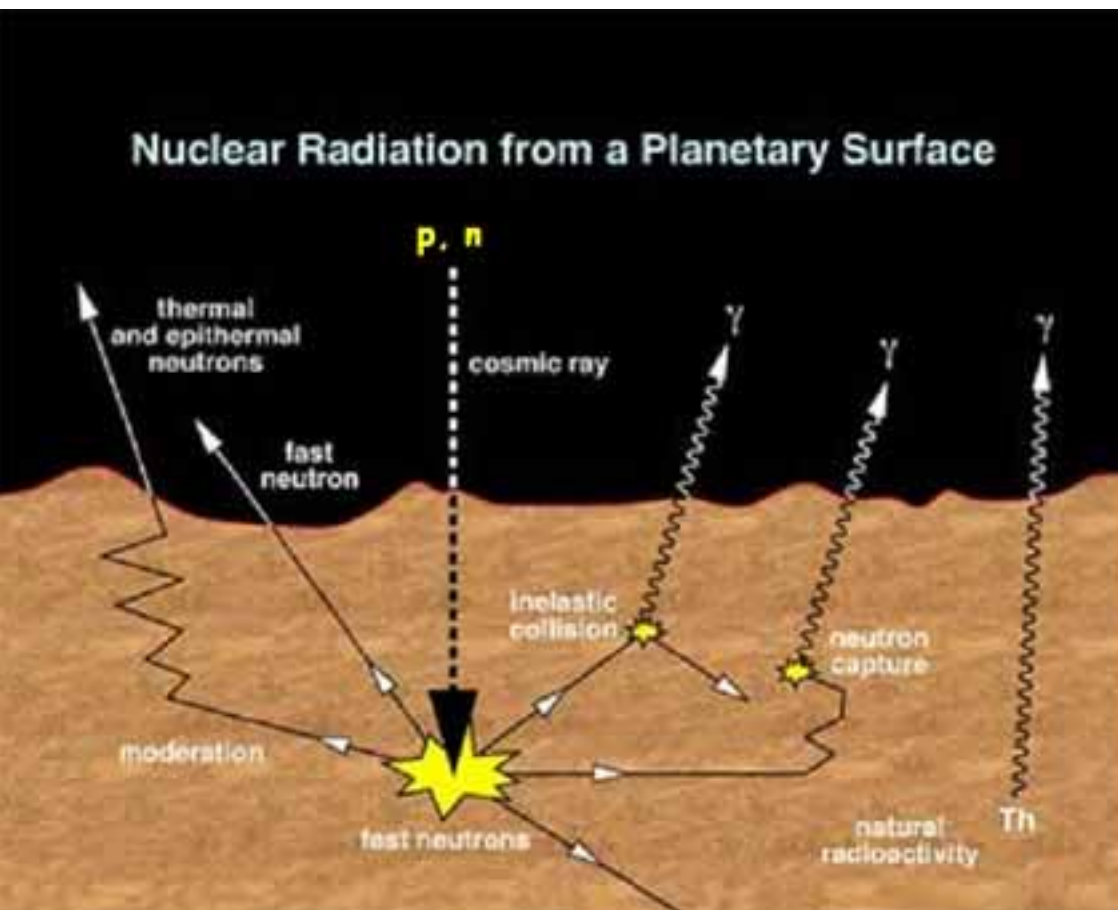


5 - OÙ SE TROUVE L'EAU MAINTENANT?



- ★ Comprendre où est, ou où l'eau a été présente sur Mars est une question fondamentale, liée à la recherche éventuelle de la vie
- ★ Une grande campagne de détection de l'eau sur Mars est entreprise depuis des années
- ★ Revenons à Mars Odyssey avec son détecteur de neutrons donc de H
- ★ Voyons comment cela fonctionne

LE DÉTECTEUR DE NEUTRONS DÉTECTE LA PRÉSENCE D'EAU JUSQU'À 1M DE PROFONDEUR



EN FAIT ON DÉTECTE LES NEUTRONS.

LES RAYONS COSMIQUES INTER-AGISSENT AVEC LE SOL ET DIFFUSENT LES NEUTRONS DANS L'ESPACE; SI LE SOL CONTIENT DE L'HYDROGÈNE, CELUI-CI ABSORBE FORTEMENT CES NEUTRONS, D'OÙ UN MARQUEUR DE H ET DONC DE H₂O



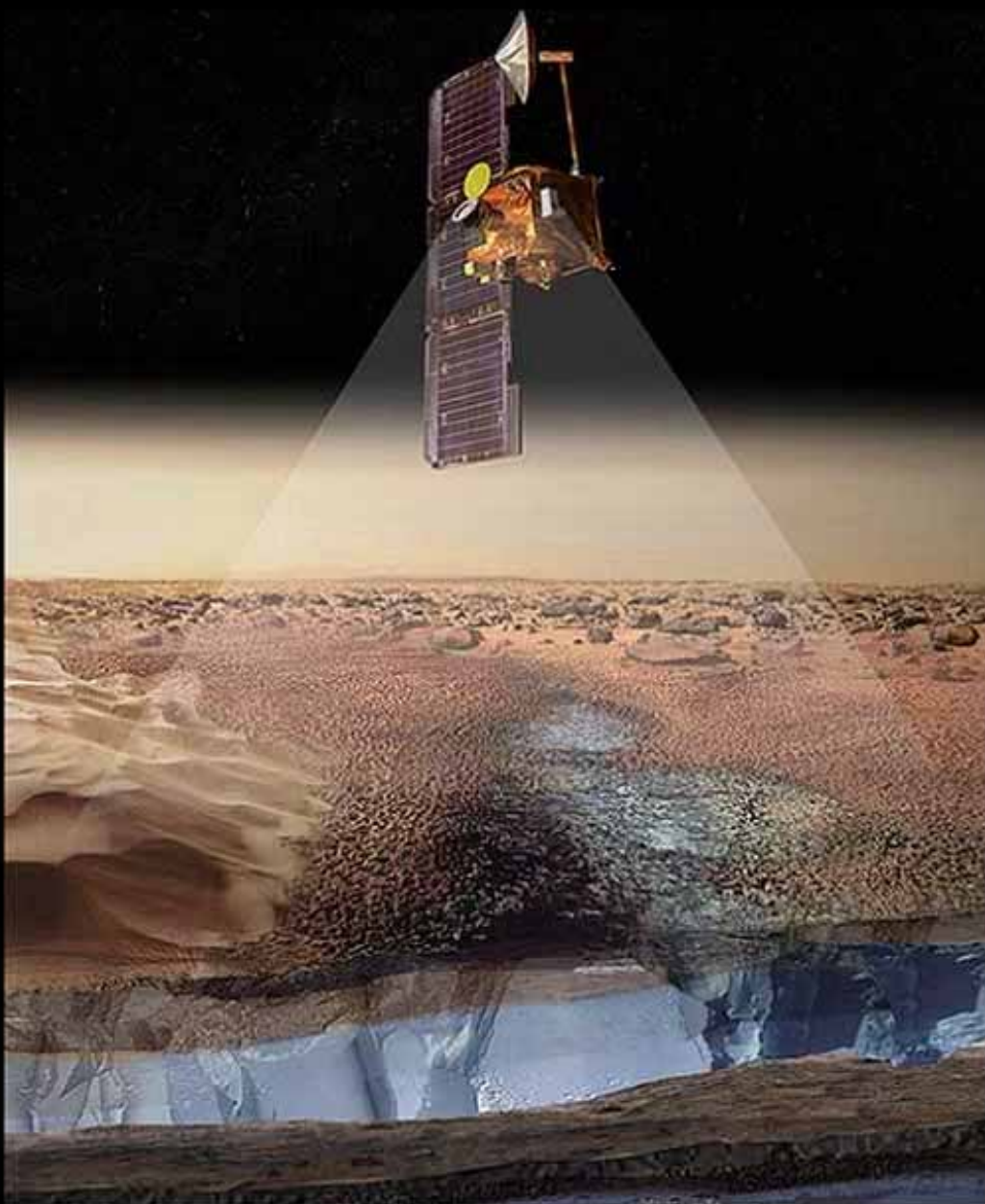
2001 Mars Odyssey

Jet Propulsion Laboratory
California Institute of Technology



MARS ODYSSEY

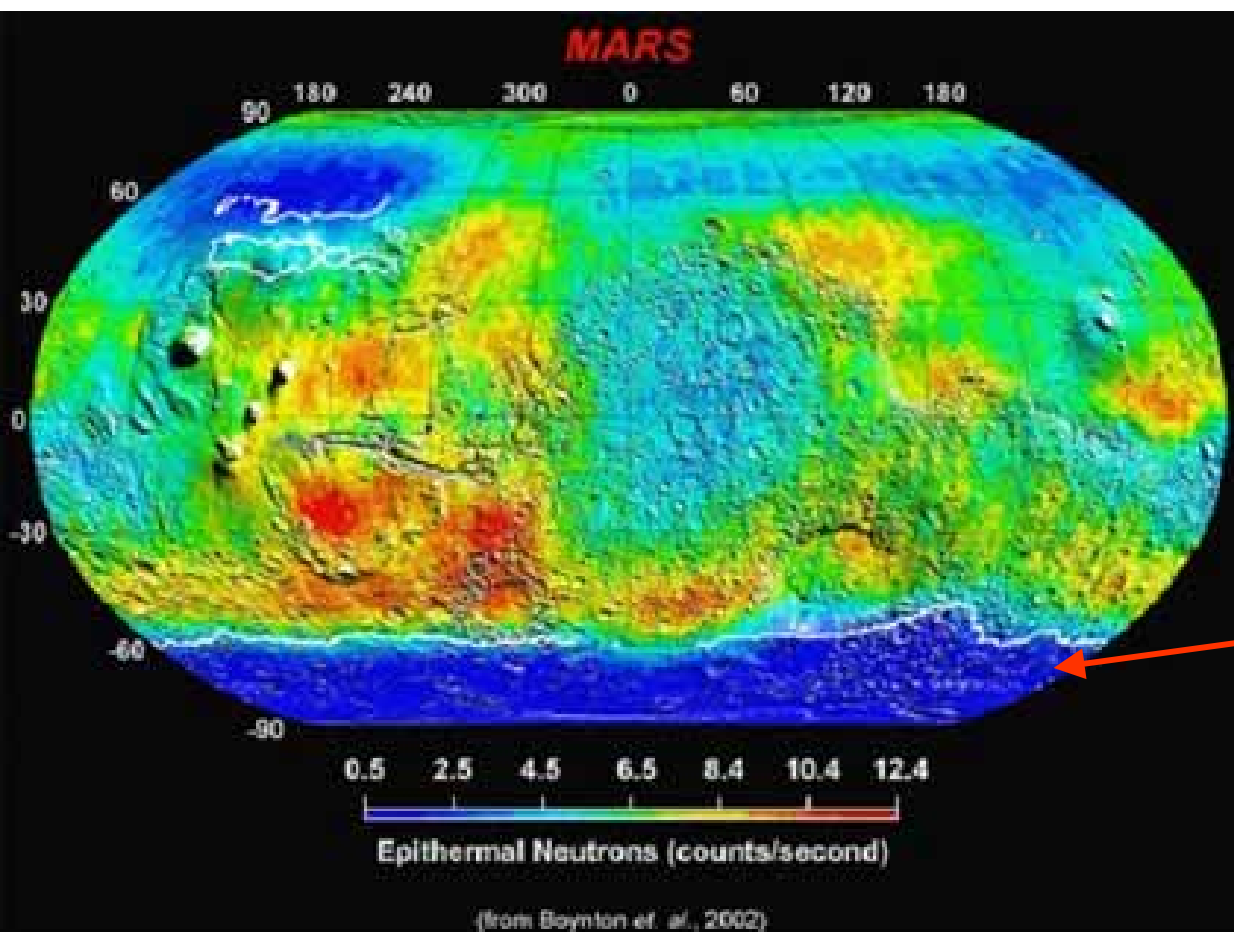
- ★ Détection de l'eau et de la glace jusqu'à 1 ou 2m de profondeur
- ★ 30 à 50% de la masse du sol martien serait de la glace :
permafrost ou pergélisol riche en glace



