

# LES VOLCANS DU SYSTÈME SOLAIRE



*L'éruption volcanique est le plus beau spectacle de la nature, le seul peut-être pour lequel on peut donner sa vie.*

*Maurice Krafft*

## ***Dossier pédagogique enseignant.***

Ce dossier pédagogique vous aidera :

- À préparer votre venue au planétarium
- À prolonger votre visite par d'autres activités
- À mieux connaître le sujet pour répondre aux questions que risquent de vous poser les élèves.



D'après le dossier de Jean-Marie CHOQUE  
du Club d'astronomie VEGA – OLLIOULES.

# QU'EST-CE QU'UN VOLCAN ?



Stromboli en Sicile

Le mot volcan est issu du dieu romain du feu Vulcain.

Un volcan est un relief terrestre, sous-marin, ou extraterrestre.

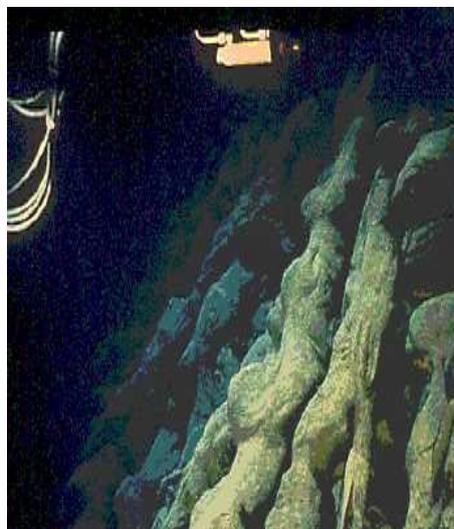
Le volcanisme, c'est l'ensemble des phénomènes associés aux volcans.

La volcanologie, c'est la science de l'étude, de l'observation des volcans.

Un volcanologue est un spécialiste de l'étude des volcans.



Mont St Helens  
(USA)



Coulée de lave d'un volcan  
sous marin

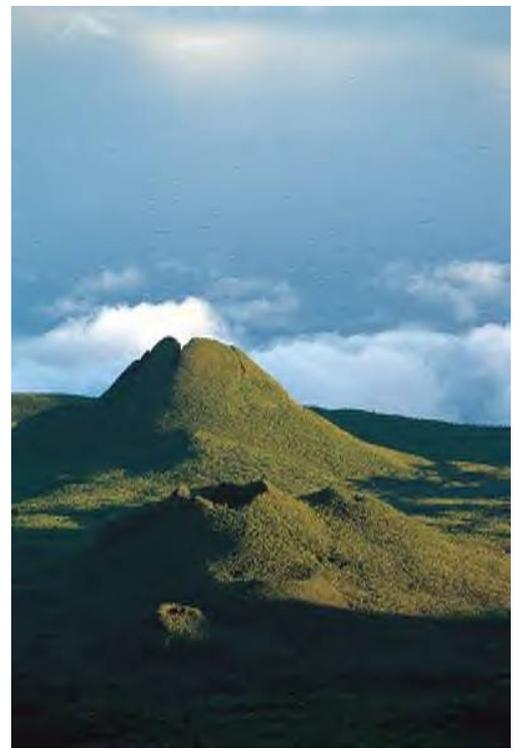


Apollinaris Patera  
(Mars)

Les volcans prennent généralement l'aspect d'une montagne conique surmontée d'un cratère ou d'une **caldeira**. Sur Terre, on compte environ 1 500 volcans actifs dont 60 environ en éruption par an.



*Volcan sous-marin par 2 600 m de fond.*



Les volcans sous marins sont les plus nombreux : environ 300 000.

Le volcanisme est l'un des principaux agents géologiques modelant la surface des planètes et des satellites solides : c'est aussi l'un des principaux témoins de l'activité interne de ces corps.

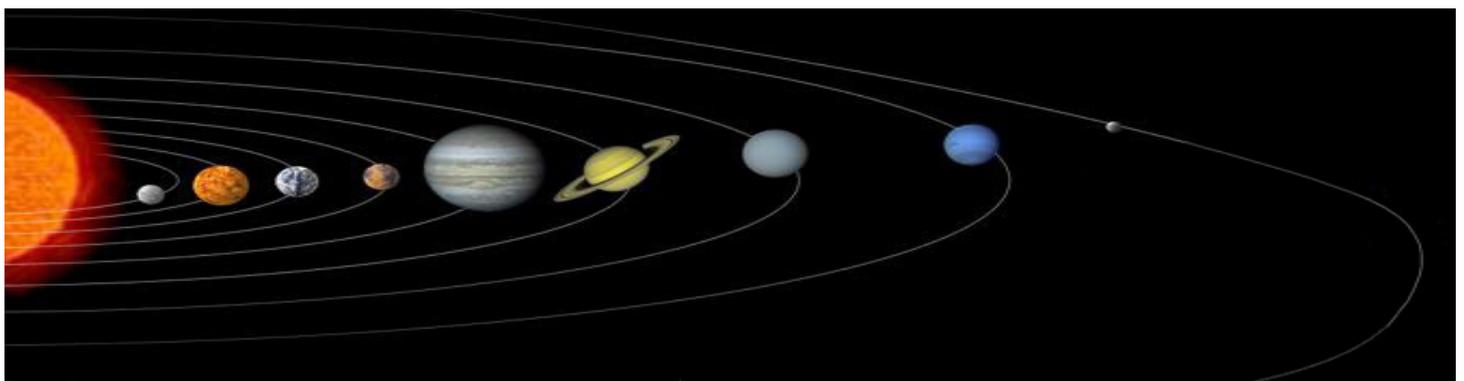
On pense qu'au début de l'histoire géologique de notre planète (4,6 milliards d'années) les nombreux volcans, par dégazage, ont contribué à la formation de l'atmosphère et par condensation, celle des océans.

### Composition moyenne des gaz:

H <sub>2</sub> O	Vapeur d'eau.....	50 à 90 %
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone.....	5 à 25 %
SO <sub>2</sub>	Dioxyde de soufre.....	3 à 25 %

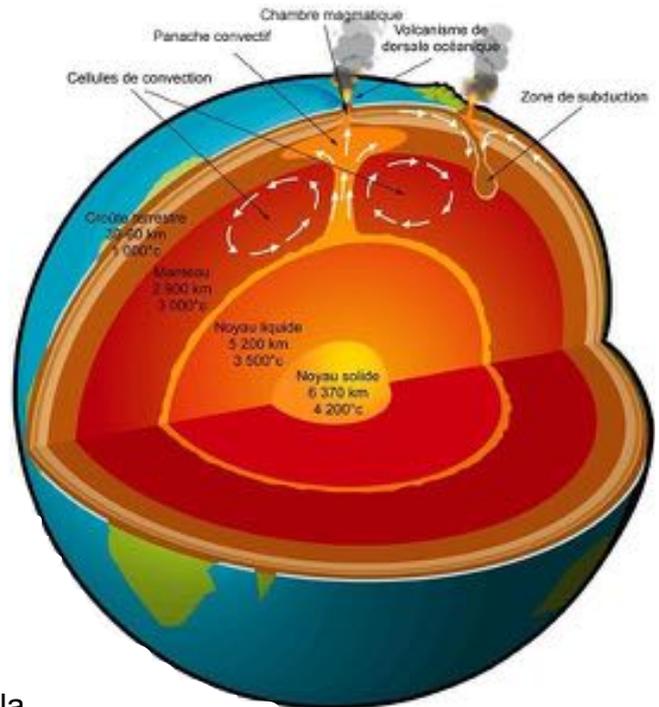
NB : il faut aussi prendre en considération l'apport d'eau des comètes.

On trouve des volcans sur les planètes telluriques et quelques satellites comme la Lune, Io, Titan, Encélade, Triton... Sont exclues les planètes gazeuses, les comètes, les astéroïdes, les objets de la ceinture de Kuiper.



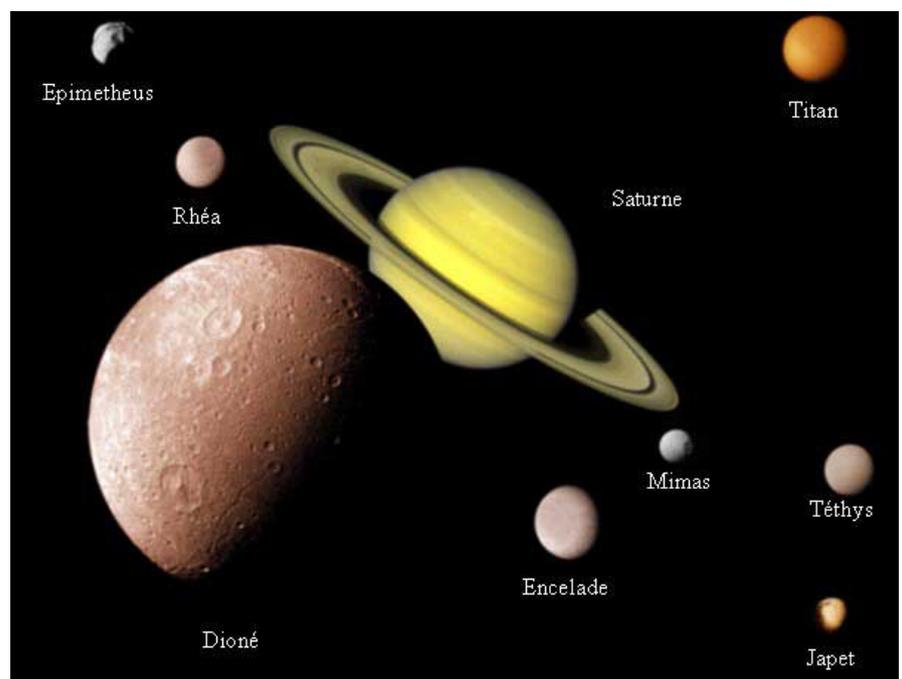
# LES DIFFÉRENTS TYPES DE VOLCANISME ACTIF

- Sur Terre, comme sur les autres planètes telluriques, les matériaux du centre de la planète subissent une pression importante et une température de plus de 4 000 °C. La chaleur est créée par la désintégration d'éléments radioactifs. (Thorium, Uranium) Ces matériaux en fusion montent dans les chambres magmatiques par courant de convection. Ce magma dans la chambre magmatique peut remonter en surface et donner naissance à des volcans, effusifs, explosifs, de type stromboliens ou à une caldeira.



