

découvert que la présence de chlore diminue la proportion d'oxygène libre au-dessus des nuages de la planète. Ce résultat a aidé à comprendre un phénomène analogue sur Terre : dans la stratosphère, le chlore issu des chlorofluorocarbures, utilisés dans des systèmes de réfrigération ou dans des bombes aérosols, détruit l'ozone.

Volcans et plaques mobiles

Le climat de la Terre varie en partie parce que la composition de son atmosphère résulte d'échanges permanents de gaz entre la croûte, le manteau, les océans, les calottes polaires et l'espace extérieur. La source d'énergie fondamentale des processus géologiques intenses, l'énergie géothermique, est produite surtout par la désintégration d'éléments radioactifs dans le noyau ; elle intervient aussi dans l'évolution de l'atmosphère, lorsqu'elle se dissipe par deux mécanismes : le volcanisme et la tectonique des plaques.

Sur la Terre, cette dissipation de l'énergie géothermique est assurée principalement par le mouvement des plaques tectoniques. En outre, lorsque celles-ci plongent dans les profondeurs du manteau, elles recyclent les gaz libérés par les volcans dans l'atmosphère, ce qui stabilise le climat terrestre (*voir l'encadré de la page 41*). Cette stabilité n'est toutefois pas absolue. Ainsi, lors des éruptions volcaniques massives qui ont produit les immenses provinces volcaniques du Globe (des régions couvertes de basaltes probablement issus d'énormes panaches de magma au sein du manteau), l'émission rapide de grandes quantités de gaz dans l'atmosphère a peut-être perturbé temporairement le climat global, qui se serait réchauffé.

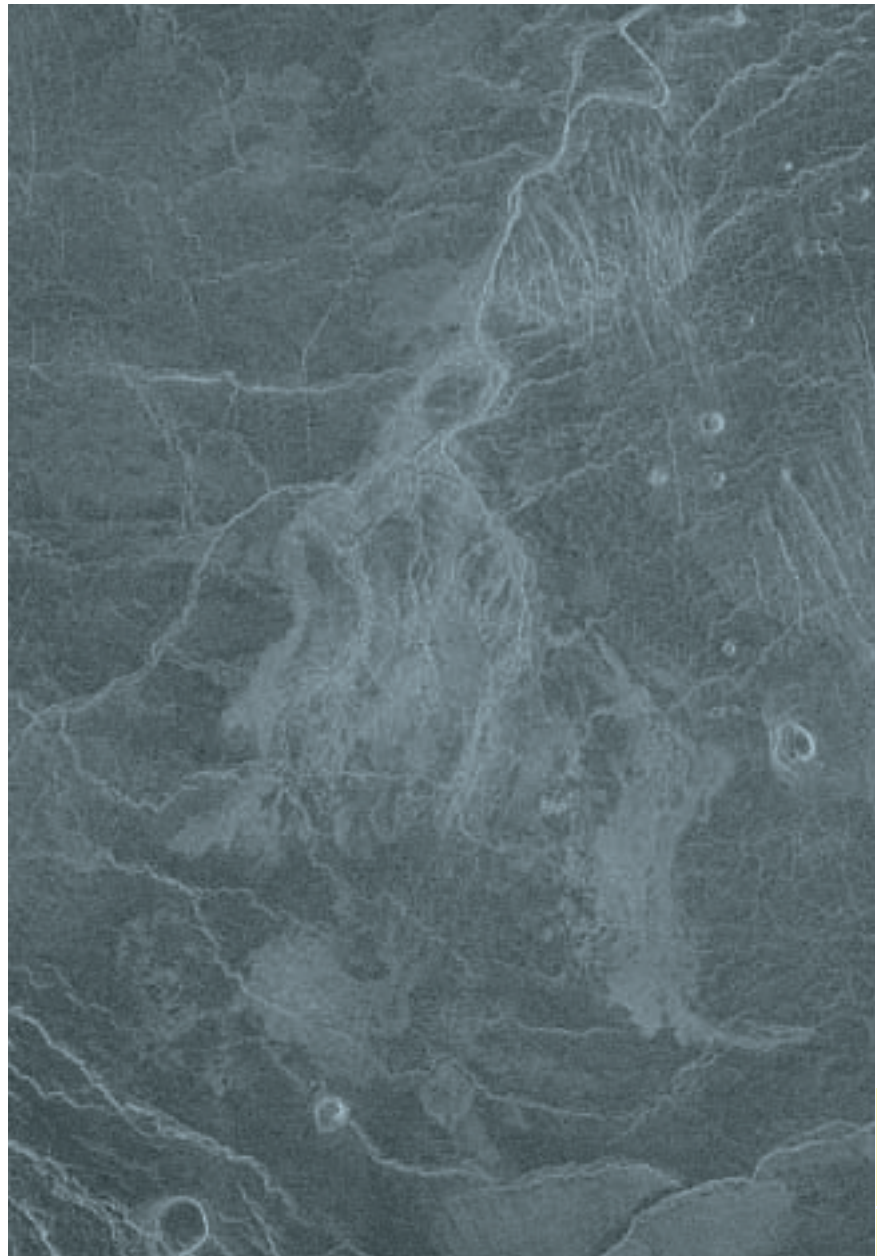
Et sur Vénus ? La surface photographiée par la mission *Magellan* ne semble pas perturbée par une tectonique des plaques, sauf peut-être ponctuellement : au moins dans un passé récent, l'énergie géothermique a été dissipée par l'éruption de grandes quantités de lave basaltique qui ont formé de vastes plaines et, plus tard, par les volcans qui se sont construits dessus.

