

# L'eau aujourd'hui dans le système solaire

---

- ◆ Satellites de glace
  - Des planètes avec des manteaux de glace
- ◆ Mars
  - Glace dans le sous-sol

*A lire: Mars, histoire d'un autre monde, Belin, de Forget, Costard et Lognonné*

# Satellites de glace

	Densité	Moment inertie	Rayon	Albedo	Pression au centre (Gpa)	Croûte de Glace
Europe	3.02	0.347	1565	0.64	3.12	140km
Ganymède	1.94	0.311	2634	0.42	3.64	900km
Callisto	1.85	0.358	2403	0.20	2.76	300 km

$$g(r) = G \frac{4}{3} \pi r \rho$$
$$p(r) = G \frac{2}{3} \pi \rho^2 (a^2 - r^2)$$

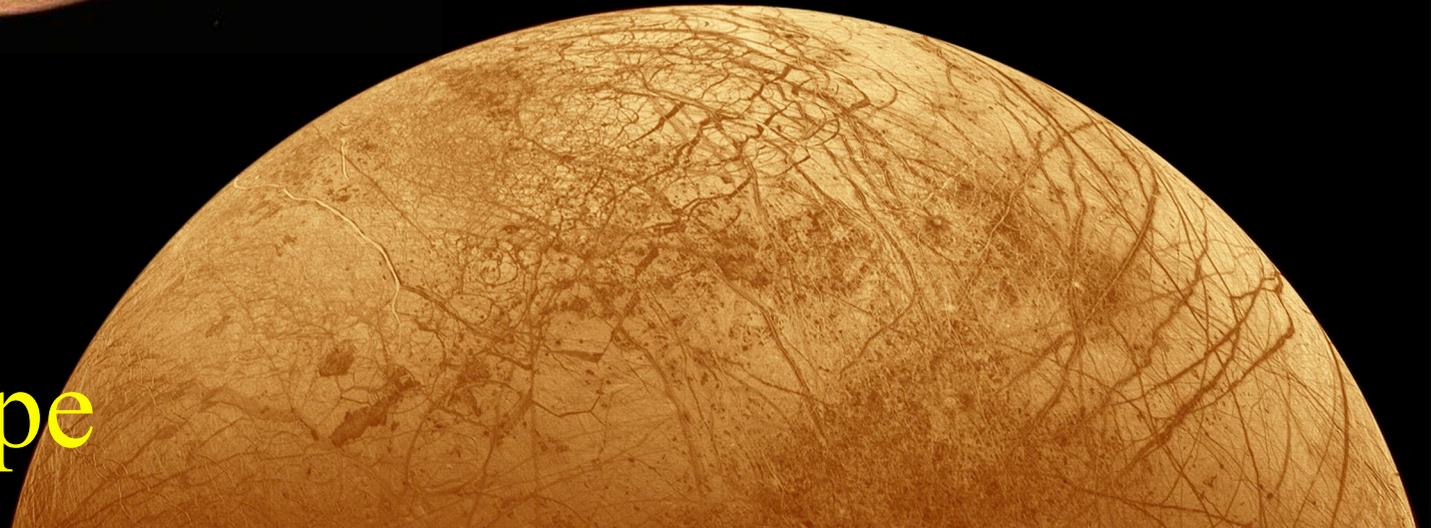
Ganymede



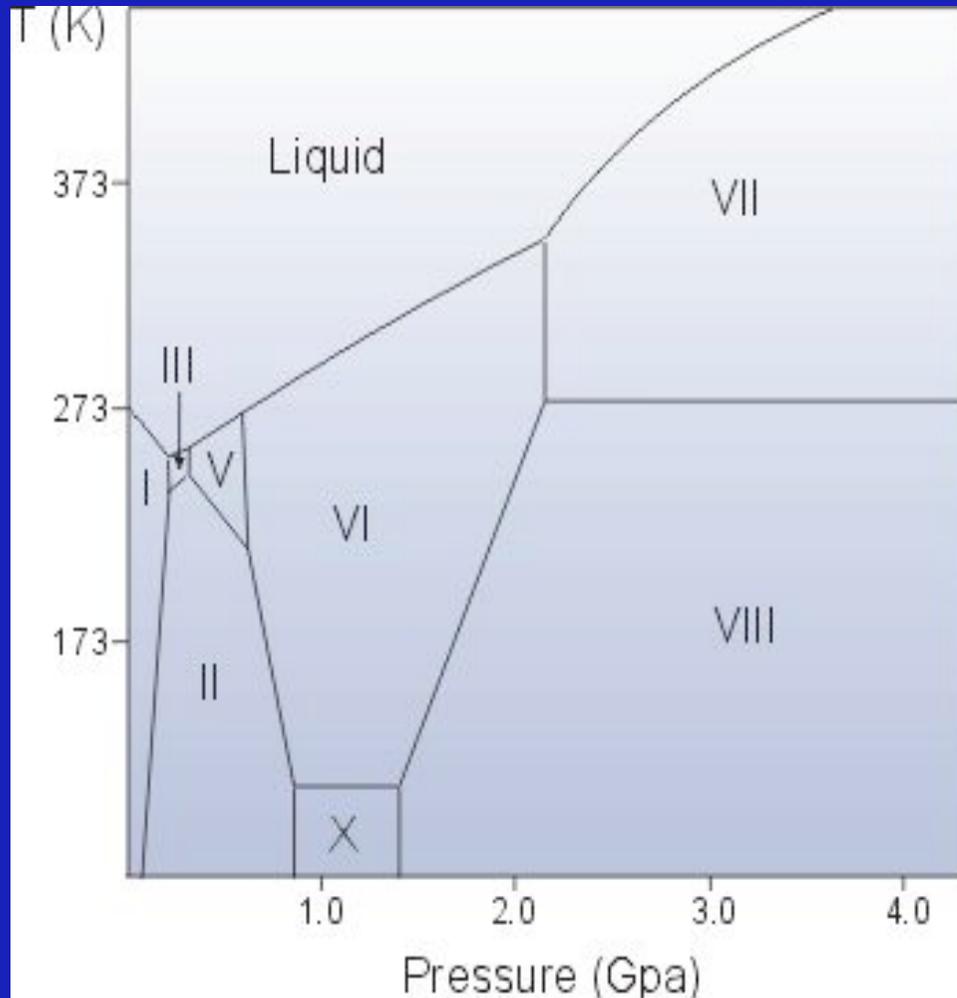
Callisto



Europe



# Phases de la glace



- ◆ Phases de glace
  - ◆ Changement de densité et de forme cristalline
    - à 0.209GPa: II->III à 240K et III-liquide à 251K
- (typiquement profondeur de 150 km)
- Suivant géotherme, possibilité ou non d'avoir un océan sous une croute de glace