- Sur Io, seule la proximité oppressante de Jupiter explique l'activité volcanique de Io comme malaxée par une main géante. En effet, Io ne subit pas en tout point la même action de la part de Jupiter, de plus cette action varie au cours du temps en raison de la perturbation de son orbite par Ganymède, autre lune de Jupiter. Ces différences tendent à déformer Io. Ces marées gravitationnelles font grimper sa température en générant une puissance suffisante pour attiser les éruptions. Estimée à  $10^{13}$  W, elle est au moins 100 fois supérieure à celle produite par la désintégration d'éléments radioactifs comme dans le cas des planètes telluriques.

- Sur Encelade, Titan, autour de Saturne et Triton, autour de Neptune, les marées gravitationnelles des planètes mères sont l'unique cause du volcanisme froid qui les anime.



# LES VOLCANS TERRESTRES

En activité, ils crachent des laves, des rochers, des pierres ponce, des cendres, des gaz, des fumées.



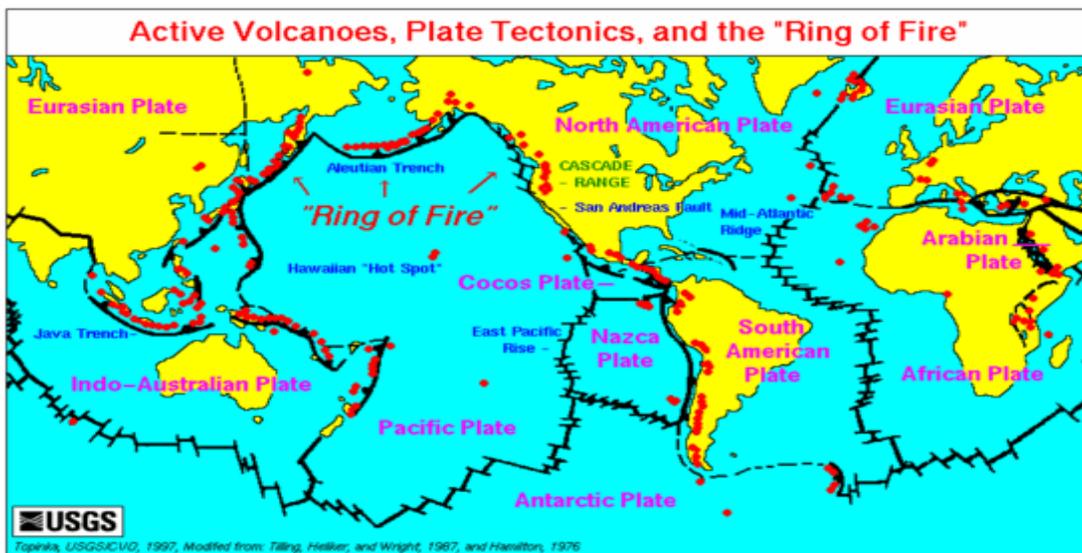
- Les volcans d'Italie



- Le Stromboli



- L'Etna vu de L'ISS.



L'activité volcanique terrestre se concentre le long des limites des plaques tectoniques, notamment sur la ceinture de feu.

*Ring of Fire*

En activité, les volcans sous-marins crachent des laves, des fumeroles chaudes à plus de 100 °C, chargées d'H<sub>2</sub>S où vivent des bactéries hyperthermophiles :

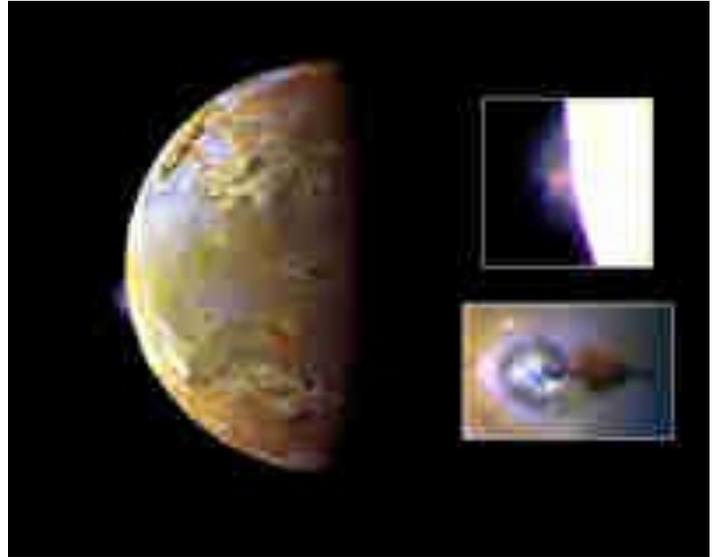
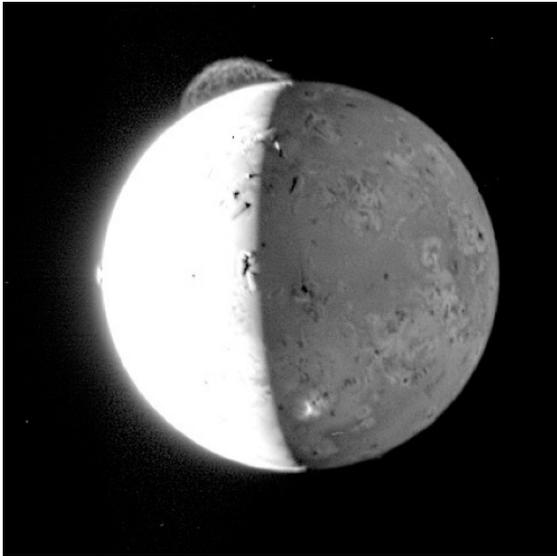


Les Pyrolobus Fumaris, Pyroditum Occultum... vivent par des températures de plus de 110 °C et des pressions de 250 bars.



# LE VOLCANISME ACTIF EXTRA-TERRESTRE

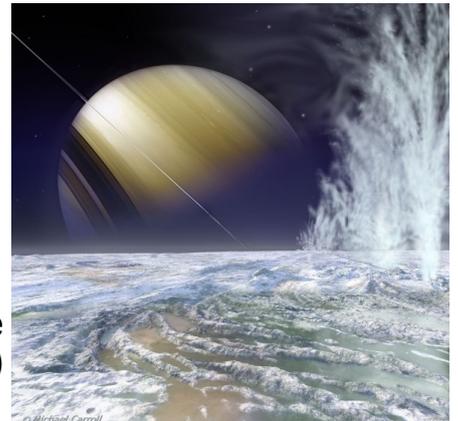
À la différence des volcans terrestres, les volcans sur Io rejettent des composés de soufre, très volatils, qui engendrent une grande vitesse d'éjection et une forte température.



## LE CRYOVOLCANISME

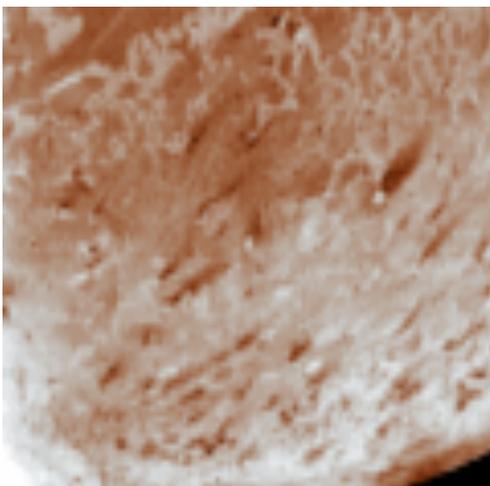
C'est une certitude scientifique : sur les lunes glacées de Saturne, Titan et Encelade, on constate un volcanisme froid : des geysers de mélanges de méthane, d'ammoniac, de glace d'eau et même d'azote liquide...

