novembre 2016

## Calottes polaires

Les calottes polaires de Mars ont été observées pour la première fois au milieu du XVII<sup>e</sup> siècle par Jean-Dominique Cassini et Christian Huygens. Leur taille varie considérablement au cours des saisons par échange de dioxyde de carbone et d'eau avec l'atmosphère. On distingue ainsi, dans les deux hémisphères, une calotte polaire dite « résiduelle » ou « estivale » qui se maintient tout l'été, et une calotte polaire dite « saisonnière » ou « hivernale » qui vient la recouvrir à partir de l'automne.

L'hiver austral étant plus long et plus froid que l'hiver boréal, la calotte saisonnière australe est plus vaste que la calotte saisonnière boréale. Au cours de l'hiver austral, le CO<sub>2</sub> contenu dans l'atmosphère se condense en glace carbonique au-dessus de 55° S alors que c'est plutôt au-dessus de 65° N qu'il se condense pendant l'hiver boréal. Il s'agit d'une glace de CO<sub>2</sub> très pure et presque transparente, d'une épaisseur ne dépassant pas quelques mètres, qui laisse voir le sol à l'aplomb sur les clichés pris par les sondes spatiales en orbite au-dessus des régions polaires.

**Élargissement des alvéoles dans la couche superficielle de glace carbonique de la calotte résiduelle australe observé par MGS entre deux étés martiens, ici 1999 et 2001. cela prouve que petit à petit, le CO<sub>2</sub> se sublime.**



Calotte  
résiduelle  
boréale

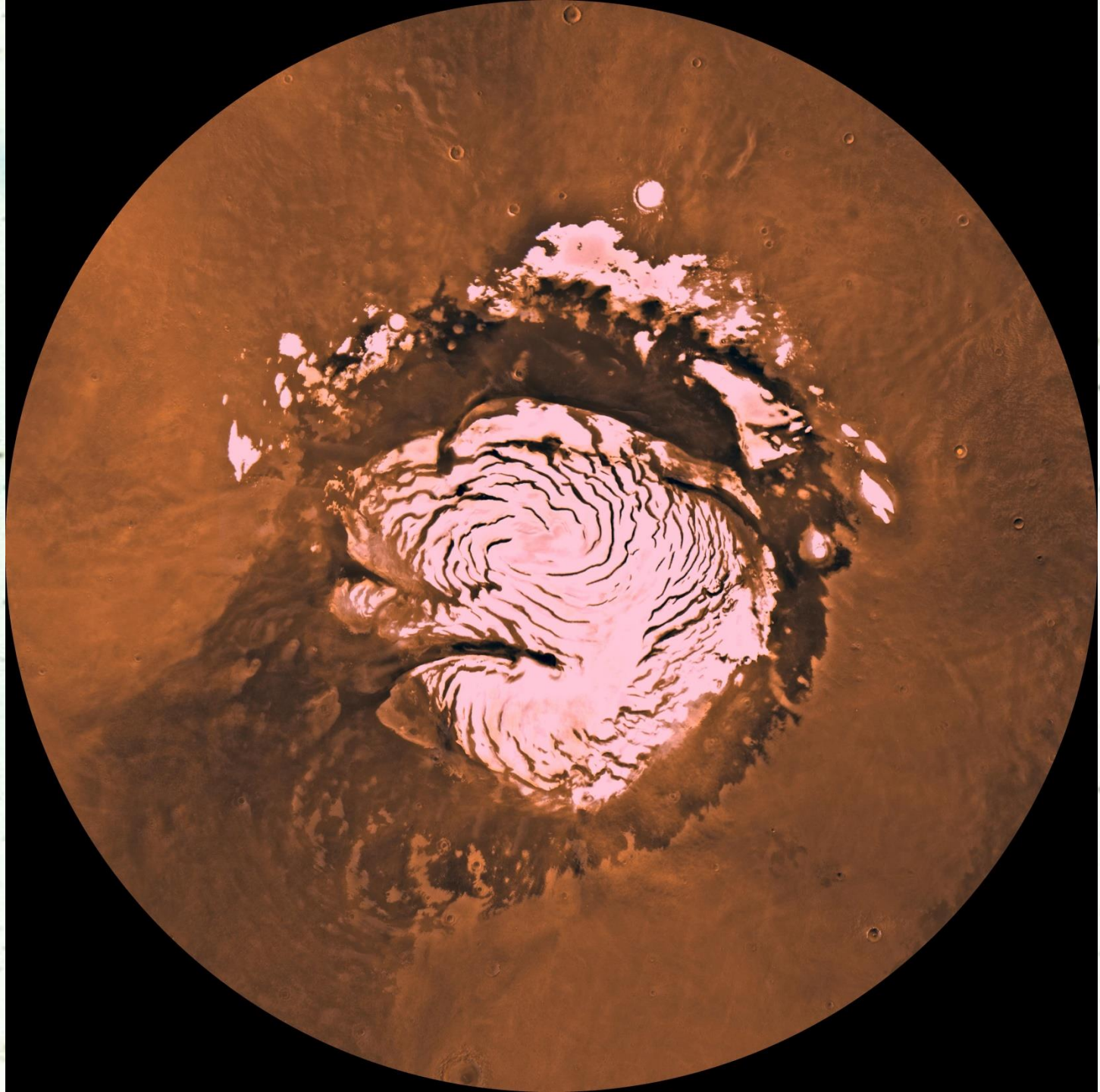


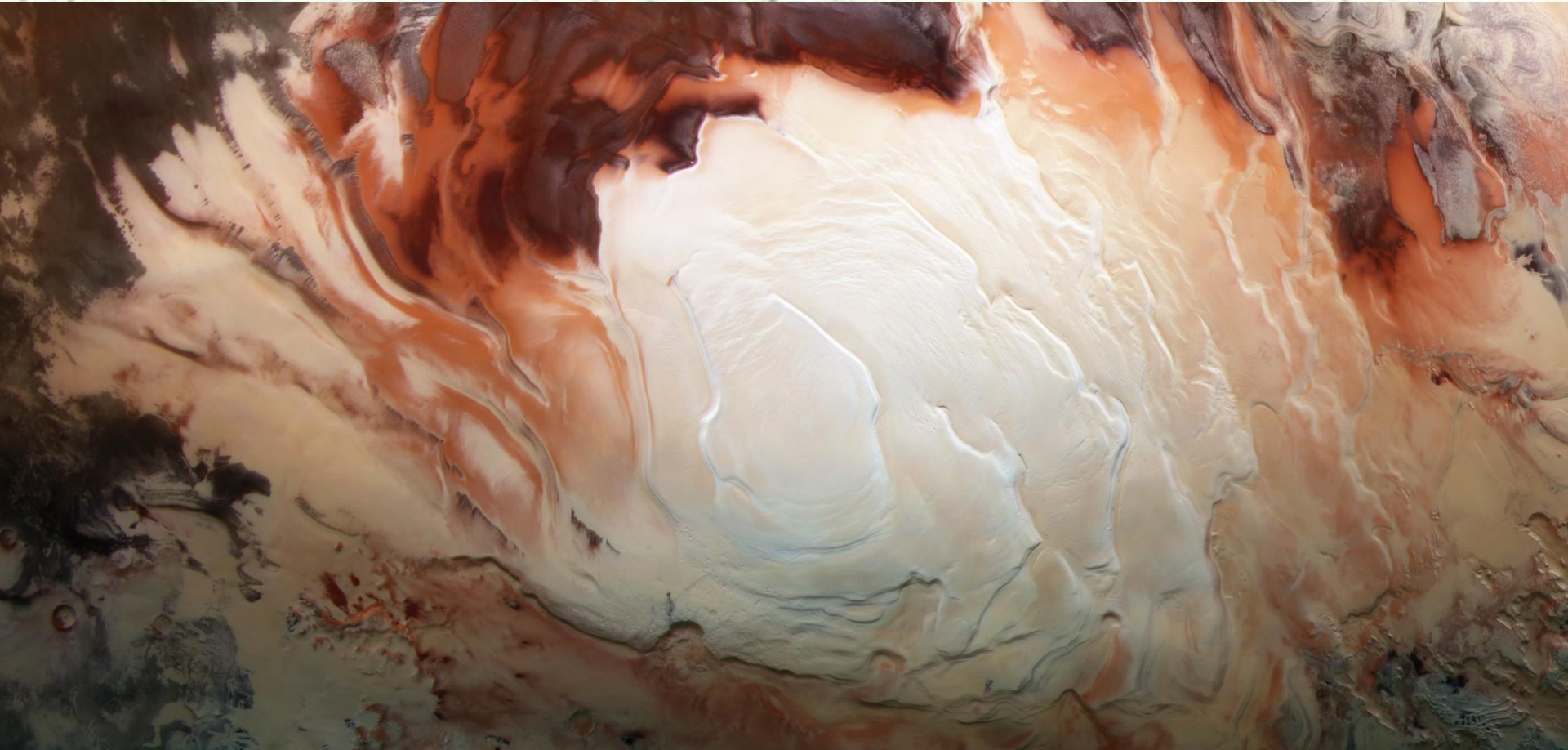


Photo prise le 17 décembre 2012 par Mars Express : Vue du pôle sud de Mars, en vrai couleurs.

Le blanc est dû à de la glace tant d'eau que de dioxyde de carbone.

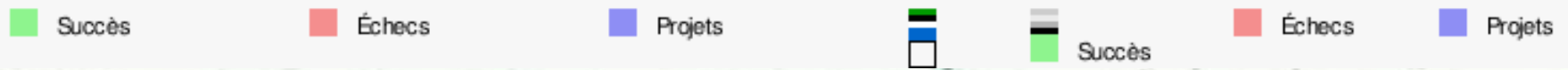
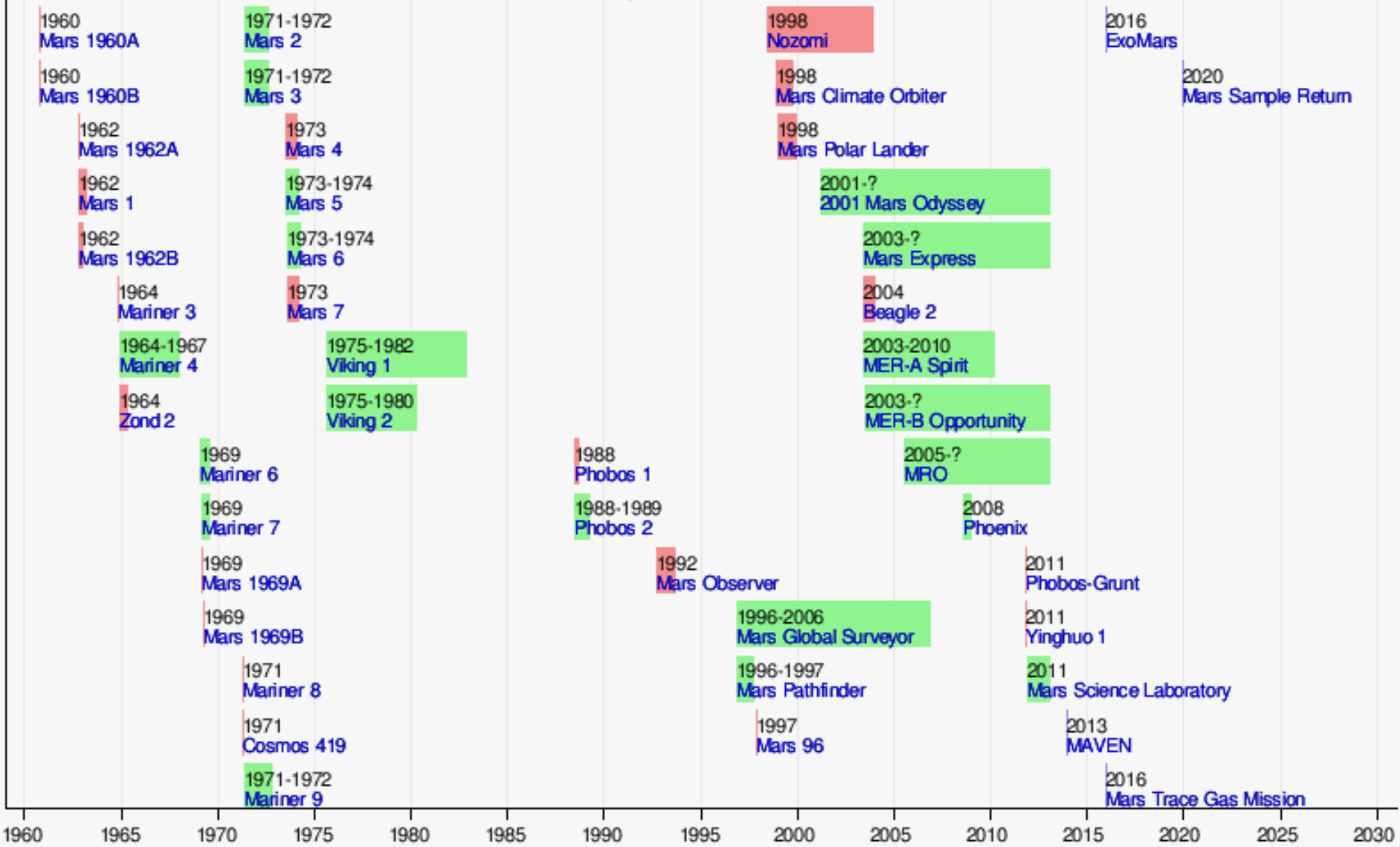
Diamètre d'environ 350 km pour une hauteur qui peut atteindre 3 km

C'est à environ 150 km du pôle sud géographique. Le fait que la calotte ne soit pas au Pôle Sud vient peut-être d'impacts qui ont occasionné de violents vents froids.



# Les missions

## Exploration de Mars



# Mars Exploration Family Portrait

**40: Mars Science Laboratory Curiosity**  
November 26, 2011  
Mission to Gale Crater

**1, 2: MARS 1M No. 1 / MARS 1M No. 2**  
October 10 / October 14, 1960  
Both destroyed during launch

**3, 4, 5, 8: MARS 2MV-4 No. 1 / Mars 1 / Mars 2MV-3 No. 1 / Zond 2**  
October 24 / November 1 / November 4, 1962 / November 30, 1964  
Broke up in Earth orbit / Radio failure en route / Stranded in Earth orbit / Radio failure en route

**6, 7: Mariner 3 / Mariner 4**  
November 5 / November 28, 1964  
Payload fairing failed to open / First flyby and picture return

**9, 10: Mariner 6 / Mariner 7**  
February 25 / March 27, 1969  
Both flew by, returned pictures

**11, 12: Mars 1969 A / Mars 1969 B**  
March 27 / April 2, 1969  
Both destroyed during launch

**13, 17: Mariner 8 / Mariner 9**  
May 8 / May 30, 1971  
Destroyed during launch / First probe to orbit Mars

**14, 15, 16: Cosmos 419 / Mars 2 / Mars 3**  
May 10 / May 19 / May 28, 1971  
Failed in Earth orbit / Lander crashed / Lander failed

**18, 19, 20, 21: Mars 4 / Mars 5 / Mars 6 / Mars 7**  
July 21 / July 25 / August 5 / August 9, 1973  
Missed planet / Orbited planet / Lander failed (6 and 7)

**22, 23: Viking 1 / Viking 2**  
August 20 / September 9, 1975  
Both landed on surface, returned data

**24, 25: Phobos 1 / Phobos 2**  
July 7 / July 12, 1988  
Lost communication en route / Lost communication near Phobos

**26: Mars Observer**  
September 25, 1992  
Lost communication near Mars

**27: Mars Global Surveyor**  
November 7, 1996  
Orbited and returned data

**28: Mars 96**  
November 16, 1996  
Destroyed during launch

**29: Mars Pathfinder**  
December 4, 1996  
Landed on surface, deployed Sojourner rover

**30: Nozomi**  
July 4, 1998  
Missed planet

**31: Mars Climate Orbiter**  
December 11, 1998  
Crashed due to imperial/metric unit mixup

**32: Mars Polar Lander**  
January 3, 1999  
Crashed on surface

**33: Mars Odyssey**  
March 7, 2001  
Orbiting Mars

**34: Mars Express / Beagle 2 lander**  
June 2, 2003  
Orbiting Mars, Beagle lost after separation

**35, 36: Mars Exploration Rovers Spirit and Opportunity**  
June 10 / July 7, 2003  
Both landed on surface, Opportunity still in operation

**37: Mars Reconnaissance Orbiter**  
August 12, 2005  
Orbiting Mars

**38: Phoenix**  
August 4, 2007  
Landed, dug for water

**39: Phobos-Grunt**  
November 8, 2011  
Stranded in Earth orbit

**40: Mars Science Laboratory Curiosity**  
November 26, 2011  
Mission to Gale Crater

**Viking 1 and 2**

**Sojourner**

**Spirit and Opportunity**

**Phoenix**

**Curiosity**

Image credits: NASA, Roscosmos, ESA, JAXA, ESA/ESA/ESA.com  
Additional research sources: Space.com, RussiaSpaceWeb.com  
Dates indicated are for launch. Only dedicated Mars missions are listed.  
Created by Jason E. Davis  
www.astroart.com