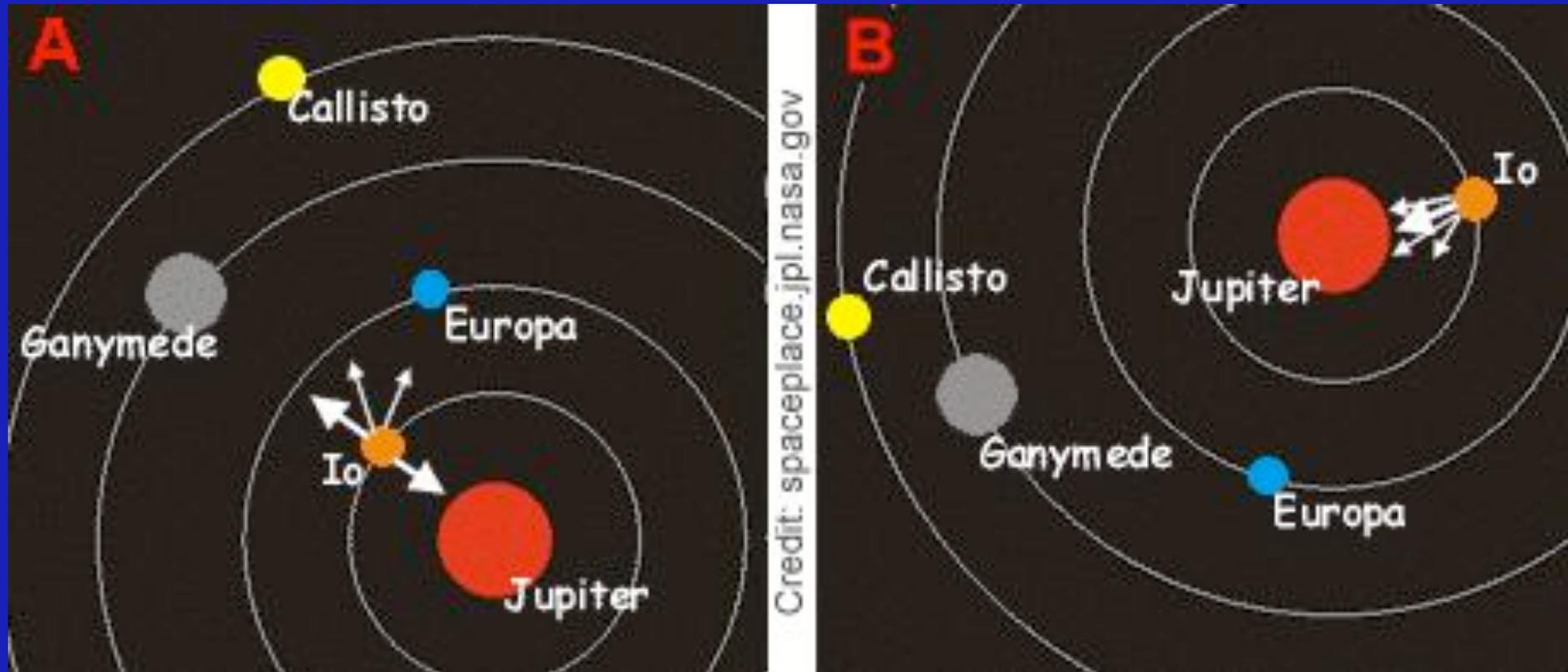
# Changements de phase

$$P = P_0 + a \left[ \left( \frac{T}{T_0} \right)^2 - 1 \right]$$

	P <sub>0</sub> (MPa)	T <sub>0</sub> (K)	a (MPa)	c
Ice I	0	273.16	-395.2	9.0
Ice III	207	251.15	62	60
Ice V	346	256.15	410	8.1
Ice VI	625	273.31	707	4.46
Ice VII	2210	355	534.2	5.22

- 
- ◆ Source de chaleur des géothermes
    - Radioactivité
    - Chauffage des marées
  - ◆ Refroidissement des satellites
    - Changement de phase ( III->II ou V->II)
      - » Densité de 1.17, 1.14, 1.23 ( II,III,V)
      - » Changement de volume

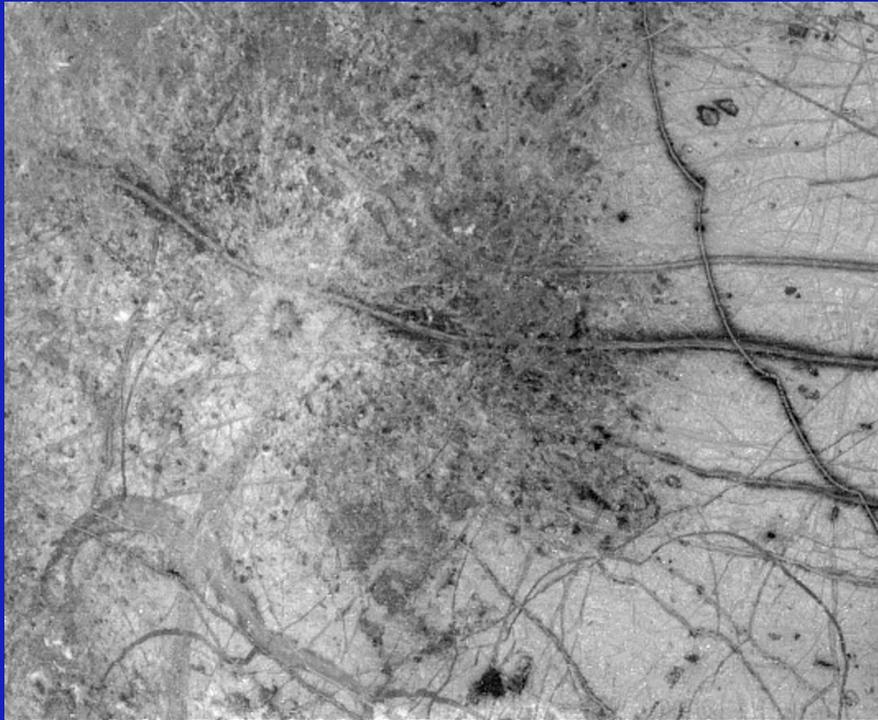
# Importance des Marées



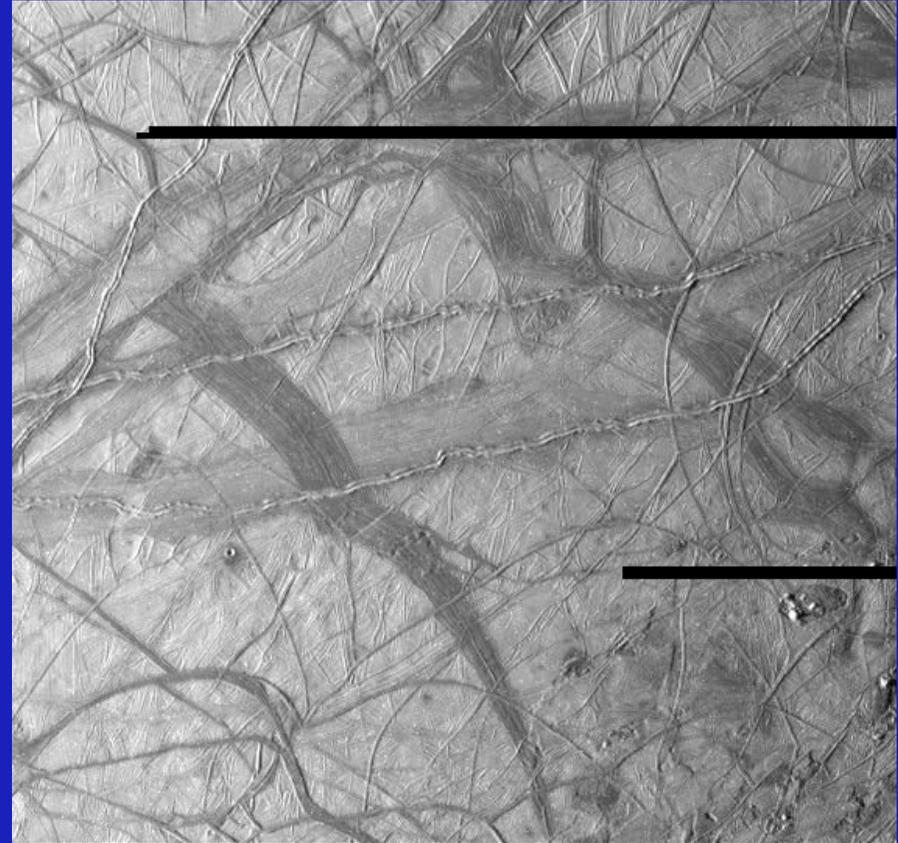
---

## Résonance d'Io

# Europe



238 km x 225 km



860 x 700 km

## ◆ Comment sonder l'océan?

- Tilt de Jupiter génère une variation du champ magnétique
- Variation de champ génère des courants
- Les courants génèrent un champ induit...