LES ZONES EN BLEU CORRESPONDENT
AUX NEUTRONS ABSORBÉS ET DONC AUX
FORTES CONCENTRATIONS EN H DONC
PROBABLEMENT EN H₂O

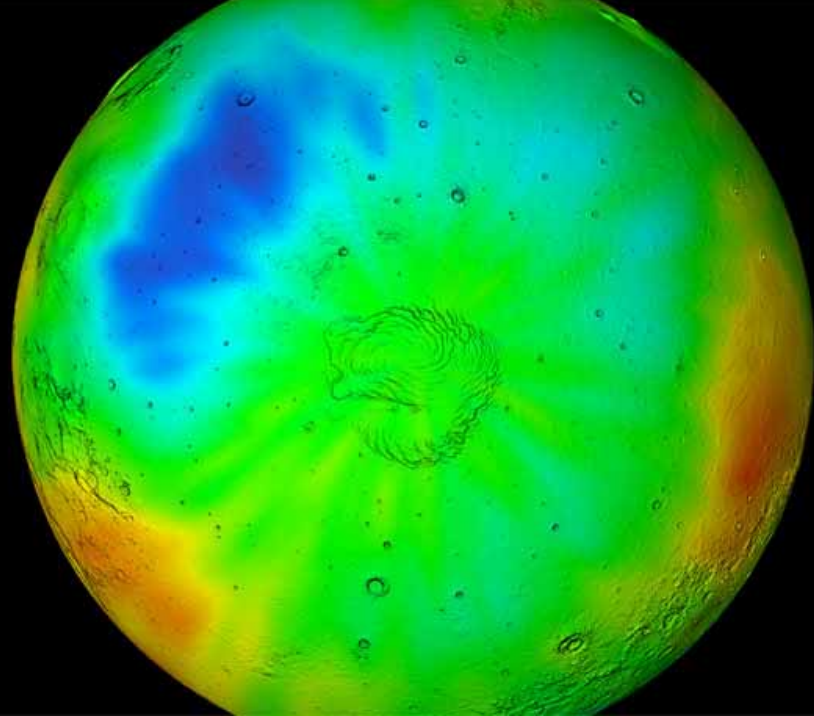
**BLEU =
EAU**

Forte
concentration
près du Pôle
Sud



BLEU = EAU

**HÉMISPHERE NORD DE
MARS EN HIVER, LA
COUCHE DE CO₂
RECOUVRE LA COUCHE DE
GLACE, ON NE VOIT EN
BLEU QUE PEU DE
SIGNATURE D'EAU**



**HÉMISPHERE NORD DE
MARS EN ÉTÉ, LA COUCHE
DE CO₂ S'EST ÉVAPORÉE,
ON VOIT EN BLEU UNE
LARGE SIGNATURE D'EAU**

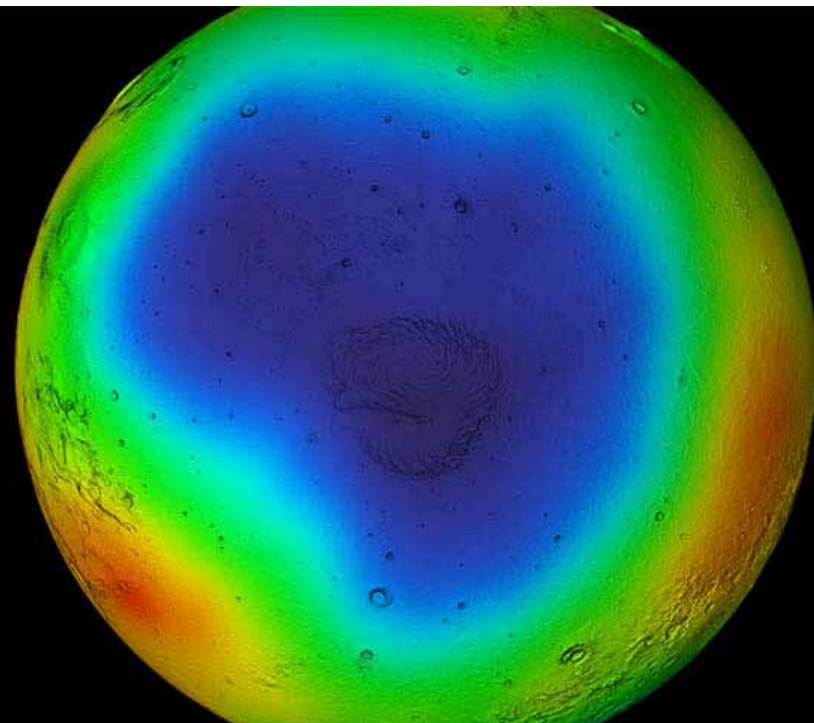
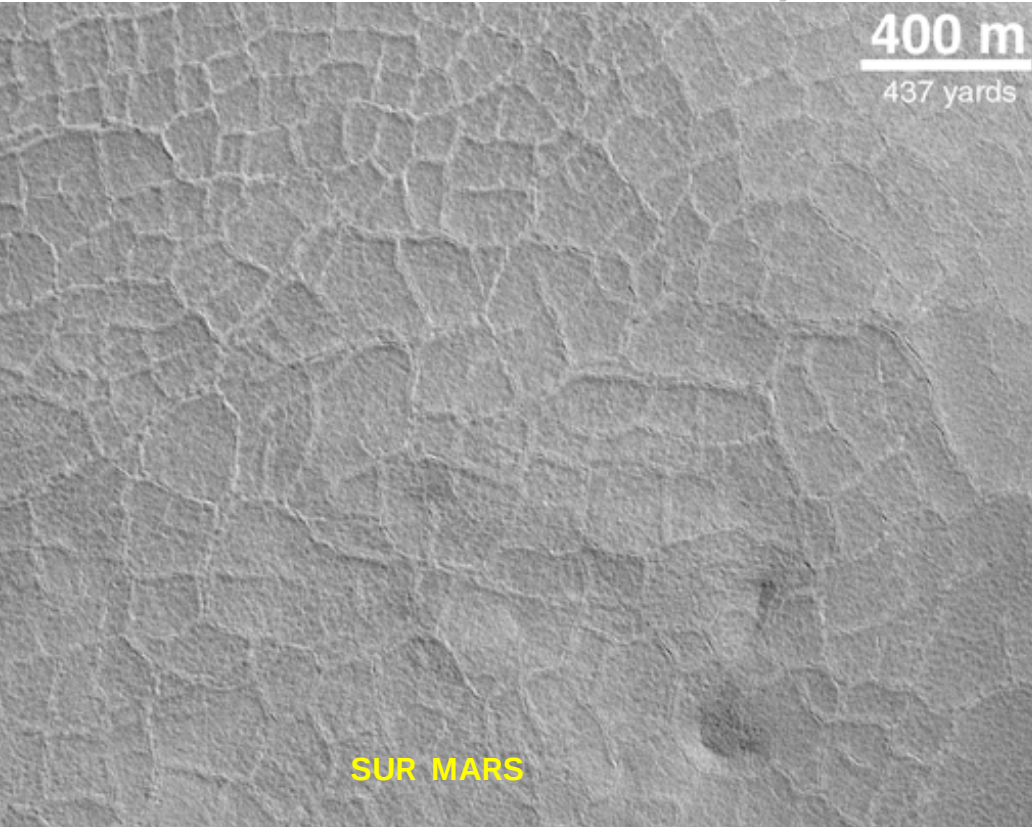


Photo NASA ODYSSEY

DE LE GLACE AFFLEURE LA SURFACE

- ★ Comme on le voit sur ces structures en polygones (ou stries de contraction thermiques) (surtout dans les hautes latitudes)



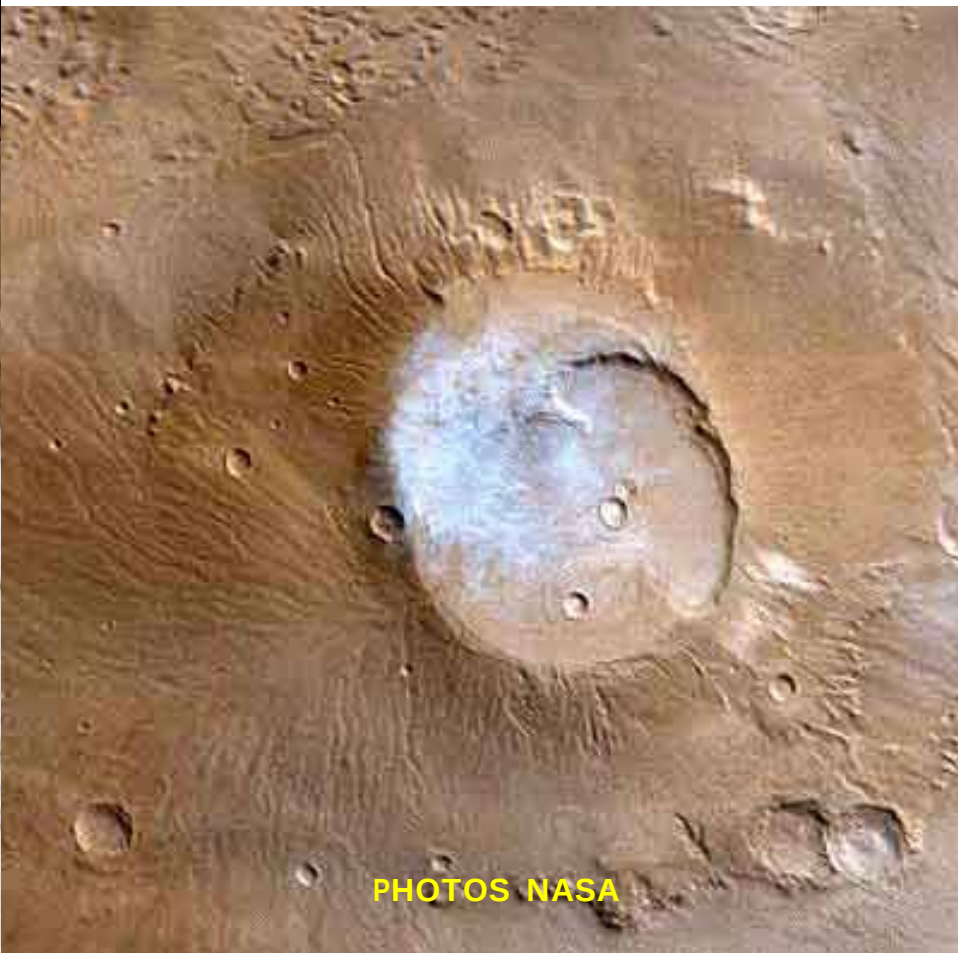
SUR TERRE : ALATNA VALLEY ANTARCTIQUE
PHOTO DE DALE T ANDERSEN SETI



UNE PLANÈTE GIVRÉE!



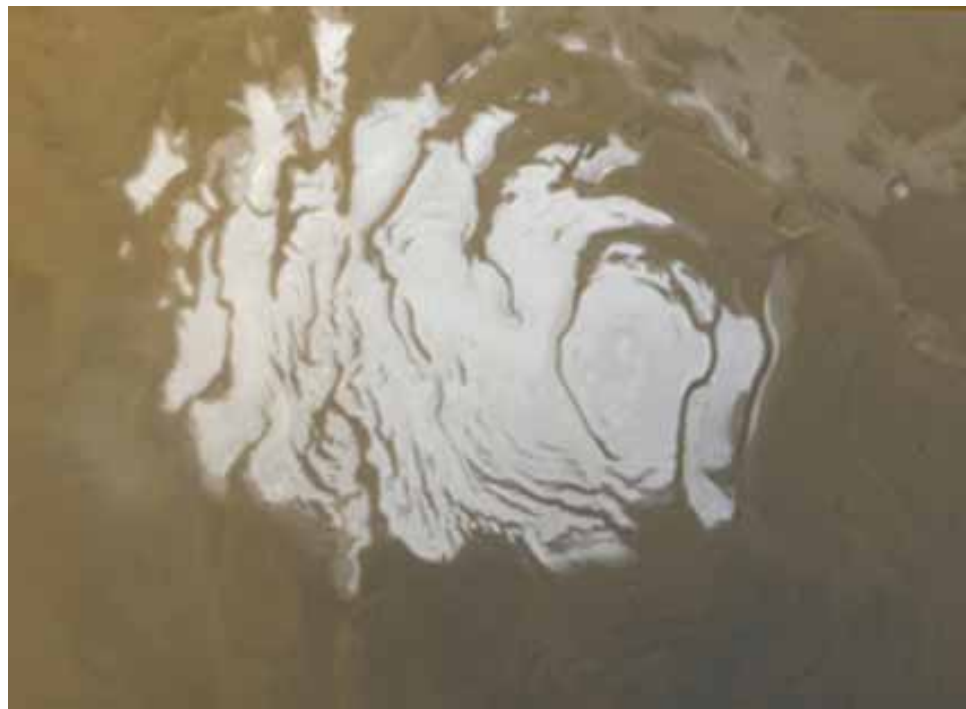
Charitum Montes MSSS



PHOTOS NASA

GRANDE DÉCOUVERTE !