Et bientôt Exomars

**Périple des deux rovers encore actifs sur Mars  
Ici celui d'Opportunity**

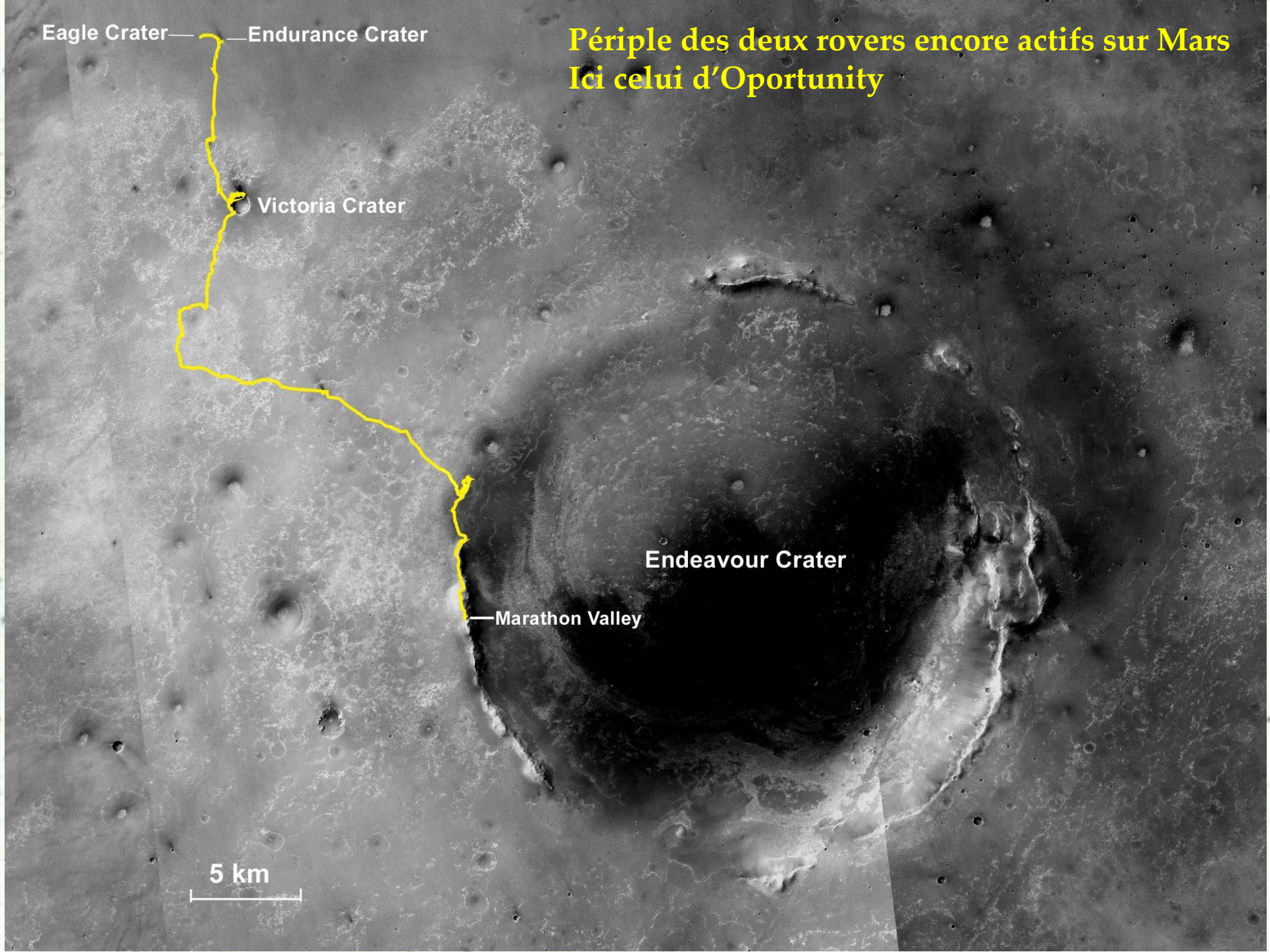
Eagle Crater — Endurance Crater

Victoria Crater

Endeavour Crater

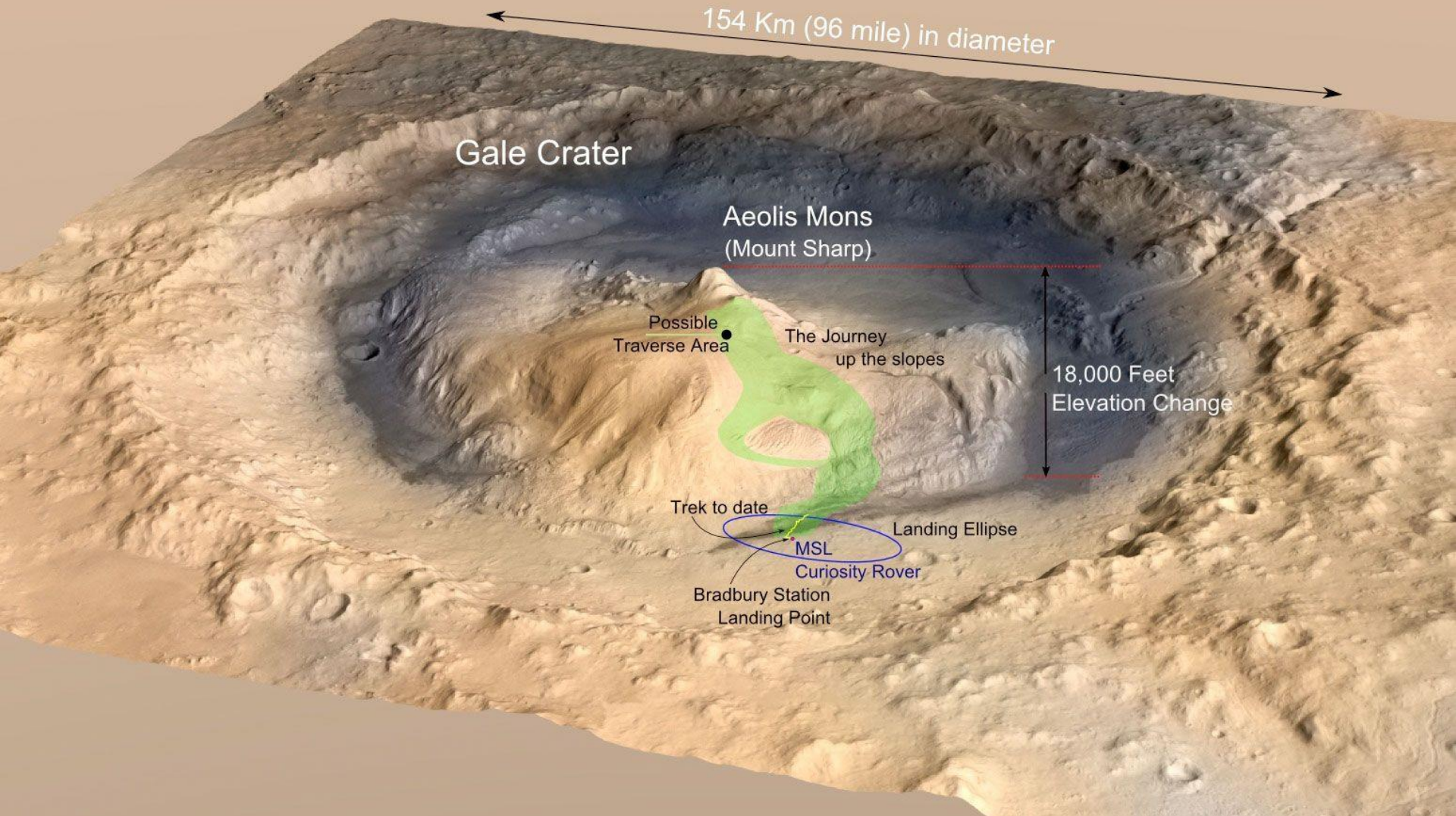
Marathon Valley

5 km



Et pour Curiosity :

## MSL Curiosity Rover inside Gale Crater, Mars



Sur cette image, le site d'atterrissage de Curiosity (ellipse), ses deux premières années d'activité et, en vert, les régions qu'il pourrait explorer ces prochains mois. © Nasa, JPL

# Gale Crater

Aeolis Mons  
(Mount Sharp)

Possible  
Traverse Area

The Journey  
up the slopes

18,000 Feet  
Elevation Change

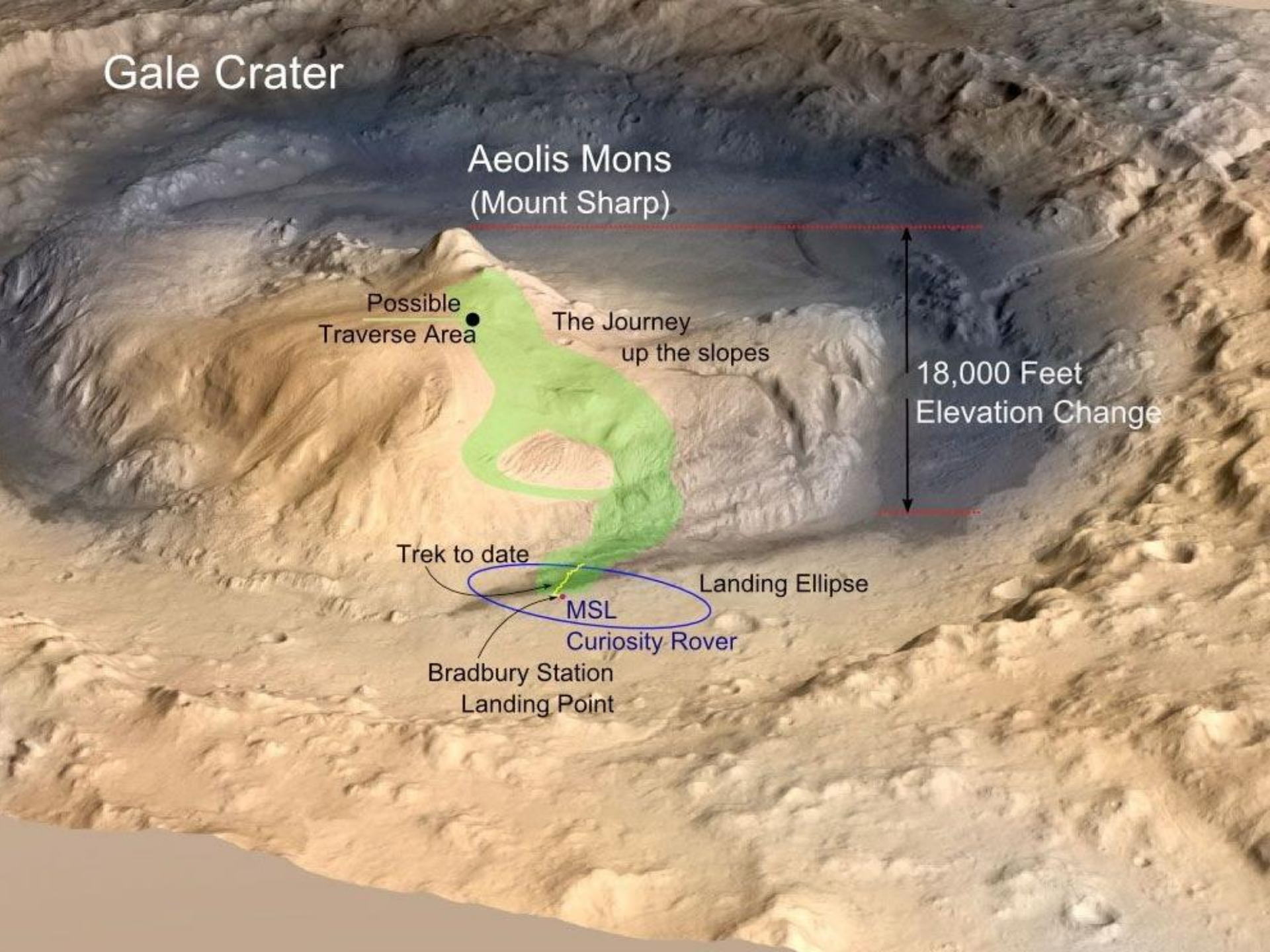
Trek to date

Landing Ellipse

MSL

Curiosity Rover

Bradbury Station  
Landing Point



137°24'E

# Mars Science Laboratory Traverse Site 52, Drive 1162 Sol 1221

-4°36'S

Et voici son trajet



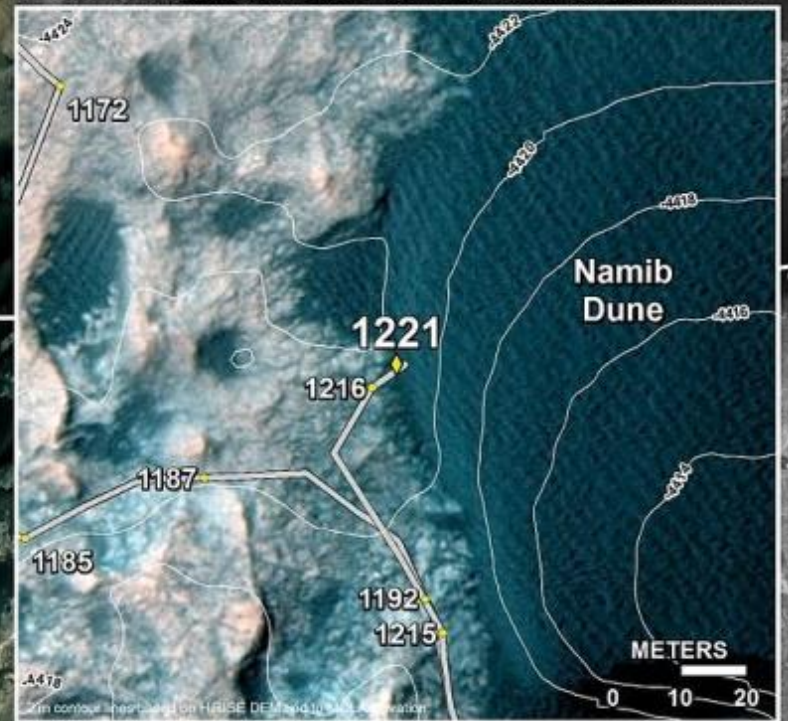
● Rover Way Points = Traverse

Projection: Equidistant Cylindrical, central longitude = 0, central latitude = 0, spherical Mars radius = 3396190 m  
Data Sources: NASA/JPL-Caltech (traverse and place names)/Univ. of Az (HRISE)/MSSS (CTX)/USGS (elevation data)

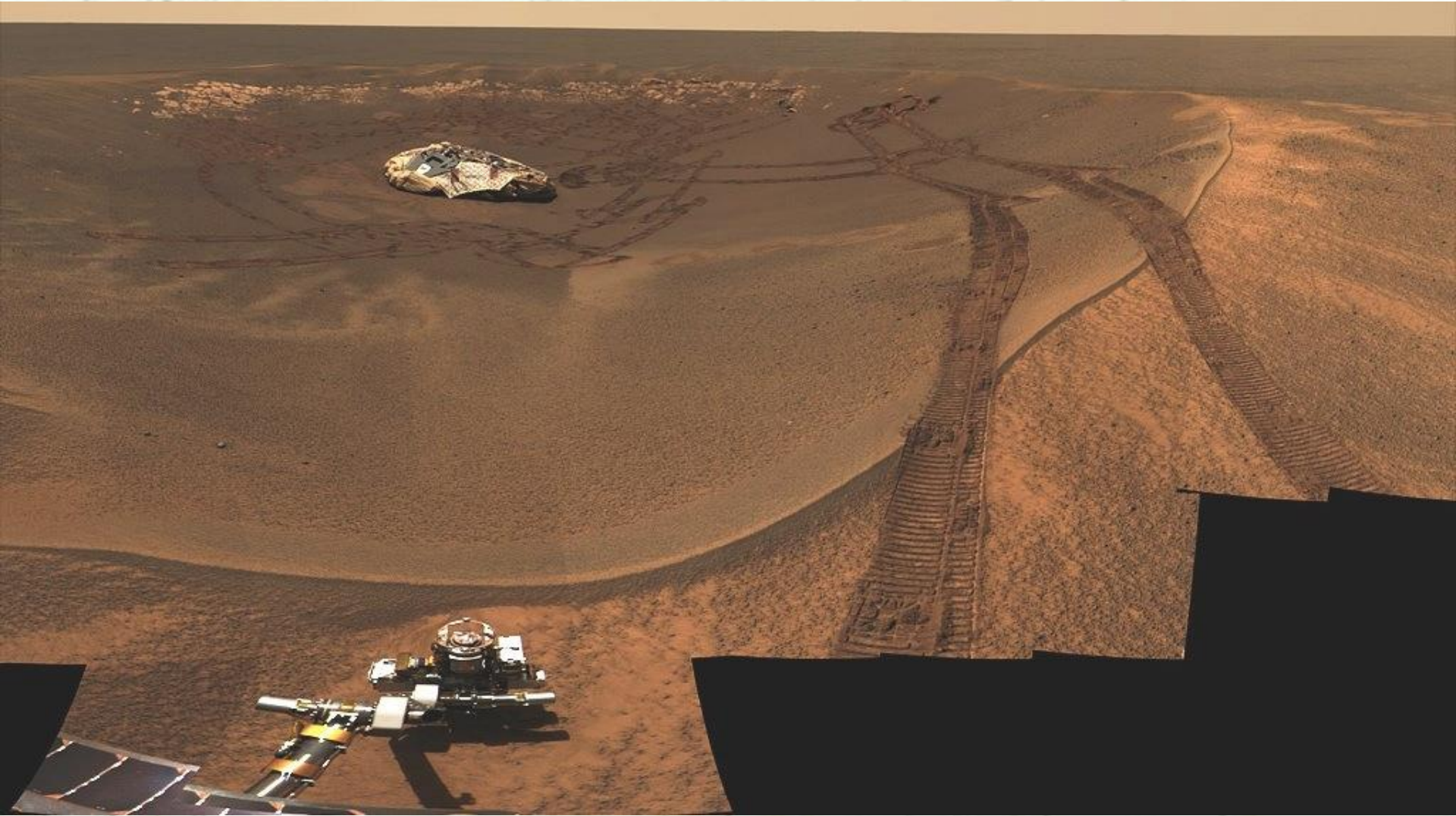


Landing Ellipse Boundary

-4°40'S



# Spirit et Opportunity : 10 ans d'exploration de Mars



Le nid d'Opportunity dans le cratère Eagle où il est arrivé le 25 janvier 2004

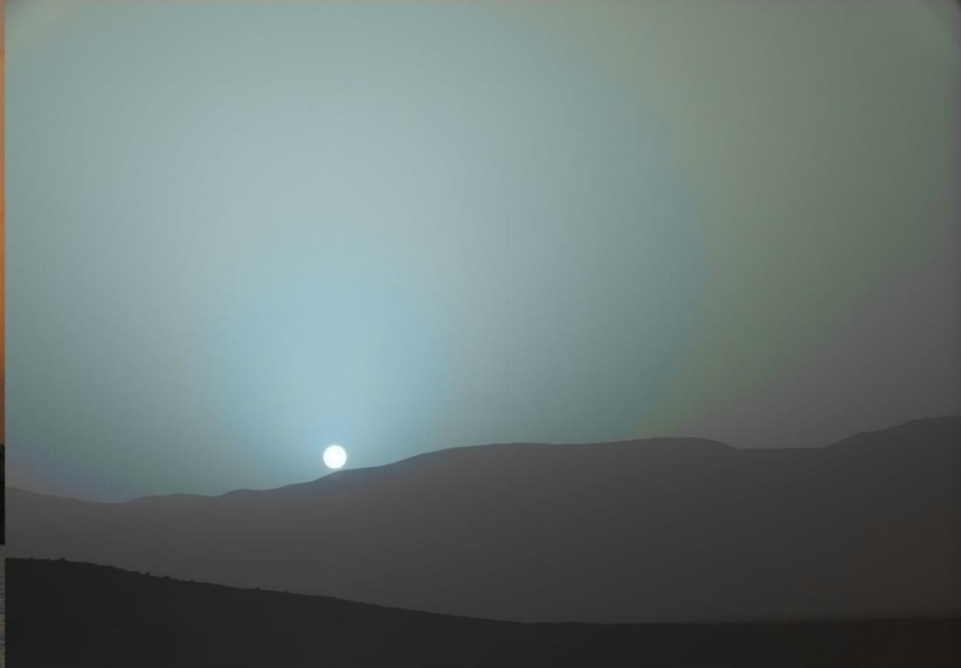


Coucher du Soleil derrière les remparts du cratère Gusev photographié par Spirit



« Les couleurs, nous explique Mark Lemmon (Texas A&M University) qui planifie les observations de MSL, viennent du fait que la poussière très fine est de la bonne taille pour que la lumière pénètre l'atmosphère plus efficacement. Quand la lumière bleue se disperse dans la poussière, elle reste plus proche de la direction du Soleil que la lumière d'autres couleurs. Le reste du ciel va du jaune à l'orange, le jaune et le rouge se dispersent partout au lieu d'être absorbés ou de rester près du Soleil ».