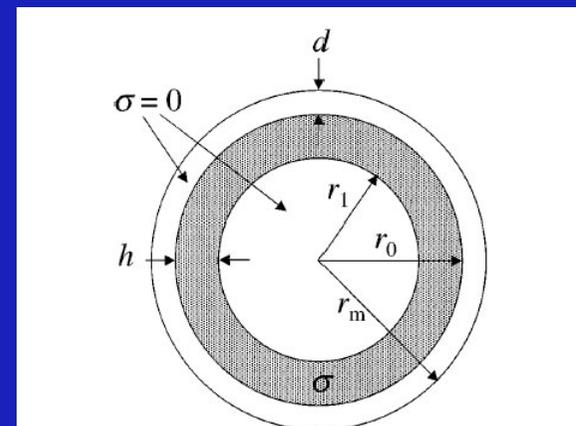
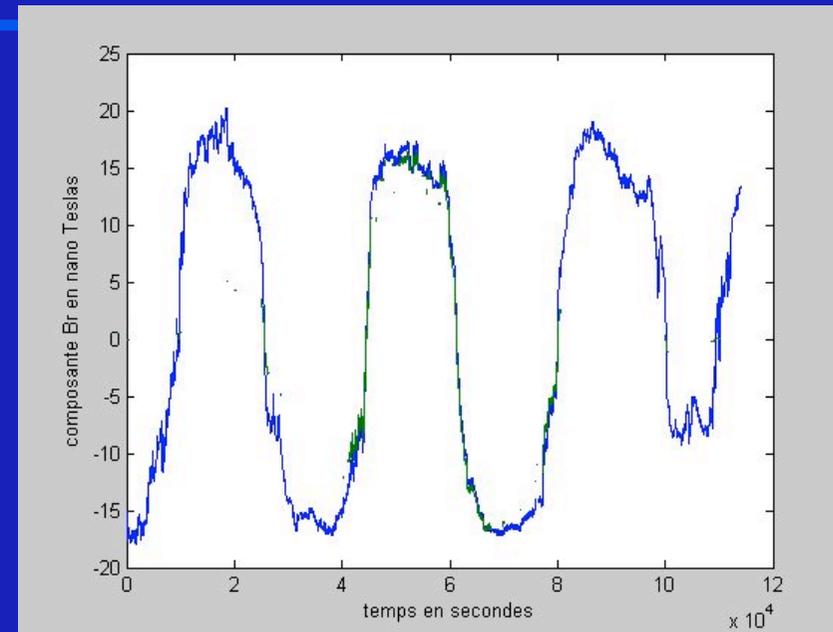
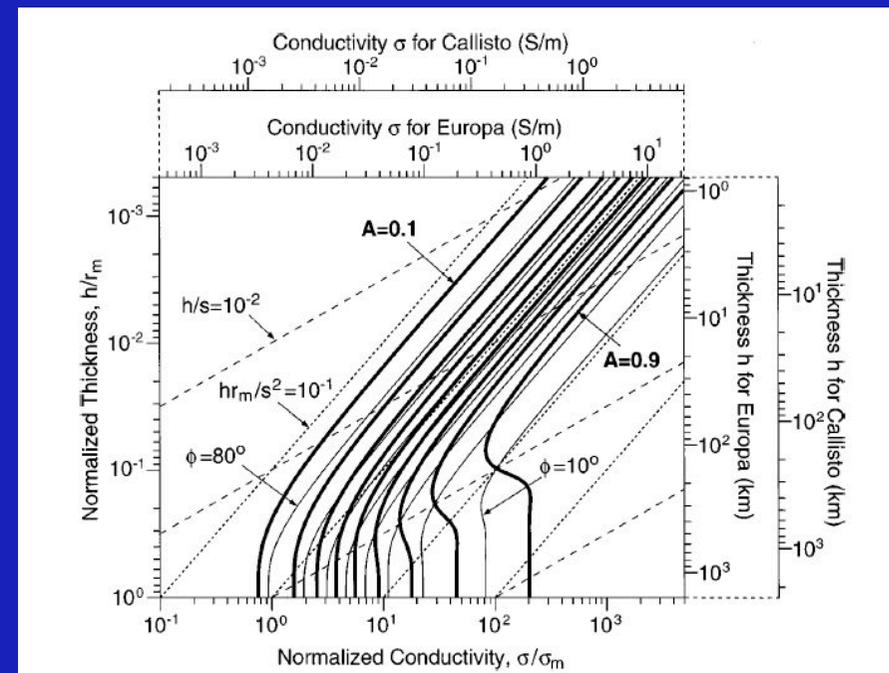
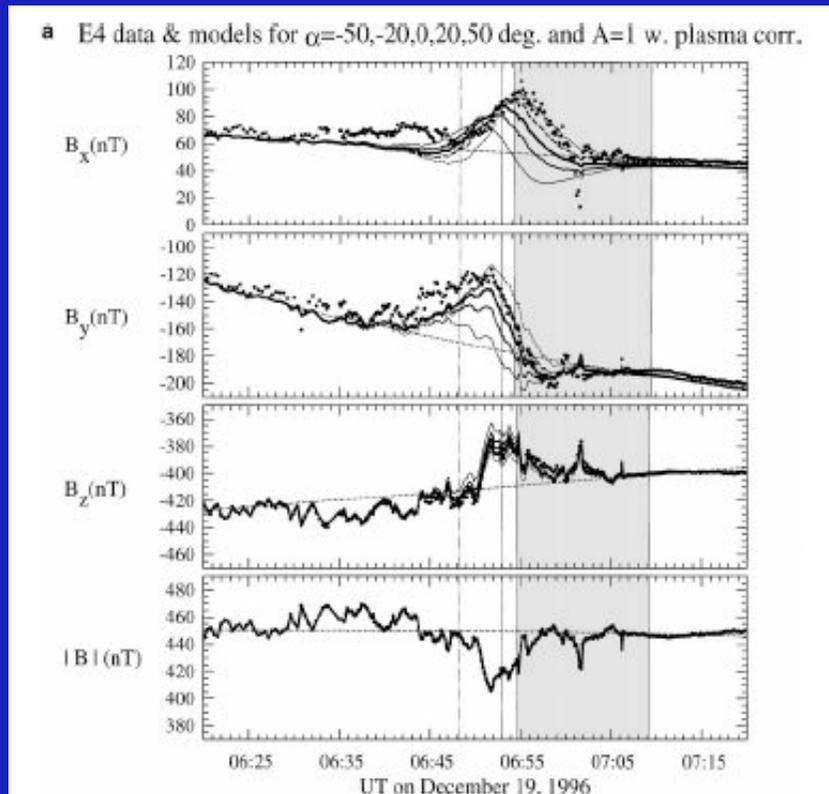
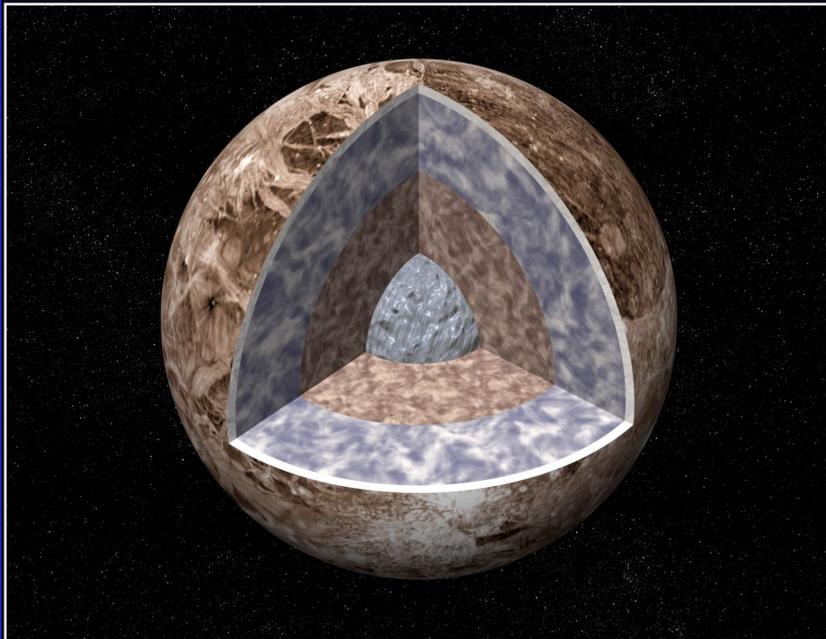


FIG. 1. The assumed conductivity model: a shell of uniform conductivity  $\sigma$  surrounded by an insulating layer and surrounding an insulating core.