- ★ Une découverte récente du Caltech : le Pôle Sud de Mars contient plein d'eau (avant on pensait que c'était principalement du CO₂)
- ★ Les pôles N et S contiennent donc principalement de la glace d'eau recouverte d'une mince couche de glace carbonique

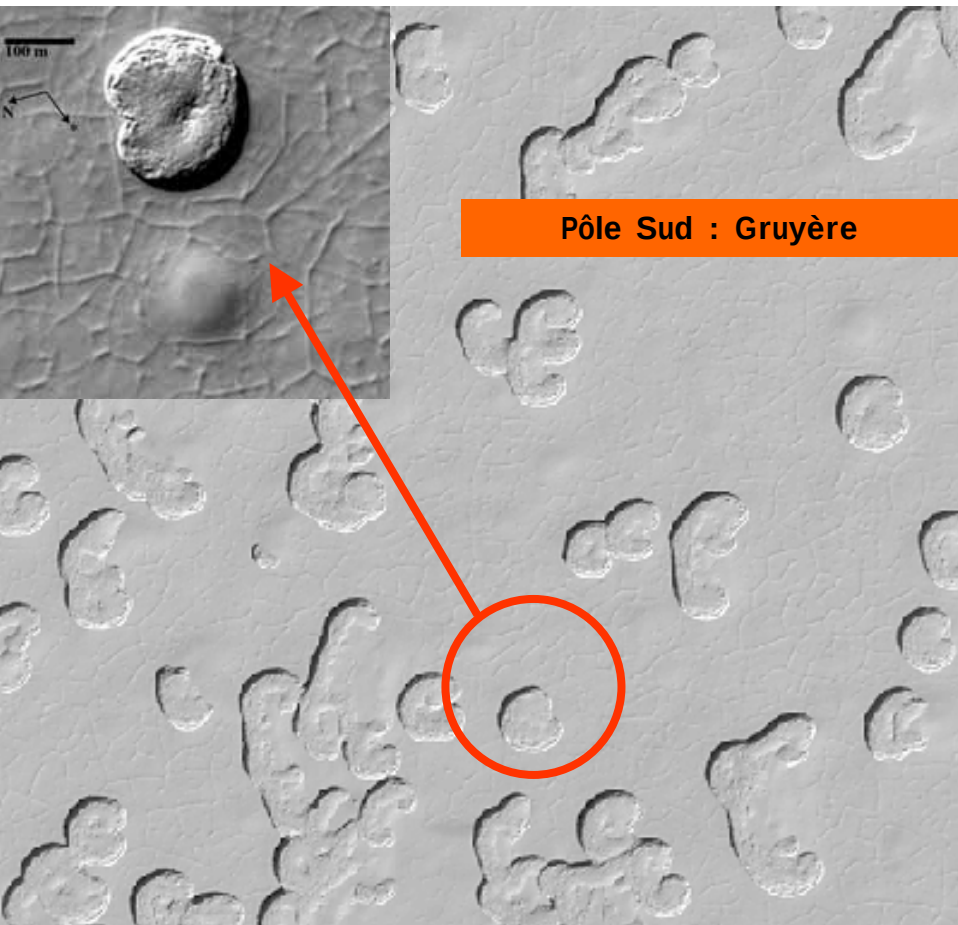


- ★ Les Pôles N et S seraient identiques en composition, le N aurait 1m de glace carbonique (fond en été) et le S un peu plus, 8m qui ne fondrait pas totalement
- ★ C'est une bonne et une mauvaise nouvelle à la fois :
- ★ Bonne : pour une expédition humaine, on n'a plus besoin d'emmener une réserve immense d'eau
- ★ Mauvaise : il semble qu'il n'y ait pas assez de CO₂ sur Mars pour déclencher un effet de serre, afin de rendre Mars plus chaude (voir Terraforming). Mars serait la seule planète terrestre avec si peu de CO₂ pourquoi??

Comment s'en est-on aperçu?