T w o W o r l d s



O n e S u n

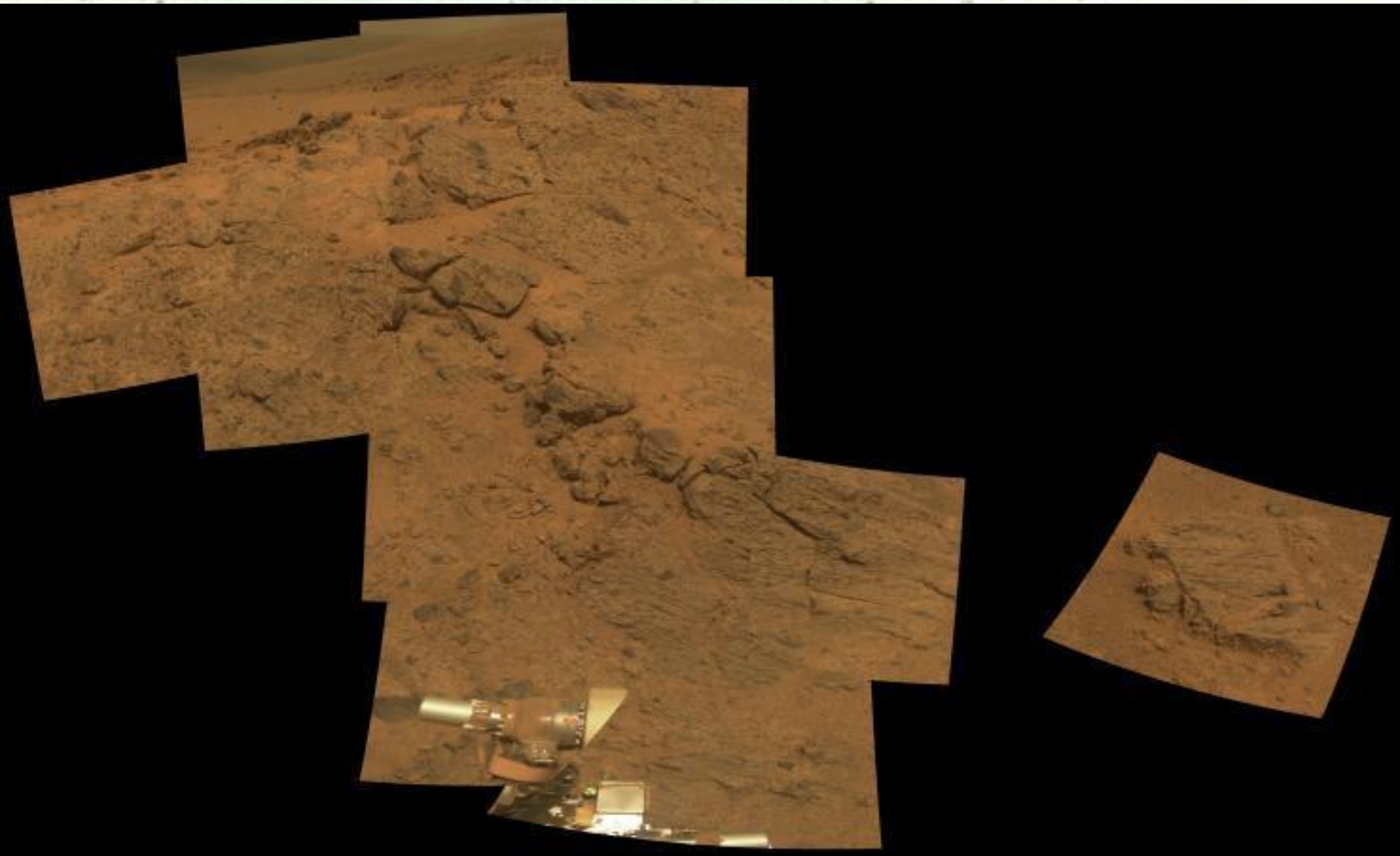
Place : Earth > France > Marseille  
Date : 18th May, 2012  
Camera : EOS 400D, 18-200mm  
Damia Bouic

Place : Mars > Elysium Planitia > Gale Crater  
Date : 15th April, 2015  
Camera : Mastcam 34  
NASA/JPL-Caltech/MSSS/Damia Bouic

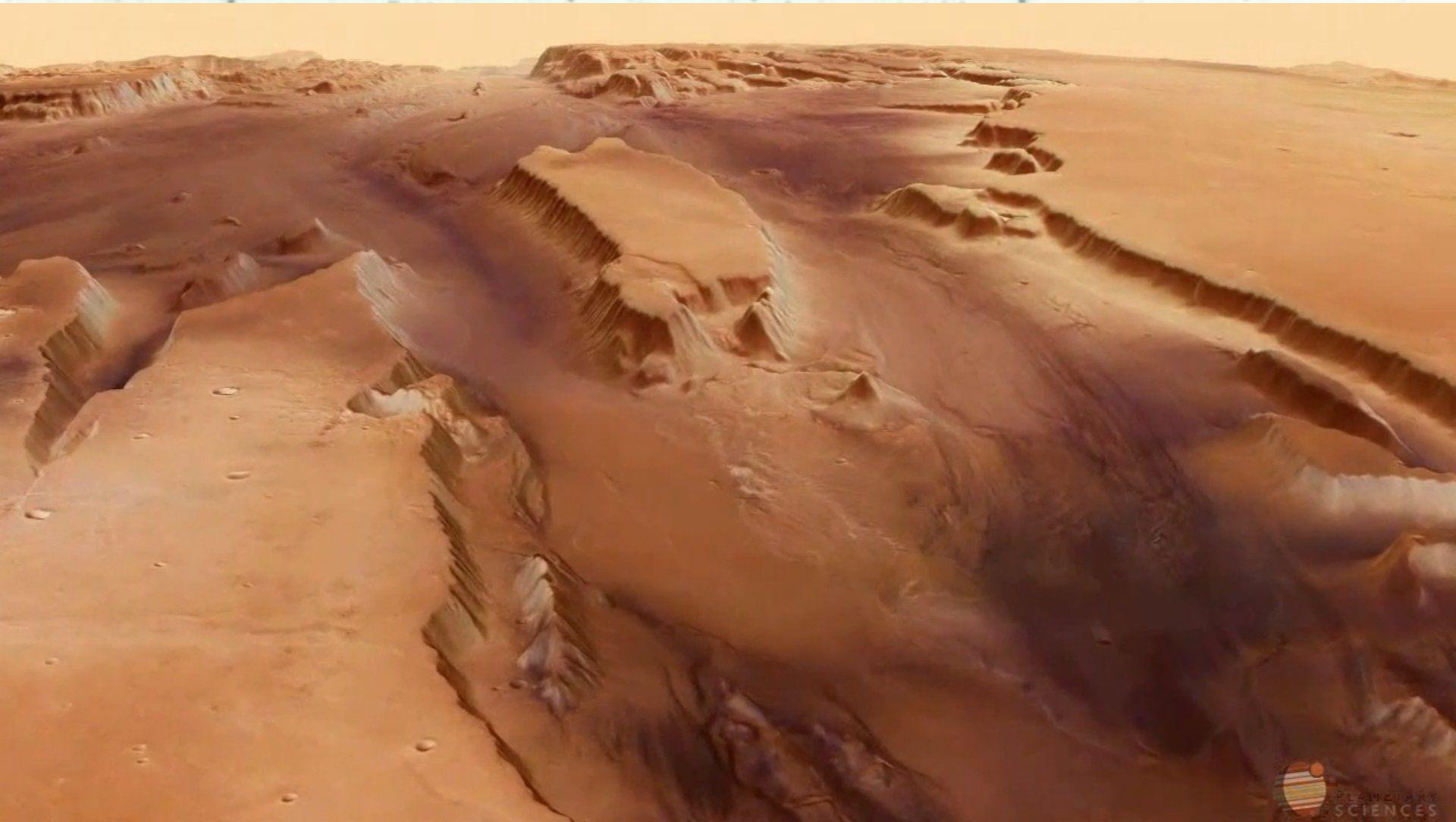
Couches  
sédimentaires  
sur le site  
nommé « Home  
Plate »  
témoignant  
d'épisodes  
géologiques  
successifs :  
explosion  
volcanique,  
impact, dépôts  
éoliens, etc. ;  
image prise le 8  
mars 2006 par  
Spirit



Affleurement rocheux sur le lieu dit « Murray Ridge » en bordure du cratère Endeavour où travaillait Opportunity entre le 21 et le 23 novembre 2013 (3 494 à 3 496 sols)



**Pour le dixième anniversaire de l'orbiteur Mars Express, l'Agence spatiale européenne a créé une surprenante vidéo, qui reproduit un vol au-dessus de la Planète rouge. Mais pas n'importe où : dans l'immense plaine Kasei, où un grand nombre de chenaux témoignent d'anciennes inondations. Embarquement immédiat.**



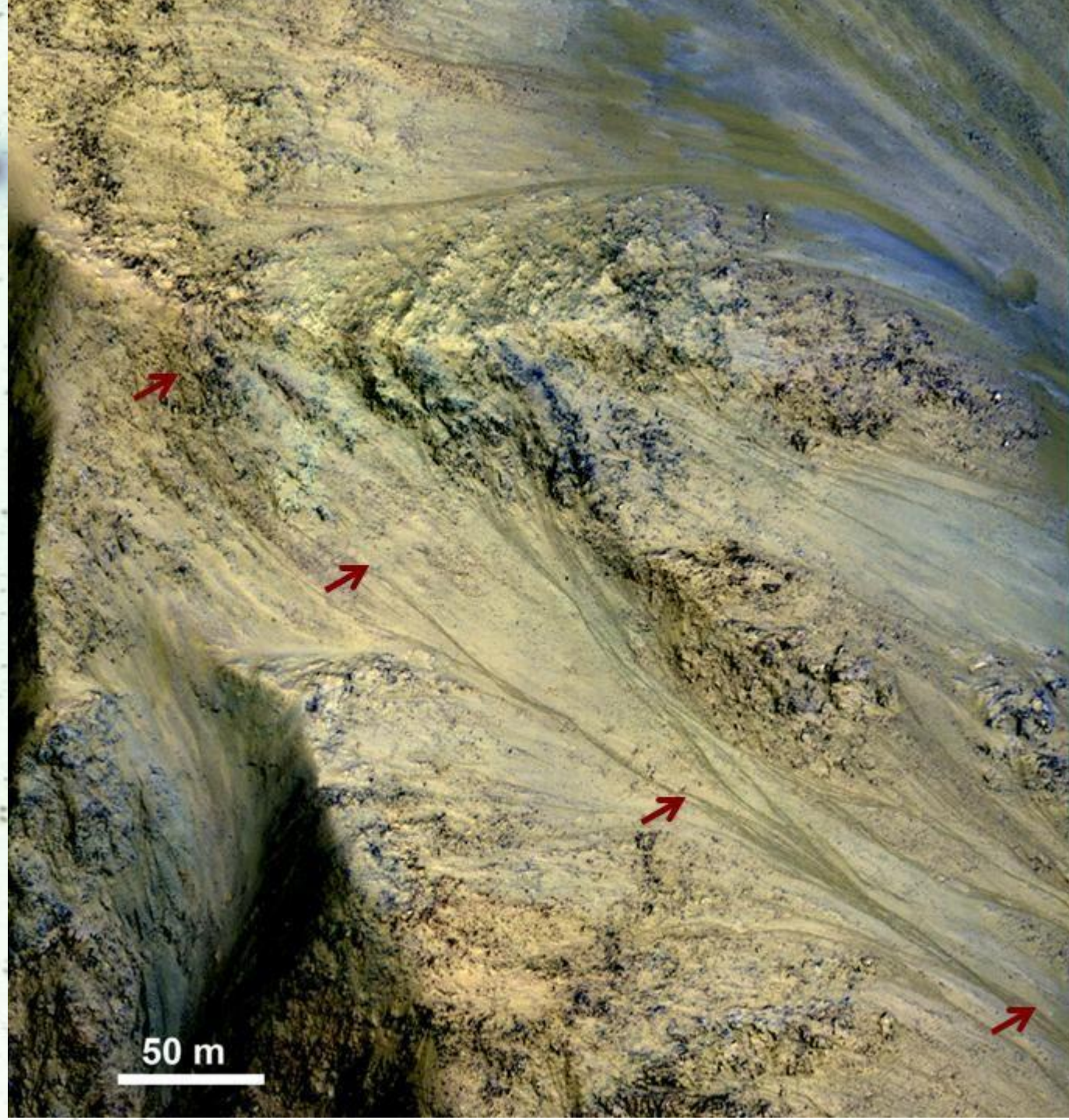
# Curiosity est arrivé au pied du mont Sharp



*Pahrump Hills*, le point d'entrée du mont Sharp (indiqué par l'échelle).

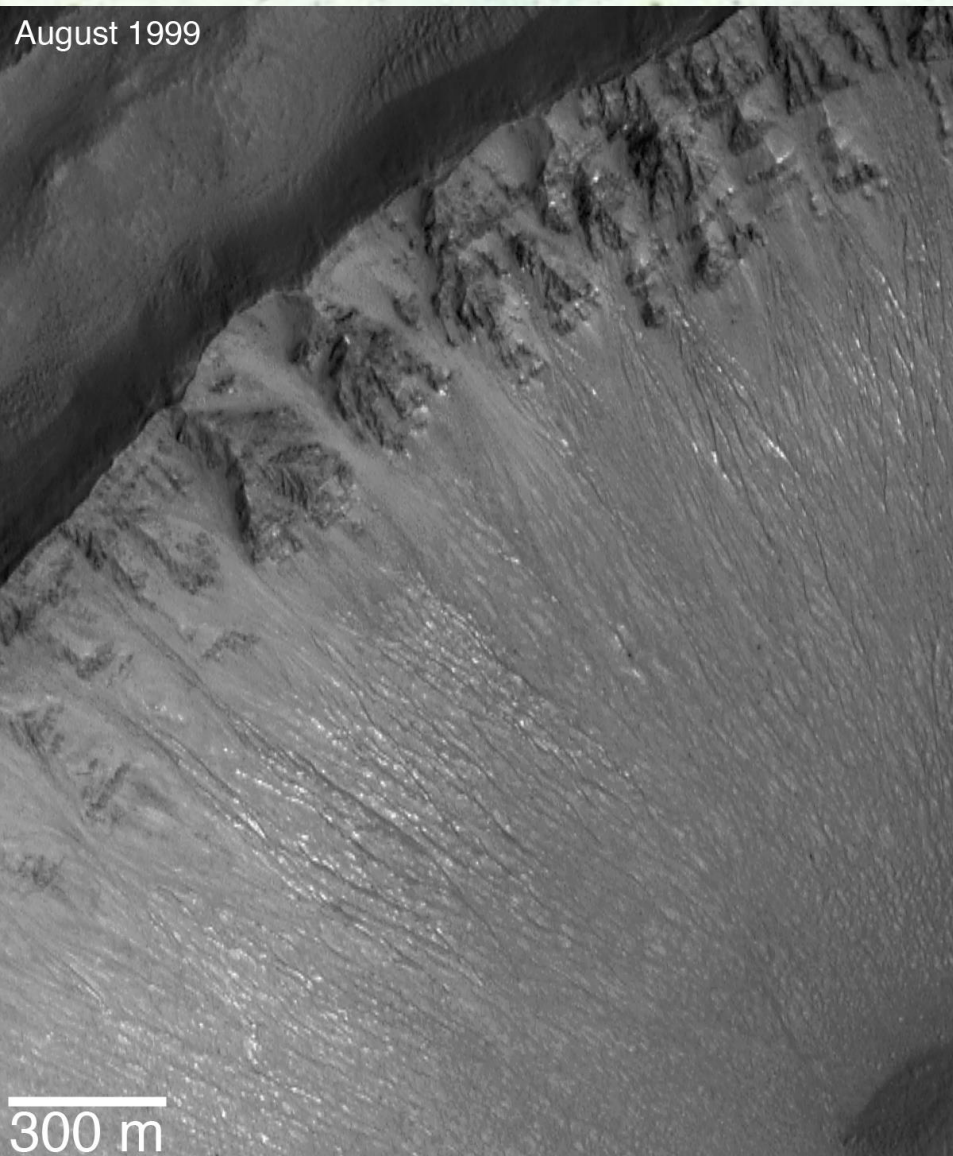
## L'eau sur Mars

Les premières images de Mars montraient des « canaux ». Depuis on se demande si Mars ne contiendrait pas d'eau sous forme de glace bien sûr étant donné son éloignement. Depuis que des missions sont envoyées vers Mars, on s'aperçoit de plus en plus que Mars a contenu de l'eau à une période. Et il arrive même que certaines coulées se produisent encore.