Geyser de glace sur Encelade  
(vue d'artiste)



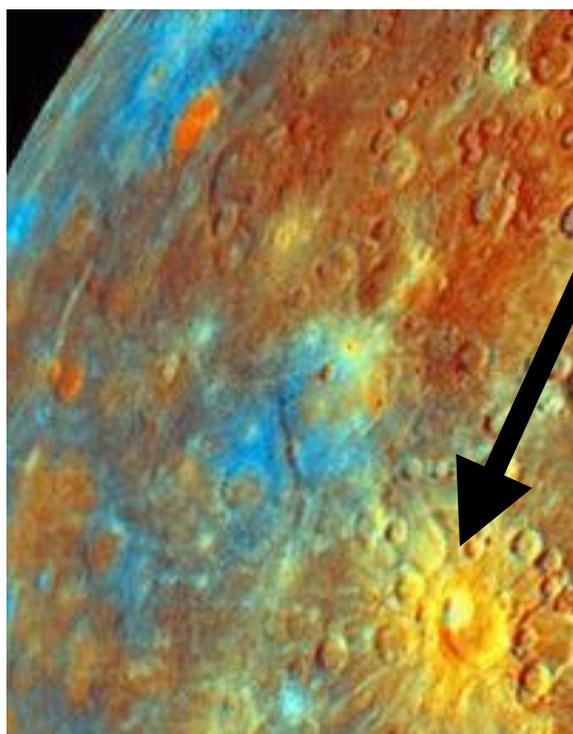
Autour de Neptune:

Panaches d'azote sur Triton vus par Voyager 2



# LE VOLCANISME PASSÉ DE MERCURE

La surface de Mercure est très mal connue: 3 survols en 1974/75 par la sonde Mariner 10 qui n'a pu cartographier que 40 % de la planète. L'exploration continue avec Messenger (NASA) qui vient de finir de finir sa mission.



Cratère de Kuiper et coulées de laves.

Le volcanisme passé de Mercure a été provoqué par l'impact de grosses météorites qui ont dû atteindre le manteau de roches internes, entrées en fusion sous l'impact.



Le cratère Zola (à gauche)

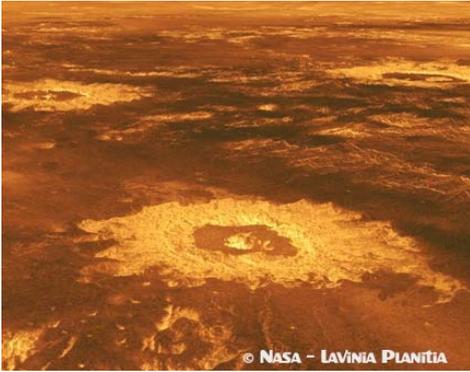
Cratères remplis par des épanchements de laves fluides.

Les remontées de manteau en fusion ont comblé les cratères et bassins d'impacts.



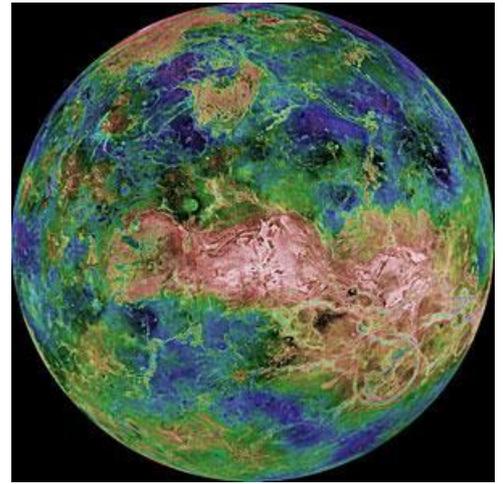
# LE VOLCANISME SUR VÉNIUS

La surface de Vénus est faite de laves solidifiées, cratères d'impacts et zones montagneuses. Elle présente un relief accidenté : un volcanisme lent et puissant en serait la cause. Des volcans existent ; ils ne sont plus en activité... Les géologues pensent qu'ils sont en sommeil depuis plusieurs millions d'années. Toutefois, la sonde Venus Express a fourni trois observations différentes qui pointent toutes en direction d'une activité volcanique toujours en cours sur Vénus.



© NASA - LAVINIA PLANITIA

Le volcanisme d'impact : il est créé par les météorites, les éjectas de laves s'étendent très loin car ils restent fluides à cause de la chaleur ambiante. Il n'y a pas de petit cratère d'impact (entre 2 et 5 km de diamètre) car les petites météorites n'atteignent jamais le sol vénusien. Elles sont brûlées dans l'atmosphère épaisse.

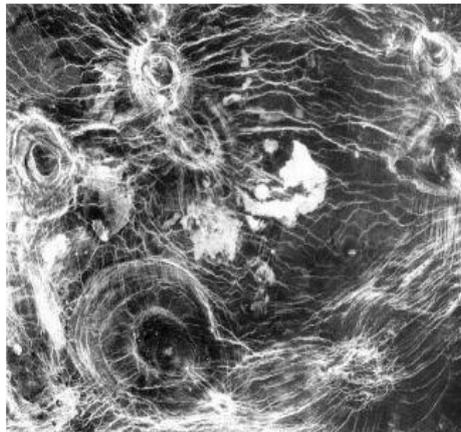


La surface de Vénus cartographiée au radar par la sonde Magellan.

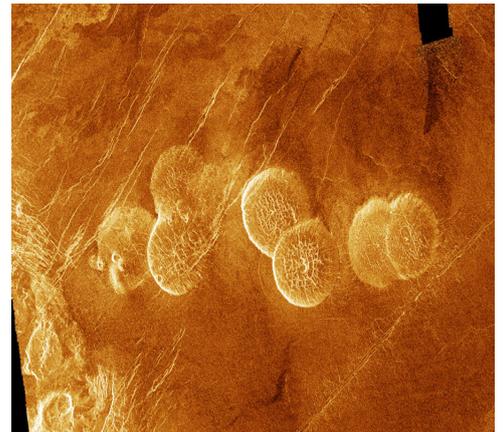
La montagne la plus haute atteint 11 800 m



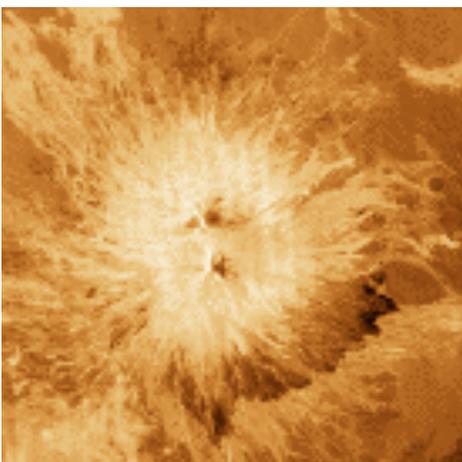
**LE CRATÈRE DICKINSON :**  
Cratère d'impact 70 km.



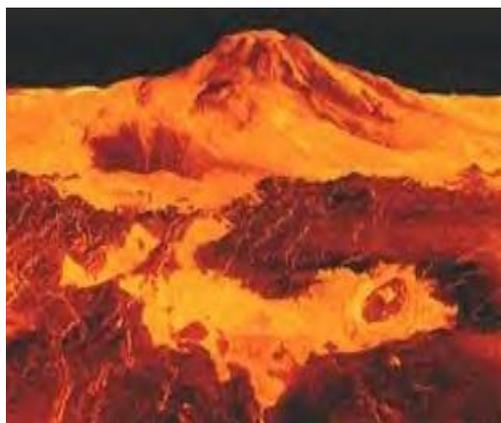
**LES ARACHNOÏDES :**  
Ce sont de vastes structures d'origine volcanique qui tiennent leurs noms de leur ressemblance avec des toiles d'araignées. Elles s'étendent sur près de 200 km et le processus de formation est inconnu.



**LES DÔMES VOLCANIQUES :**  
Appelés pancakes chacun mesure environ 25 km de diamètre et 750 m d'altitude : c'est un exemple de volcanisme effusif.

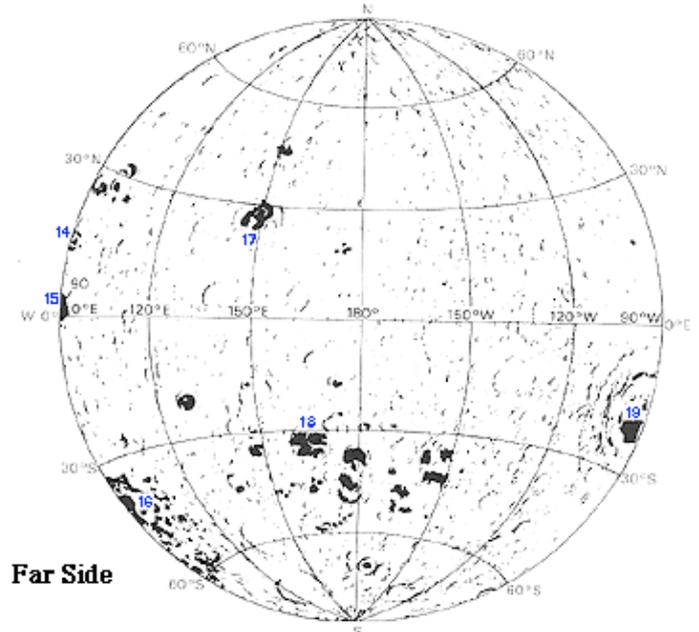
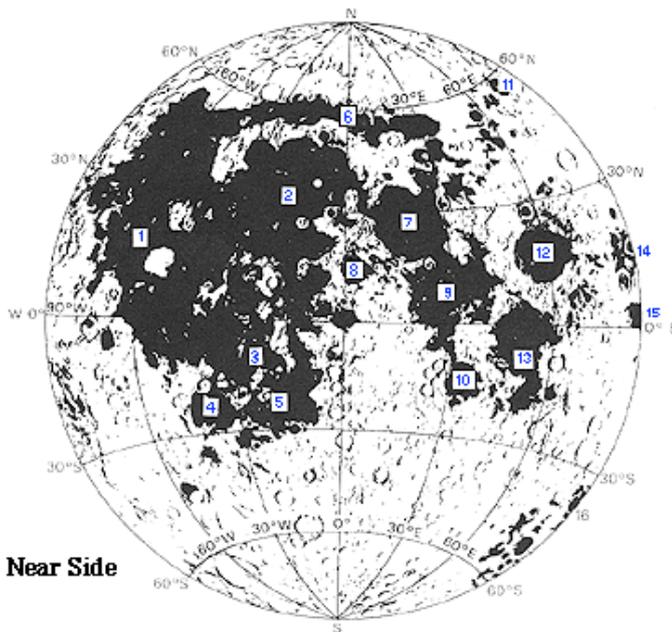


**LE VOLCAN SAPA MONS :**  
Diamètre 400 km, altitude 1 500 m env. Ses flancs sont recouverts d'innombrables coulées de lave qui semblent être sorties des pentes et non du sommet comme sur la Terre.