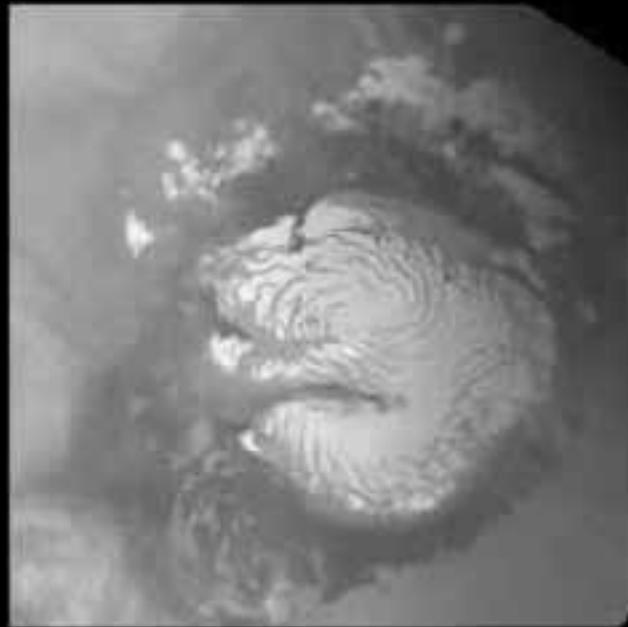
Examen de la structure fine des pôles



Pôle Sud : Gruyère

Pôle Nord : fromage blanc

PRINCIPALEMENT DE LA GLACE D'EAU



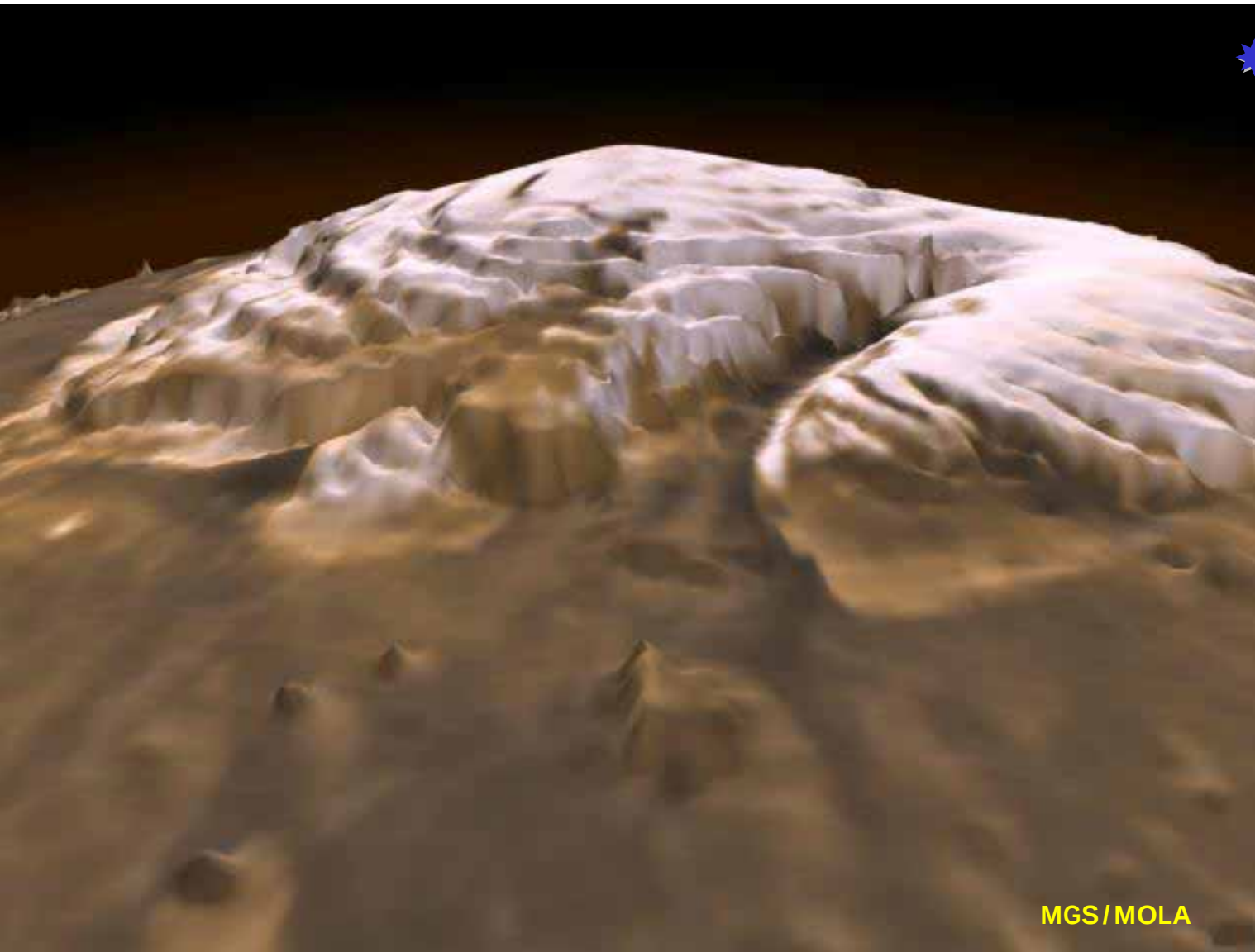
North Polar Cap, May 1, 1999



South Polar Cap, Feb. 25-26, 2000

NASA

LE PÔLE NORD

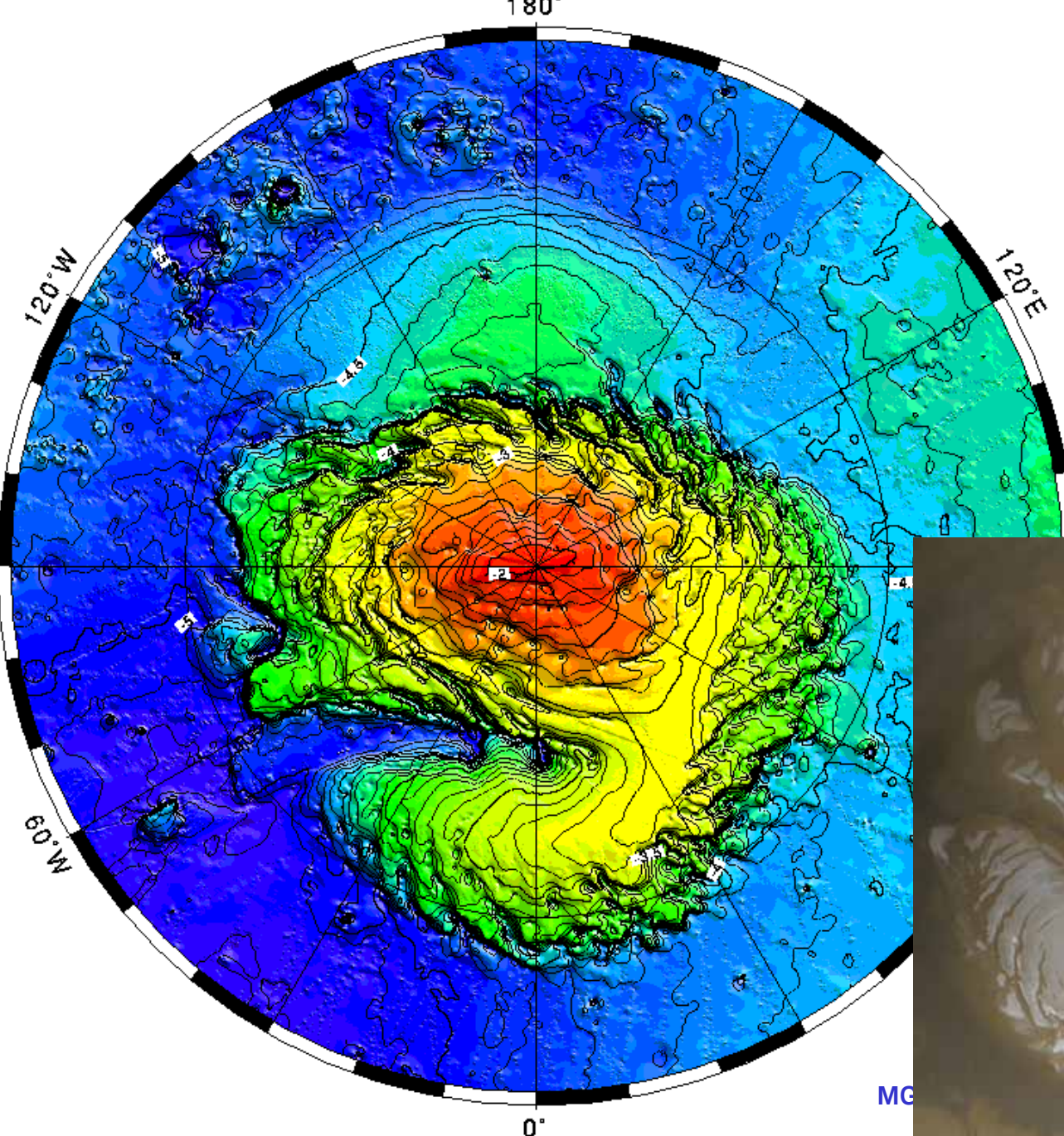


MGS/MOLA

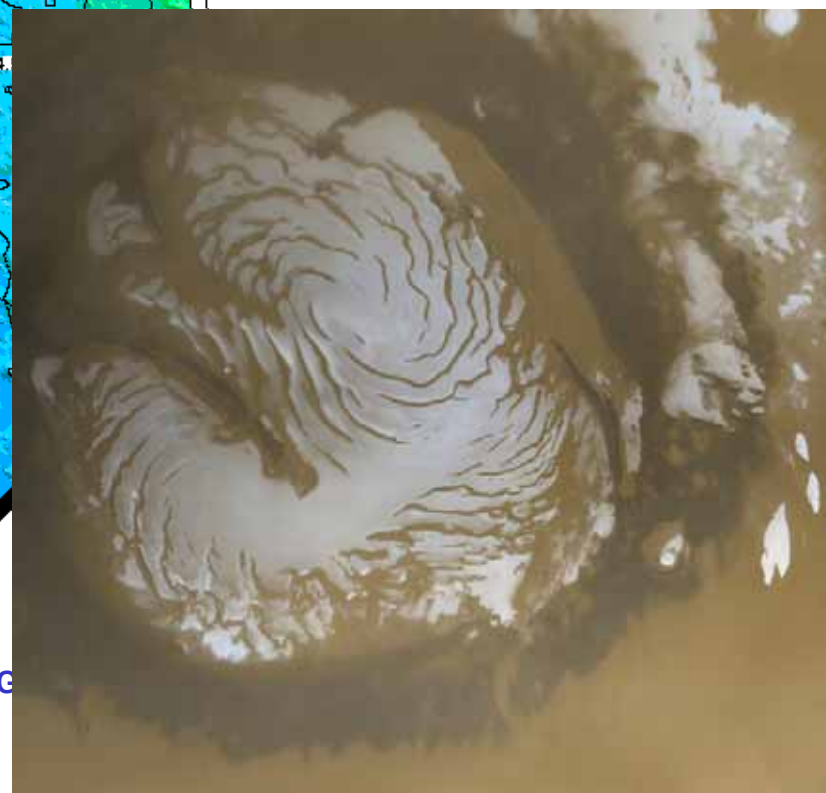
- ✳ Le volume de glace d'eau est évalué à la moitié de la couche de glace du Groenland (1.2 Million km³)



★ Topographie du Pôle Nord de Mars vue par MGS



MG





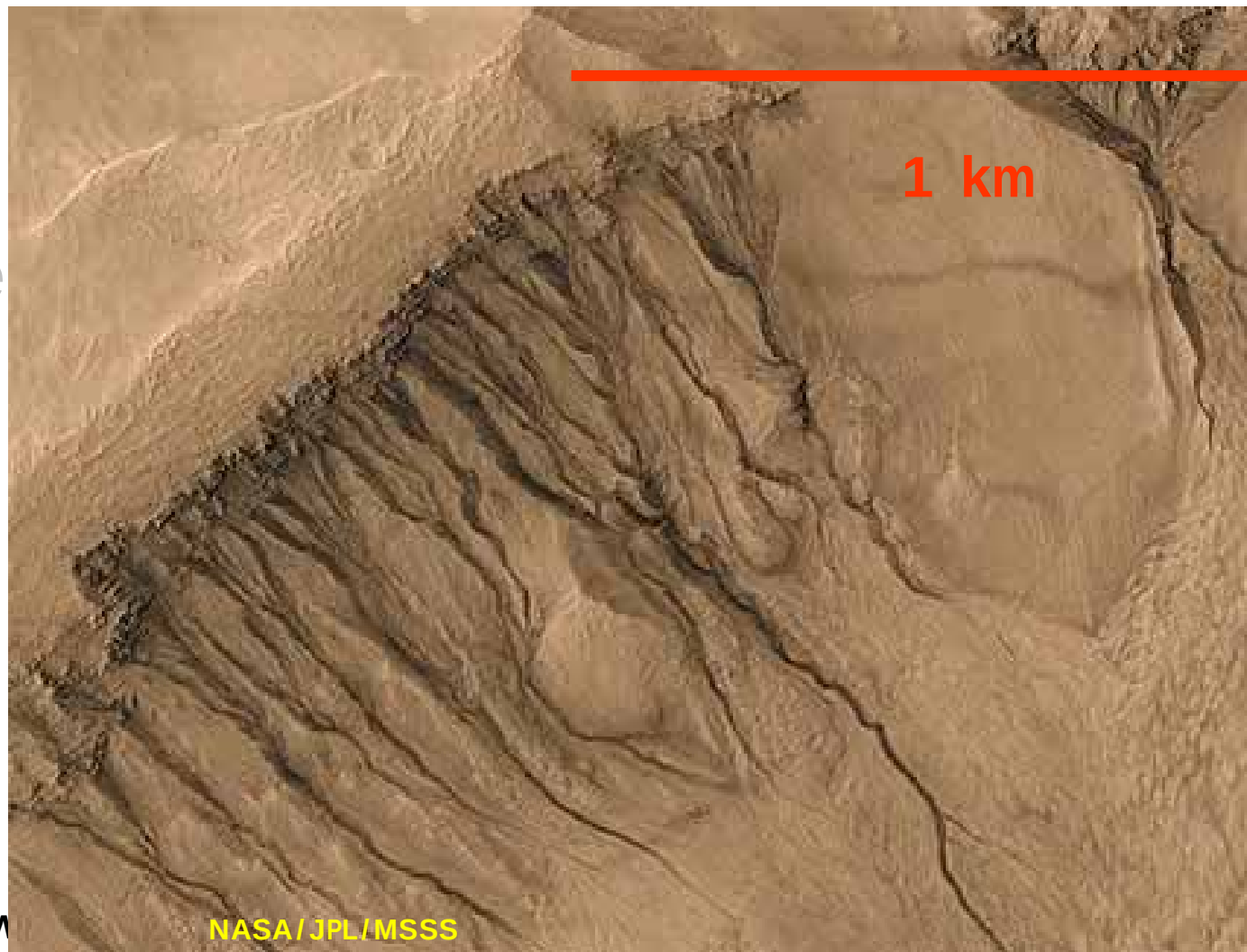
- ★ Couches de neige (?) au Pôle Nord au printemps
- ★ La zone photographiée fait 3km de large



NASA/JPL/MSSS

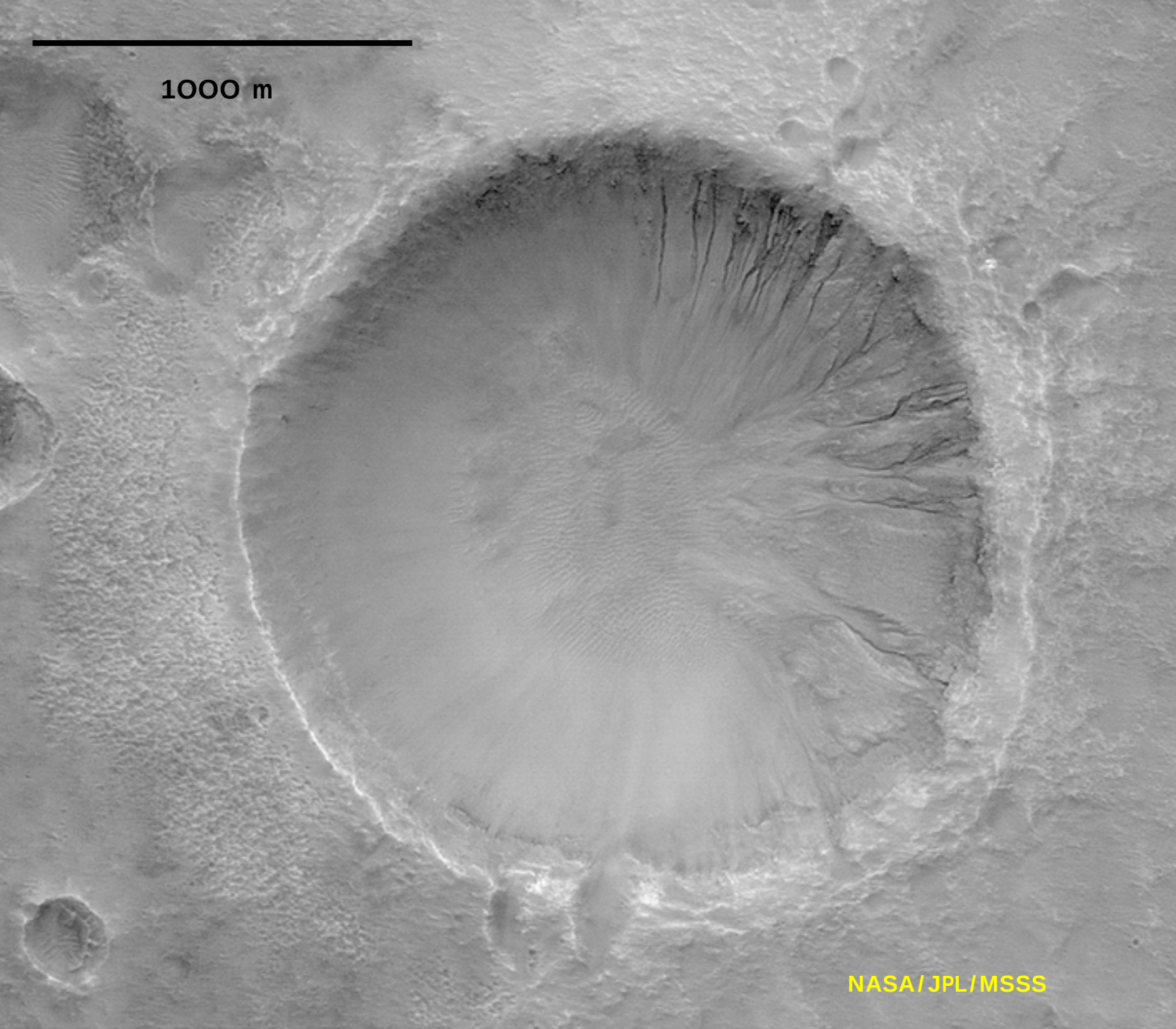
MAIS IL N'Y A PAS DE L'EAU QU'AUX PÔLES

- ★ Il semble qu'elle se soit écoulée en certains endroits (ravines, « gullies » en anglais) avant de se sublimer