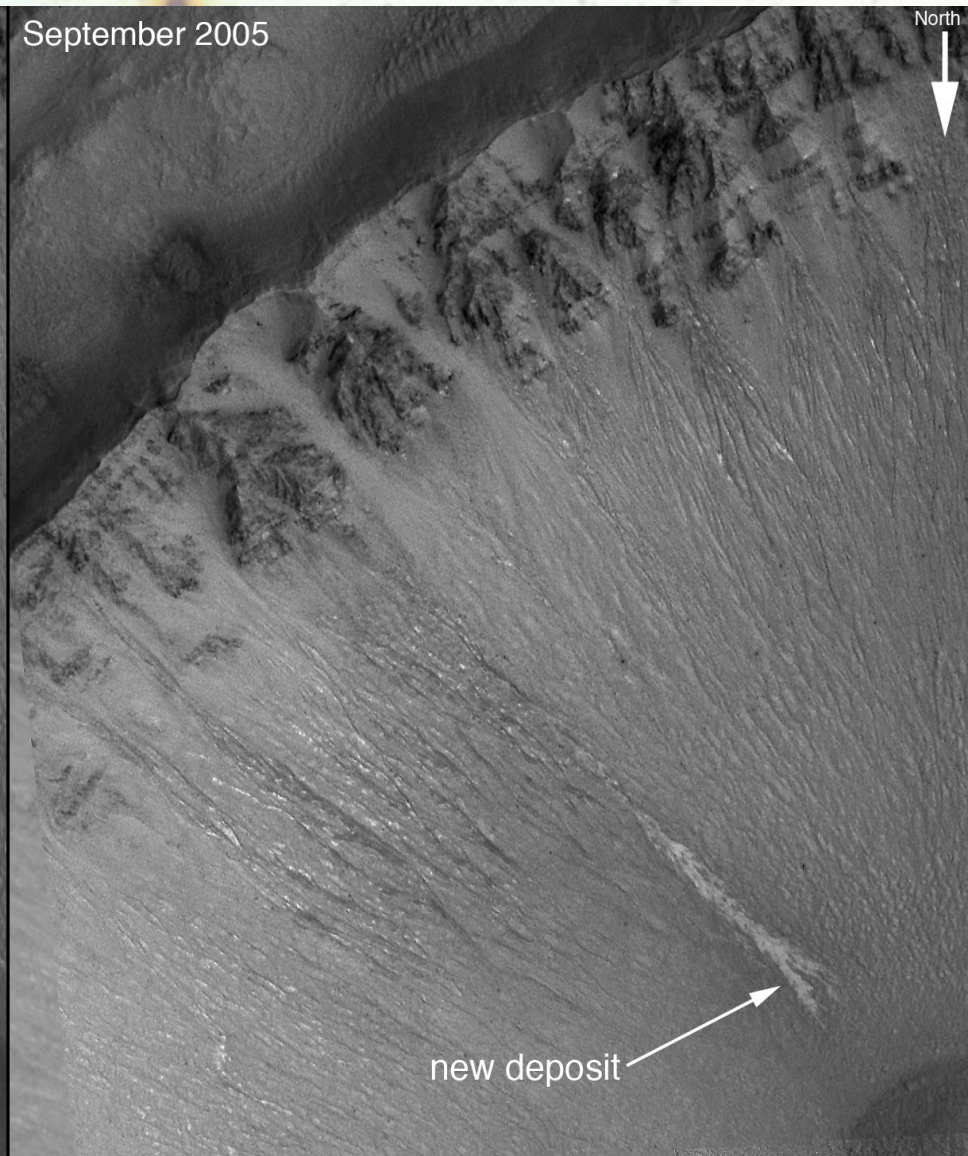


On voit sur ces deux photos qu'il s'est passé quelque chose

August 1999

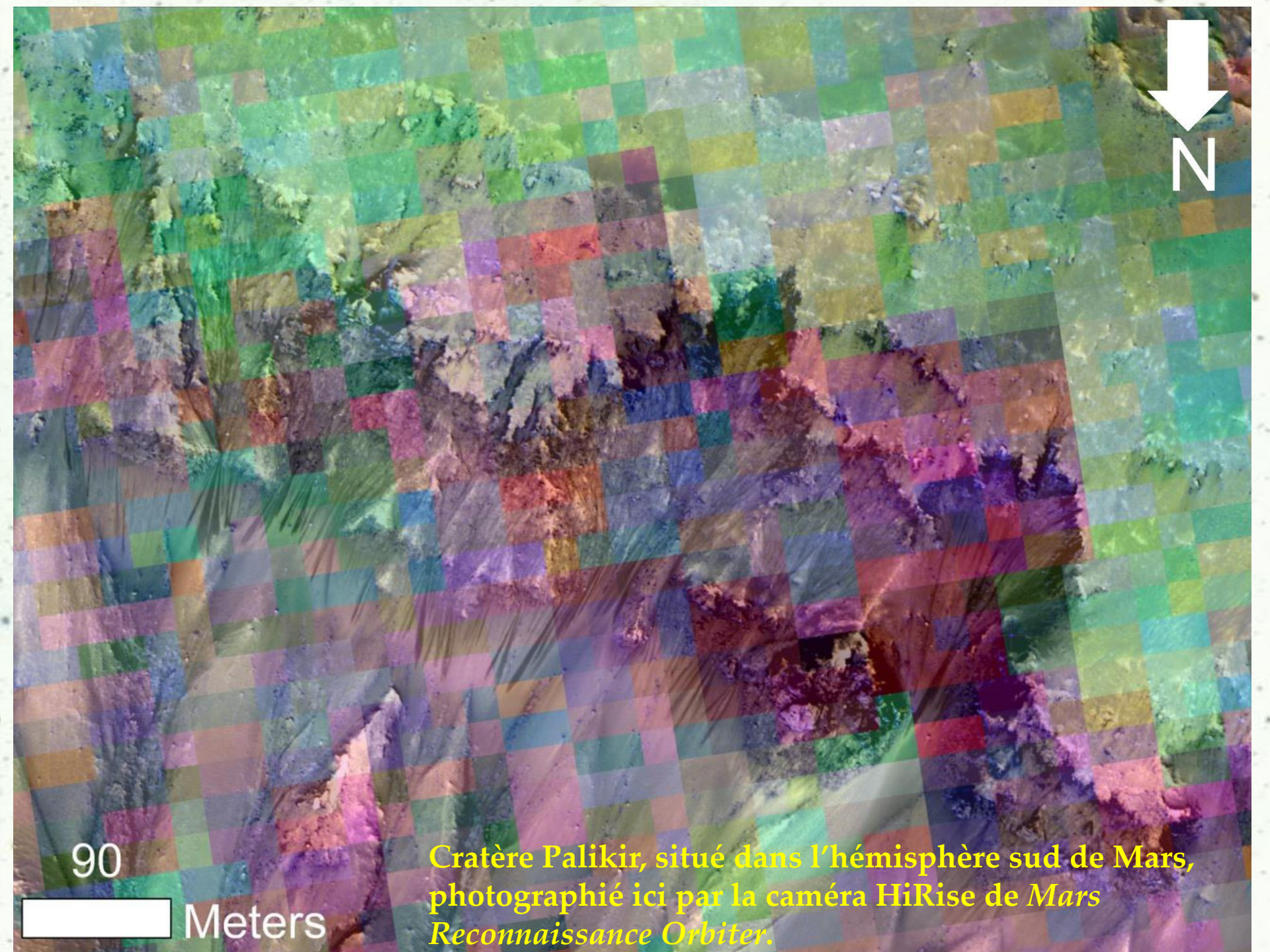


September 2005

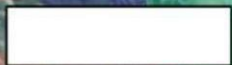


new deposit





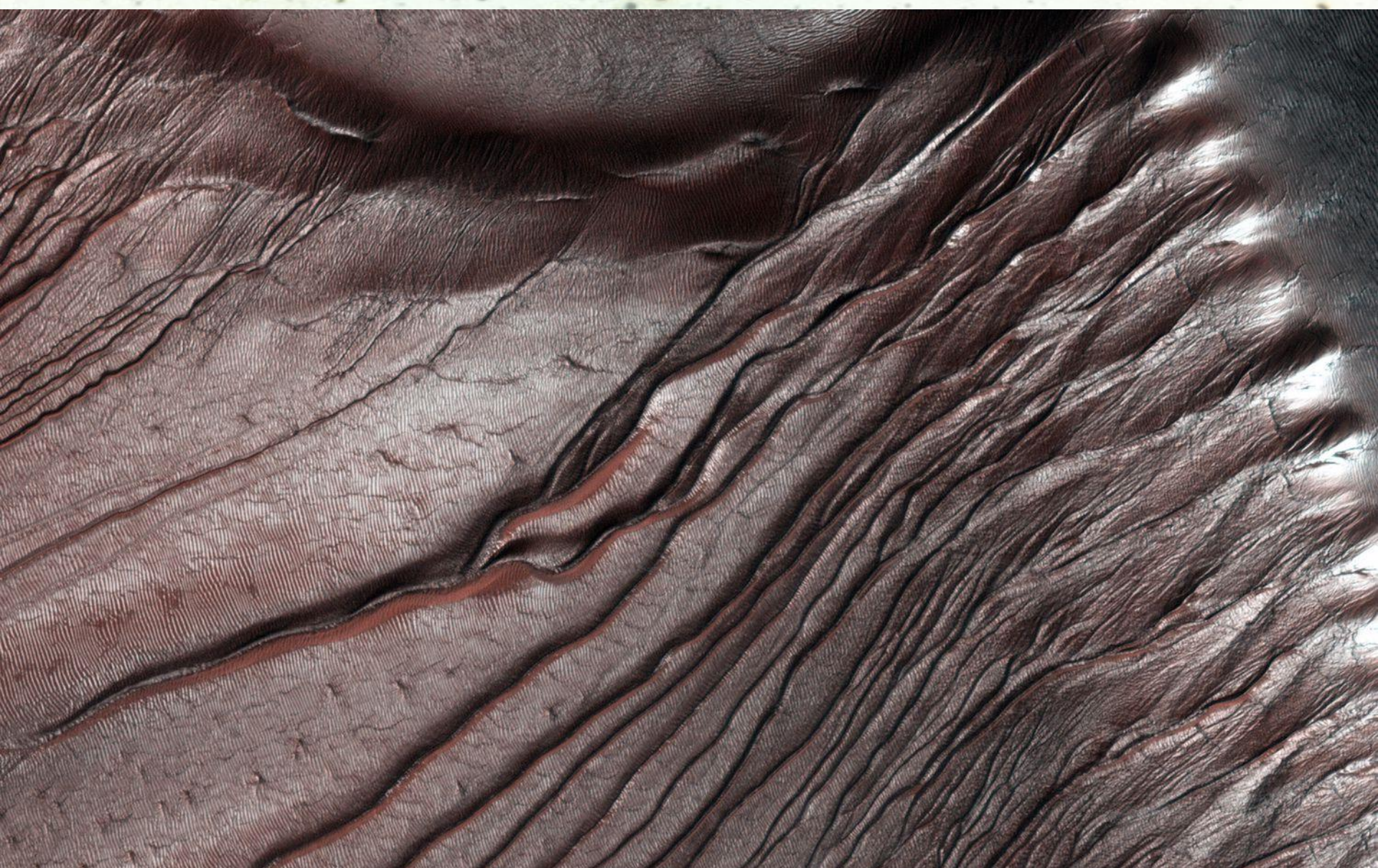
90



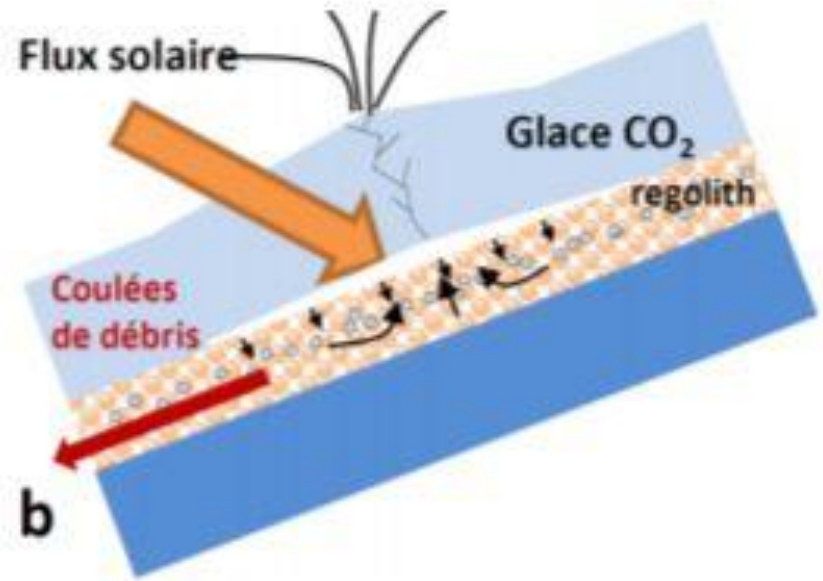
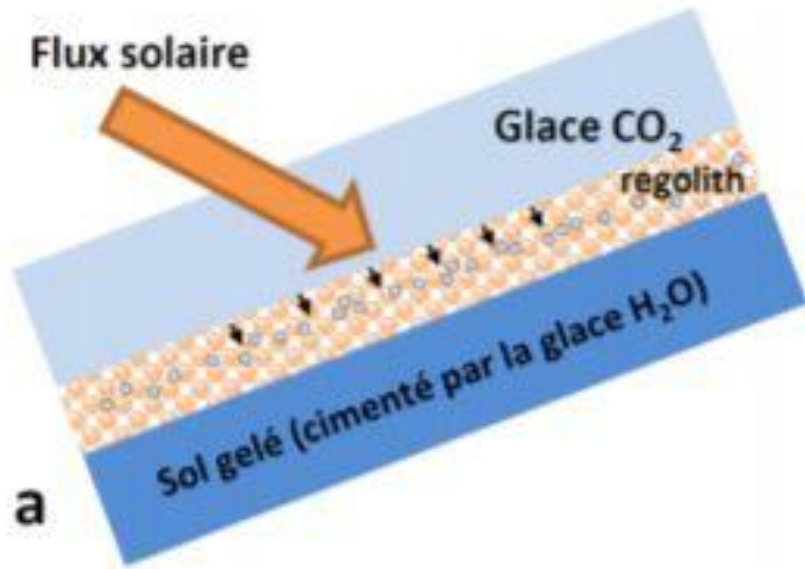
Meters

Cratère Palikir, situé dans l'hémisphère sud de Mars, photographié ici par la caméra HiRise de *Mars Reconnaissance Orbiter*.

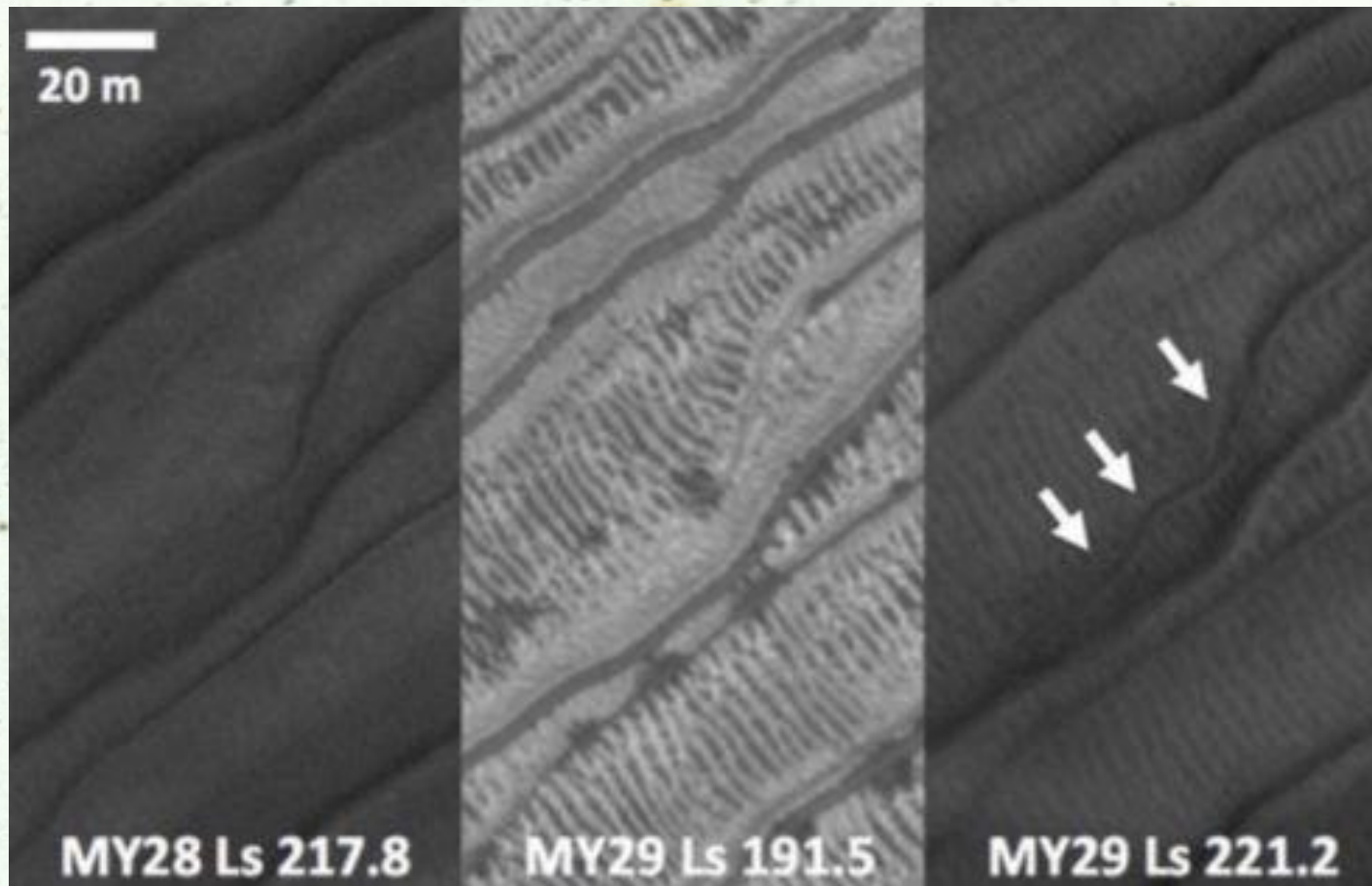
**Mais finalement, les ravines n'auraient pas été creusées par l'eau**



**Les ravines (les *gullies*) observées sur Mars ne seraient pas produites par des écoulements d'eau, comme on l'a supposé, ni même par un liquide, mais par l'action de la glace de CO<sub>2</sub>, en hiver ou au printemps.**



Les effets de la glace de gaz carbonique à la fin de l'hiver ou au printemps. Les rayons solaires traversent la couche translucide de glace (de  $\text{CO}_2$ ) qui recouvre la surface et réchauffent le sable qui se trouve dessous. Là se trouve piégé de l'air entre cette couche de glace et le pergélisol (sol gelé). Parfois, cet échauffement provoque sa sublimation à l'intérieur même du sol. Ce gaz peut déstabiliser la couche de sable, qui glisse vers le bas si la pente est suffisante, mimant l'écoulement d'un liquide. © CNRS



Gros plan sur des ravines en formation sur les dunes du cratère Russel, au cours d'une année martienne. À gauche : les ravines au printemps pendant l'année martienne 28 (MY28). Au milieu : à la fin de l'hiver suivant (MY29), les dunes sont couvertes de glace carbonique. Les jets de gaz sous pression – engendrés par le chauffage de la base de la glace par le Soleil – entraînent les grains de sable sous-jacents. Ils forment des taches sombres sur la glace. À droite : au printemps de l'année suivante, un nouveau chenal a été creusé par cette activité. © Nasa, JPL, *University of Arizona*

Évolution proposée de l'hydrosphère martienne.