Peut-on dater ces événements volcaniques ? Comme on ne peut pas analyser de roches pour dater leur formation, on compte les cratères d'impact météoritiques : les observations du nombre d'astéroïdes et de comètes dans le Système solaire interne, ainsi

que le décompte des cratères sur la Lune (dont on a daté directement les roches), permettent de calculer la fréquence des collisions. La surface de Vénus porte peu de cratères d'impact : on n'en dénombre que 963 sur la carte dressée par *Magellan*. L'atmosphère épaisse arrête la plupart des projectiles de diamètre inférieur à un kilomètre, qui creuseraient des cratères jusqu'à 15 kilomètres de diamètre, mais les calculs indiquent qu'environ 1,2 cratère par million d'années devrait apparaître sur Vénus. Les impacts des 3,7 premiers

milliards d'années de l'histoire de la planète ont donc été effacés.

Sur la Terre, les cratères d'impact sont effacés par l'érosion : on observe des états d'altération variés, de la cuvette presque intacte du Meteor Crater, en Arizona, aux contours à peine discernables des impacts de plus de 600 millions d'années enfouis dans la croûte continentale la plus ancienne. Toutefois, la surface de Vénus est bien trop chaude pour que de l'eau y coule, et les vents de surface sont aujourd'hui peu puissants : les cratères ne sont donc pas



NASA/Jet Propulsion Laboratory

2. UNE RIVIÈRE SUR VÉNUS ? Ce delta est à l'extrémité d'un chenal étroit qui court sur 800 kilomètres à travers les plaines volcaniques septentrionales. Il n'a pas été creusé par l'eau : Vénus est trop chaude et trop sèche. C'est peut-être l'œuvre de laves riches en sels carbonatés et sulfatés, qui auraient coulé alors que la température moyenne était supérieure de plusieurs dizaines de degrés à celle d'aujourd'hui. La région représentée a 40 kilomètres de large et 90 kilomètres de long.

altérés ni effacés par l'érosion, mais par les activités volcanique et tectonique.

La plupart des cratères vénusiens semblent récents : les bords de six pour cent d'entre eux seulement sont partiellement recouverts par des coulées de lave, et seulement douze pour cent ont été déformés par un plissement ou par une cassure de la croûte. Où sont donc les cratères plus anciens ? S'ils ont été recouverts par de la lave, pourquoi ne voyons-nous pas plus de cratères partiellement comblés ? Et quel mécanisme les a effacés en préservant la répartition aléatoire et régulière de ceux qui restent ?

Un événement géologique a-t-il brusquement effacé tous les vieux cratères il y a environ 800 millions d'années ? Les cratères que nous observons

se seraient alors formés sur cette surface neuve. On ne connaît toutefois pas, sur Terre, de phénomène géologique qui aurait remodelé l'intégralité de la surface de la planète.

Selon un autre modèle, appelé «renouvellement progressif de la surface», des processus géologiques constants effaceraient en permanence de petits groupes de cratères, préservant une distribution globale qui paraît aléatoire. Toutefois, certaines formations géologiques sur Vénus sont très étendues, et l'activité géologique ne gommerait donc pas les cratères de façon aussi efficace partout sur la planète. La réalité est probablement entre ces deux modèles. La plupart des planétologues pensent aujourd'hui qu'un volcanisme global a effacé la plupart des cratères