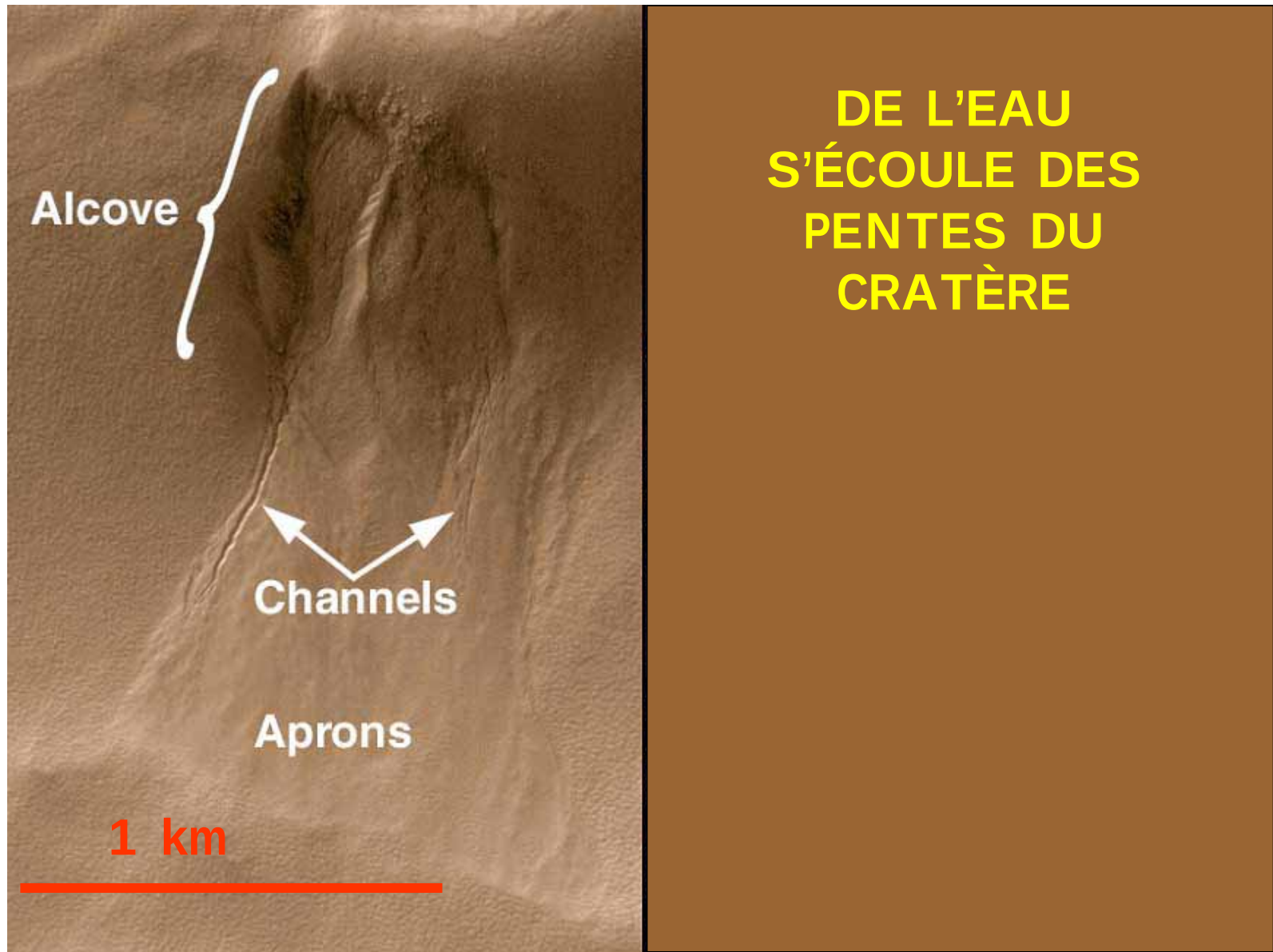


1000 m



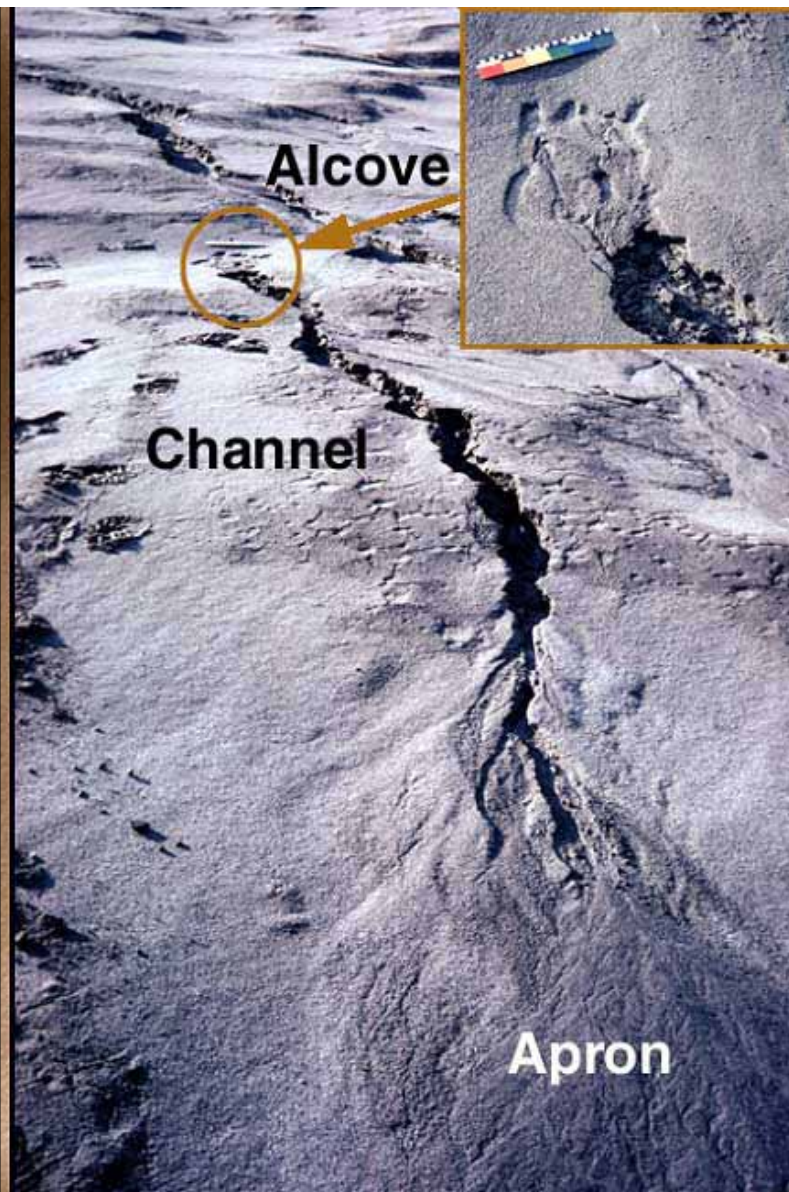
NASA/JPL/MSSS

LES RAVINES



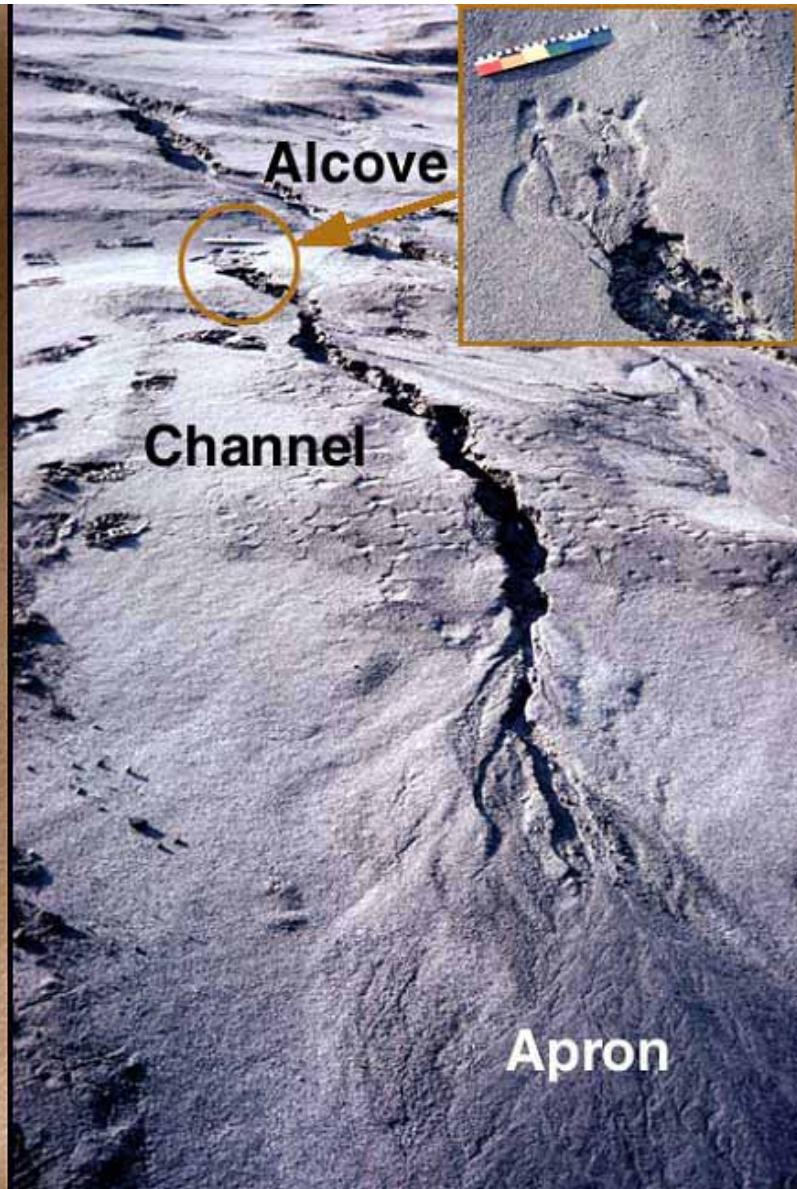
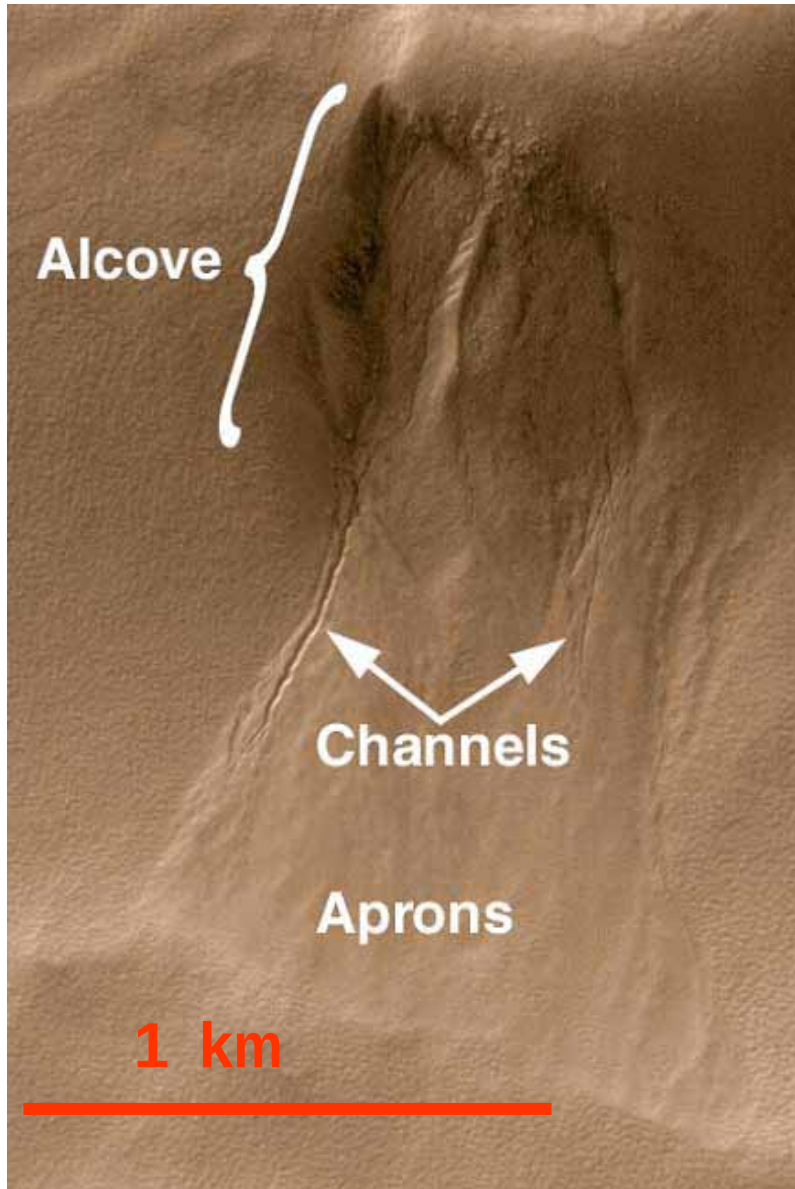
LES RAVINES