## HISTORY OF WATER ON MARS b.y.a.



4.0



3.8



3.5



2.0



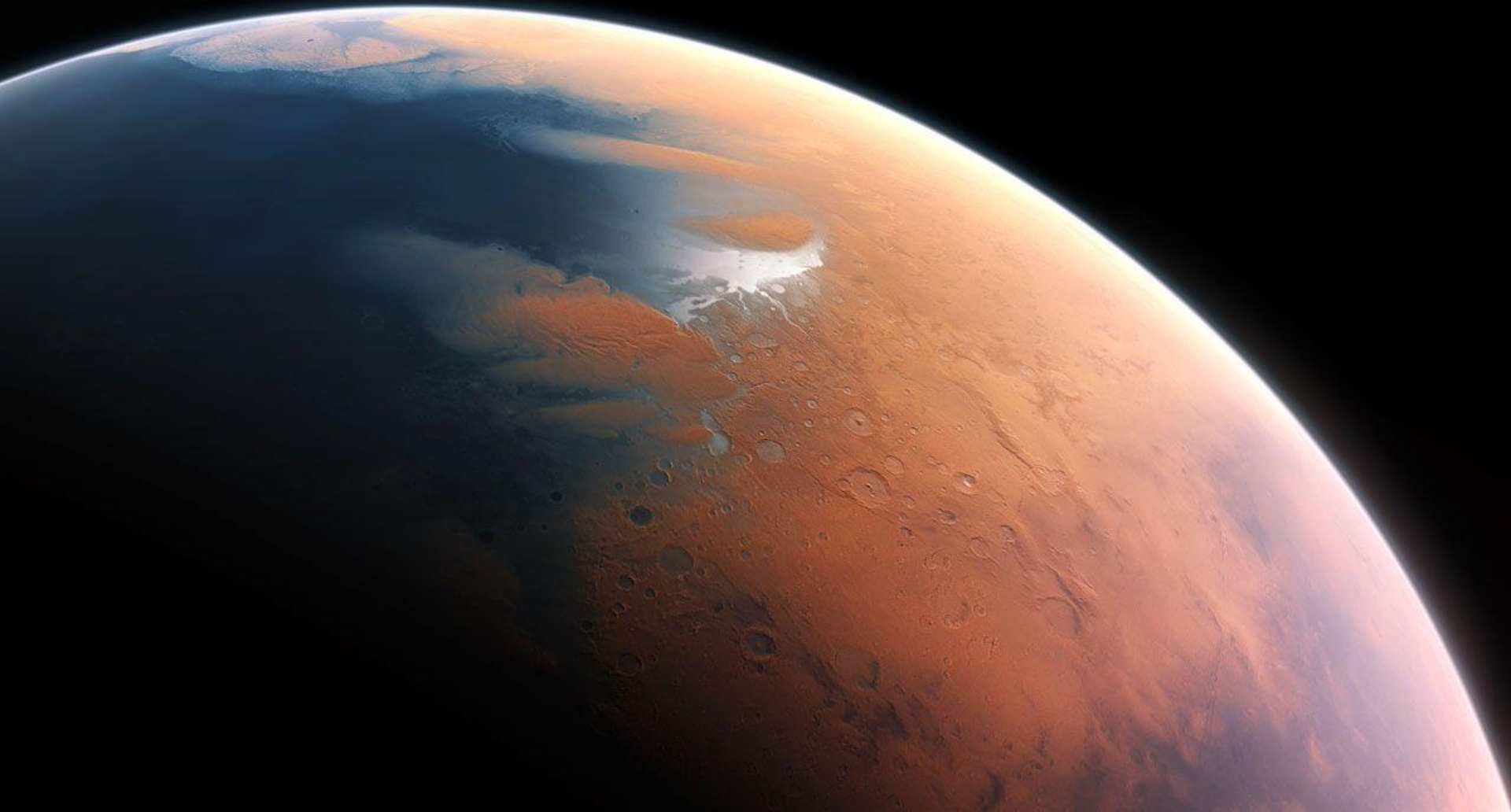
1.0



Now

## Mars : scénario sur la disparition de ses océans

Cette illustration suggère l'environnement humide de Mars voici 4 milliards d'années. La toute jeune planète devait renfermer suffisamment d'eau liquide pour que l'intégralité de sa surface en soit couverte, sur une hauteur d'environ 140 m.

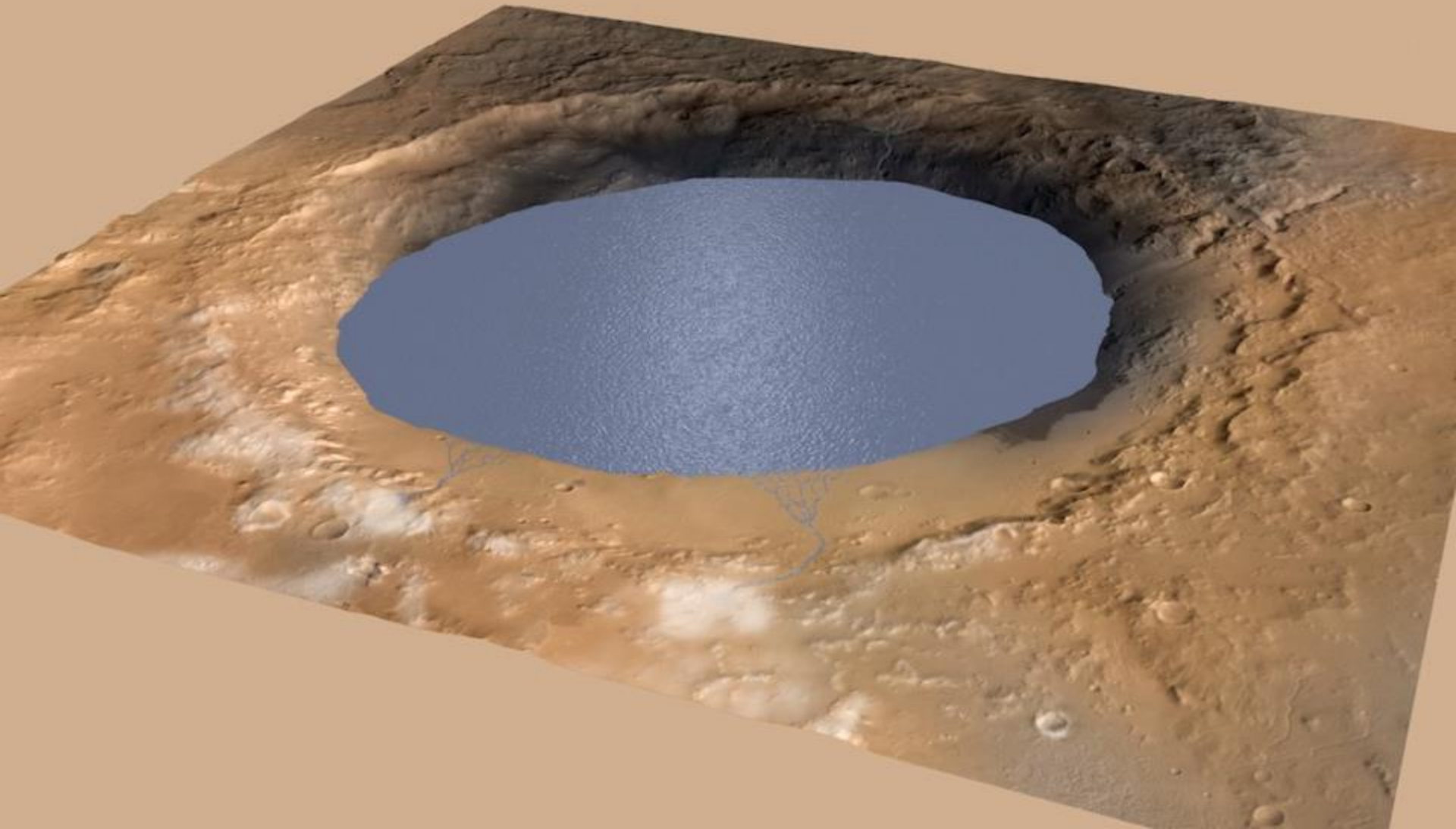


Cette nouvelle estimation a été déduite des observations détaillées de deux isotopes de l'eau présents dans l'atmosphère martienne. L'un de ces isotopes est  $\text{H}_2\text{O}$ , constitué de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène. L'autre est HDO, une eau semi-lourde présente à l'état naturel.



Sa tendance à l'évaporation est donc moindre. Ainsi donc, le taux d'échappement de l'eau de la planète peut se mesurer au rapport  $\text{HDO}/\text{H}_2\text{O}$  qui caractérise l'eau restante (dans les océans terrestres, il y a environ 3.200 molécules de  $\text{H}_2\text{O}$  pour une molécule de HDO).

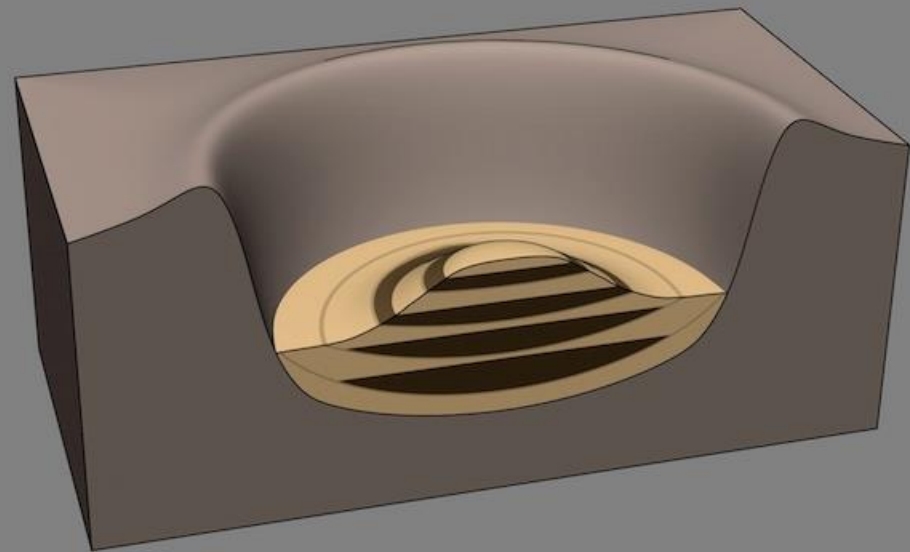
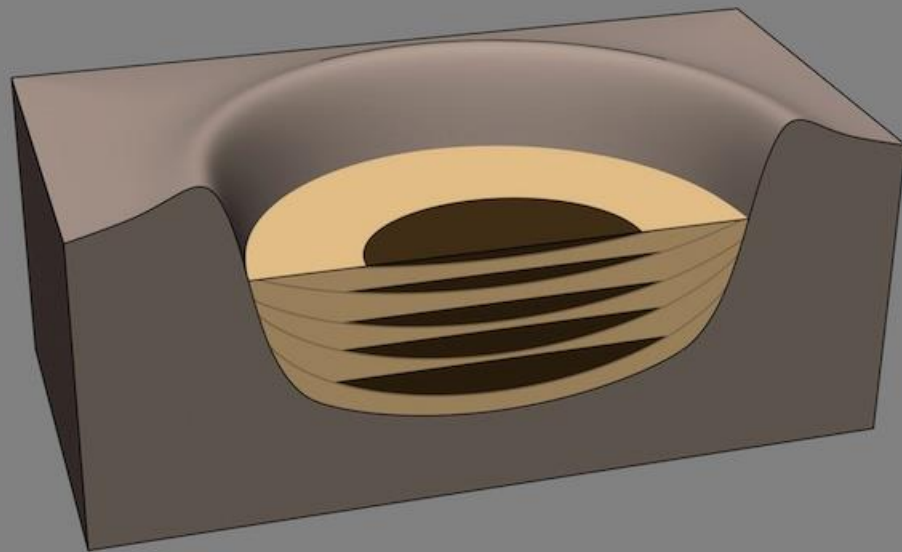
**Grâce à Curiosity on pense qu'un lac asséché a donné naissance au Mont Sharp**



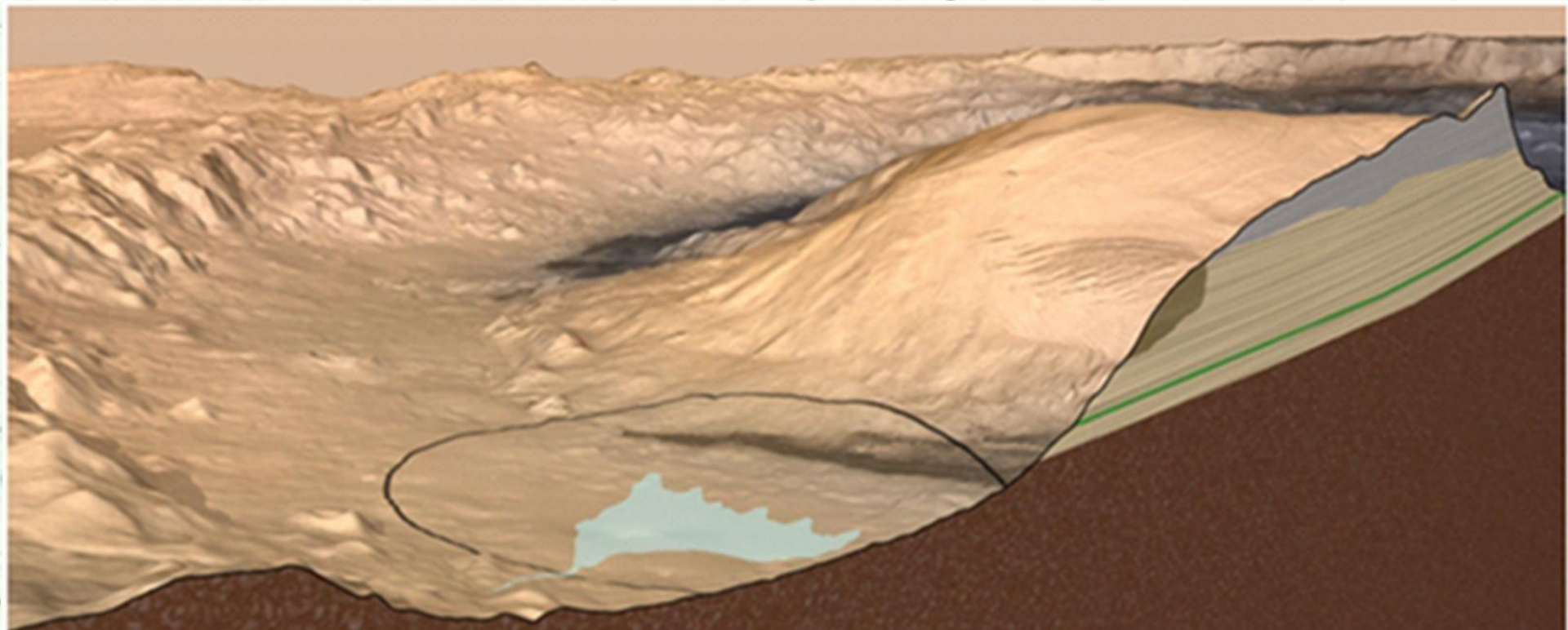




Il y a 4 milliards, l'eau des reliefs venait remplir les dépressions comme le cratère d'impact Gale — les alluvions le remplissaient alors de sédiments

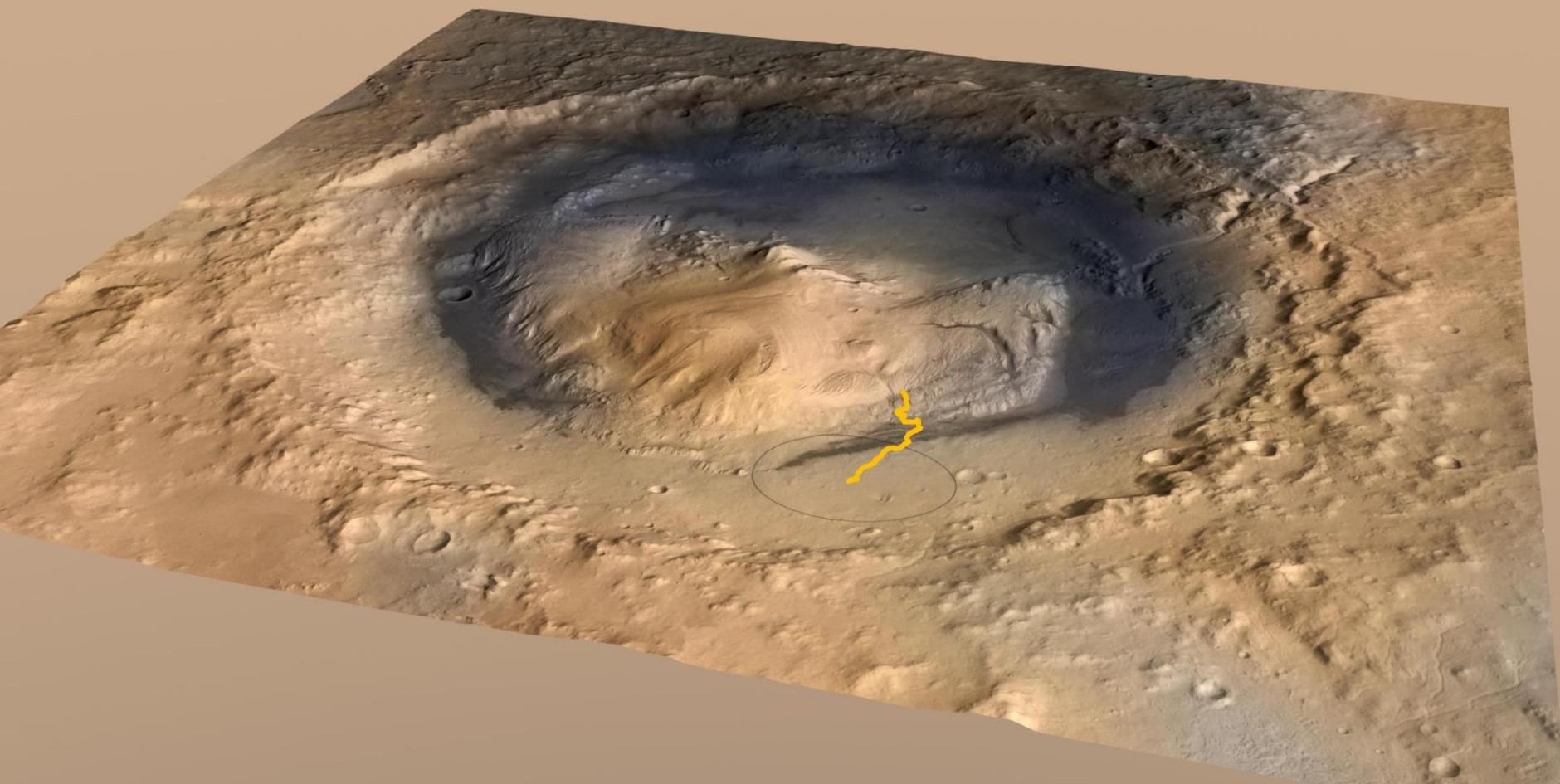


L'analyse après forage a révélé la présence de vapeur d'eau à 200 °C qui résulte du dégazage de la poussière riche en eau. À plus haute température, vers 700 °C, une nouvelle émission de vapeur d'eau est détectée qui, elle, résulte de la déshydratation d'argiles présentes dans la roche John Klein. D'autres gaz sont identifiés : CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, O<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, etc. Des composés chlorés ont également été détectés, comme CHCl<sub>3</sub>, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>Cl.