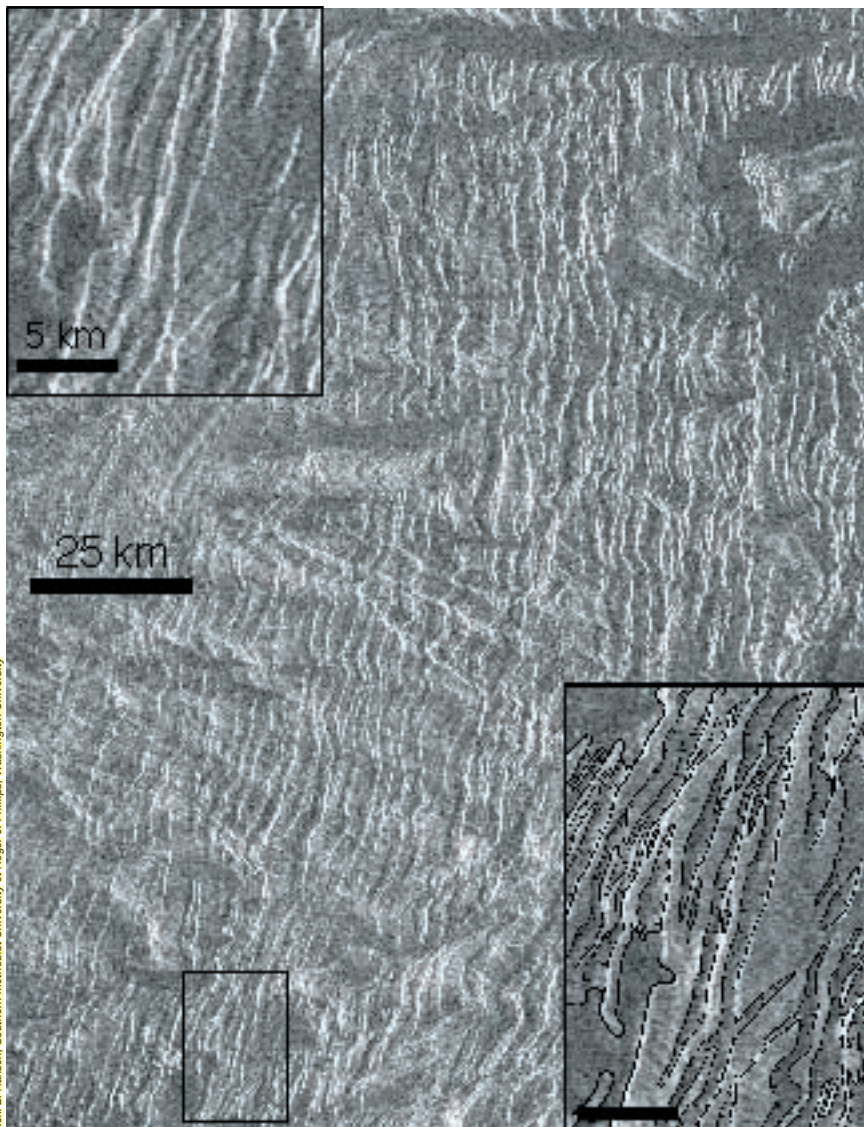
d'impact et a créé les vastes plaines volcaniques il y a 800 millions d'années ; depuis, une faible activité volcanique persisterait.

Des écoulements sans eau

Toutefois, certaines formations géologiques ne semblent pas résulter du volcanisme, mais de profondes variations du climat de Vénus. D'abord, des lignes, dont certaines atteignent jusqu'à 7 000 kilomètres de long, ressemblent aux rivières sinueuses et aux plaines alluviales terrestres. Beaucoup de ces lignes aboutissent à des chenaux d'écoulement semblables à des deltas fluviaux.

L'extrême sécheresse qui règne sur Vénus rend peu probable une érosion par l'eau. En revanche, la surface, en équilibre avec une atmosphère pesante de dioxyde de carbone et de composés soufrés, est vraisemblablement riche en carbonate et en sulfate de calcium : les sondes soviétiques *Vénéra* ont mesuré de sept à dix pour cent de sels de calcium (presque certainement des carbonates) et de un à cinq pour cent de sulfates dans les roches superficielles. Or, les laves riches en composés de ce type fondent à des températures supérieures de quelques dizaines à quelques centaines de degrés aux températures vénusiennes actuelles. De vastes réservoirs de carbonate de calcium et de sodium fondus, analogues aux nappes aquifères terrestres, pourraient exister à quelques centaines de mètres ou à quelques kilomètres sous la surface, et des températures de surface un peu plus élevées dans le passé auraient conduit à l'épanchement de ces laves en surface, où leur écoulement aurait sculpté les reliefs que nous voyons aujourd'hui.

Les *tesserae*, terrains les plus anciens de Vénus, devraient aussi leur aspect actuel à des augmentations de température dans le passé. Ces paysages très ridés sont sur des plateaux comparables aux continents terrestres, à plusieurs kilomètres au-dessus des basses plaines de lave. Ils se seraient formés par extension de la lithosphère (la croûte et le manteau supérieur) : c'est comme si l'on avait étiré du chocolat chauffé au bain-marie, chaud et mou au-dessous, plus froid et cassant au-dessus. Aujourd'hui, la partie externe, cassante, de la lithosphère est trop épaisse pour se casser de cette manière, mais, à l'époque de la formation des *tesserae*, elle devait être plus mince, et donc la surface était un peu



Vicki L. Hansen, Southern Methodist University et Roger J. Phillips, Washington University

3. UN TERRAIN RUBANÉ est composé de dépressions peu profondes (400 mètres) à fond plat et à flancs escarpés. Ces formations peuvent résulter de la fracture d'une couche de roches mince et cassante, au-dessus d'un substrat ductile. Les cartouches présentent un agrandissement de la région encadrée, avec les dépressions indiquées en bas à droite.