DE MÊME SUR
CETTE PHOTO ,
DE L'EAU
S'ÉCOULE DES
PENTES DU
CRATÈRE



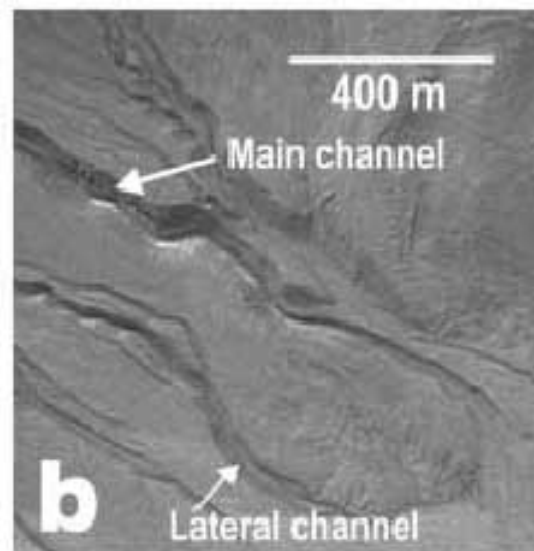
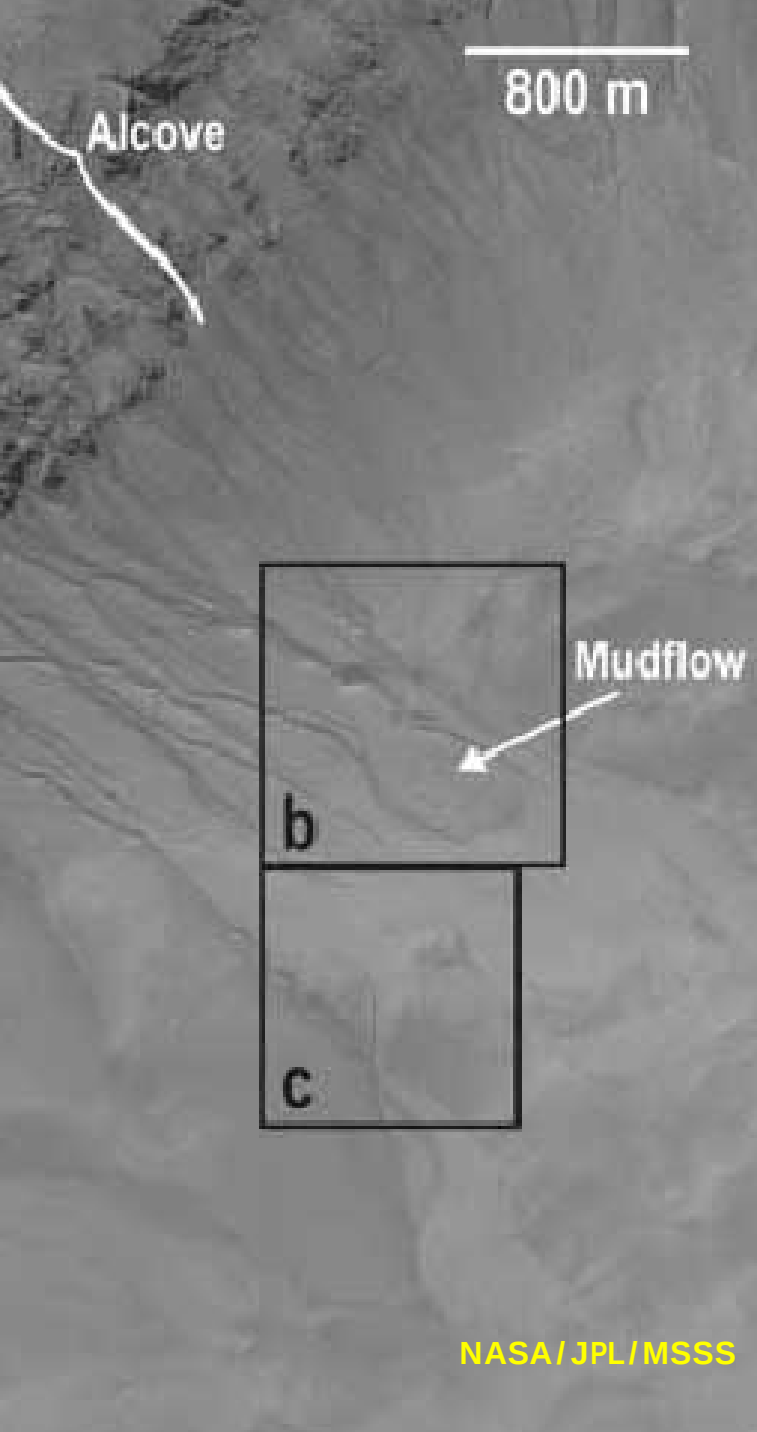


LES RAVINES

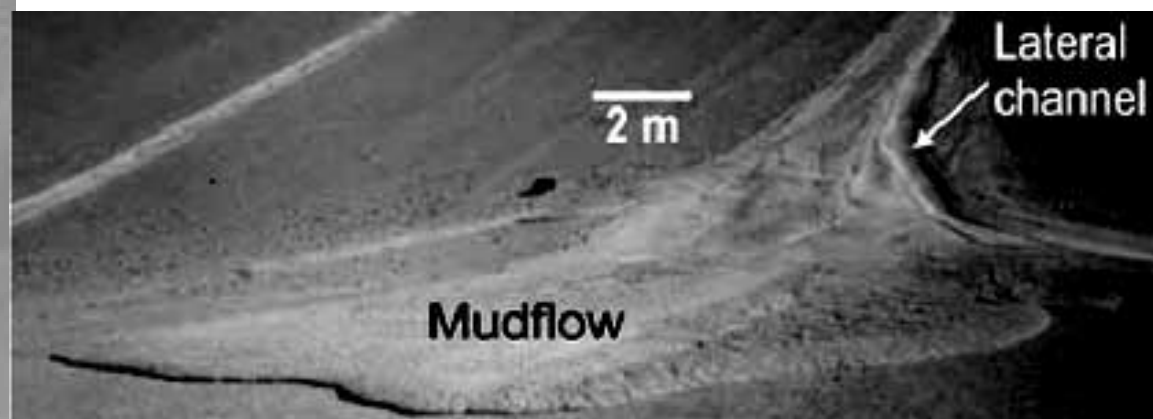


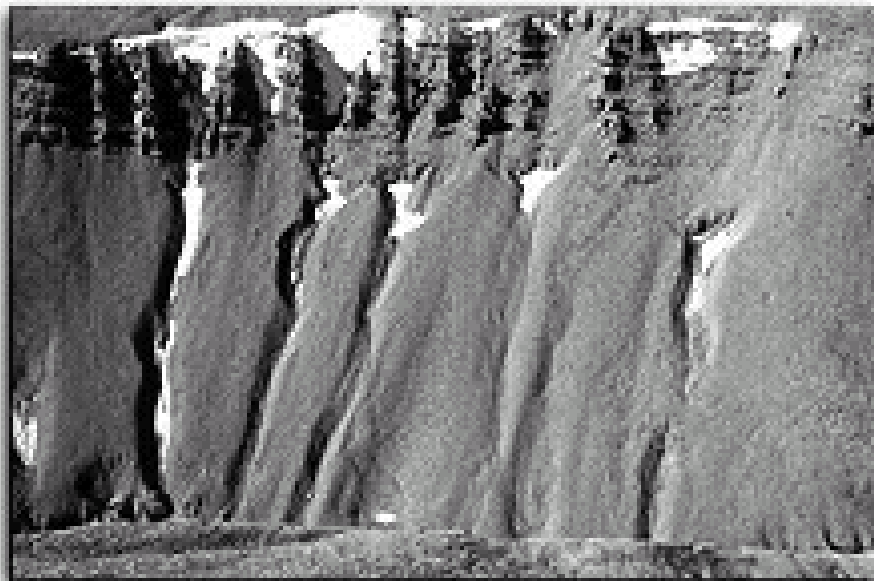
L'EAU : LE PRINCIPAL AGENT D'ÉROSION

- ★ Ces photos de la MOC (Mars Orbiter Camera) à bord de MGS nous confirment dans l'idée que l'eau a façonné Mars et peut être la façonne encore
- ★ La Photo précédente à gauche est de Mars, celle de droite est contrairement à ce que vous pourriez penser, de la Terre, c'est le Mont St Helens
- ★ Les conséquences sur le relief sont étonnamment identiques



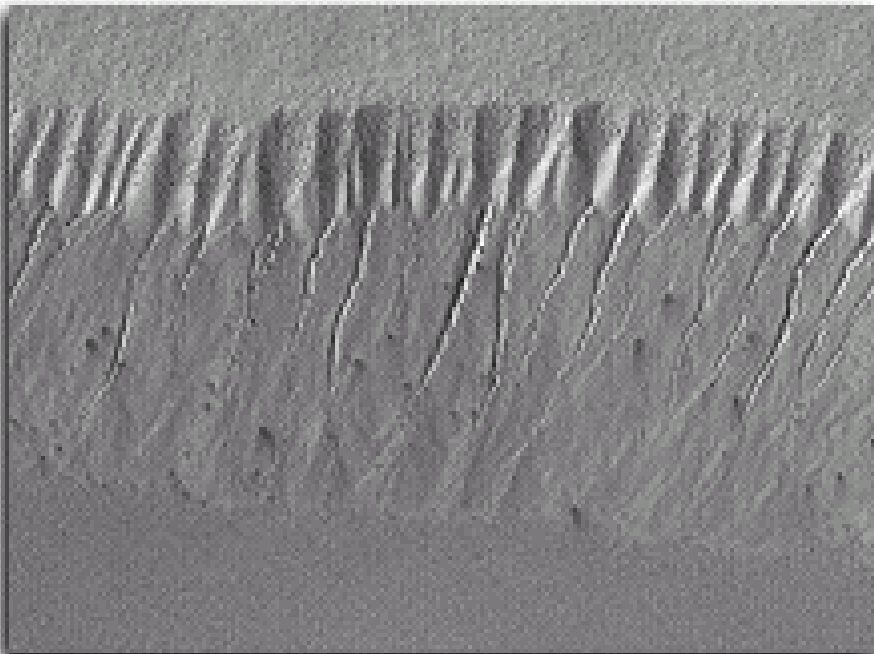
**LA BOUE A MÊME
COULÉ AU FOND
DE CES RAVINES**





