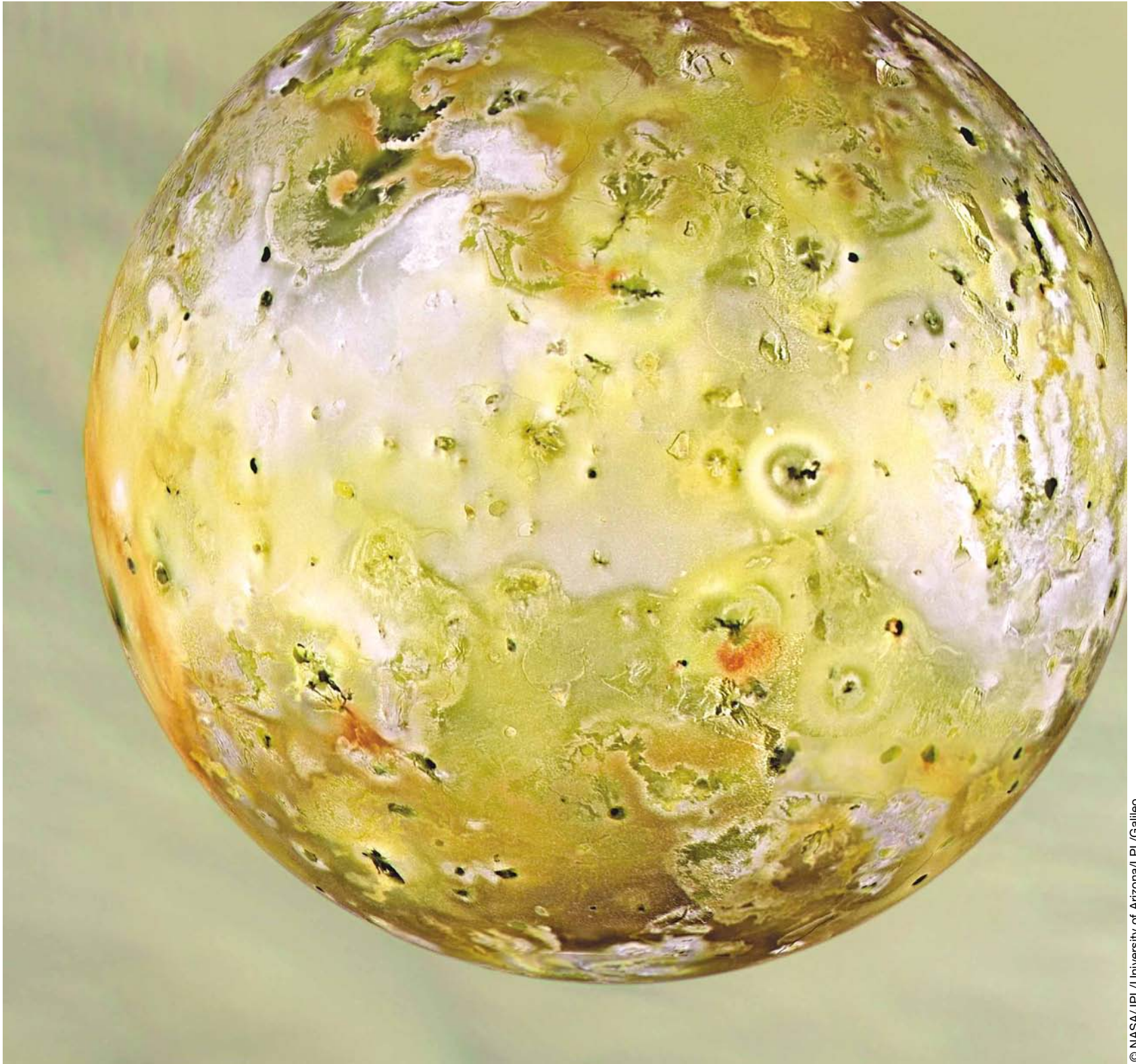


Guillaume Cannat  
Didier Jamet

Jupiter  
et  
Saturne  
en direct

EYROLLES





© NASA/JPL/University of Arizona/PL/Galileo

# Io, le monde soufre

S

Si Io était le seul satellite naturel de Jupiter, sa surface, comme celle de bien d'autres corps de ce type, nous rappellerait probablement celle de la Lune : grise, criblée de cratères d'impacts météoritiques et pratiquement figée. Le portrait ci-contre, qui donne à voir les couleurs véritables de cet astre sur fond de nuages joviens, prouve que la Nature ne manque jamais d'imagination. Il lui a suffi d'ajouter deux lunes massives – Europe et Ganymède – à proximité de Io pour transformer son destin écrit d'avance.

À 422 000 km de Jupiter, Io suivrait, en effet, une orbite parfaitement circulaire et stable si Europe et Ganymède ne venaient régulièrement la perturber. Malgré leur masse incomparablement plus faible que celle de leur planète, ces deux lunes parviennent à attirer très légèrement leur compagne lorsqu'elle passe à leur proximité – tous les 2,3 jours environ pour Ganymède et tous les 3,5 jours environ pour Europe. Tiré gravitationnellement à hue et à dia, Io oscille en permanence autour de son orbite circulaire théorique. Déformées, malaxées, ses régions internes subissent inlassablement des forces de marées colossales, suffisantes pour échauffer et faire fondre une partie de sa matière et engendrer ainsi une activité volcanique permanente.