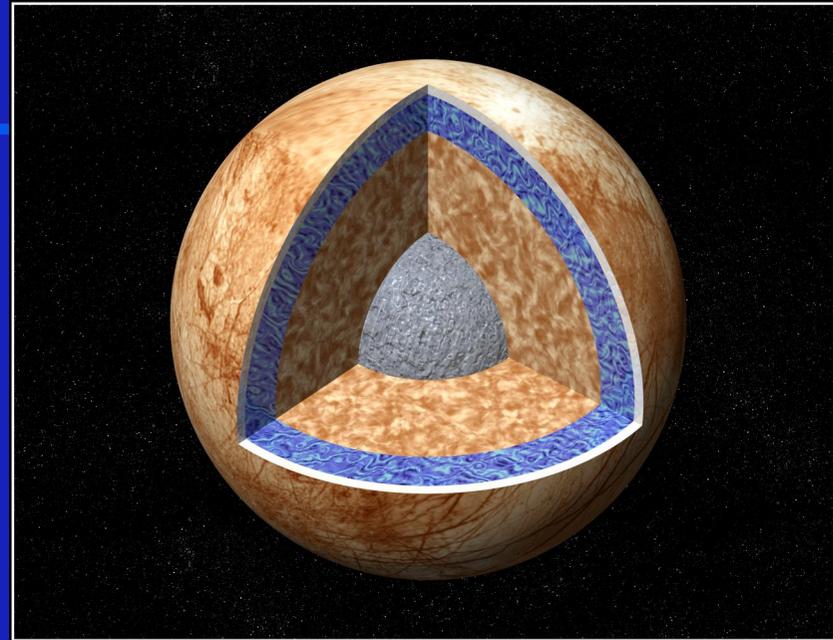
- ◆ Europa et Callisto doivent avoir des zones où la conductivité est plus grande que 0.06 et 0.02S/m à des profondeurs entre 200 et 300 km respectivement





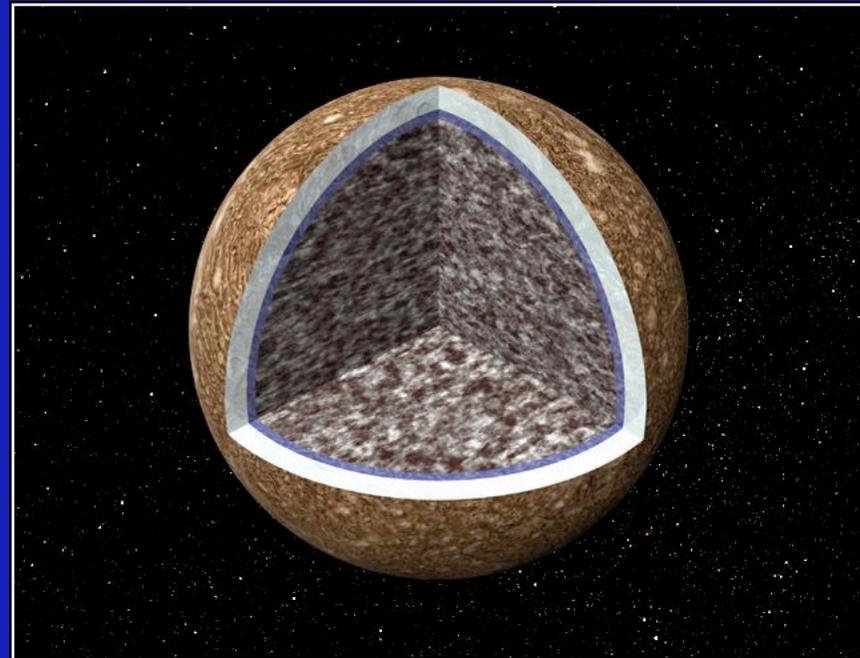
The Interior of Ganymede

© Copyright 1999 by Calvin J. Hamilton



The Interior of Europa

© Copyright 1999 by Calvin J. Hamilton



The Interior of Callisto

© Copyright 1998 by Calvin J. Hamilton

L'eau depuis la fin de la période  
humide (< 3 Milliards d'années)

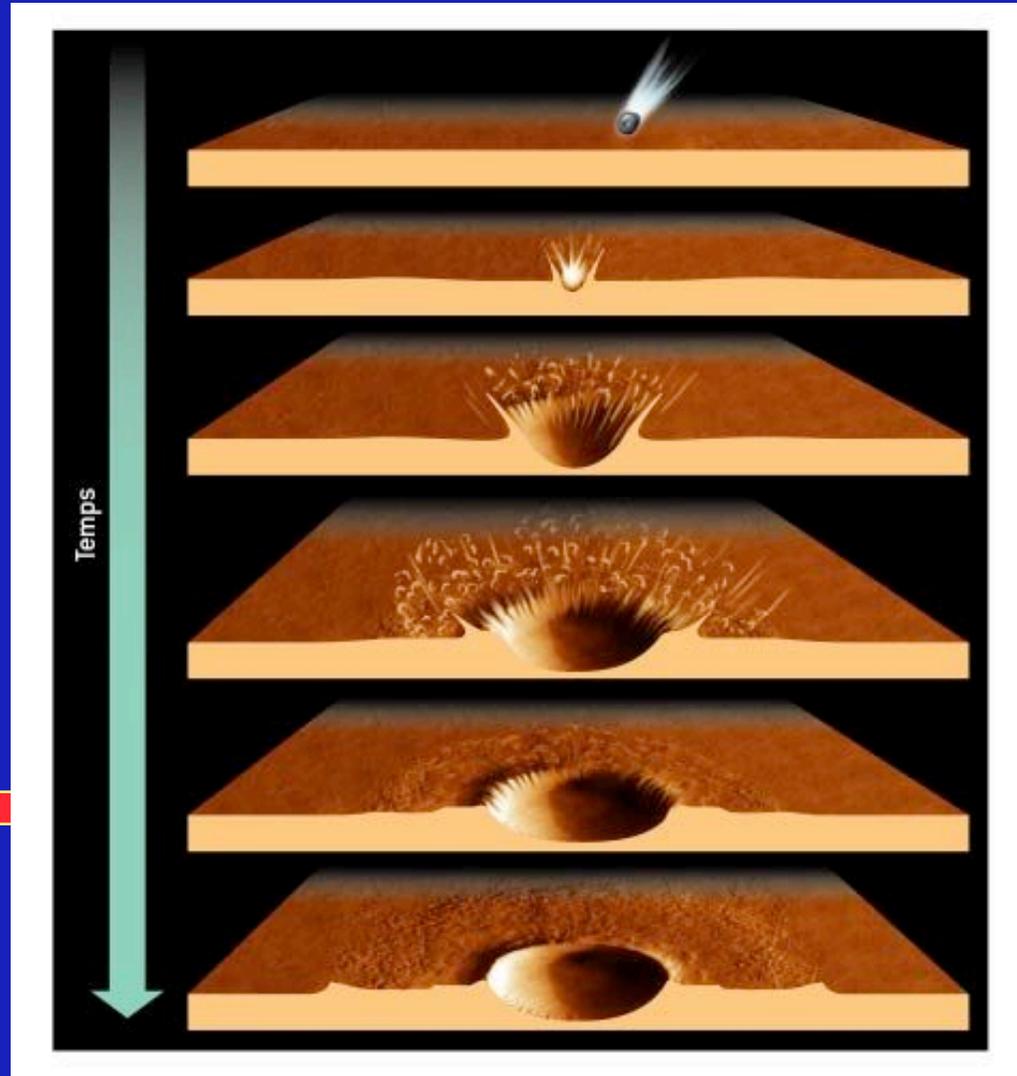
400 m  
437 yards

- Que reste-t-il?
- dans les calottes polaires?
- dans le sous-sol?
- liquide ? Solide ?