**MAAT MONS...**  
C'est l'un des milliers de volcans qui parsèment Vénus. Leur nombre varierait de 100 000 à 1 million... Près de 2 000 d'entre eux seraient de grande taille. Altitude 8 000 m. Grandes coulées de laves.

# LE VOLCANISME SUR LA LUNE



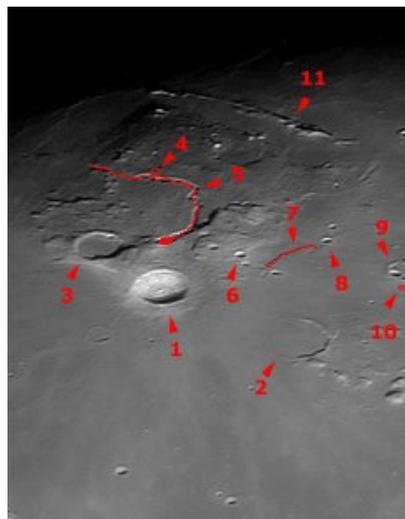
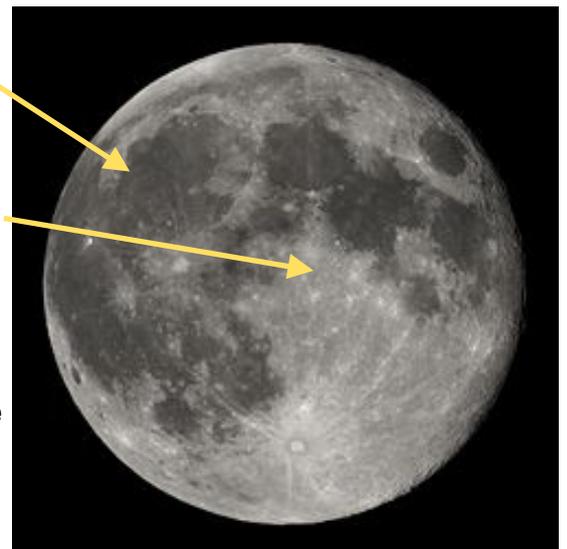
Le volcanisme sur la Lune s'est manifesté entre 3,2 et 3,8 milliards d'années. Toute activité aurait cessé il y a 3 milliards d'années. Les principaux signes de volcanisme sont les vastes plaines de lave qui ont rempli par affleurement les bassins d'impact pour former les mers lunaires. Elles recouvrent 1/3 de la face visible et 2 % de la face cachée. Ce type de volcanisme s'apparente à celui de Mercure.

**C'EST UN VOLCANISME PASSÉ** : Cependant certains ont observé des changements à la surface de la Lune :

Flammarion : 6 et 7 mai 1867 à gauche du cratère Aristarque  
 Hevelius et Herschel : 4 mai 1783, 20 avril 1787 dans le cratère d'Aristarque.

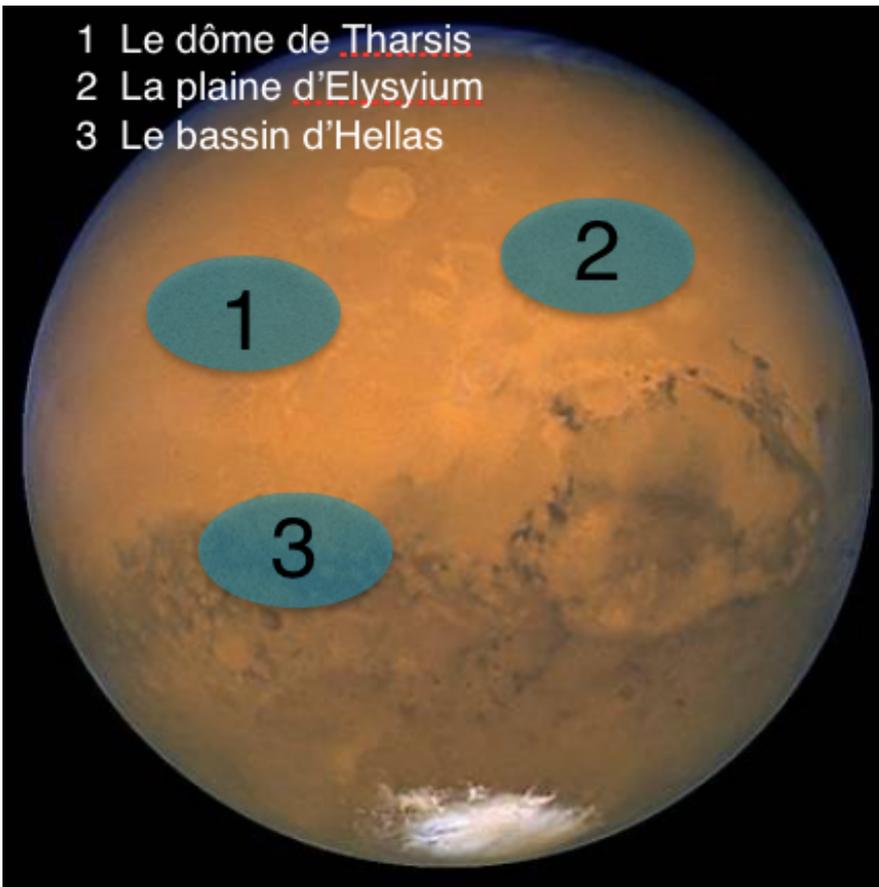
Schroeter 26 septembre 1788 dans les alpes lunaires  
 Gray 29 juillet 1887... même endroit

L'astronome russe Koryrev 3 novembre 1958 photographie une bouffée gazeuse (hydrogène et carbone) dans le cratère Alphonse au sud de Ptolemée.



La vallée de Schröter surnommée aussi la tête de cobra est le vestige d'une longue coulée de lave sur le sol lunaire.  
 longueur : 160 km  
 largeur : 6 à 10 km  
 profondeur : 1 km.

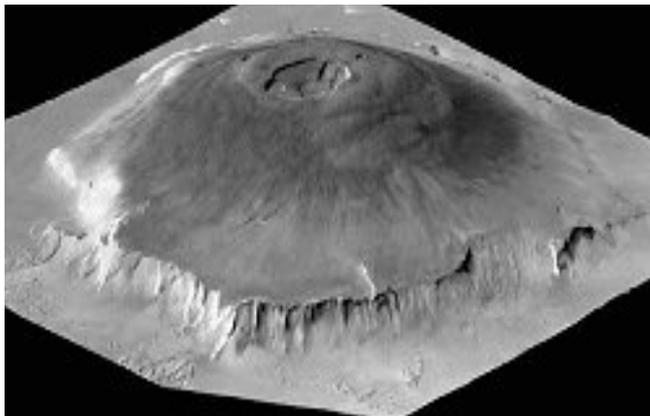
# LE VOLCANISME SUR MARS



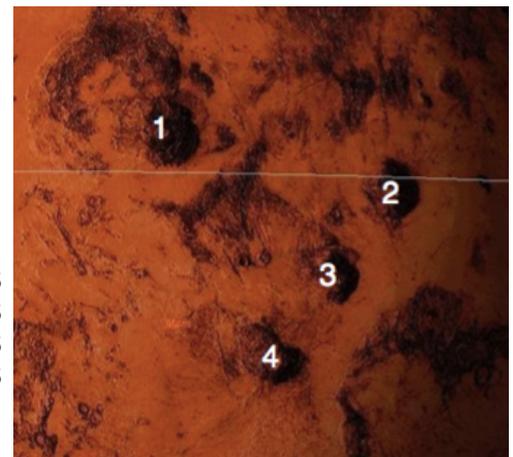
C'est un volcanisme passé... Mars a vraisemblablement connu une intense activité volcanique il y a plus de trois milliards d'années. Elle a cessé il y a quelques dizaines, peut-être une centaine de millions d'années. Trois régions de volcans, mais aussi des traces d'un volcanisme de plaine : coulées de laves fluides épanchées directement à partir de fissures. Le signe emblématique du volcanisme martien est la présence de volcans géants.

## LE DÔME DE THARSIS

On y trouve les édifices volcaniques les plus importants. C'est un vaste plateau de 5 500 km de diamètre et de 6 à 10 km de haut. Sur le dôme Tharsis on y trouve 4 volcans :



- 1 OLYMPUS MONS
- 2 ASCRAEUS MONS
- 3 PAVONIS MONS
- 4 ALBA MONS



### OLYMPUS MONS...

C'est le plus gros volcan du système solaire mais c'est aussi le plus haut avec ses 26 000 m d'altitude.