Coupe schématique du cratère Gale. On suppose que le sommet central (le mont Sharp) est un massif sédimentaire qui a échappé à l'érosion. Le cercle noir indique l'ellipse prévue pour l'atterrissage de Curiosity (qui s'est posé avec une grande précision très près du centre) et la zone bleutée montre une possible étendue alluvionnaire. © Nasa, JPL-Caltech

Voici le cratère Gale et le Mont Sharp aujourd'hui. Il fait 5,5 km de haut.

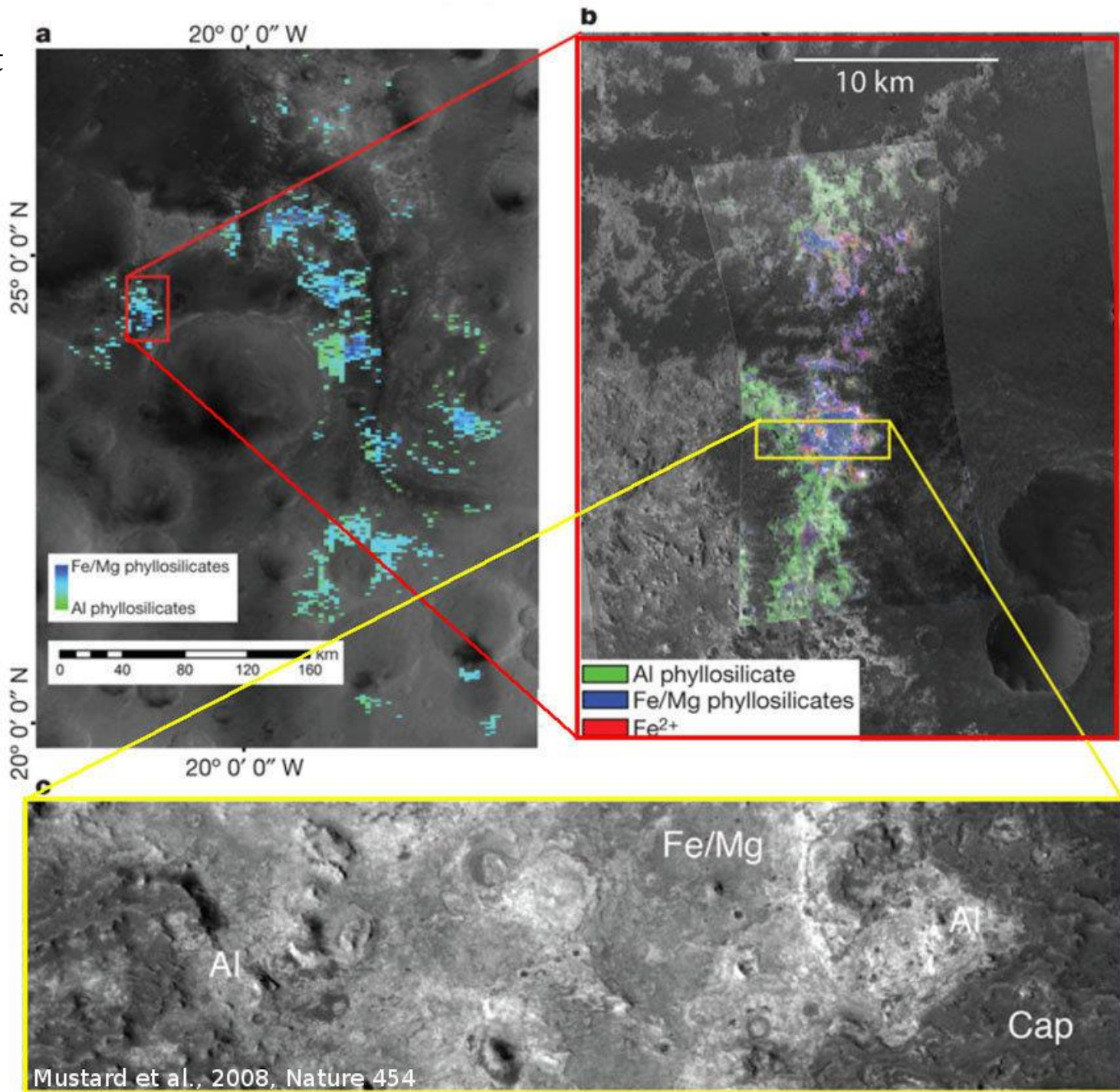


• Et un bout du trajet de Curiosity •

À gauche, vue du sol de Mars où les cailloux d'un ancien lit de rivière sont arrondis. À droite, un ancien lit de rivière sur Terre. Quand la rivière s'est asséchée, les galets se sont retrouvés noyés dans un ciment de matériaux sédimentaires. © Nasa/JPL-Caltech

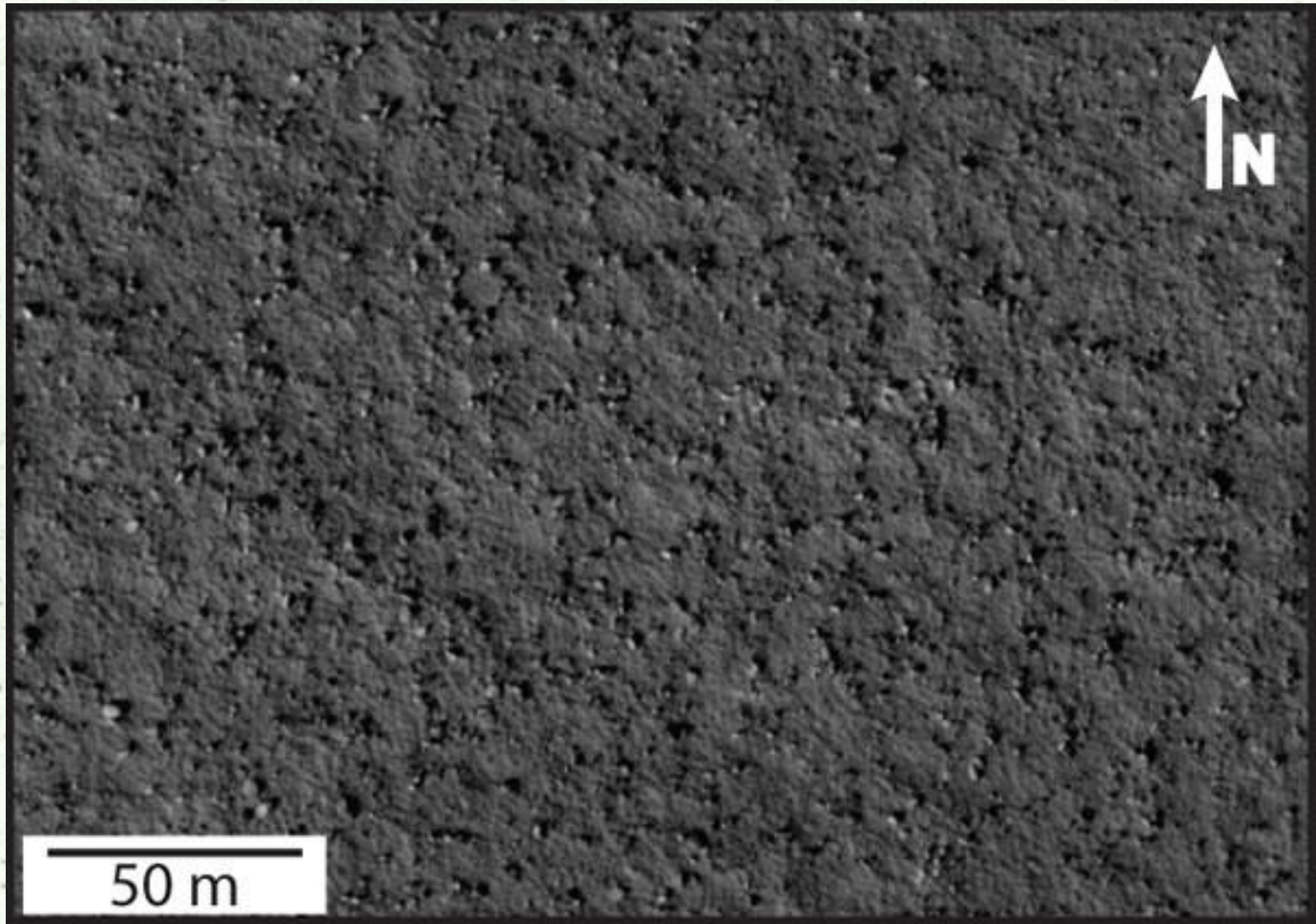


Présence d'argile et d'autres roches propres à la présence d'eau.



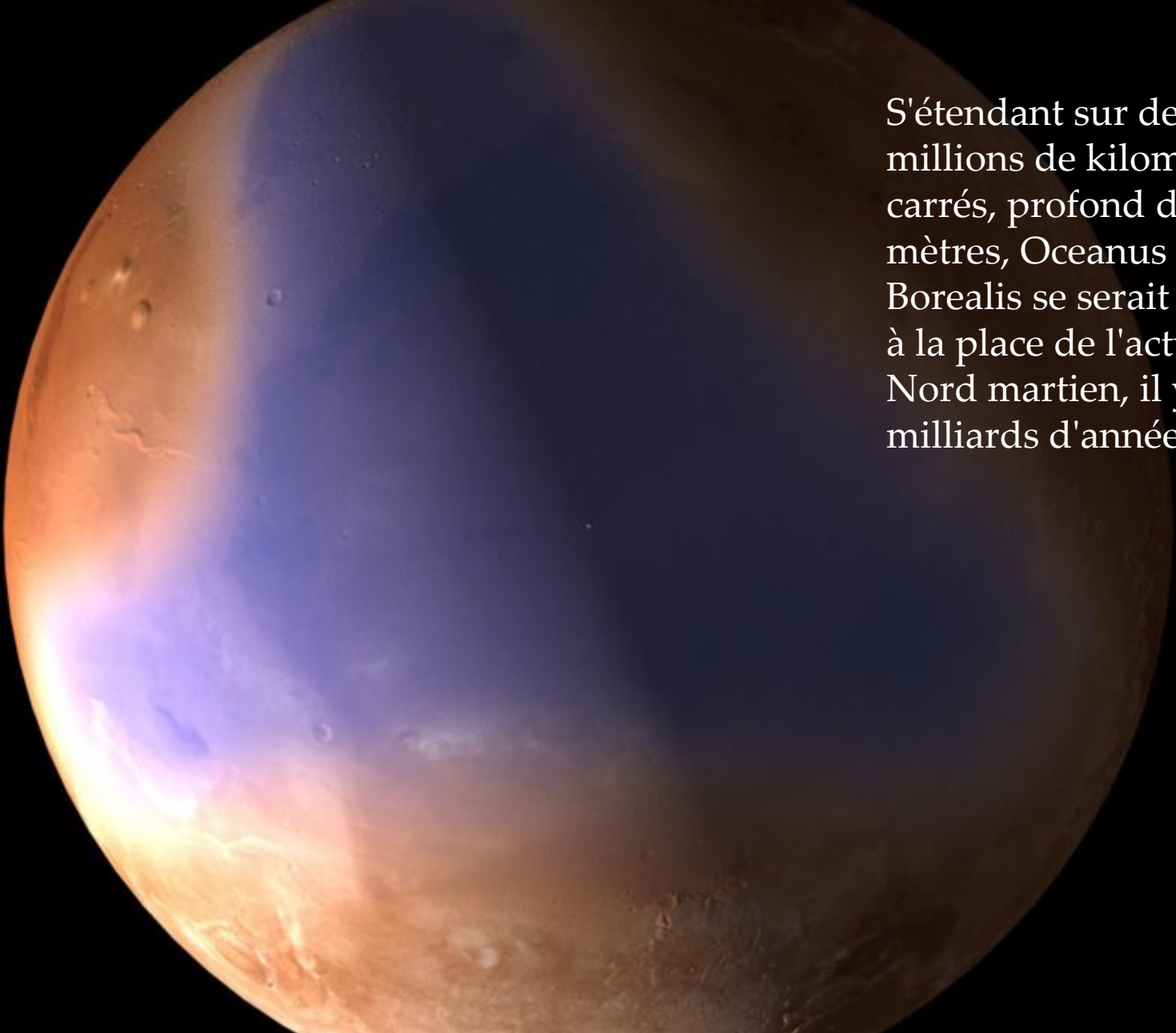
## Nouveaux arguments en faveur de l'existence passée d'un océan sur Mars

Il y aurait eu un océan il y a 3,2 milliards d'années



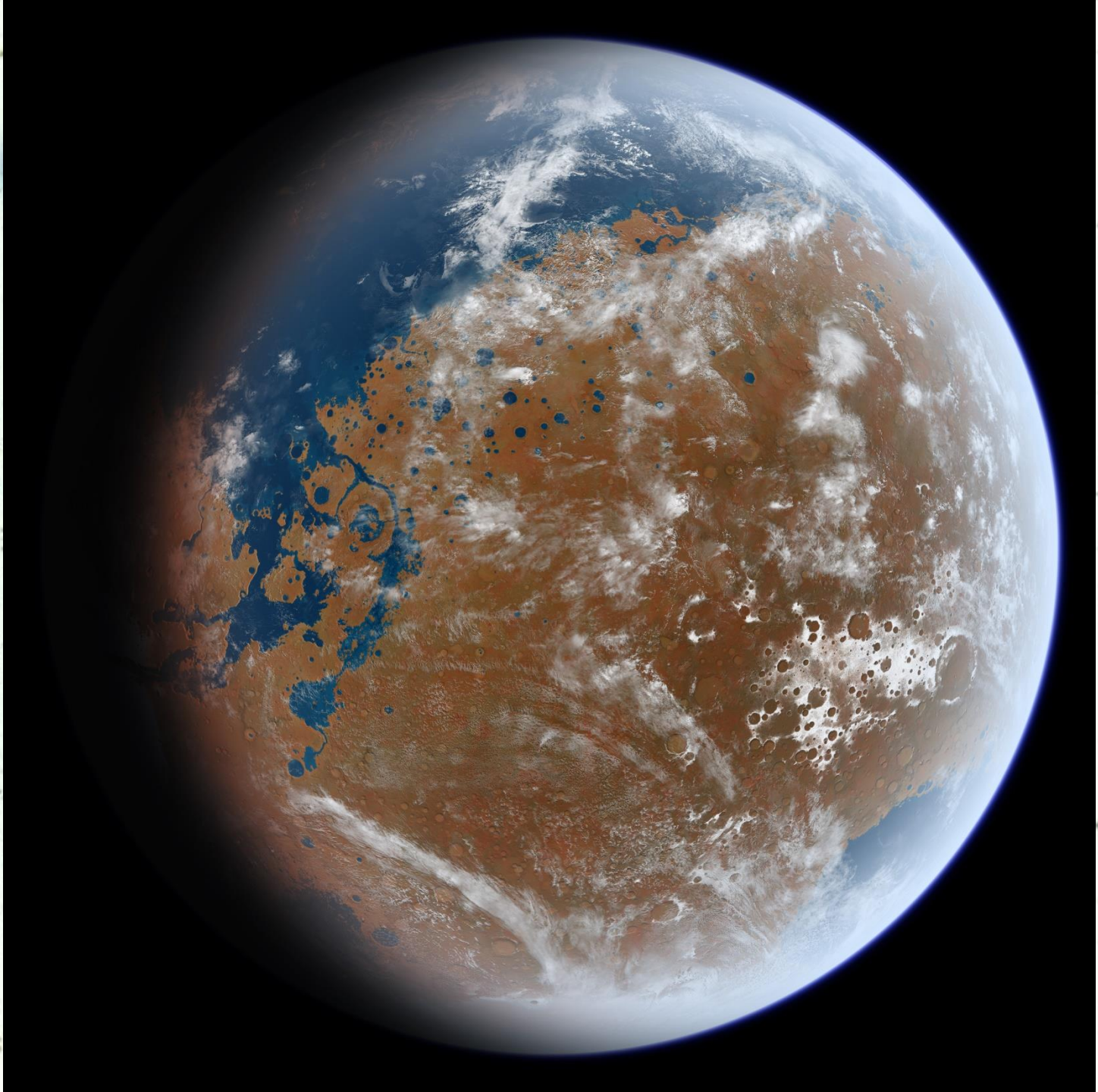
Traces supposées d'un océan passé sur Mars : blocs rocheux éparpillés sur de vastes étendues dans la région d'Arcadia Planitia ; image prise par la caméra haute-résolution HiRISE de la sonde spatiale MRO

Voilà ce qu'aurait été l'océan sur Mars



S'étendant sur des millions de kilomètres-carrés, profond de mille mètres, Oceanus Borealis se serait étendu à la place de l'actuel Pôle Nord martien, il y a trois milliards d'années...