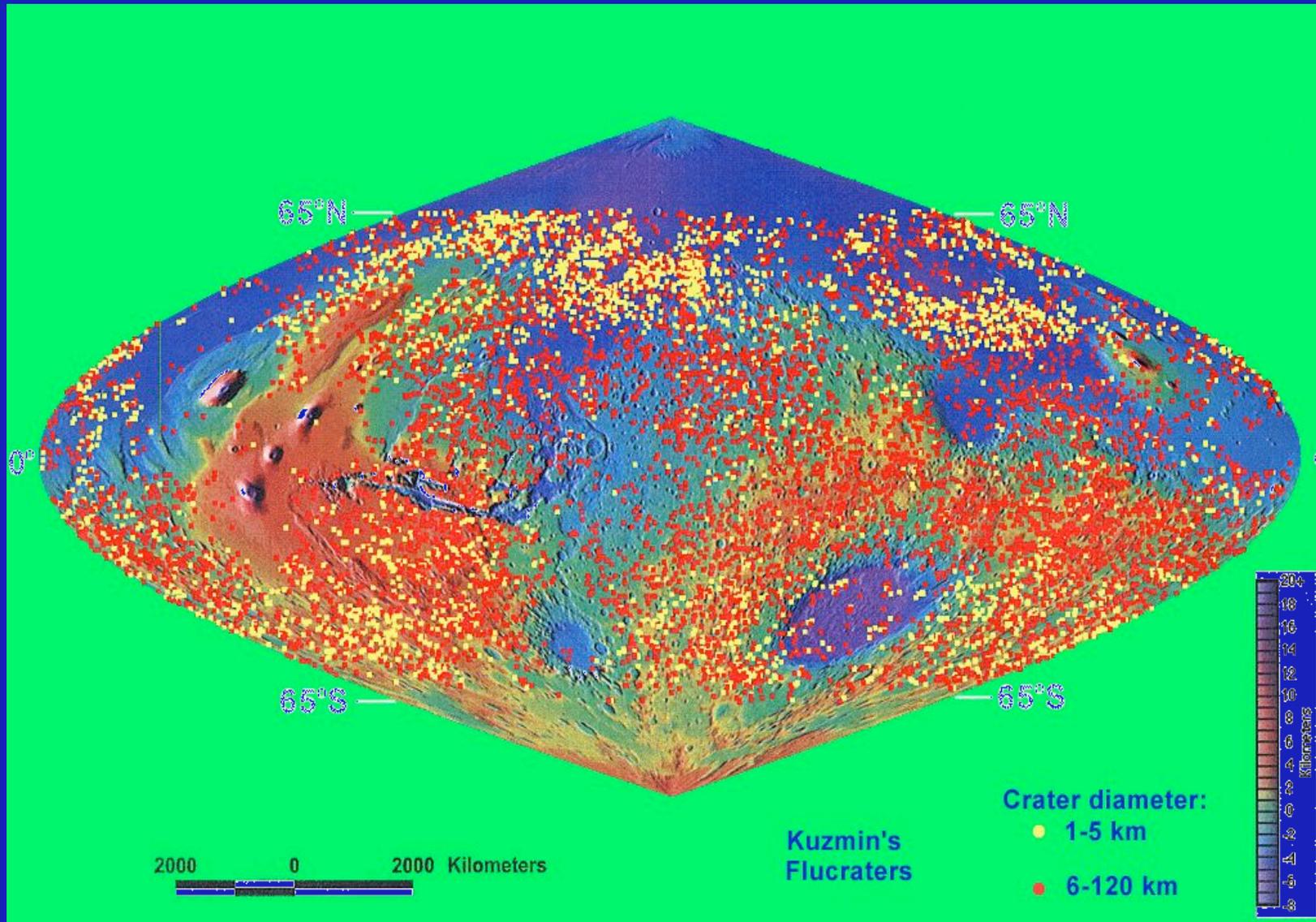
# Eau (= glace) dans le sous-sol



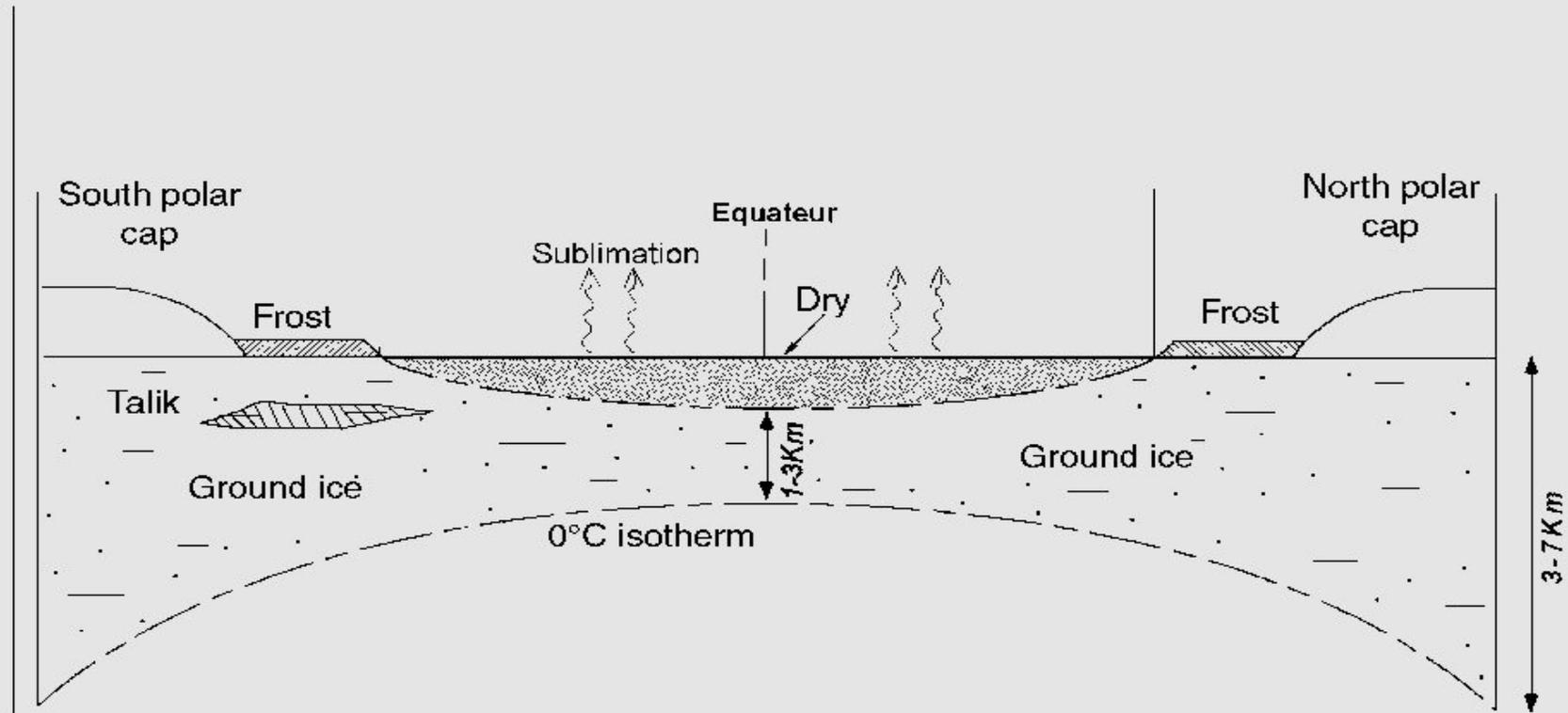