HMP 2000 - PASCAL LEE

MARS



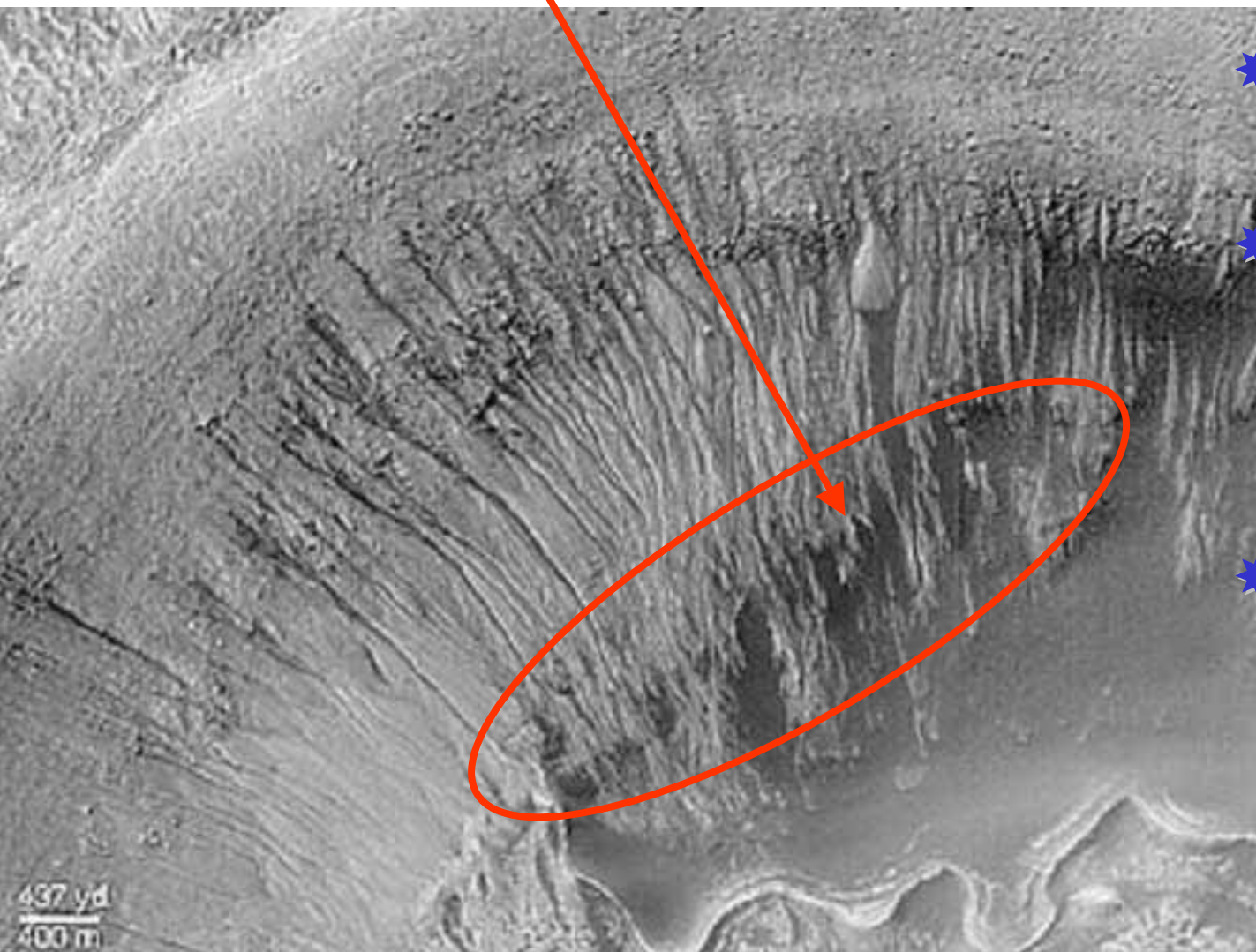
NASA JPL/MSSS



SI CELA NE VOUS SUFFIT PAS....

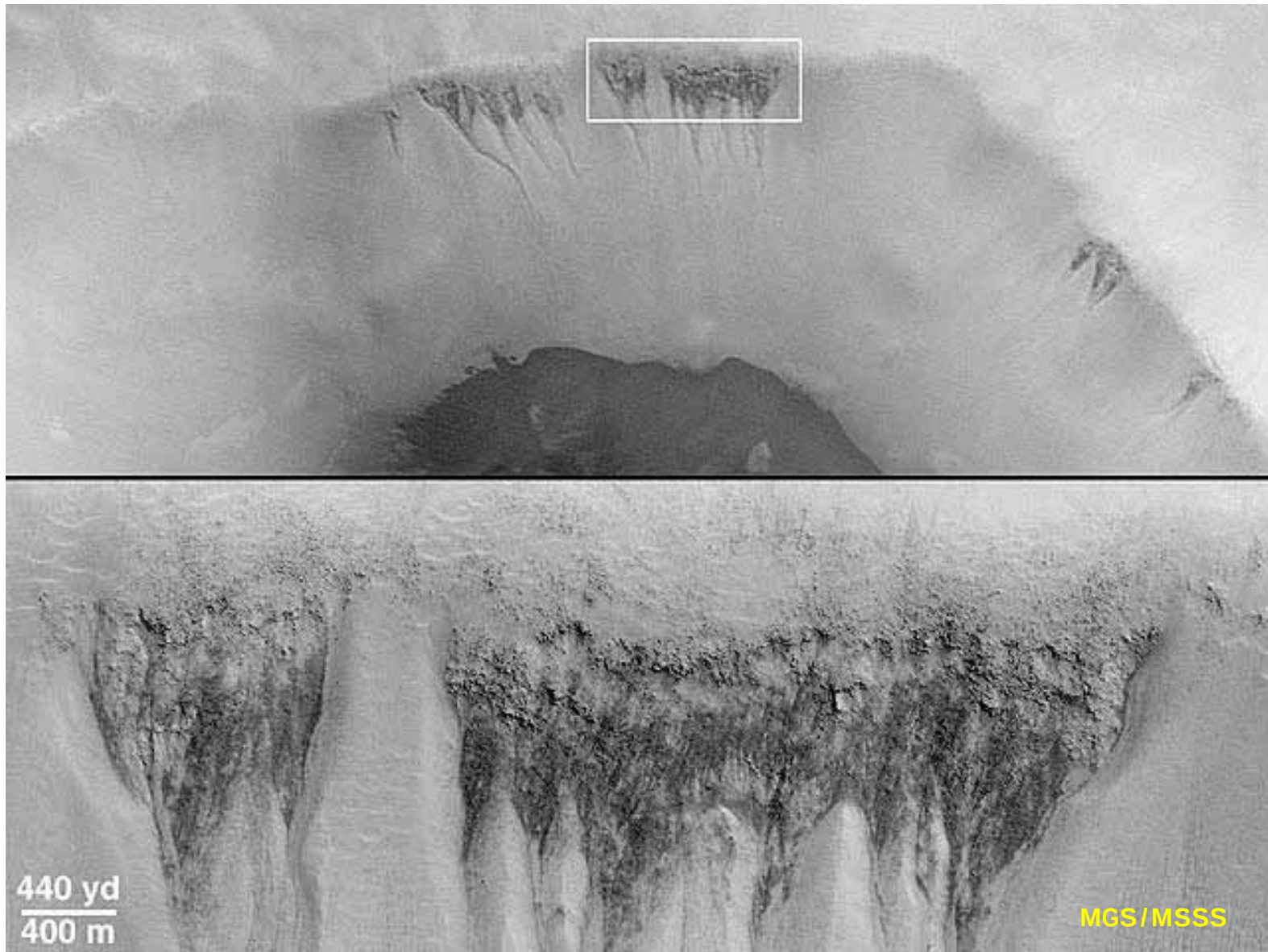
- ★ Comparaison entre les ravines sur Terre (en haut) et sur Mars (en bas)

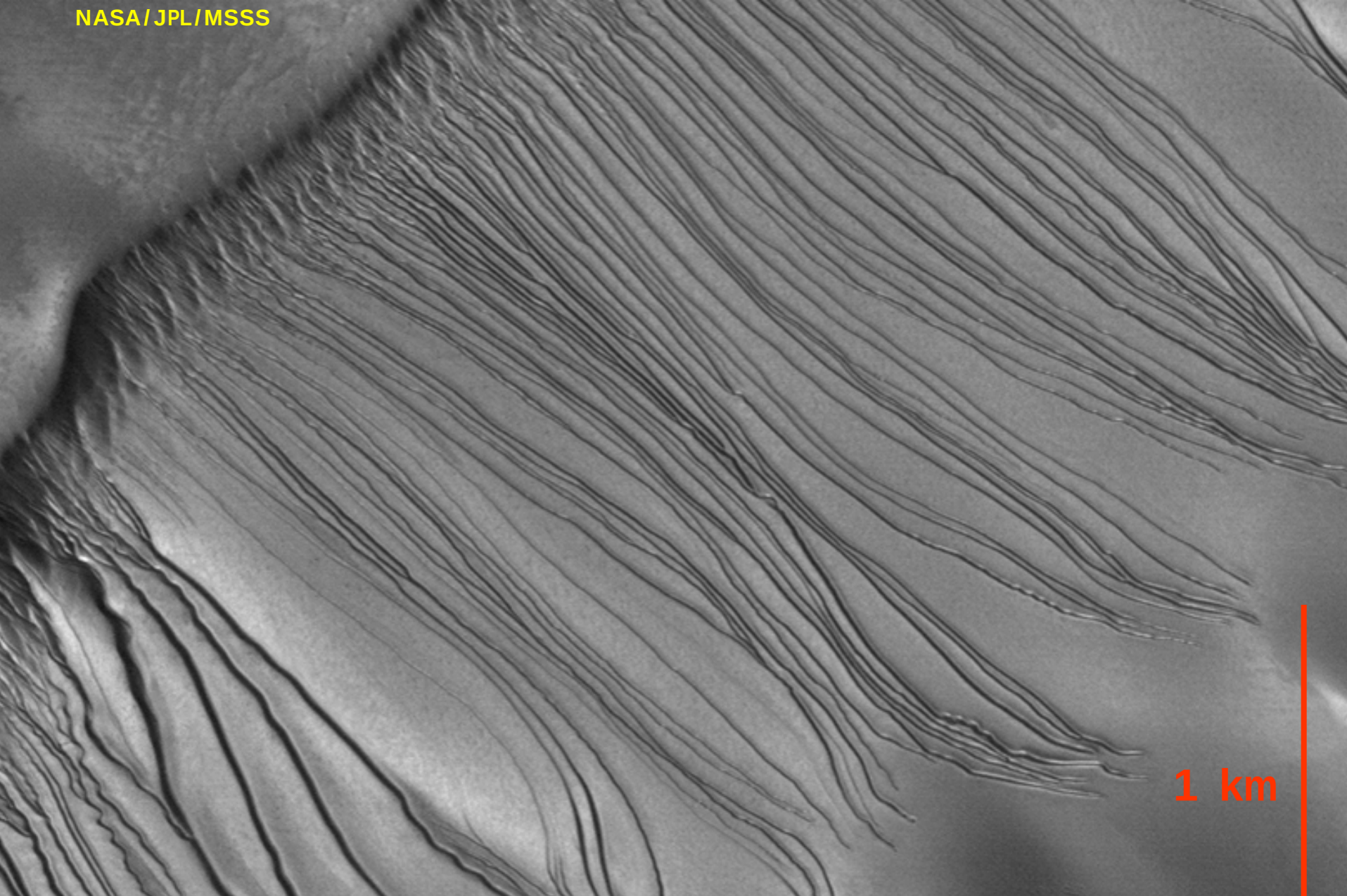
Accumulation de débris transportés par un liquide (eau très probablement) situé max 100m sous le sol



- ★ Newton Crater
- ★ Les ravines ont-elles été formées par l'eau?
- ★ L'eau a-t-elle transporté tous les débris?

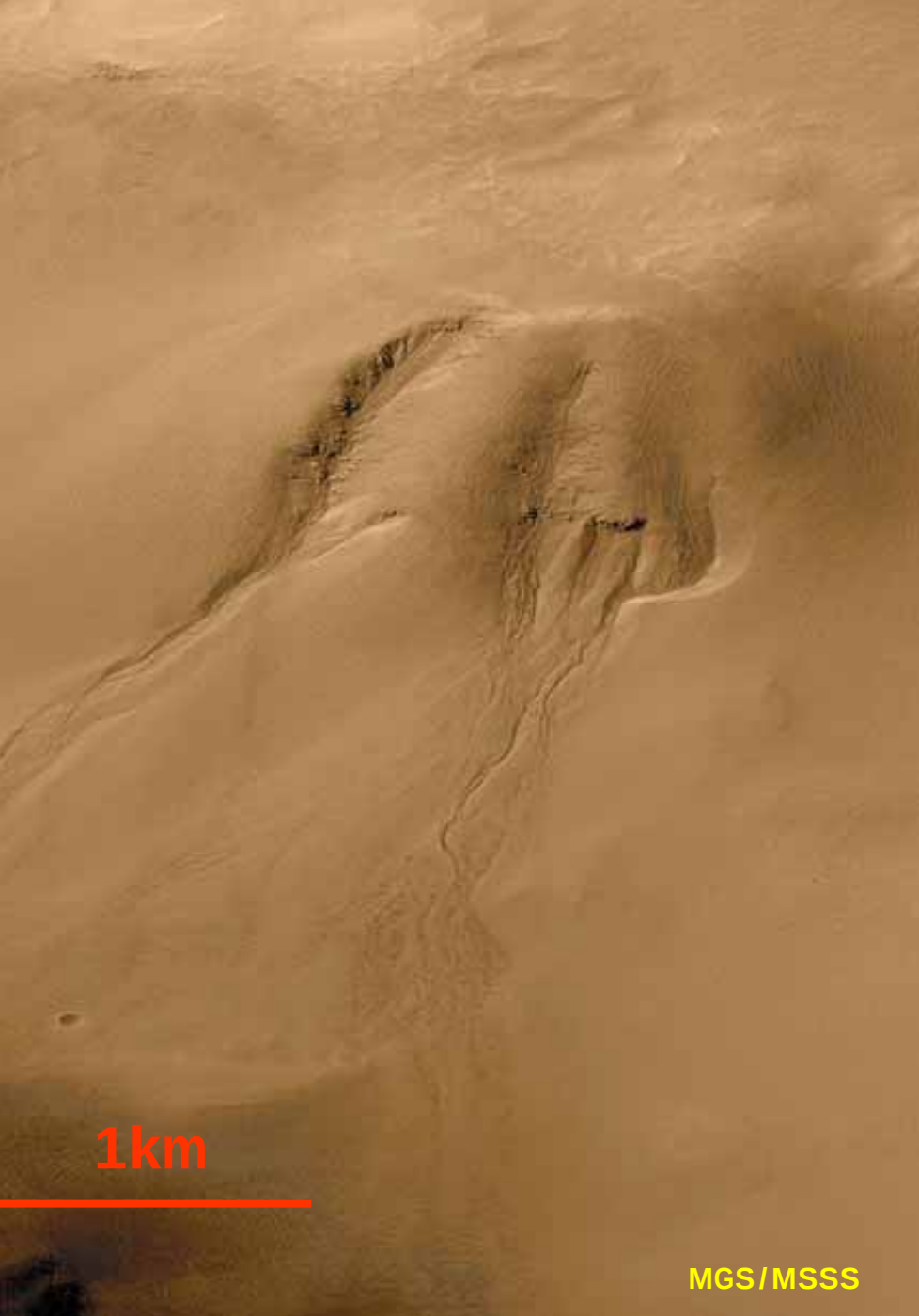
★ De l'eau s'est échappée des résurgences du sol comme ici avant de se figer (Noachis Terra)