Voici ce qu'aurait  
pu être Mars au  
début, il y a 4  
milliards d'années.





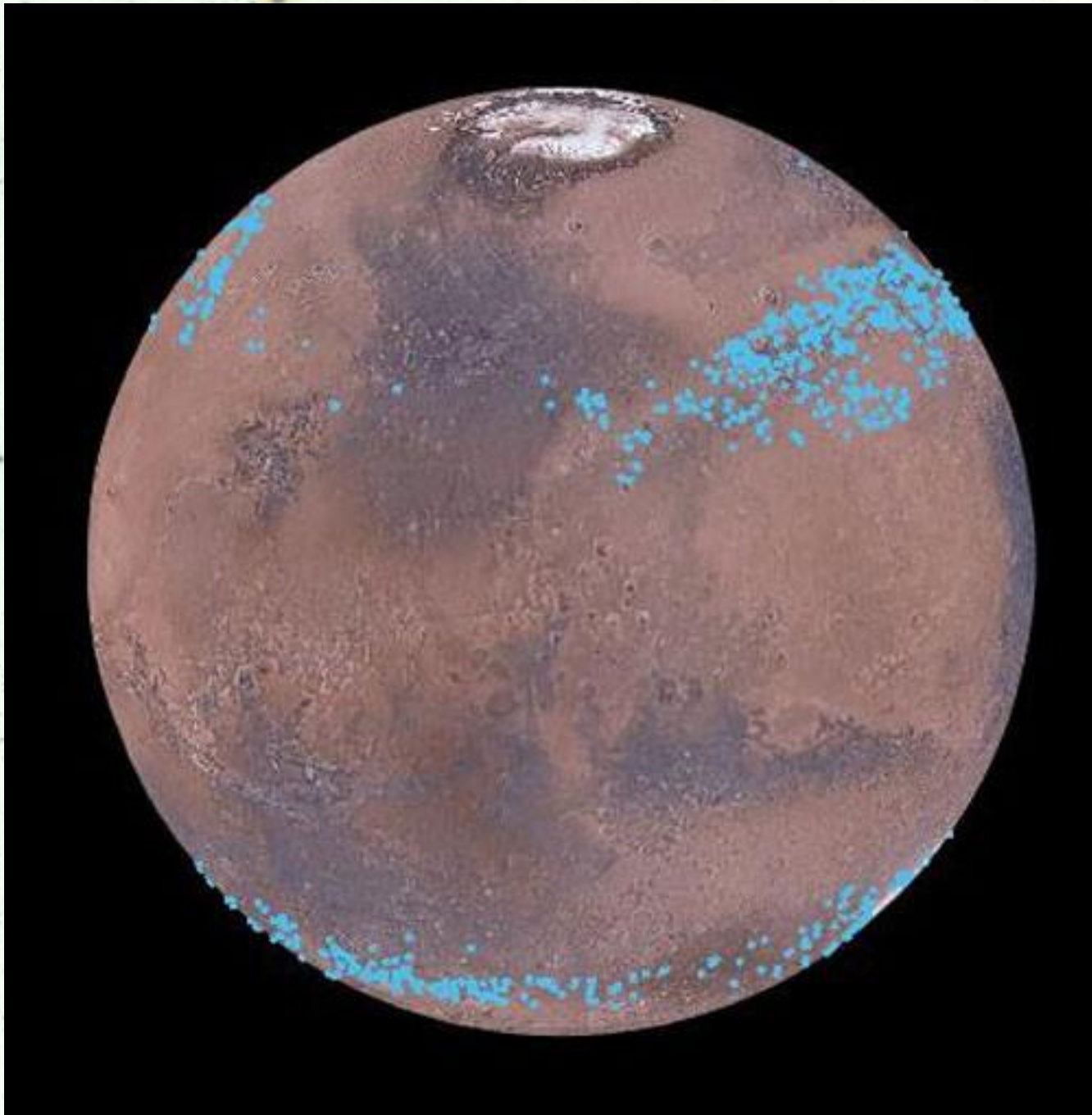
**On sait maintenant que des milliers de glaciers se cachent sous la surface de Mars**

Une équipe qui a examiné dix années de données de MRO a estimé que de gros volumes de glace d'eau sont stockés dans le sous-sol de Mars.

Cette glace se trouve conservée grâce à la couche très épaisse de poussière et se situe aux latitudes moyennes.



**Pas la peine de se rendre jusqu'aux pôles pour trouver de la glace d'eau sur Mars. Des milliers de glaciers répartis aux latitudes moyennes stockent d'énormes volumes de glace d'eau. D'épaisses couches de poussière nous les cachent et les protègent aussi de l'évaporation.**



Mars continue à changer, tant par les glissements de terrain que par des météorites

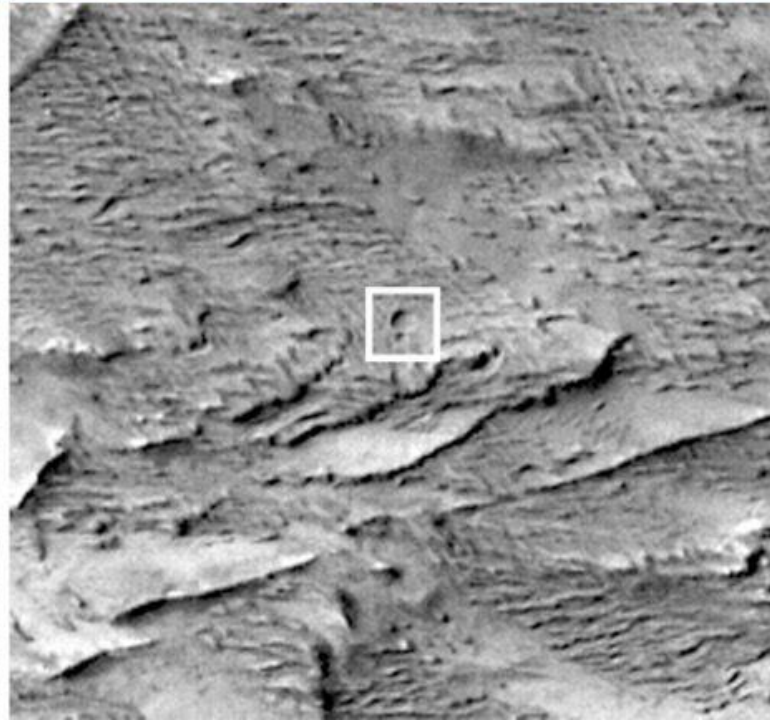
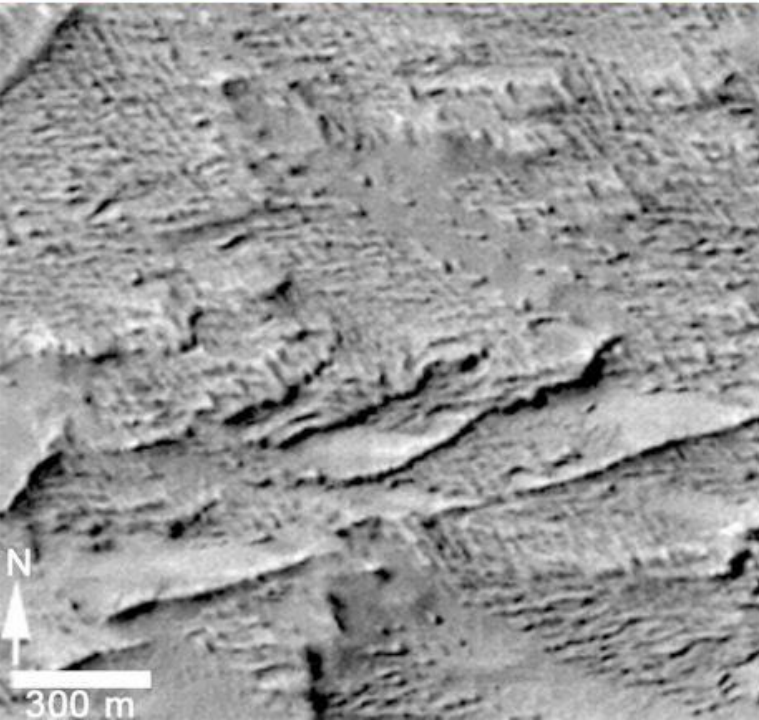
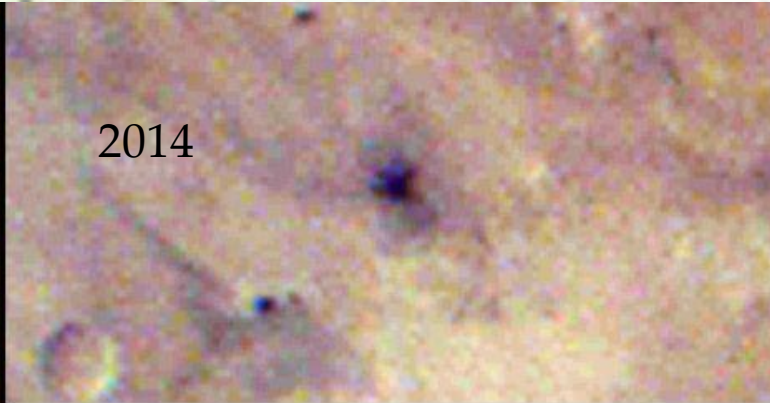
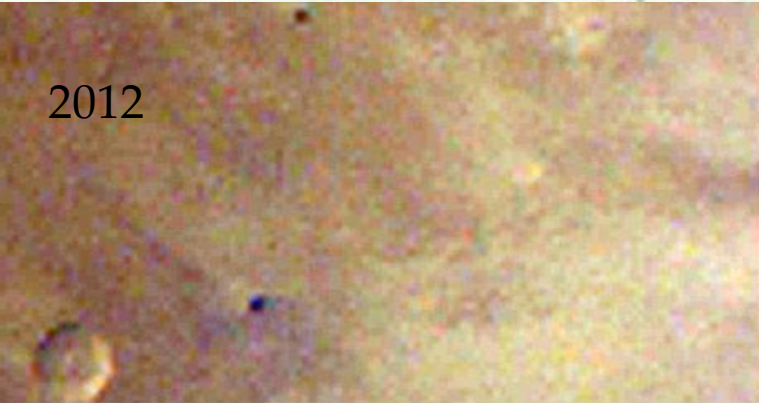
Selon les statistiques qui s'appuient sur les données collectées par la sonde spatiale Mars Reconnaissance Orbiter (MRO), une moyenne de 200 météorites traversent chaque année son atmosphère très ténue et s'écrasent sur son sol.

L'un des plus remarquables a été capturé, le 19 novembre 2013, en haute résolution et en fausse couleur, avec la caméra HiRISE dévoile les éjectas qui s'étalent dans un périmètre de 15 kilomètres autour du jeune cratère d'une taille estimée à environ 30 mètres de diamètre. L'impact a brisé et excavé des roches en surface et créé ce magnifique cratère rayonnant situé à proximité de l'équateur martien ( $3,677^\circ$  de latitude Nord et  $53,428^\circ$  de longitude Est).



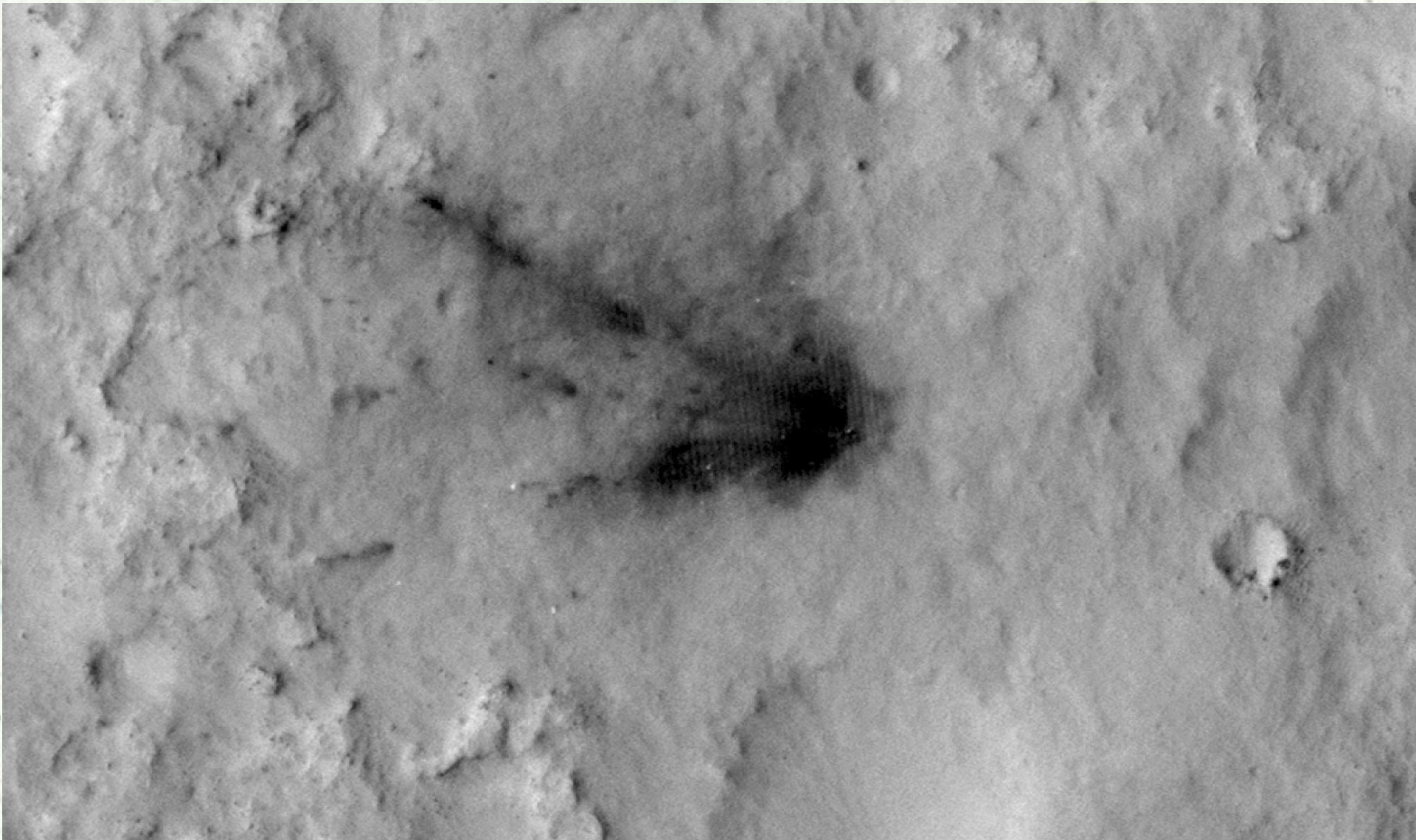


**La Terre a eu sa météorite de Tcheliabinsk en février 2013. La planète Mars a connu un événement semblable fin mars 2012, quand une violente explosion a dû secouer le ciel. L'objet a formé un cratère d'impact de près de 50 m de diamètre, qui vient d'être repéré par... un spécialiste de la météorologie martienne travaillant sur les images de Mars Reconnaissance Orbiter.**





## Même le site d'atterrissage de Curiosity change



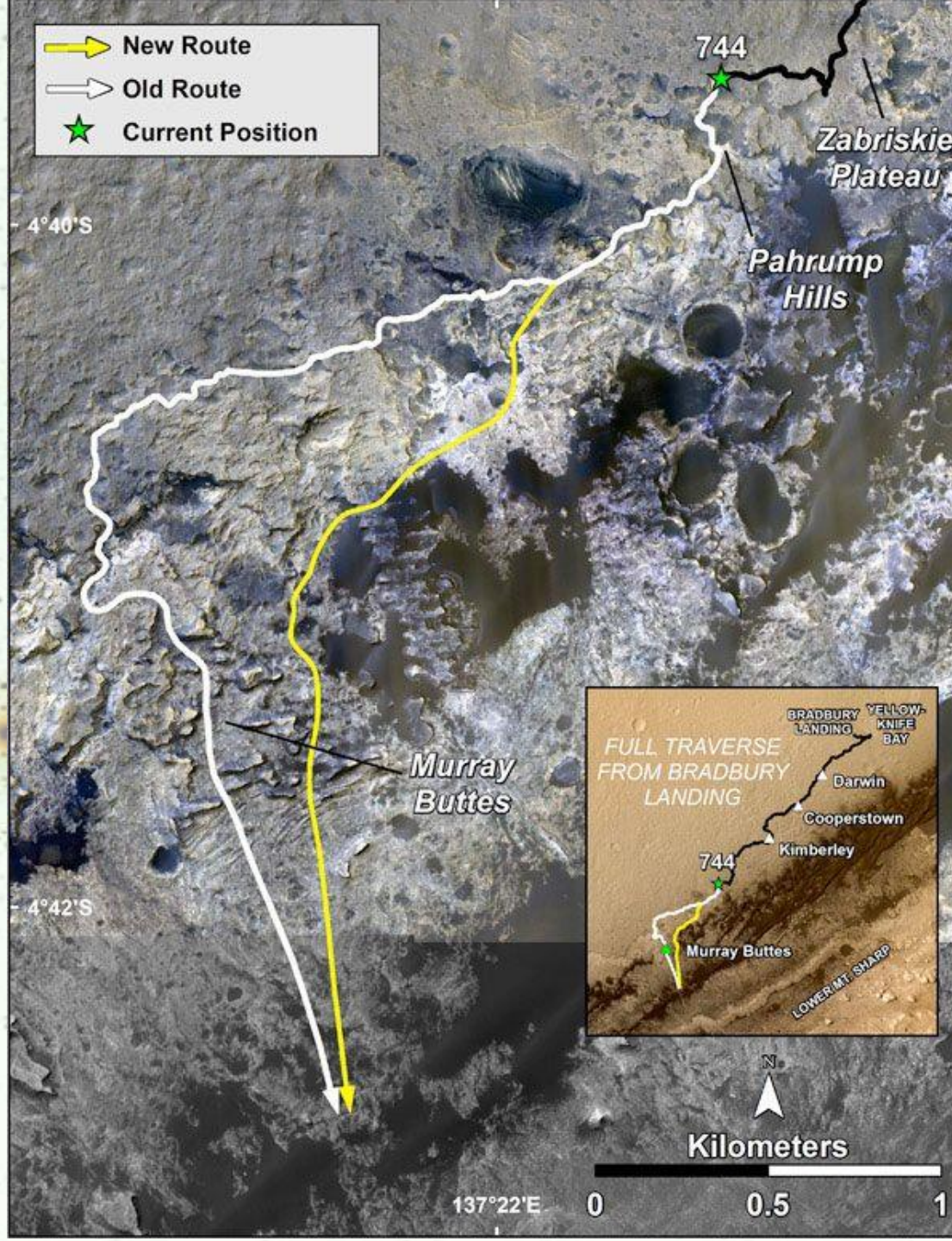
Vu dans le temps et sous différentes longueurs d'onde le site d'atterrissage de Curiosity change mais pas comme on s'y attendait.