Coulée de boue



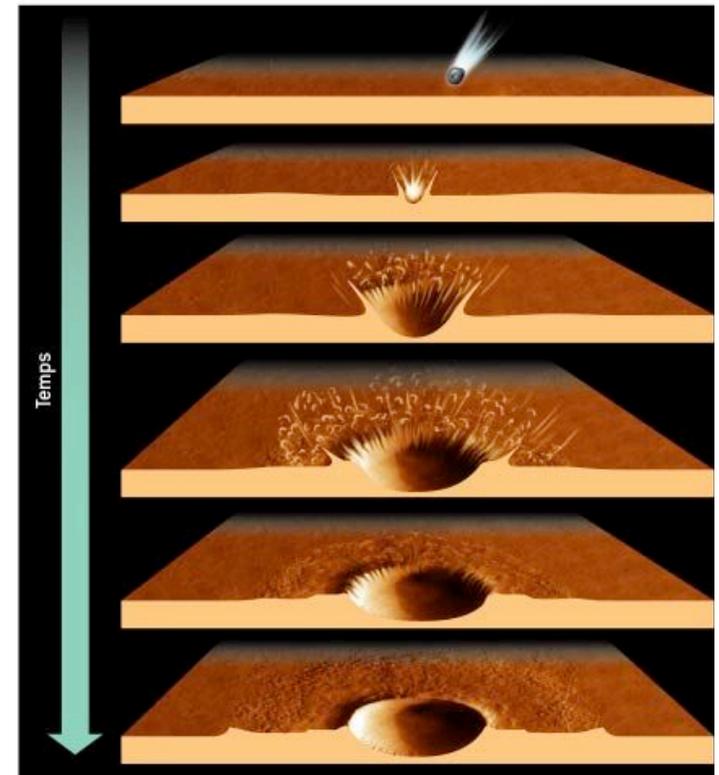
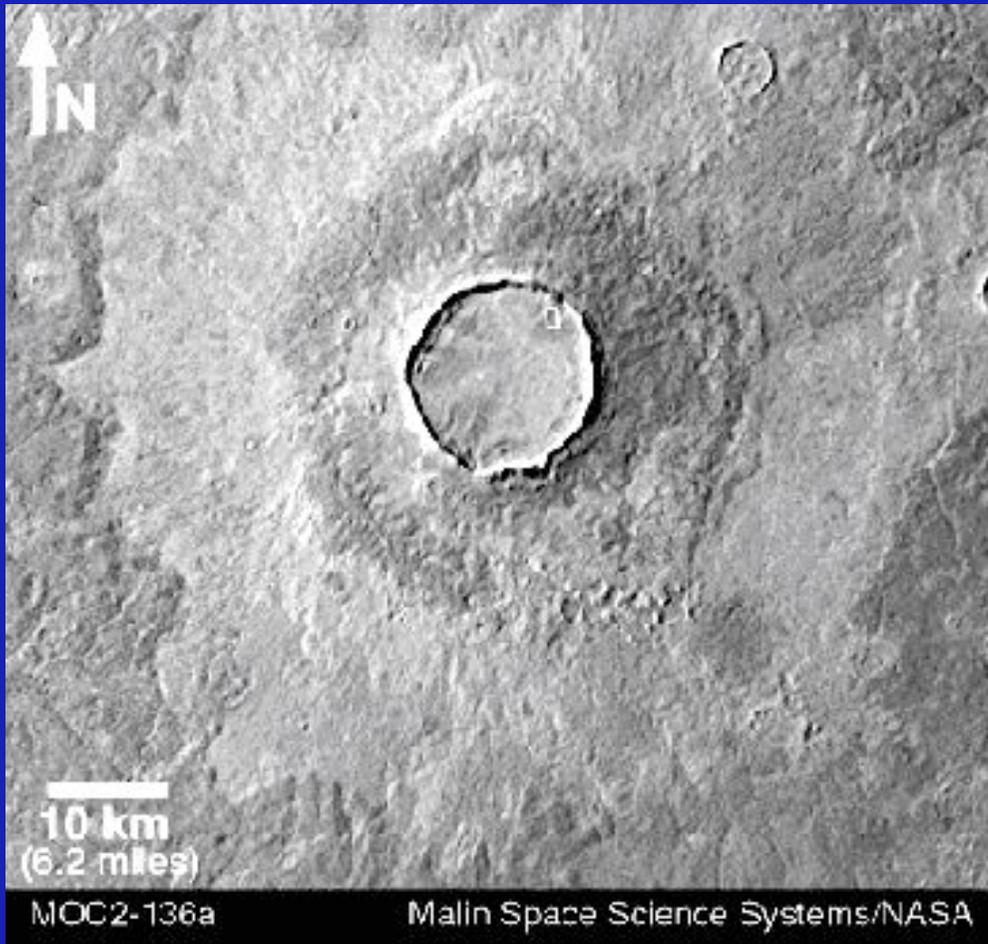
# L'eau en profondeur...