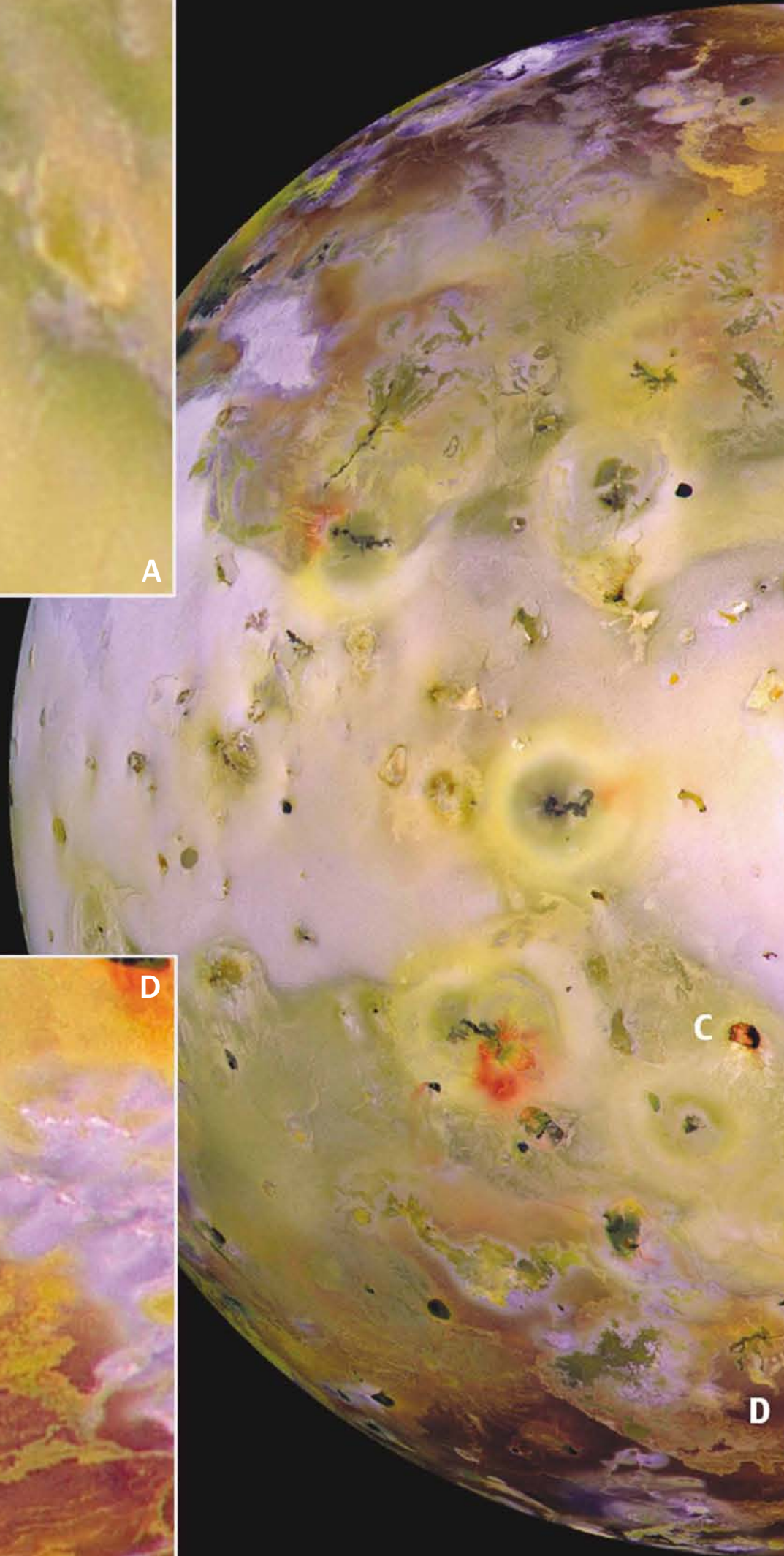
Des panaches de gaz et de poussières projetés à plus de 300 km d'altitude, des lacs de lave permanents de plusieurs dizaines de kilomètres de diamètre, des morceaux de croûte cassés et basculés, formant parfois des montagnes de plus de 10 000 m de hauteur, tel est le quotidien d'un corps à peine plus grand que la Lune – 3 642 km de diamètre contre 3 476 km – et qui n'en finit pas de surprendre les scientifiques !



A

Obtenu par la sonde Galileo, cette mosaïque de Io a été traitée pour accentuer les différences de colorations de sa surface. Celle-ci est essentiellement recouverte de givre de dioxyde de soufre (blanc violet) et de soufre. Selon sa température, ce dernier peut afficher une large gamme de couleurs, du jaune au noir, en passant par l'orange, le rouge ou le brun. D'innombrables caldeiras apparaissent en noir. Les anneaux jaunes, orangés ou rouges, que l'on distingue parfois, proviennent des panaches de gaz et de poussières qui accompagnent leur activité. Des dépôts verdâtres et des coulées de laves rouges ou brunes sont également visibles.

© NASA/JPL/University of Arizona/PIRL/Galileo

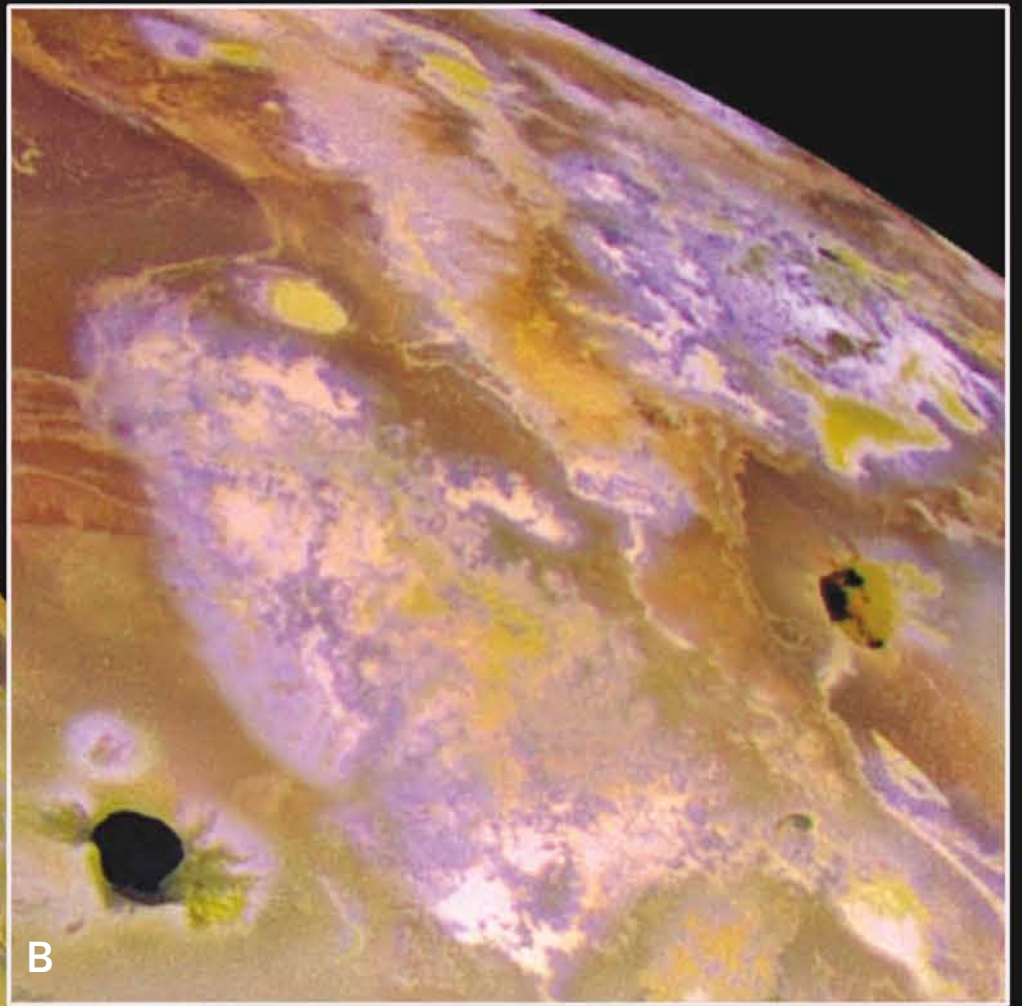
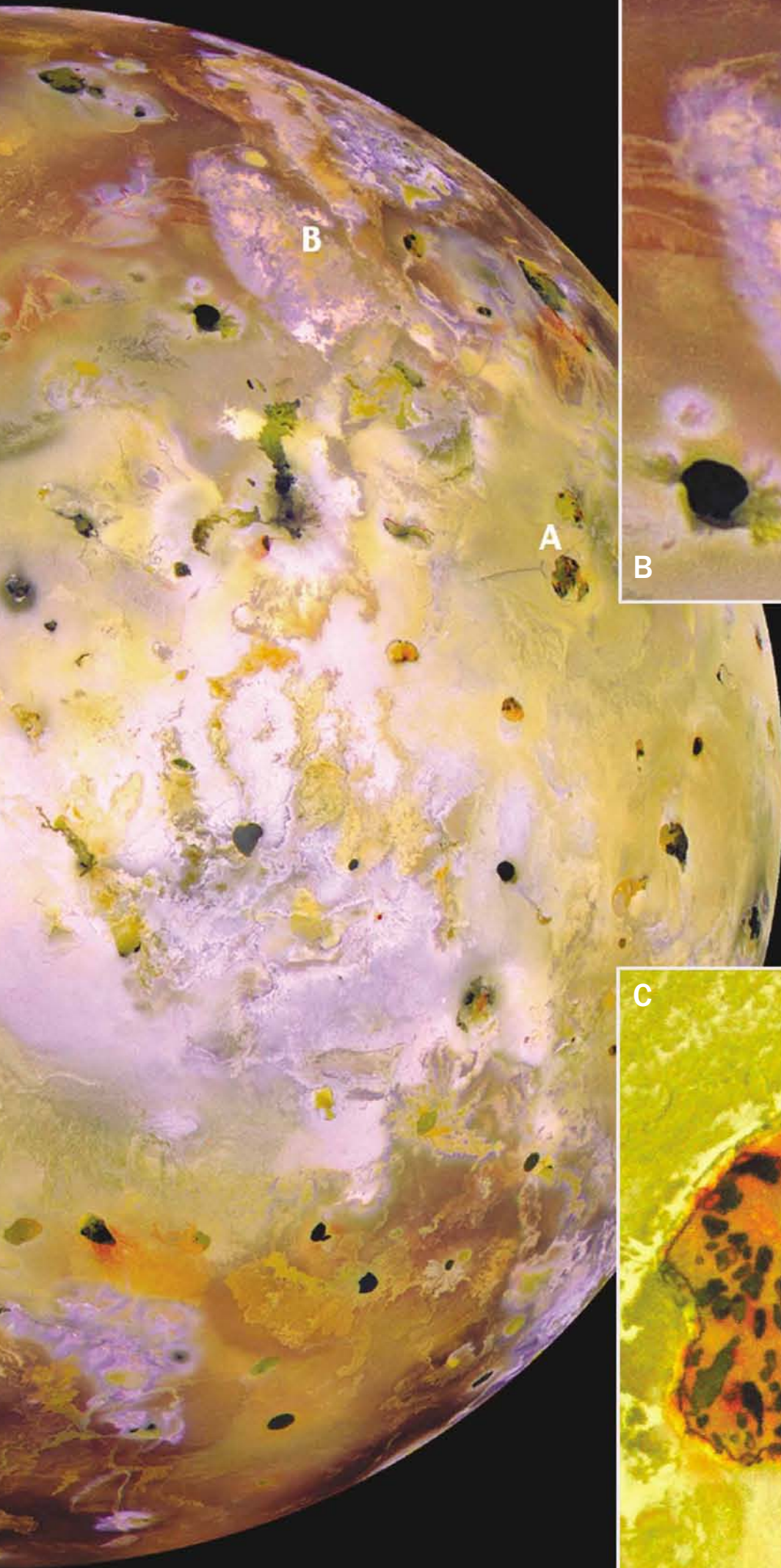