**26 km altitude !**

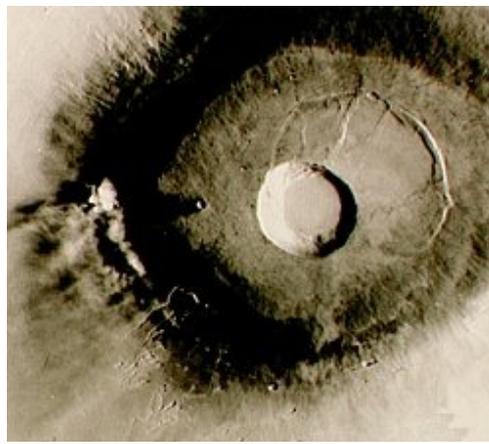
**Base 600 km, superficie 500 000 km<sup>2</sup> ses coulées de laves pourraient recouvrir la France...** (un autre volcan martien Alba Patera est cinq fois plus étendu)

On pourrait loger 50 Maura Loa à l'intérieur d'Olympus Mons... (le plus grand volcan terrestre Maura Loa a Hawaï: 10 km de haut depuis le fond de l'océan, aux 2/3 immergé 250 km de diamètre à sa base)





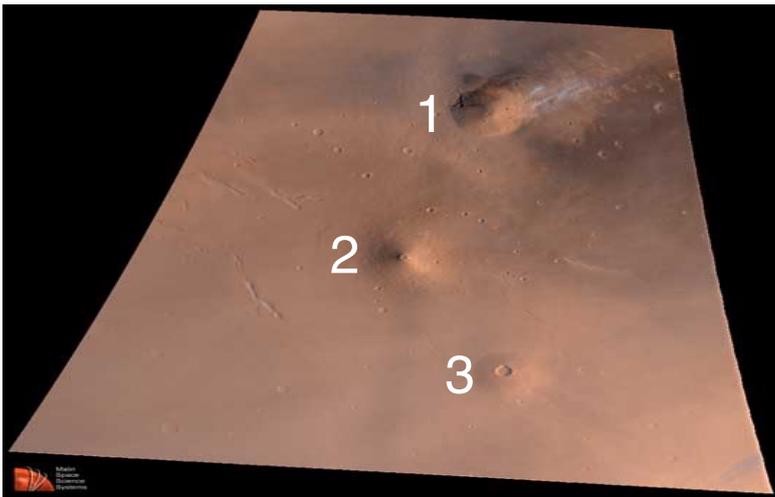
LA CALDEIRA D'OLYMPUS MONS



LA CALDEIRA DE PAVONIS MONS ALT 20 KM



LA CALDEIRA D'ARSIA MONS EST PLUS IMPORTANTE QUE CELLE D'OLYMPUS MONS...



### LA PLAINE D'ELYSIUM PLANETIA

C'est la deuxième zone volcanique la plus importante de Mars : 1 700 km à 2 400 km alt : 4 à 5 km.

On y trouve trois volcans :

- 1 Hecates Tholus
- 2 Elysium Tholus alt. 10 km / diam. 170 km.
- 3 Albor Tholus

### LE BASSIN D'HELLAS

On y trouve des petits volcans dont l'altitude varie de 5 à 7 km et leurs bases de 60 à 180 km.

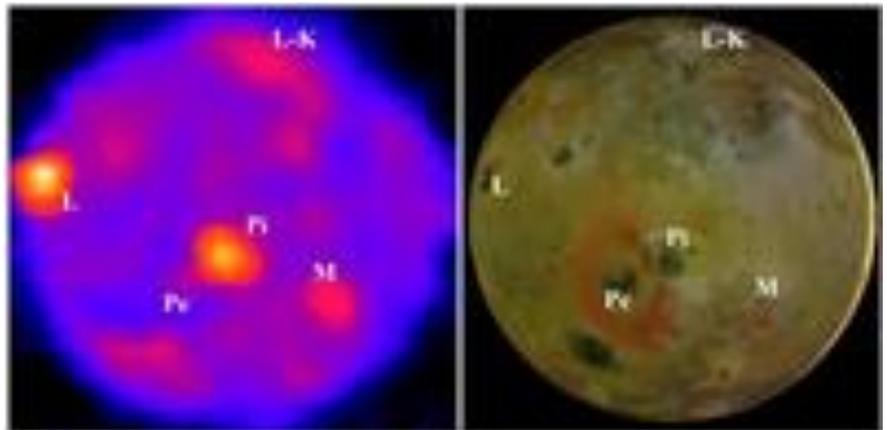


Blocs de laves sur Mars...  
Photo prise par Spirit.

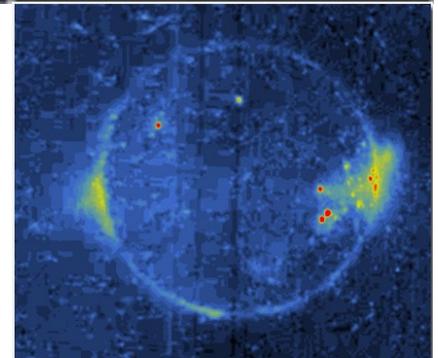


# LE VOLCANISME DU SYSTÈME JOVIEN

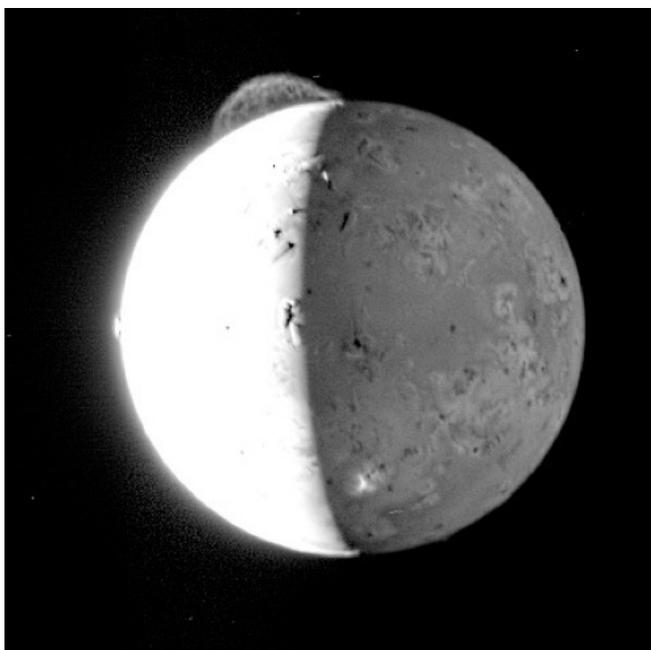
Jupiter, planète gazeuse, n'a pas de volcanisme. En 1979 la sonde Voyager 1 découvre l'étrange activité d'Io qui s'avérera le corps volcanique le plus actif du système solaire.



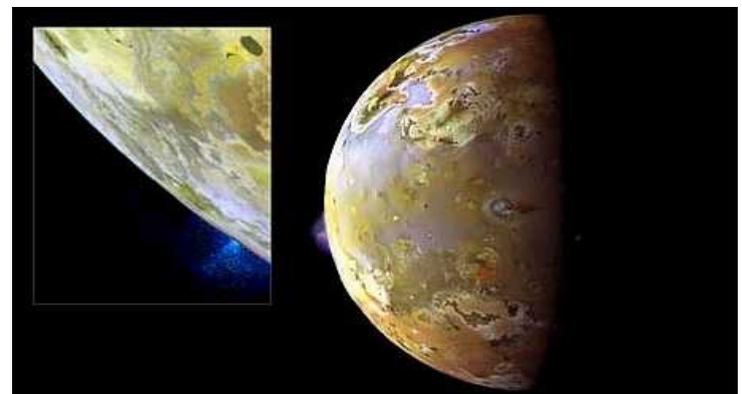
De +100 °C à 350 °C voire 1 000 °C par endroits. Les points chauds de Io vus la nuit par Galileo: plusieurs dizaines de zones où la température est positive.



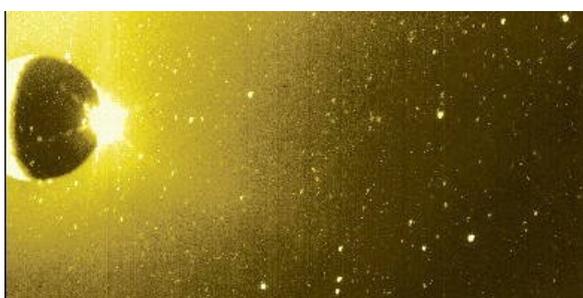
Le volcan Masubi



La surface de Io est constituée de terrains volcaniques jeunes (moins de 10 Ma) et est constellée de volcans actifs, entre 500 et 700. Leurs épanchements peuvent s'étendre jusqu'à 700 km de leur origine. Éruptions fréquentes? Grande fluidité de la lave? Les deux?