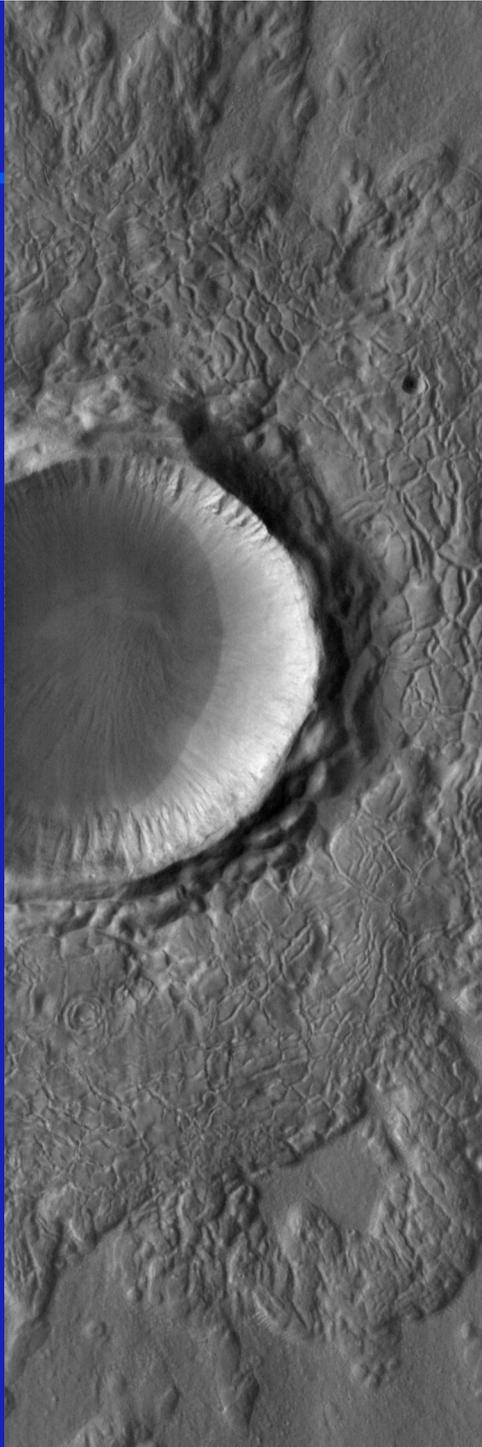


# Le pergélisol martien



# Les cratères d'impact à ejecta lobés

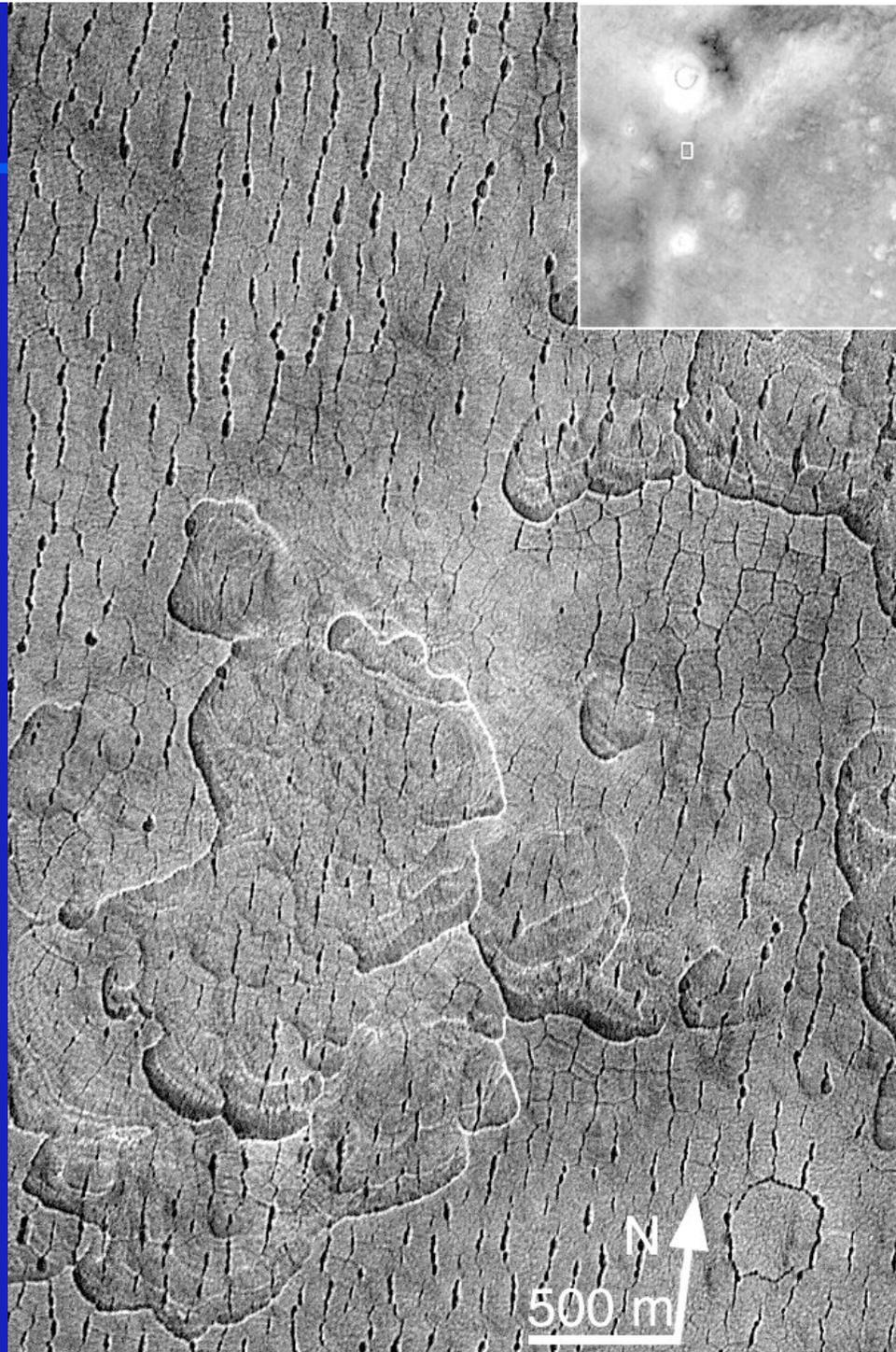


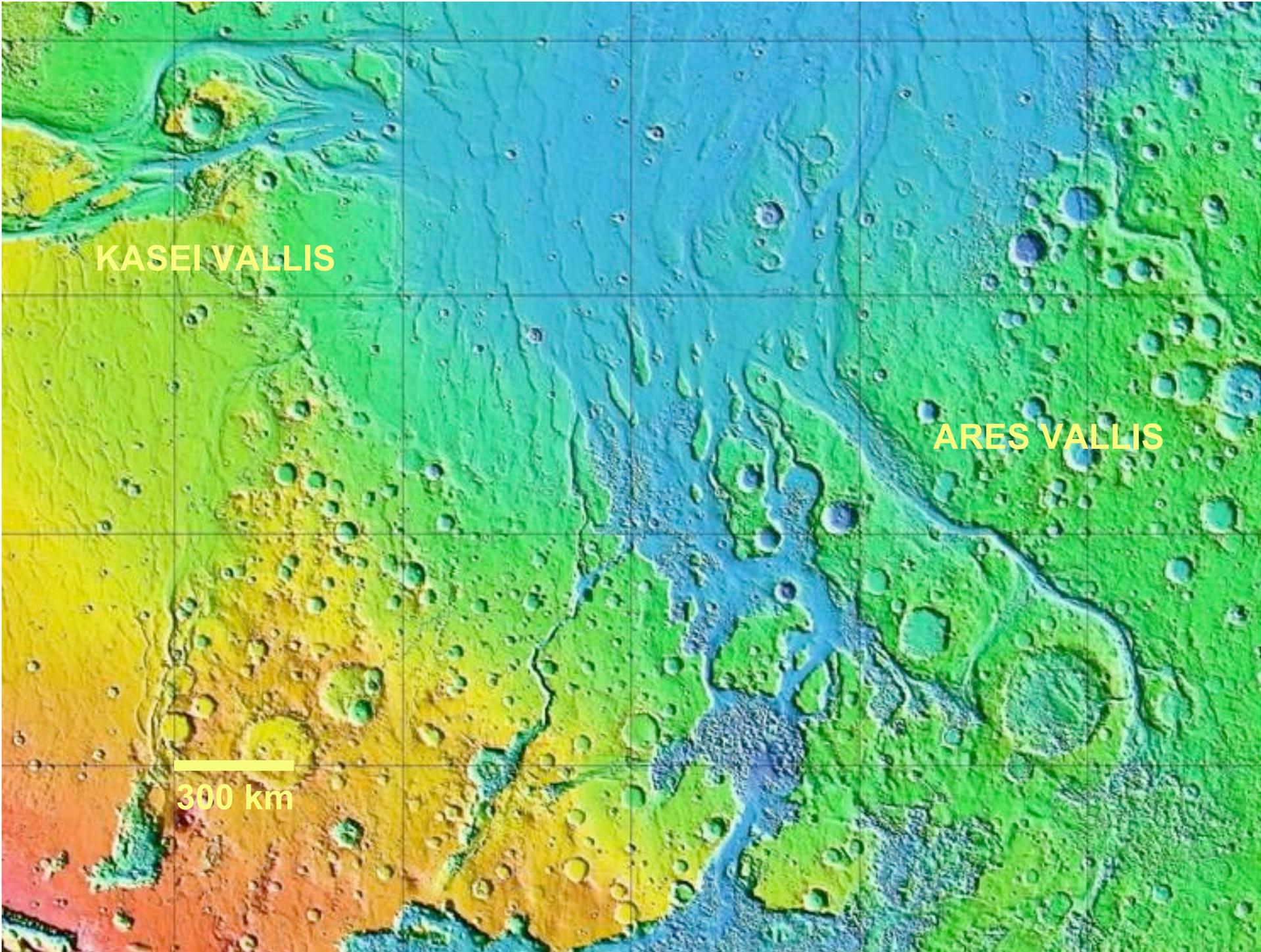


# Le pergélisol en Sibérie

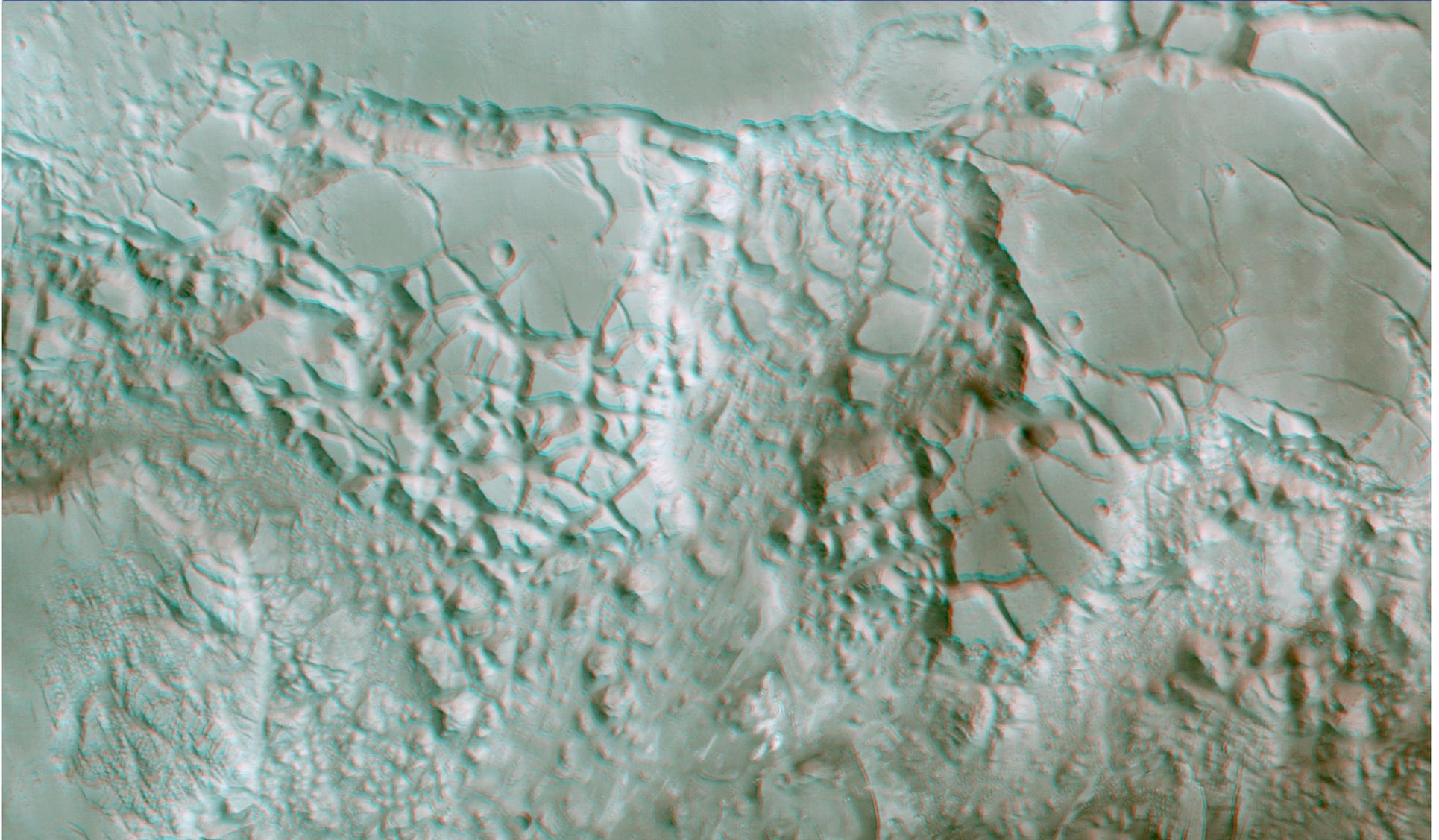


Utopia Planitia, MOC