C

D



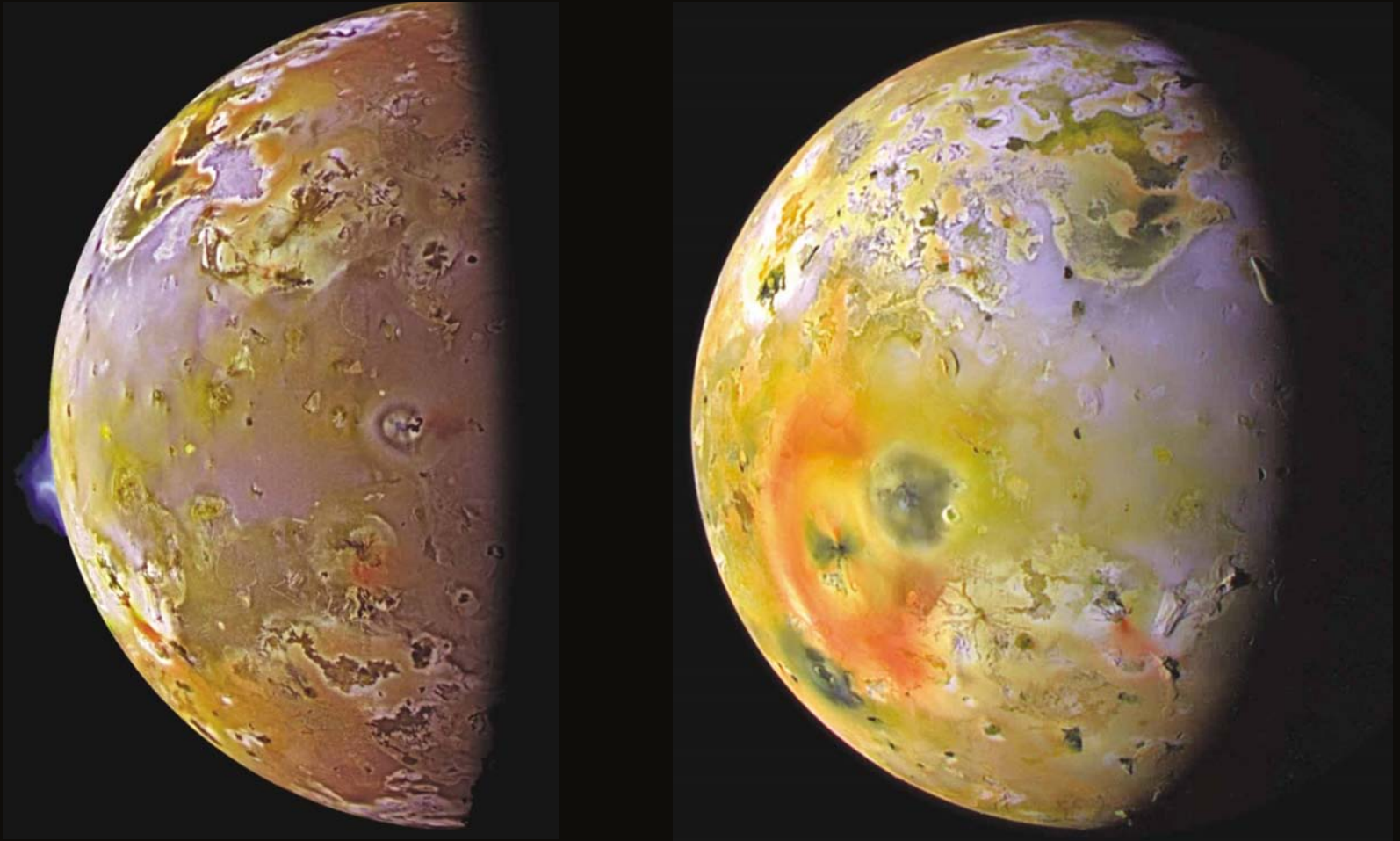
D



Les caldeiras de Gish Bar (A) – 115 km de diamètre – et de Tupan (C) – 75 km – abritent des lacs de soufre liquide à plus de 300 °C, température à laquelle le soufre est brun foncé ou noir. Au cœur de ces étendues infernales, des îlots fragmentés couverts de dépôts de soufre, d'autant plus clairs qu'ils sont épais et donc anciens, surnagent. L'image de la caldeira de Tupan (C) permet de détailler le processus en cours. Le blanc et le violet visibles au nord-est de Dusura Patera (B) révèlent de vastes étendues de givre de dioxyde de soufre, à - 170 °C. On trouve aussi des traces de givre dans Bactria Regio (D), accompagnées de coulées d'un beau jaune paille, qui pourraient être constituées de soufre pur.