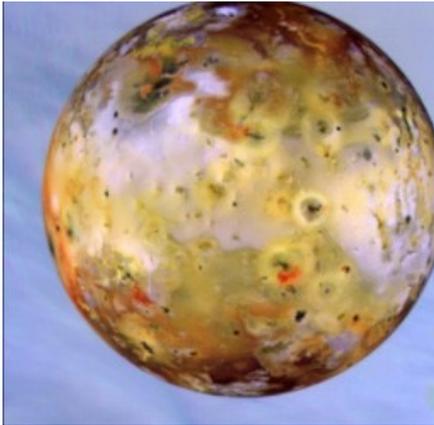
LE PANACHE DU VOLCAN PROMETHEE



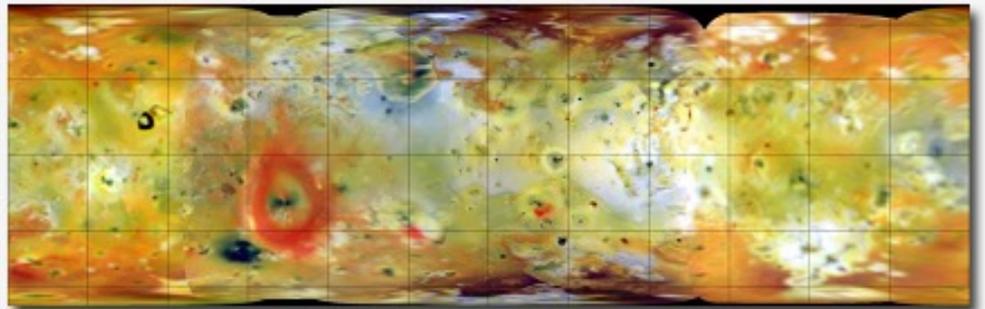
PANACHE D'ÉJECTION DU VOLCAN PELÉ

La hauteur estimée du panache est de 600 km. Les gaz expulsés ont une vitesse de 1 km/s soit 20 fois plus vite que les volcans sur Terre.

La surface piquée de hautes montagnes, tachetée de lacs de soufre est avec celle de la Terre, la plus changeante de tout le système solaire.

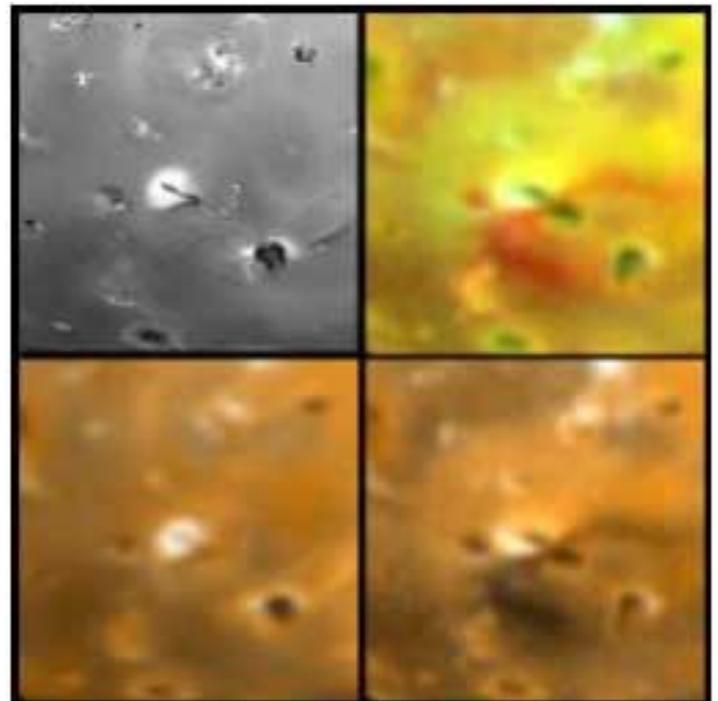


Les caldeiras occupent 5 % de la surface.

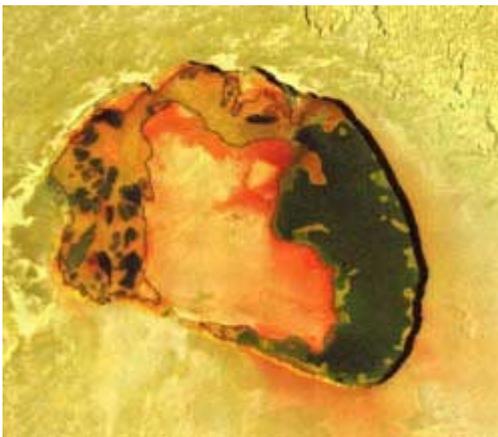


Une cartographie de la surface haute en couleurs !

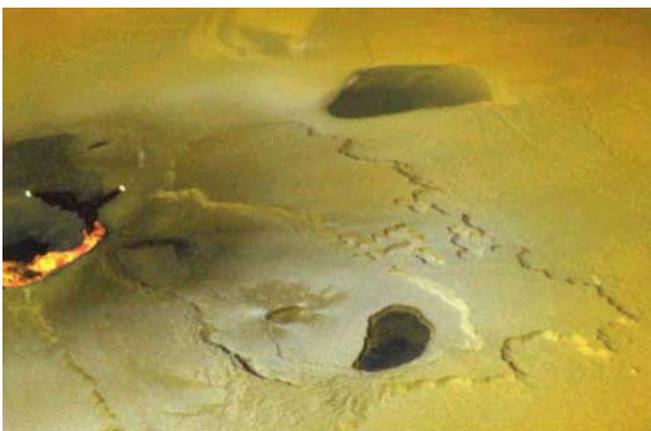
C'est la même zone de 900 km de côté qui a été photographiée par les sondes Voyager 1 et 2 ainsi que Galileo à des périodes différentes.



LA CALDEIRA DU VOLCAN TUPAN



CORDON DE LAVE  
Longueur de la coulée 60 km



Les couleurs du soufre :  
jaune à 113 °C  
orange à 150 °C  
rouge à 180 °C  
brun à 250 °C



## En résumé sur Io:

Chaque hoquet expulse 10 000 tonnes/s de matériaux. Ce sont cent milliards de tonnes/an qui recouvrent le sol du satellite d'un tapis de lave. 10 mètres d'épaisseur en un million d'années.

À cela il faut ajouter les coulées de laves dévalant des caldeiras... ce qui donne au bout du compte une couche impressionnante de 100 m d'épaisseur en un million d'années, de quoi effacer toute trace de météorite.

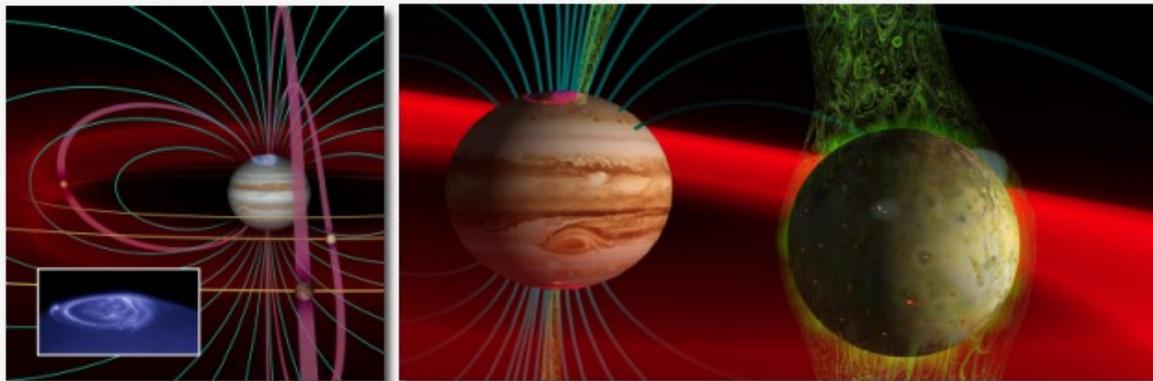
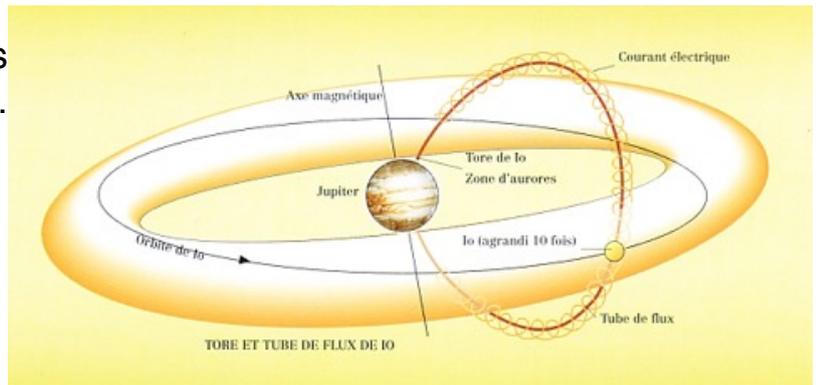
Cette activité volcanique est due aux marées gravitationnelles causées par Jupiter et les autres satellites galiléens.

L'énergie produite est colossale :  $10^{13}$  watts soit deux fois plus de chaleur qui est fabriquée sur la terre.

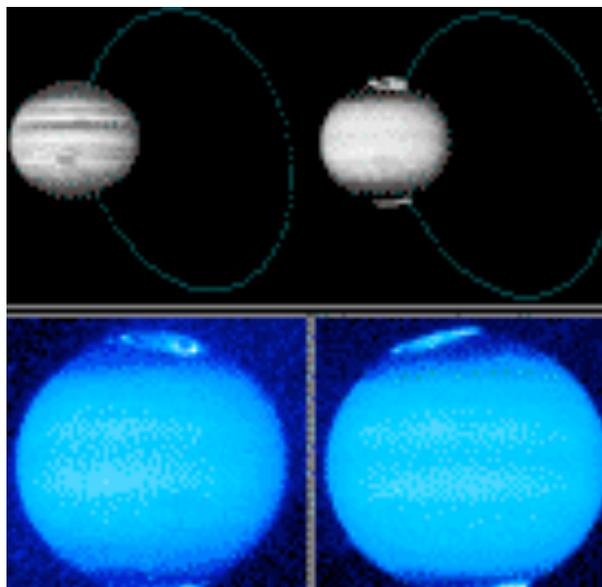
## LES VOLCANS DE IO AGISSENT SUR JUPITER

Le tore de particules provenant des volcans de Io.