Et la vie ?

Pour l'instant nous n'en avons pas de preuve.

Mais on espère qu'avec la montée au Mont Sharp, la question de la vie sur Mars sera tranchée, ce qui n'est pas encore le cas.

Le pic central primordial est à présent recouvert d'une succession de couches sédimentaires qui font tout l'intérêt de cette montagne et justifient l'arrivée de cette mission qui a coûté 2,5 milliards de dollars. En effet ces couches sont une successions d'époques, ce qui en prélevant des échantillons devraient nous permettre de trancher...





**Avant de passer aux satellites de Mars voici une animation des paysages insolites de Mars vus par HiRise**

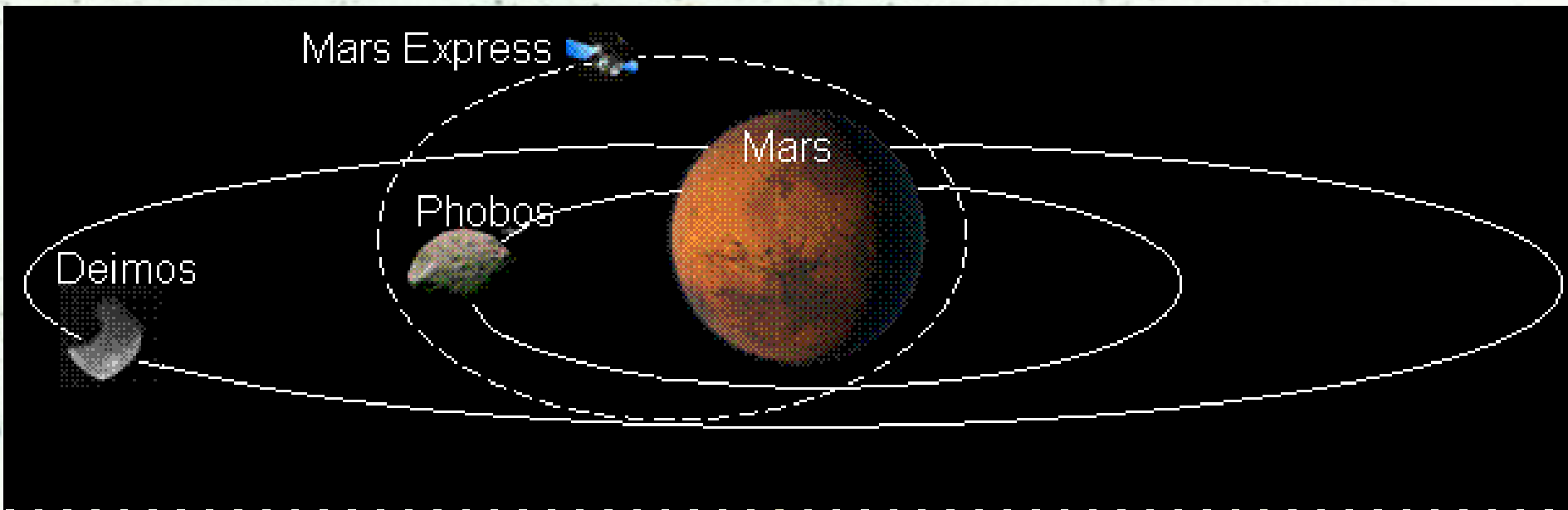


Cette animation est réalisée grâce aux images monochromes (résolution plus élevée) saisies par la caméra HiRise de l'orbiteur MRO de la Nasa.

**Ces photos sont réunies dans un livre, *Mars, une exploration photographique*, paru aux éditions Xavier Barral.**

## Les satellites

Mars a deux petits satellites, Phobos et Déimos. Ils sont trop petit pour être sphériques. Ils ressemblent à des astéroïdes de type chondrite carbonée dont l'origine demeure incertaine, on pense que Mars les aurait capturés mais rien n'est sûr.



	<u>Phobos</u>	<u>Deimos</u>
<u>Dimensions</u>	26,8 × 22,4 × 18,4 km	15,0 × 12,2 × 10,4 km
<u>Masse</u>	1,072×10 <sup>16</sup> kg	1,48×10 <sup>15</sup> kg
<u>Masse volumique moyenne</u>	1 887 kg/m <sup>3</sup>	1 471 kg/m <sup>3</sup>
<u>Gravité de surface</u>	1,9 à 8,4 mm/s <sup>2</sup>	environ 3,9 mm/s <sup>2</sup>
<u>Vitesse de libération</u>	11,3 m/s	5,6 m/s
<u>Albédo</u>	0,071	0,068
<u>Demi-grand axe de l'orbite</u>	9 377,2 km	23 460 km
<u>Excentricité orbitale</u>	0,0151	0,0002
<u>Inclinaison de l'axe</u>	1,075 °	0,93 °
<u>Période orbitale</u>	0,3108418 sols ≈ 0,31891023 d	1,2305 sols ≈ 1,26244 d

### Propriétés des satellites naturels de Mars



**Deimos (12 x 16 km)**



**Phobos (20 x 28 km)**

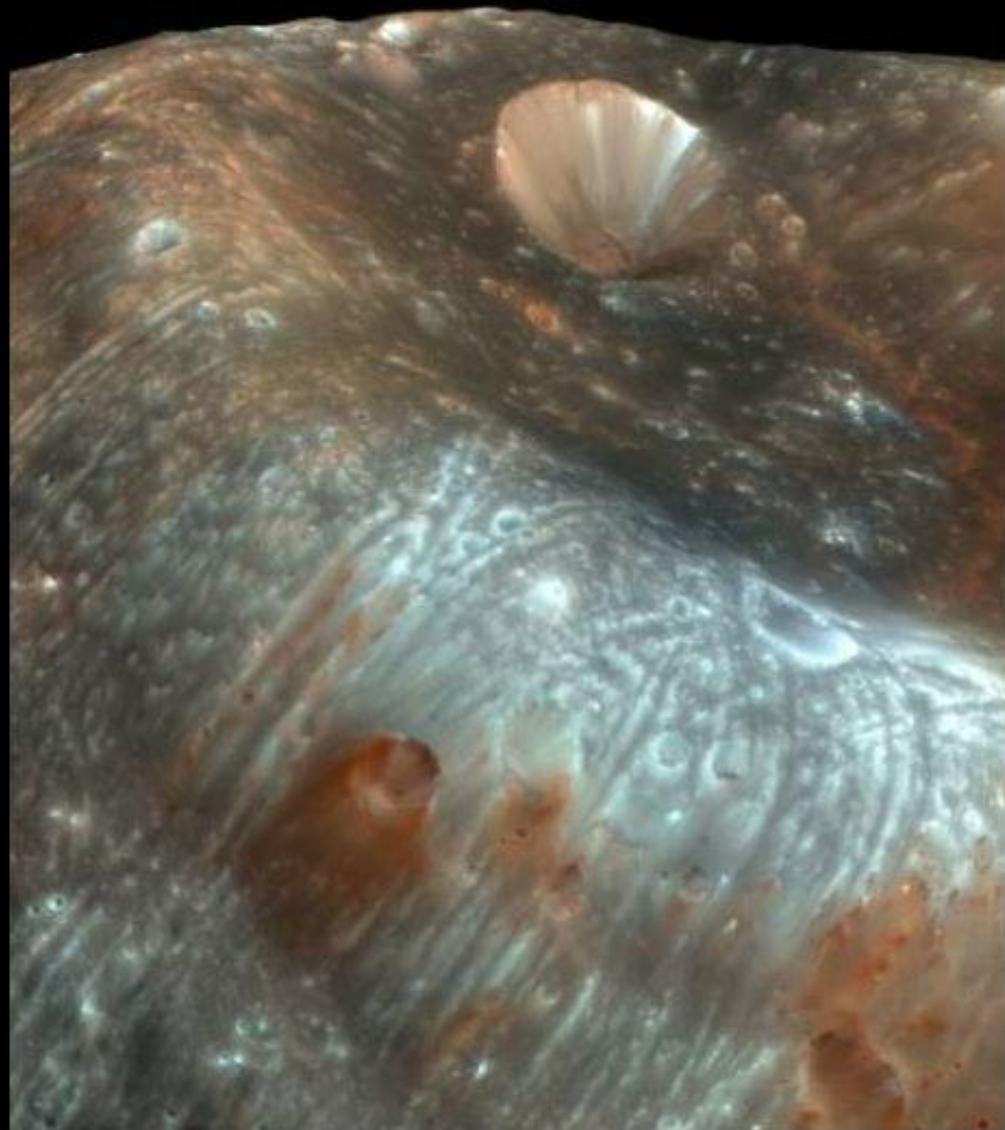
## Phobos

Satellite naturel de Mars le plus proche de sa planète, est une masse irrégulière de  $27 \times 22 \times 18$  km qui orbite à moins de 6 000 km d'altitude, au point de n'être pas visible depuis les régions polaires de la surface martienne, au-delà de  $70,4^\circ$  de latitude nord ou sud, où il est masqué par la courbure de la planète.



L'un des traits caractéristiques de Phobos est la présence de sillons parallèles d'au plus 30 m de profondeur, 200 m de large et 20 km de long, qui semblent envelopper le satellite radialement autour du cratère Stickney, Orbitant à l'intérieur de l'orbite synchrone de Mars, située à 17 000 km d'altitude, Phobos est ralenti par les forces de marée exercées par le globe martien, ce qui lui fait perdre de l'altitude à raison d'environ 18 cm par an : à cette vitesse, il atteindra sa limite de Roche dans environ 11 millions d'années et se désagrègera à environ 4 000 km d'altitude au-dessus de la surface martienne.

Vue d'un des cratères de Phobos



## Mars Express a survolé Phobos de très près : 45km

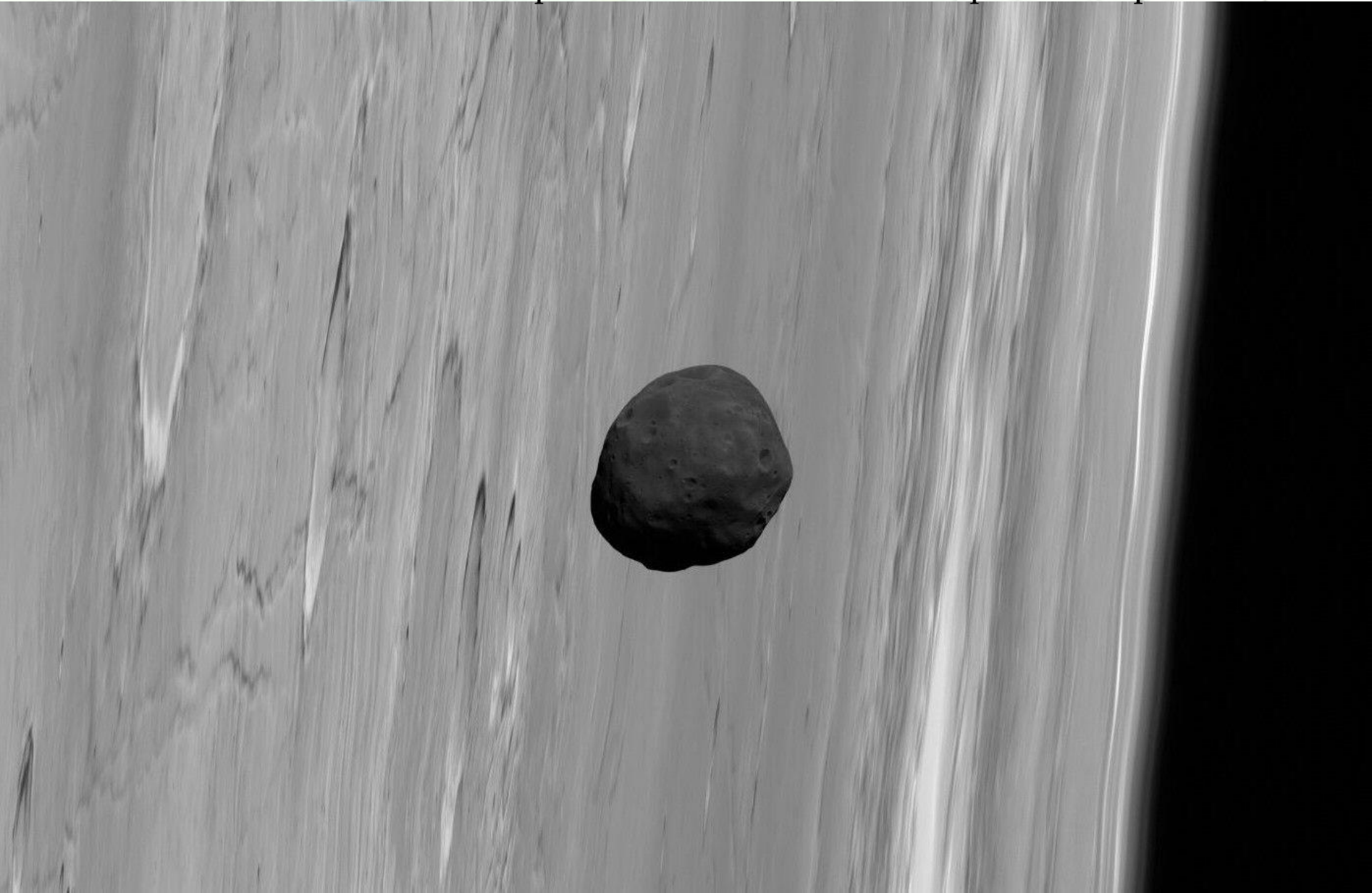
Le but de cette observation est :

- Comprendre l'origine des satellites de Mars, Phobos et Déimos
- Mesurer la gravité de Phobos



## **Mais Mars détruit lentement Phobos, une de ses lunes**

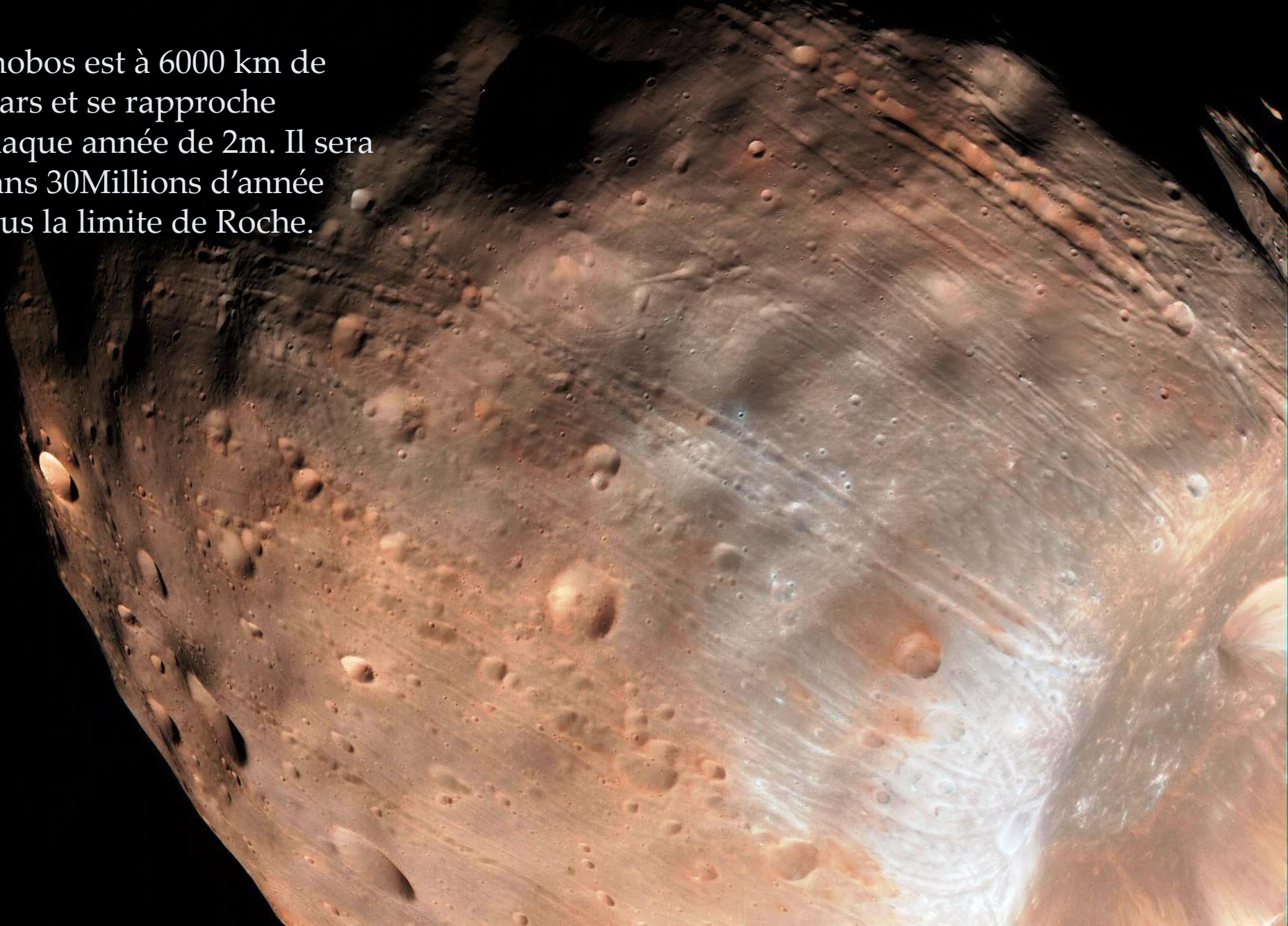
On pense maintenant de façon quasi certaine que les sillons de Phobos sont dues à Mars. En effet on sait maintenant que Phobos est moins dense qu'on ne le pensait.





Mesurant typiquement moins de 30 m de profondeur, 100 à 200 m de largeur et jusqu'à 20 km de long, ils sont parallèles.

Phobos est à 6000 km de Mars et se rapproche chaque année de 2m. Il sera dans 30Millions d'année sous la limite de Roche.



Déimos



**2 km**