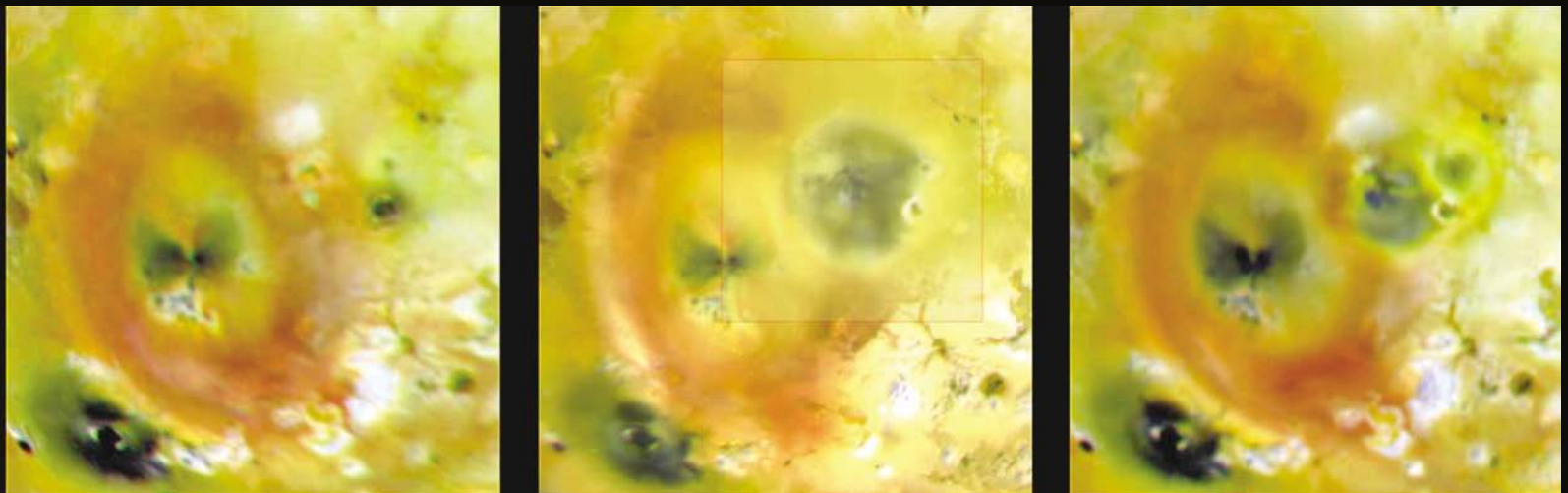
© NASA/JPL/University of Arizona/PIRL/Galileo