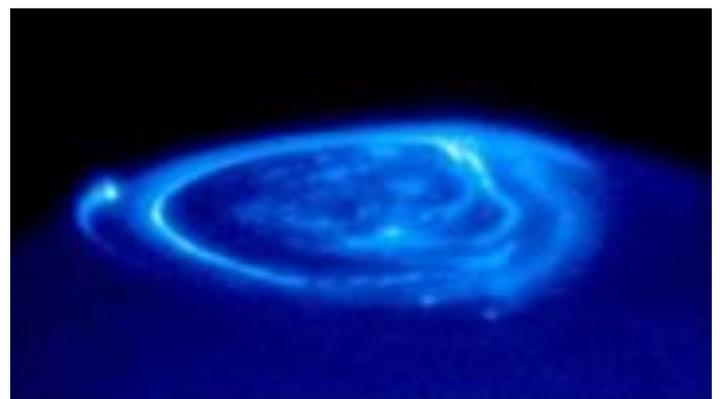
Les atomes des volcans de Io alimentent la magnétosphère de Jupiter.



Le tore de Io, projetant la matière aux pôles magnétiques de Jupiter

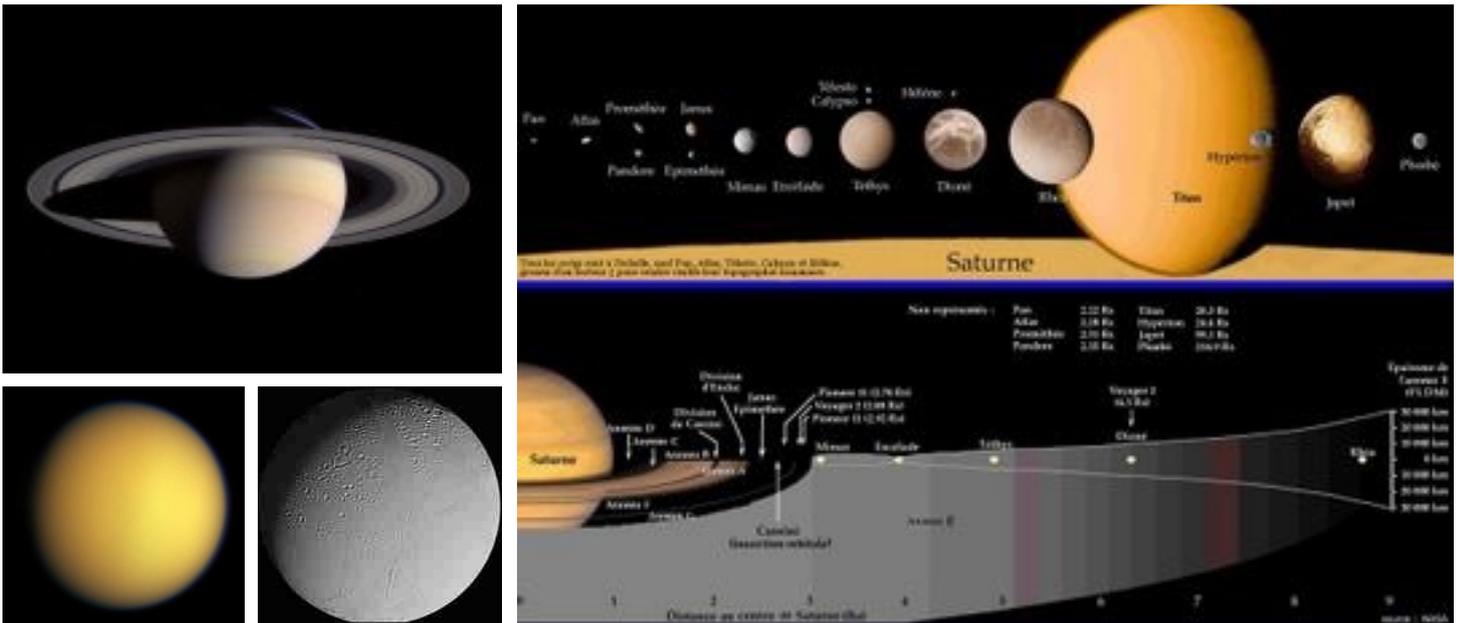


Les aurores boréales et/ou australes ont pour origine les particules éjectées par les volcans de Io captées par l'immense champ magnétique de Jupiter.



# LE VOLCANISME SUR LES MONDES DE GLACES

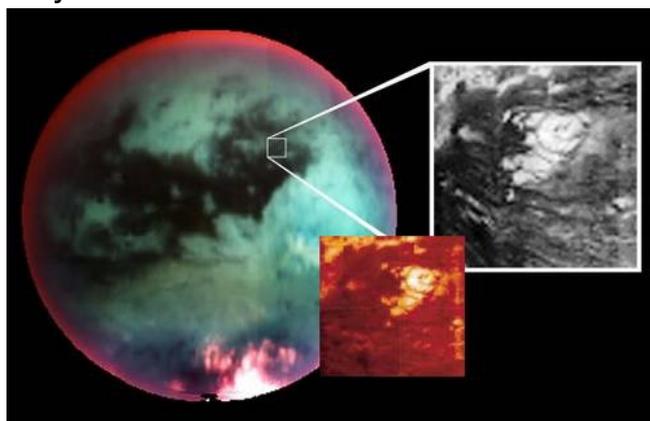
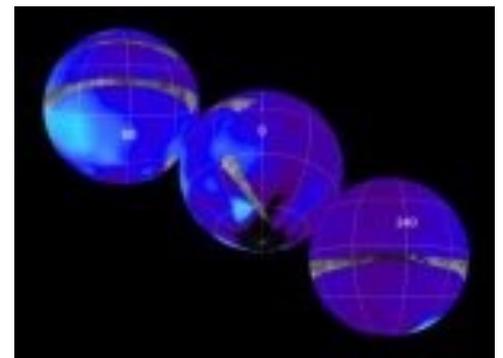
(Titan et Encelade satellites de Saturne - Triton satellite de Neptune)



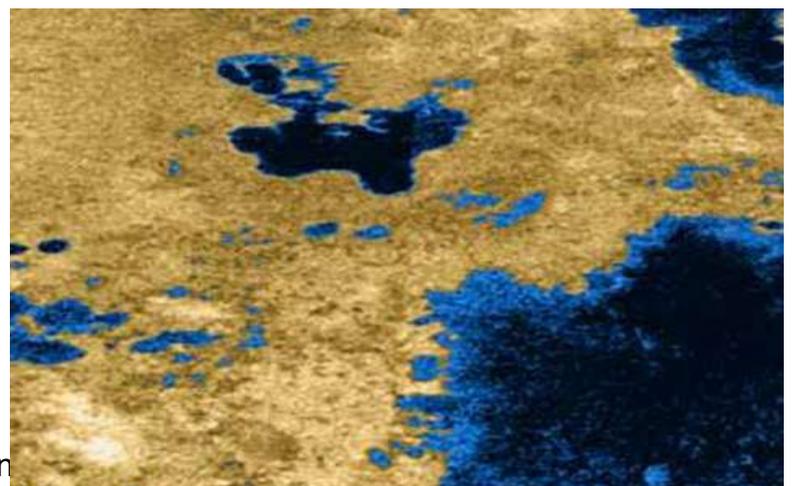
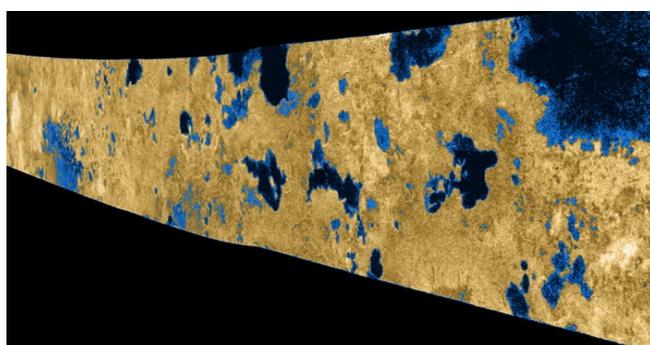
Saturne : 48 satellites dont TITAN 5 150 km, -180 °C et ENCELADE 500 km, -200 °C

## LE CRYOVOLCANISME SUR TITAN

La surface glacée de Titan semble être le lieu d'un cryovolcanisme lié à l'énergie interne du satellite. La radioactivité du cœur entretient la chaleur à laquelle s'ajoutent les effets des marées gravitationnelles de Saturne. Ces volcans de glace pourraient être à l'origine du méthane atmosphérique de Titan en crachant du CH<sub>4</sub> enfoui sous forme liquide ou solide sous la surface. La glace de surface est composée d'eau, d'ammoniaque et d'hydrocarbures.