# Aureum chaos



# Les terrains chaotiques

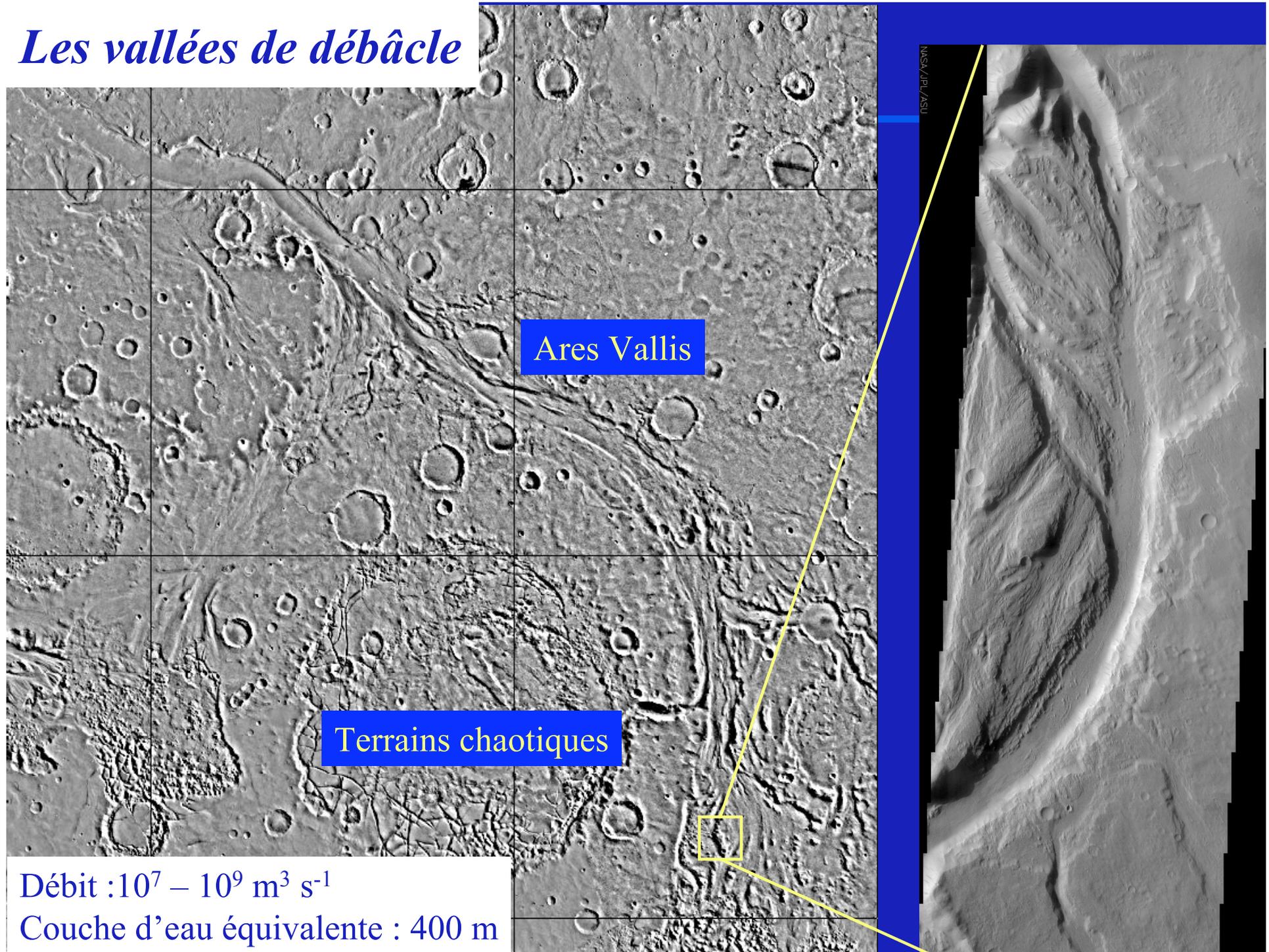


100



Couche d'eau équivalente: 40 m

# *Les vallées de débâcle*



Ares Vallis

Terrains chaotiques

Débit :  $10^7 - 10^9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$   
Couche d'eau équivalente : 400 m