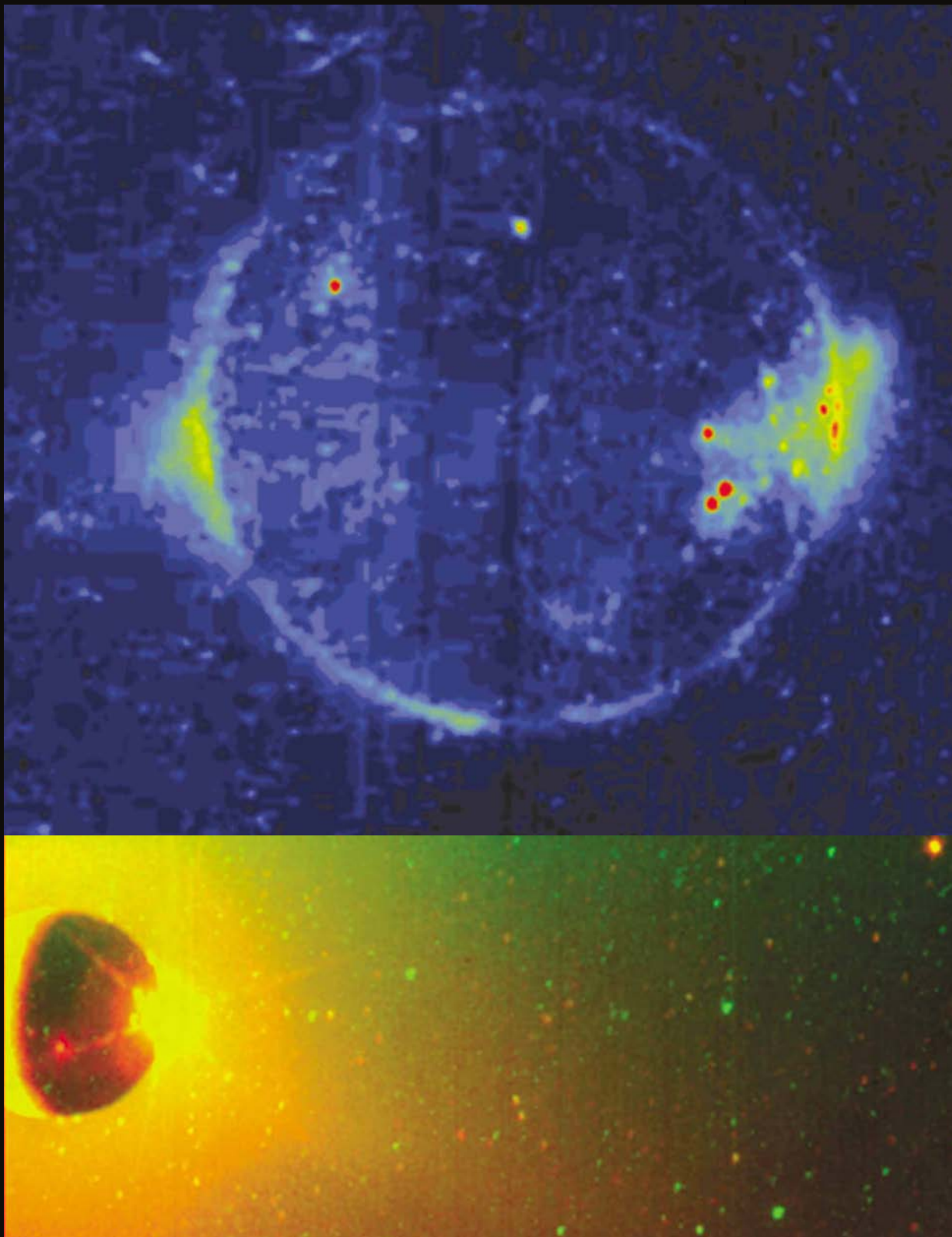




Sur Terre, les grandes éruptions volcaniques propulsent des panaches de gaz et de poussières à plusieurs milliers de mètres d'altitude, panaches que les vents font disparaître en les diluant progressivement dans l'atmosphère. Io étant pratiquement dépourvu d'atmosphère, les matériaux se comportent comme des myriades d'infimes projectiles et suivent des trajectoires balistiques qui les font redescendre généralement vers le sol à quelques dizaines ou quelques centaines de kilomètres de leur point d'émission. La force d'attraction de ce corps étant 5,5 fois plus faible que celle de notre planète, et les éruptions étant suffisamment violentes pour donner aux projections une vitesse initiale de 0,5 à 1 km/s, celles-ci peuvent s'élever à des centaines de kilomètres d'altitude avant de retomber en ombrelles. Sur l'image en haut à gauche, prise le 28 juin 1997, un panache de 140 km de hauteur est visible sur le limbe au-dessus du volcan Pillan Patera ; un autre apparaît comme une couronne grise autour du volcan Prométhée, au centre du disque. Ci-dessus à droite, l'anneau de dépôts rougeâtres créé par le panache de 300 km d'altitude qui domine le volcan Pelé depuis des années est tronqué par l'éruption du Pillan Patera. Les trois images ci-dessous résument l'évolution de cette région sur une période de vingt-cinq mois. Au centre, en septembre 1997, les dépôts du panache de Pelé, qui étaient complets cinq mois plus tôt – le document de gauche date d'avril 1997 –, sont partiellement recouverts par les matériaux, plus sombres, éparpillés par son voisin ; un carré de 700 km de côté à la même échelle souligne l'ampleur de ces phénomènes. À droite, en juillet 1999, l'activité de Pelé efface progressivement les traces du Pillan Patera, tandis qu'une brève éruption du petit volcan Kami-nari Patera a engendré un bel anneau jaune vif sur leur droite.

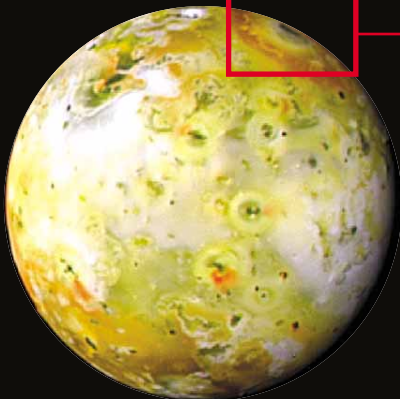
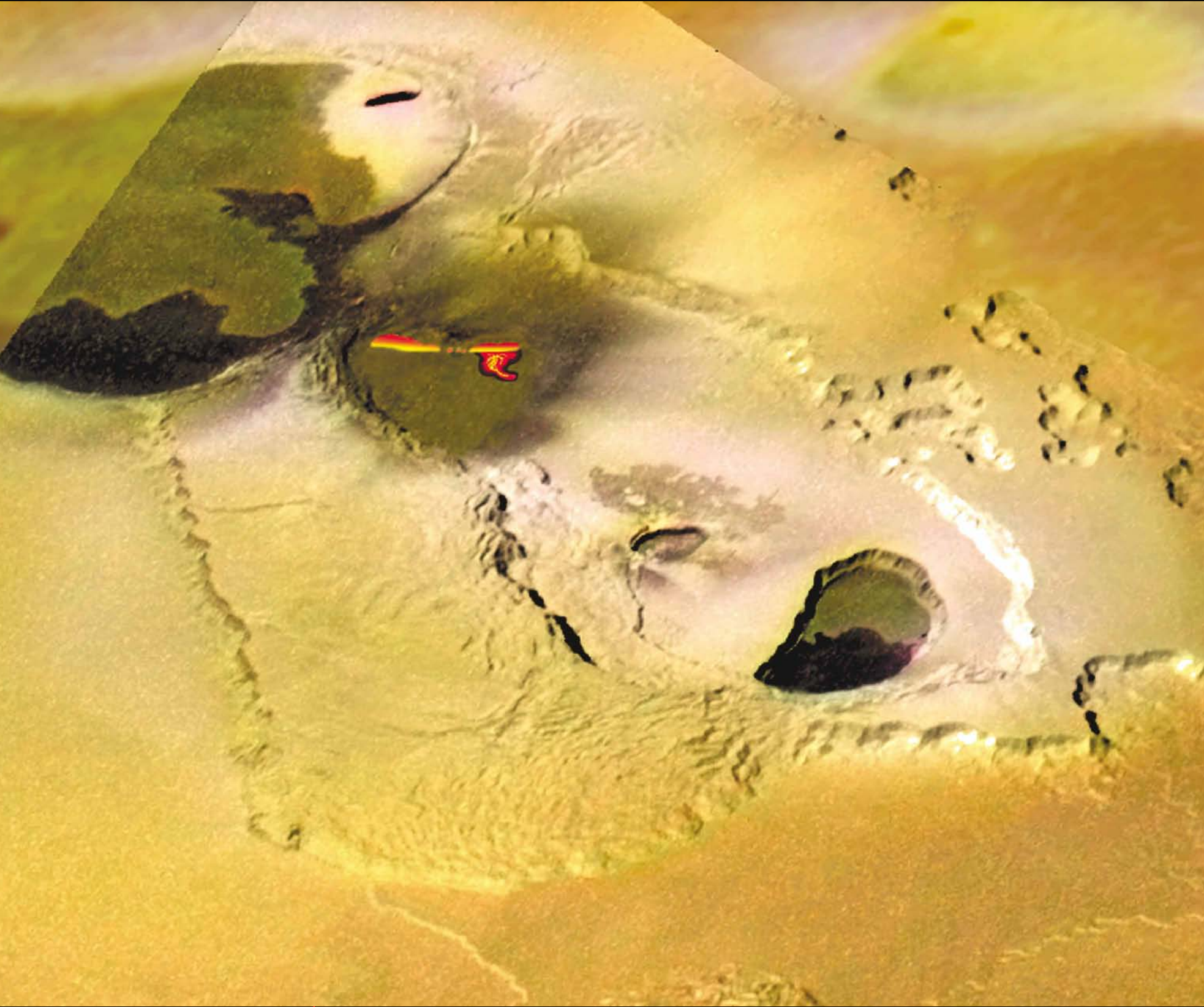
© NASA/JPL/University of Arizona/LPL/Galileo