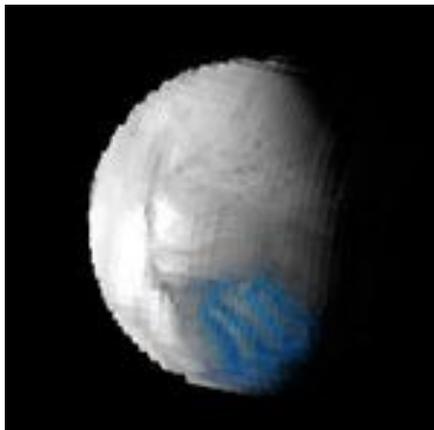
Dans l'infra-rouge Cassini a révélé cette formation nommée Ganessa Macula qui serait un dôme cryovolcanique éjectant glace d'eau, ammoniac et méthane. Cassini a révélé à ce jour l'existence de 75 lacs de CH<sub>4</sub> liquide.



# LE CRYOVOLCANISME SUR ENCELADE



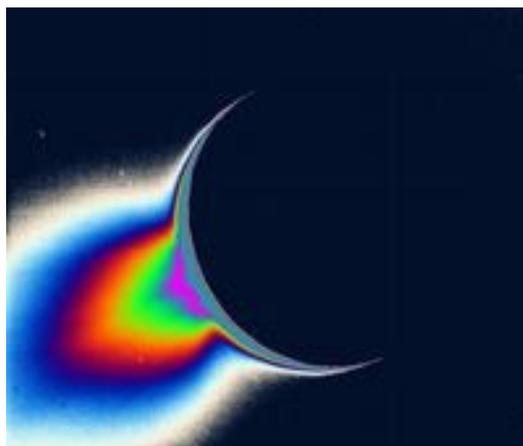
Geysers de glace (vue d'artiste)



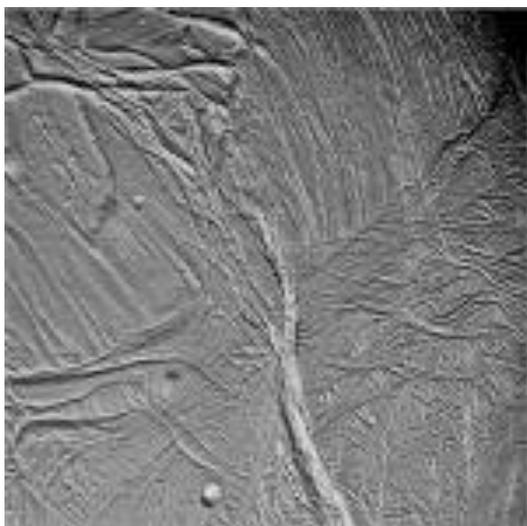
Zones de glace au pôle Sud



Le cryovolcanisme d'Encelade est provoqué par les mêmes phénomènes que ceux qui activent celui de Titan mais ce sont des jets d'eau qui jaillissent et qui sont immédiatement transformés en glace. Ce phénomène s'observe au pôle Sud. Il entretient l'atmosphère très ténue d'Encelade mais aussi l'anneau E de Saturne.

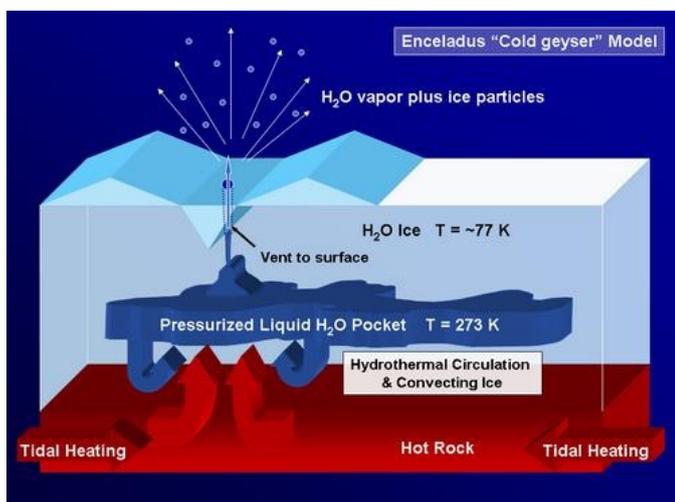


## Les griffes du tigre :

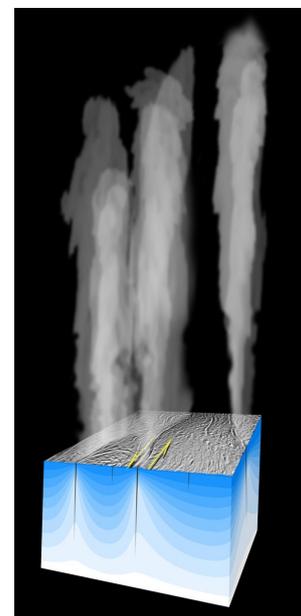


Zone du pôle Sud d'Encelade parsemée de fissures par lesquelles s'échappent ces fameux geysers. Ils ont été découverts lors d'un survol de ce satellite par la sonde Cassini à 175 km du sol en 2005. Dimensions des fissures : 130 km de long, 2 km de large, 500 m de profondeur. Ces geysers jaillissent et montent jusqu'à 500 km d'altitude. Ils alimentent aussi l'atmosphère très ténue d'Encelade et l'anneau E de Saturne.

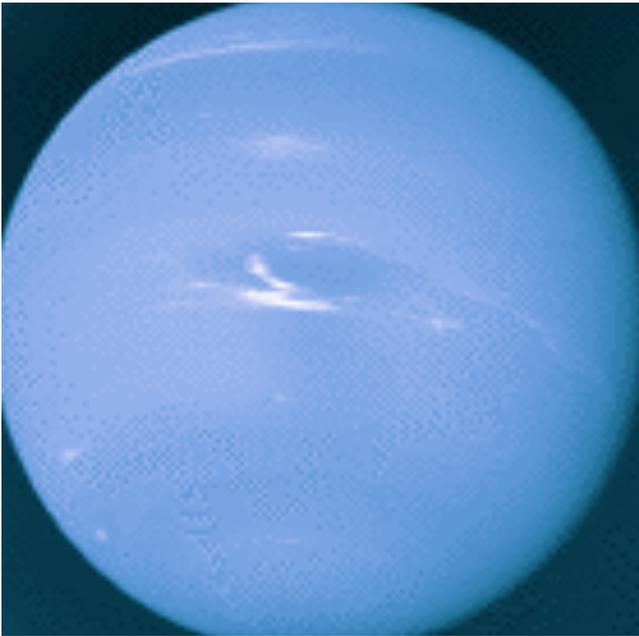
## THÉORIE DES GEYSERS D'ENCELADE



Les douches glacées d'Encelade simulées par ordinateur : les forces de marées plus la chaleur interne créent des forces de frottement qui suffisent à expliquer les geysers qui jaillissent quand les fissures s'écartent les unes des autres.



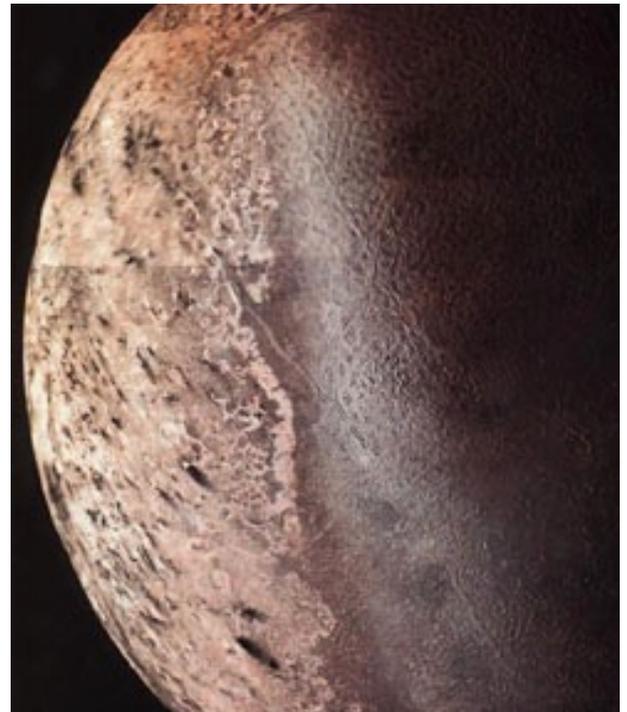
# NEPTUNE ET TRITON



## LE CRYOVOLCANISME DE TRITON

température  $-235\text{ °C}$  diamètre 2 700 km.  
Le plus gros satellite de Neptune tourne en sens rétrograde de sa planète sur laquelle il devrait s'écraser d'ici 10 à 100 millions d'années. Il présente une activité tellurique. Sa surface est recouverte de glace d'azote. des geysers d'azote gazeux s'échappent des failles de la surface.

En 1989 la sonde Voyager 2 a révélé la présence d'un nuage atmosphérique issu d'un volcan. Celui-ci éjecterait un mélange composé d'azote avec des traces de poussières et de dérivés de méthane dont le panache surplomberait Triton à 8 km d'altitude.



## Ailleurs, les scientifiques supposent un volcanisme de type cryogénique

Sur Ganymède et Europe, satellites de Jupiter. (sondes Voyager et Galileo)

Sur Japet et Rhéa, autres satellites de Saturne (après le dernier survol de Cassini)

Sur Ariel, satellite d'Uranus (Voyager)

Quant à Pluton ... il faudra attendre l'arrivée de la sonde New Horizons en 2015 pour avoir confirmation...