1 km

★ Ravines bizarres dans le Russel Crater



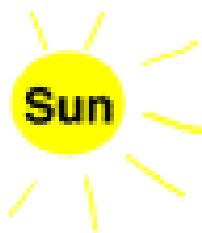
- ★ Encore un bel exemple de dégagement d'eau du sol ou de dépôt de neige en train de fondre
- ★ Cela semble s'être produit récemment (<10ans? Ou 10 Millions d'années?)
- ★ Tout ceci principalement dans les hautes latitudes (là où il fait le plus froid – 50°C) et sur les faces opposées au Soleil

- ★ Les écoulements sont situés pour la plupart (mais pas tous d'après de récentes découvertes) dans les zones les plus froides et sur les parois les plus froides. Pourquoi?
- ★ C'est contre toute logique, il fallut donc trouver une explication
- ★ On pense qu'il y a vers les 100m de profondeur une couche saturée en eau, Lors d'un mouvement de terrain, cette couche peut affleurer à la surface
- ★ L'eau commence à suinter mais elle ne peut rester liquide très longtemps, elle fige et bloque la sortie de l'eau qui se forme derrière
- ★ La pression augmentant, le bouchon de glace saute et l'eau s'écoule de nouveau et parcourt une nouvelle distance etc..
- ★ Ceci ne pourrait se produire dans des zones plus chaudes, l'eau s'évaporerait immédiatement

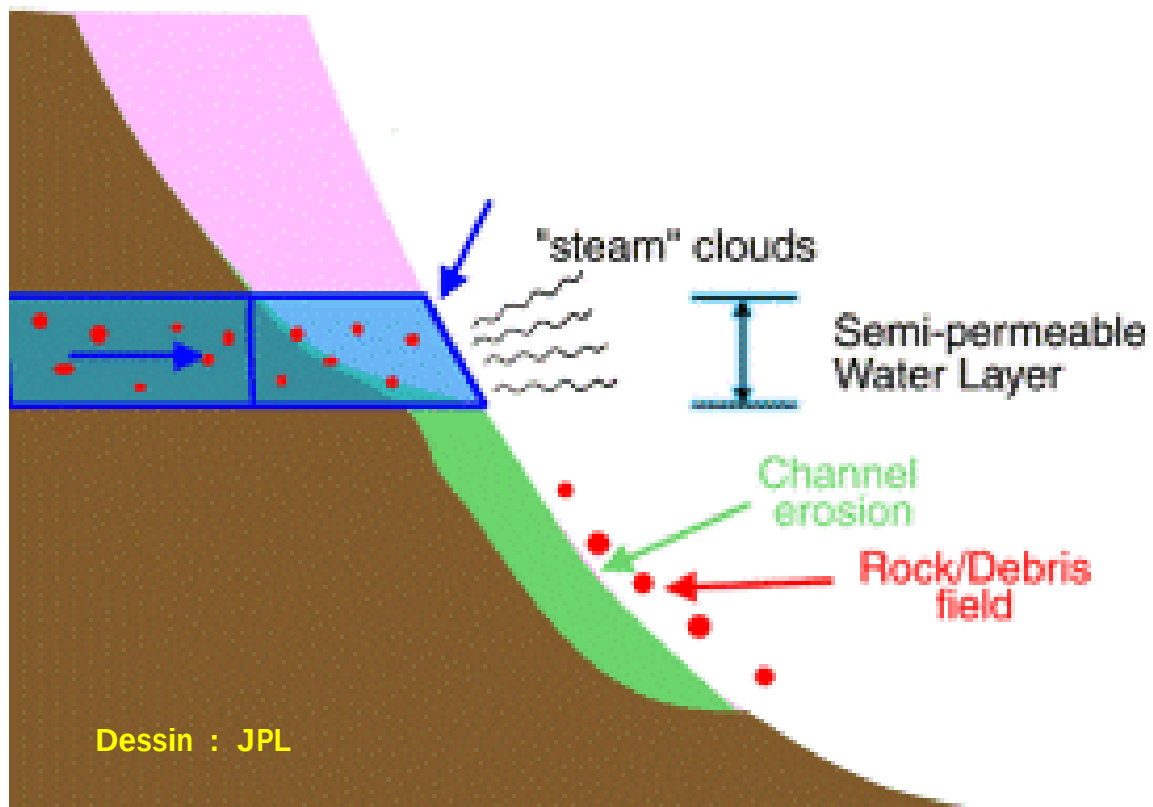
UNE POSSIBILITÉ DE FORMATION DE CES RAVINES

Bouchons de glace
formés à flanc de
cratères libèrent
brutalement une
quantité importante
d'eau liquide qui coule
avant de se sublimer
rapidement

EAU (GLACE)
SOUS JACENTE



One model for the formation of
Martian Gullies



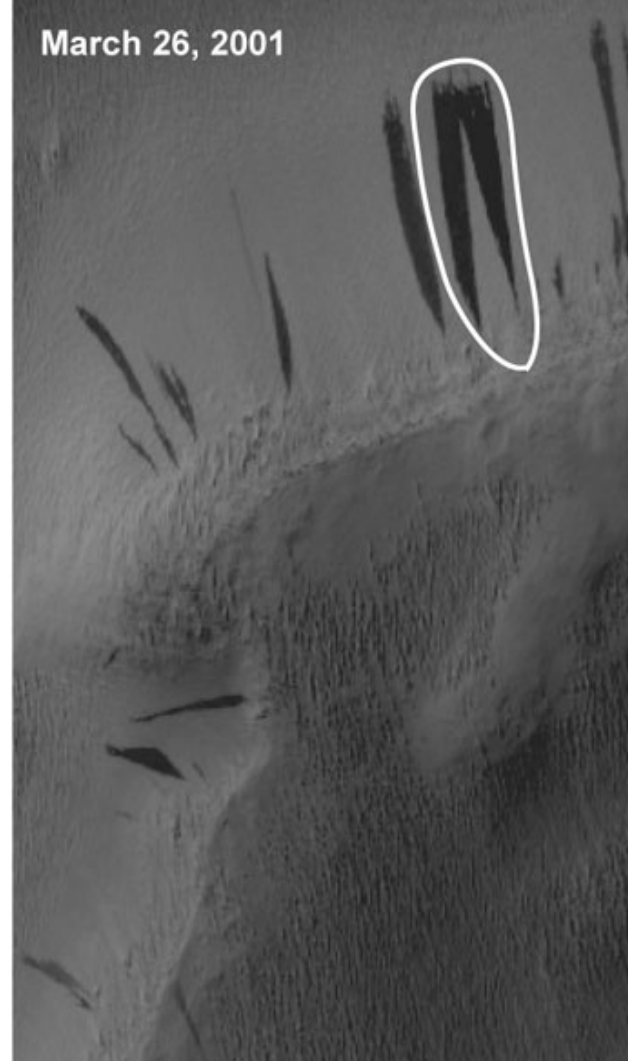
Dessin : JPL

VOUS AVEZ DIT OBLIQUITÉ?

- ★ Notre grand spécialiste français des phénomènes « chaotiques », Jacques Laskar de l'Observatoire de Paris a calculé que :
- ★ Sur une période de 100.000 ans l'obliquité a varié de 15° à 35°
- ★ Sur une période de 10 Millions d'années elle a varié de 0° à 60°
- ★ Cela provoque d'énormes changements climatiques sur Mars et en certains endroits l'eau pourrait être liquide et il pourrait neiger
- ★ Les sondes martiennes doivent nous éclairer

NOUVELLE THÉORIE

- ★ Le Dr Christensen de l'Arizona State University pense que ces résurgences sont en fait produites par de l'eau accumulée sous de la NEIGE en train de fondre
- ★ La neige provenant du fait que l'axe de Mars varie dans le temps (l'obliquité varie de plusieurs dizaines de ° avec une période de approx 100.000 ans, actuellement 24°)
- ★ Quand l'axe de rotation est tourné vers le Soleil, l'intensité solaire est plus forte sur un des pôles, il y a évaporation de l'eau et cette eau se précipite en neige aux latitudes moyennes
- ★ Plus tard quand l'axe change et se redresse exposant les parties neigeuses à un Soleil plus ardent, la neige fond créant ces ravines
- ★ Cette théorie semble acceptée par la plupart des planétologues aujourd'hui, mais il faut la vérifier sur place



★ L'eau serait protégée par une couche de neige fondante dans les parties les plus froides

DU SEL SVP!

- ★ La présence de sel pourrait aider ce phénomène en abaissant le point de congélation
- ★ En effet :
 $\text{eau} + \text{ClNa} \rightarrow -21^{\circ}\text{C}$; $\text{eau} + \text{Cl}_2\text{Mg} \rightarrow -35^{\circ}\text{C}$;
 $\text{eau} + \text{Cl}_2\text{Ca} \rightarrow -55^{\circ}\text{C}$; $\text{eau} + \text{CaSO}_4 \rightarrow -55^{\circ}\text{C}$
- ★ En fait durant un an martien, la température en beaucoup d'endroits est supérieure à -50°C laissant la possibilité d'eau liquide
- ★ LA SOLUTION DE L'EAU SUR MARS, C'EST PEUT ÊTRE LE SEL
- ★ Soyons quand même prudents, il faut analyser de plus près la situation → nouvelles sondes

UNE CHANCE/UN PROBLÈME



- ★ Une chance : tous ces écoulements semblent très JEUNES (absence de cratères, couleur du sol etc..)
- ★ Un problème : On devrait, si l'eau coule ou a coulé, trouver des carbonates dans le sol (combinaison avec le CO₂ ambiant), c'est un « must » au point de vue chimique
- ★ Et bien le spectromètre TES de MGS n'a trouvé que des faibles traces de carbonates probablement dues à l'atmosphère de CO₂
- ★ Beaucoup de questions, restons humbles
- ★ Certains pensent que ces rigoles ont été creusées par du CO₂ liquide ou un mélange

MARS : HISTOIRE D'EAU !!!



- ★ On peut donc en ce début de XXI^{ème} siècle faire le point sur la présence d'eau sur Mars :
- ★ 1) Présence en sub-surface d'énorme quantité d'eau solide incorporée dans le sol dans les régions près des pôles (permafrost)
- ★ 2) Contrairement à ce que l'on pensait depuis plus de 30 ans , les Pôles sont principalement de la glace d'eau et non de CO₂
- ★ 3) Il y a en certains endroits sur les parois les plus froides de cratères des résurgences RÉCENTES d'eau
- ★ De nouvelles missions doivent confirmer encore tout cela