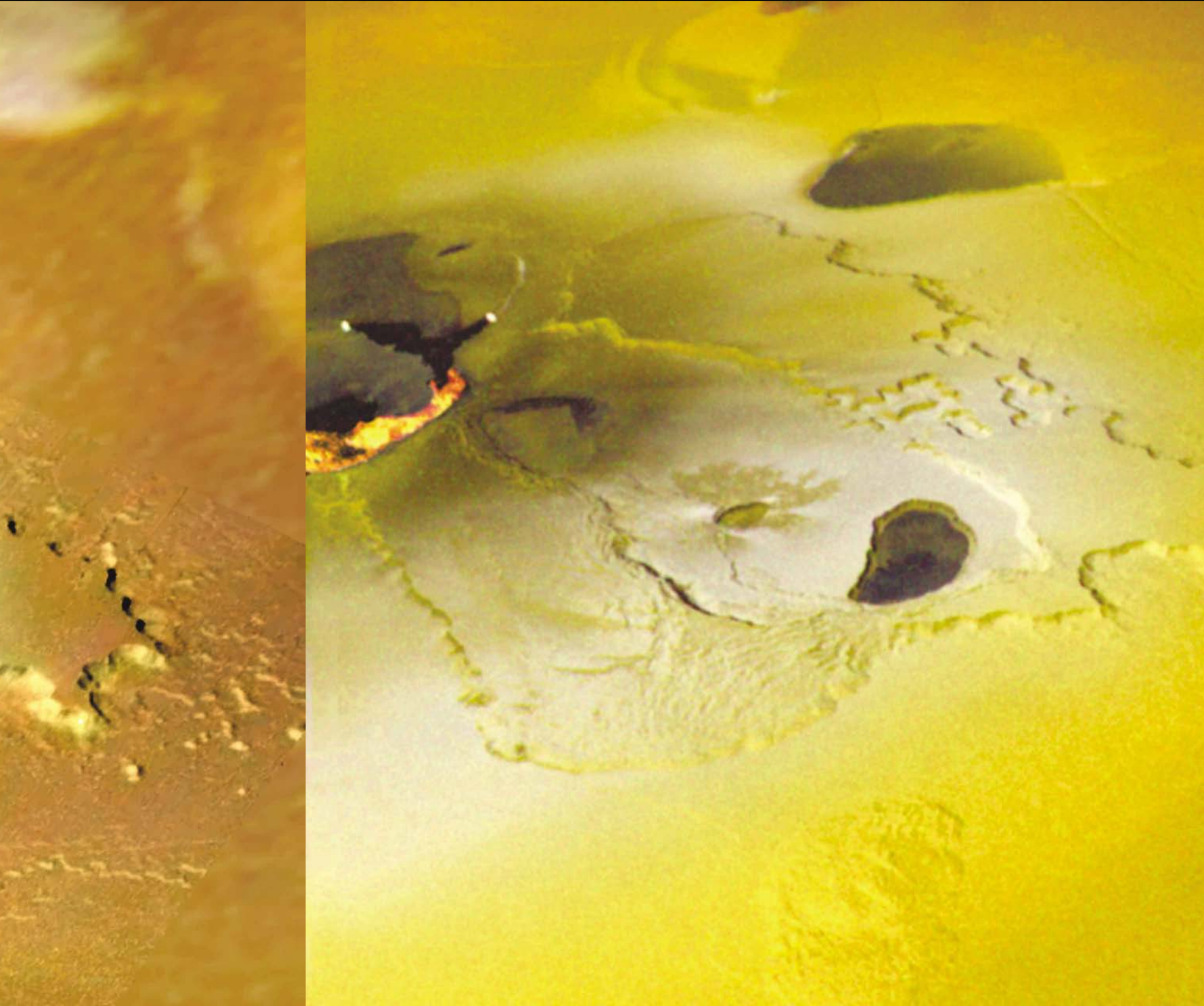


En photographiant Io alors que cette lune cheminait dans l'ombre de Jupiter, et en accroissant considérablement le contraste, les scientifiques responsables de la mission Galileo sont parvenus à mettre en évidence ses zones volcaniques les plus actives. Les petits points rouges ou jaunes signalent les zones où de la lave en fusion s'épanche en surface. À gauche, sur le limbe, le panache du volcan Prométhée est visible en jaune et en vert ; il atteint 75 km de hauteur et il est prolongé par une lueur bleutée qui s'élève à plus de 800 km de la surface. Cette lueur trahit la présence d'atomes de soufre, de dioxyde de soufre et de particules infimes – de quelques centièmes de microns seulement ! –, qui s'éloignent nettement au-delà des panaches habituellement visibles à l'œil nu ; parfois, ils échappent même à l'attraction de Io et forment un gigantesque halo autour de son orbite (celui-ci est représenté en rouge sur le schéma de la page 23). L'image du bas a été volontairement surexposée afin de révéler la lueur diffuse du halo. Elle montre, elle aussi, Io et le ciel environnant en fausses couleurs. Le croissant de la lune jovienne est partiellement caché et le point rouge sur sa face nocturne trahit l'intense activité éruptive de Pelé ; quant au panache de Prométhée, il brille comme un soleil !

© NASA/JPL/University of Arizona/LPL/Galileo

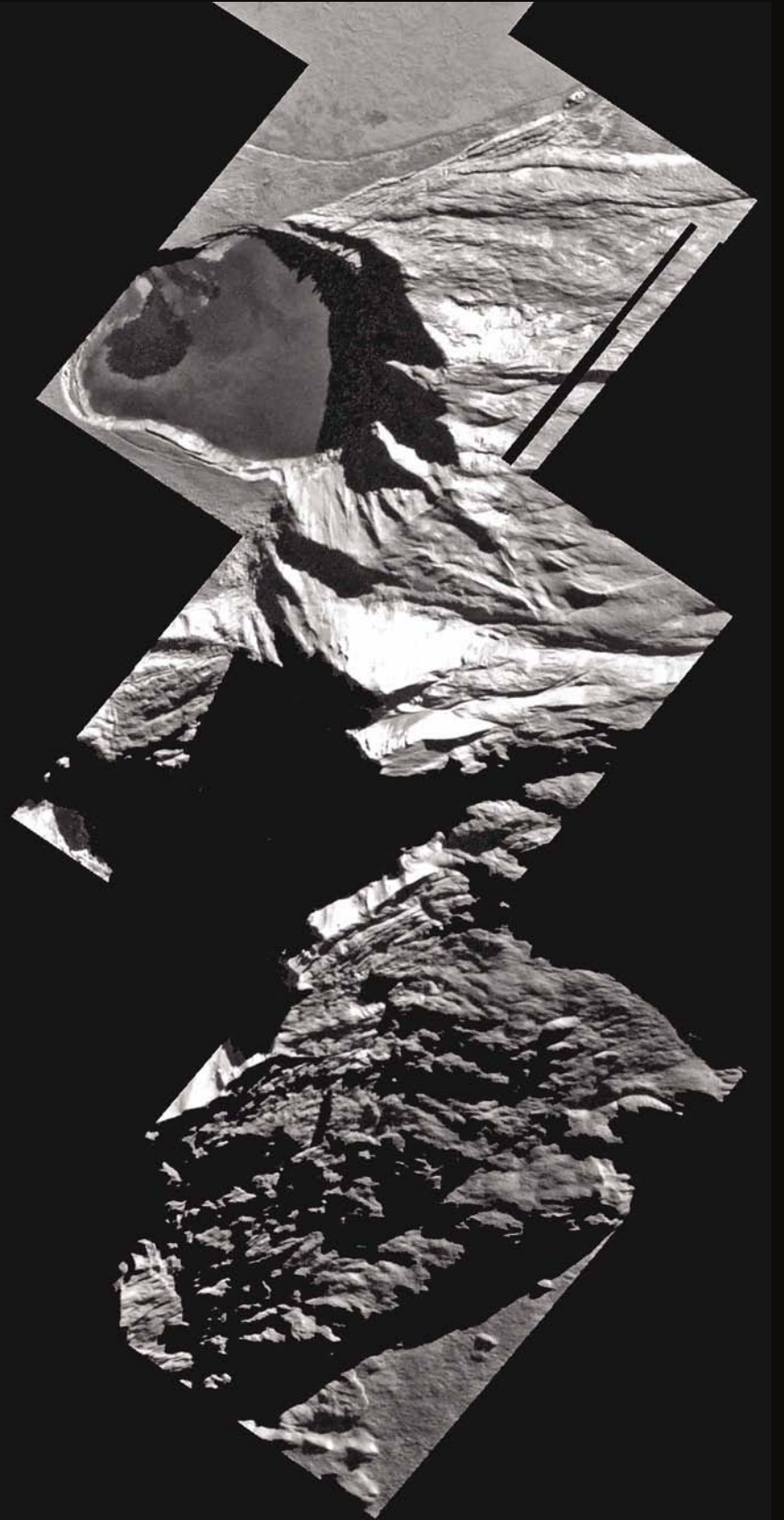
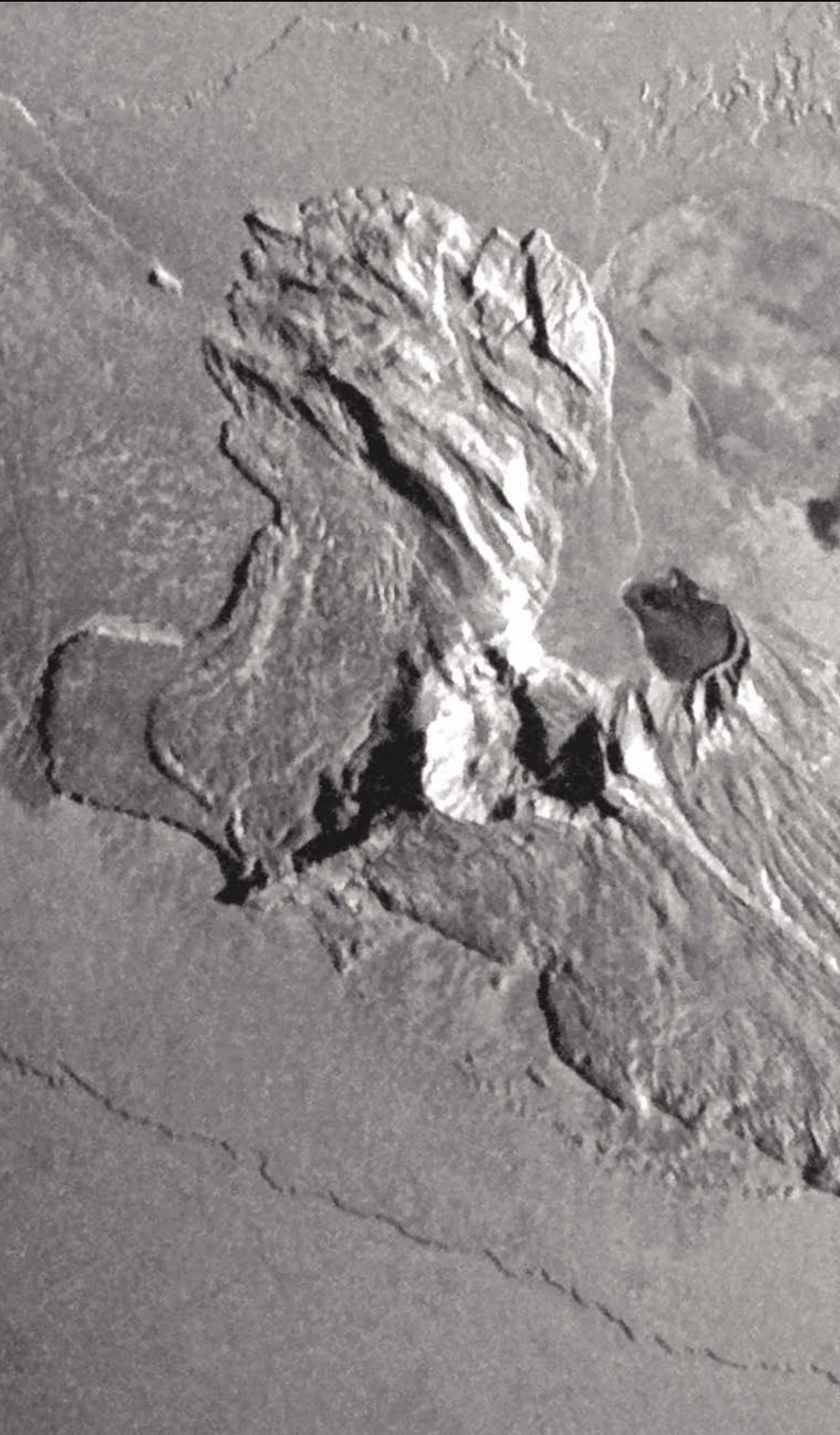


Le 26 novembre 1999, alors que la sonde Galileo survolait Io pour la deuxième fois depuis son arrivée en orbite autour de Jupiter – le 7 décembre 1995 –, sa trajectoire la conduisit au-dessus de Tvashtar Catena, une magnifique caldeira bordée de falaises hautes d'un millier de mètres. Comble de bonheur pour les chercheurs, une grandiose éruption était en cours (image de gauche). Quelques mois plus tard, le 22 février 2000, un autre survol permit de voir l'évolution du phénomène (image de droite). La première fissure s'était refermée et une nouvelle faille, encore plus développée, avait pris le relais. Tout au long de ces cassures de plusieurs dizaines de kilomètres, des jets d'une lave riche en silice et en oxydes métalliques, portée à plus de 1 300 °C, étaient projetés à près de 1 500 m d'altitude !



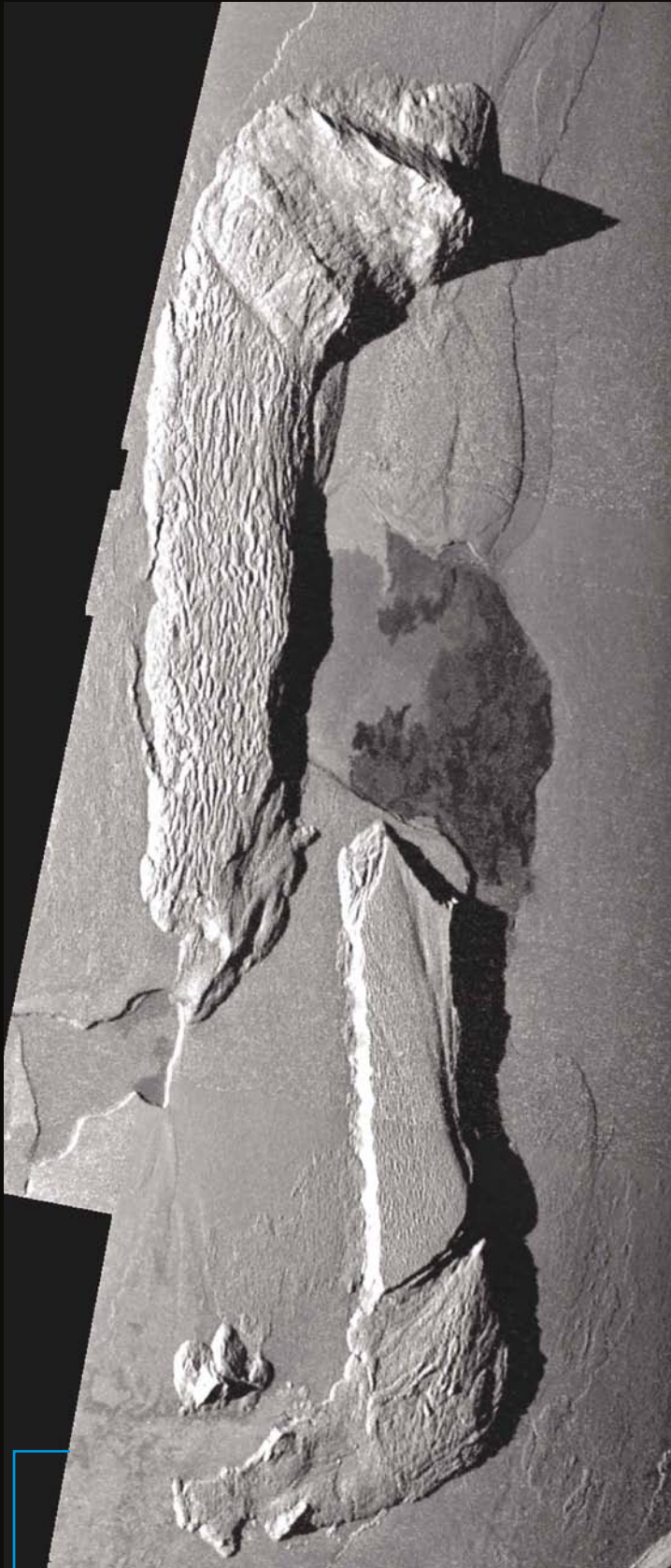
Il existe des éruptions fissurales de ce type sur la Terre, notamment en Islande, mais elles n'atteignent jamais une telle ampleur ; la plus spectaculaire de ces dernières décennies a vu des jets de lave s'élever à 200 ou 300 m de hauteur « seulement » ! La violence du phénomène enregistré sur Io et la très haute température des laves ont d'ailleurs été suffisantes pour saturer une partie des capteurs électroniques de Galileo. Ces deux documents ont donc été « reconstruits » à partir des données du capteur infrarouge dans une gamme de couleurs allant du jaune au rouge ; ainsi, ce que nous voyons n'est pas directement la lave en train de gicler en fontaines, mais une interprétation en fausses couleurs de ce qui devait vraisemblablement se produire.

© NASA/JPL/University of Arizona/Galileo



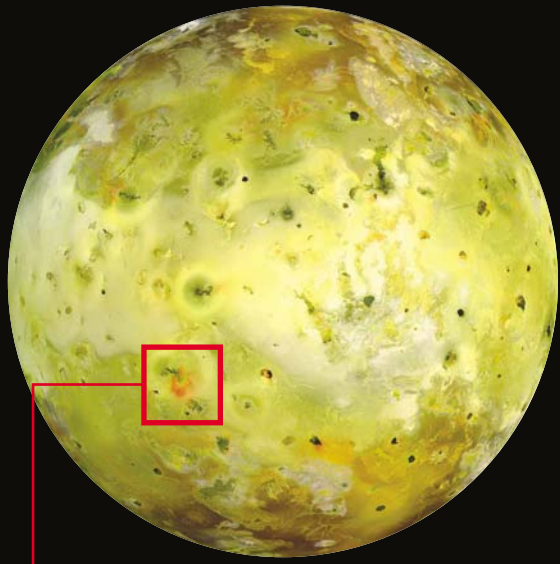
Les planétologues ont ausculté toutes les images de Io transmises par les sondes Voyager 1 et 2, Galileo et Cassini-Huygens ; ils ont balayé minutieusement ce corps, des régions équatoriales jusqu'aux pôles, et n'ont trouvé aucun cratère d'impacts météoritiques, aucune chaîne montagneuse circulaire délimitant d'anciennes collisions cataclysmiques. Géologiquement parlant, Io est un monde neuf ou, plus exactement, un monde en perpétuel renouvellement. Enveloppant un noyau très dense de 650 à 1 000 km de diamètre – selon le pourcentage de fer et de sulfure de fer qu'il contient –, le manteau rocheux de cette lune est partiellement fondu et supporte une croûte de quelques dizaines de kilomètres d'épaisseur fortement enrichie en soufre au cours de milliards d'années d'une activité volcanique incessante. Soulevée par les colonnes de magma qui remontent du manteau, cette croûte se déforme et parfois même se brise, donnant alors naissance à des montagnes abruptes ; les plus élevées dominent les terrains environnants de plus de 13 000 m. Visibles ci-dessus en plan large et en gros plan, avec une résolution de 50 m, les Tohil Mons, au sud de l'important volcan Culann Patera (voir page 38), culminent à quelque 6 000 m.





Des mouvements de plaques à grande échelle ne semblent pas se développer sur Io. Cependant, des morceaux de la croûte parviennent à glisser les uns contre les autres lorsqu'ils sont soumis à la pression d'une colonne ascendante de magma. L'image ci-dessus à gauche rend compte d'un tel phénomène. Les deux pans des Hi'iaka Montes, qui jouxtent Hi'iaka Patera – un petit volcan proche de l'équateur –, paraissent s'être déplacés l'un par rapport à l'autre. Ces deux immenses plateaux, de 150 et 200 km de long, surplombent de près de 3 500 m une caldeira de 70 km de diamètre, qui pourrait avoir servi de soupape à la poussée magmatique. Le plateau septentrional s'achève sur un pic abrupt qui projette son ombre triangulaire sur le sol environnant, 11 000 m plus bas. L'image de droite détaille la région de Shamshu Mons et de Shamshu Patera, au sud-est des Hi'iaka Montes. Il s'agit d'une montagne en cours d'érosion. Un long canyon de plus de 10 km de large porte des traces d'effondrements ; il présente aussi des fissures parallèles qui commencent à découper le plateau situé dans le prolongement de Shamshu Mons, vers le sud-est ; leur ouverture progressive accélérera la dégradation de ce relief.

© NASA/JPL/University of Arizona/Galileo



Les couleurs ont été accentuées sur cette image ; le volcan Culann Patera n'en demeure cependant pas moins l'un des plus bariolés de Io. Il se situe légèrement au nord de Tohil Mons et de Tohil Patera, dont on voit le nord de la caldeira en bas à droite. Les nombreux survols de la région par la sonde Galileo ont permis la réalisation de cette mosaïque à haute résolution – les plus petits détails perceptibles mesurent moins de 200 m – qui rend compte de l'intense activité de cet édifice éruptif entouré de coulées de laves, de nature et d'ancienneté diverses. Le voile rouge qui couvre une grande partie de la région correspond à un dépôt de soufre et de givre de dioxyde de soufre provenant du panache qui accompagne l'activité de Culann Patera ; il est parfaitement visible sur les photographies à grand champ de Io (voir page 30, sur la gauche de Tupan). Les chercheurs s'interrogent encore sur la nature du matériau vert qui colore l'essentiel de la caldeira de Culann Patera et quelques-unes des coulées qui en rayonnent ; il est probable, néanmoins, qu'il s'agisse du résultat d'une réaction entre un dépôt de soufre pur et des éléments présents dans certains types de laves, toutes les coulées n'étant pas concernées. Au sud-ouest de la caldeira, là où elle est la plus étroite, ce qui ressemble à une sorte de long tunnel de lave solidifiée, en forme d'un « S » aplati, sinue vers le nord-ouest. De coloration rouge sombre, cette formation pourrait avoir alimenté le vaste épanchement de lave noir et vert qui s'étale dans cette direction. Les multiples coulées qui partent des rives de la caldeira prouvent que, malgré les impressionnantes falaises qui la bordent, celle-ci doit déborder ici et là lors des éruptions les plus importantes. Rouges, et parfois même jaunes, ces écoulements pourraient être riches en soufre pur, élément qui prend ces teintes lorsqu'il se refroidit.

