

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

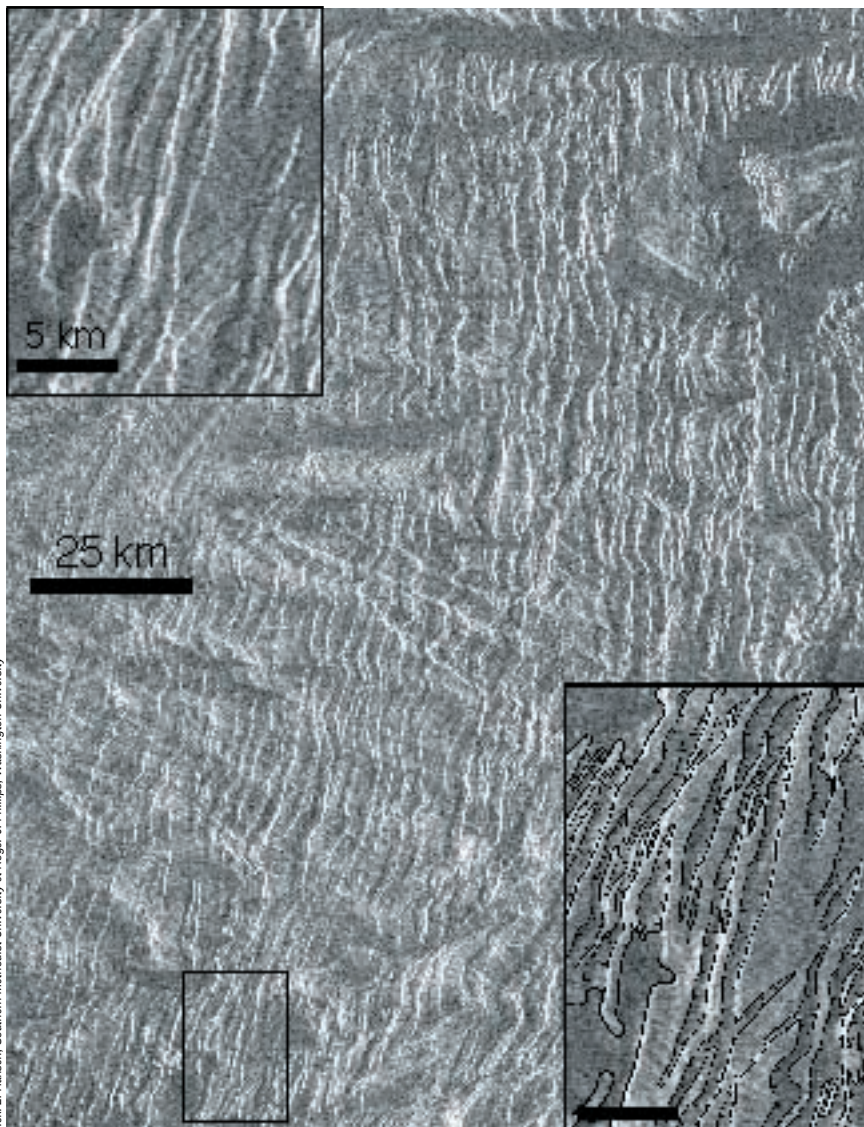
d'impact et a créé les vastes plaines volcaniques il y a 800 millions d'années ; depuis, une faible activité volcanique persisterait.

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.

plus chaude (comme pour le chocolat, l'épaisseur de la couche externe dépend de sa température).

Enfin, des failles et des plis qui balafrent la planète se seraient aussi formés lors de variations climatiques, en particulier les plis en forme de rides. Toute la lithosphère de la surface de Vénus semble avoir été étirée ou comprimée en même temps. Il est difficile de concevoir un mécanisme interne à la planète qui produise de tels reliefs. En revanche, C. Solomon, de l'Institut Carnegie de Washington, a calculé que des variations de la température de 100 °C, à la surface de la planète, auraient engendré des tensions dans la lithosphère atteignant 100 millions de pascals, proches de celles qui créent les chaînes de montagnes sur la Terre et suffisantes pour produire les déformations que nous observons.

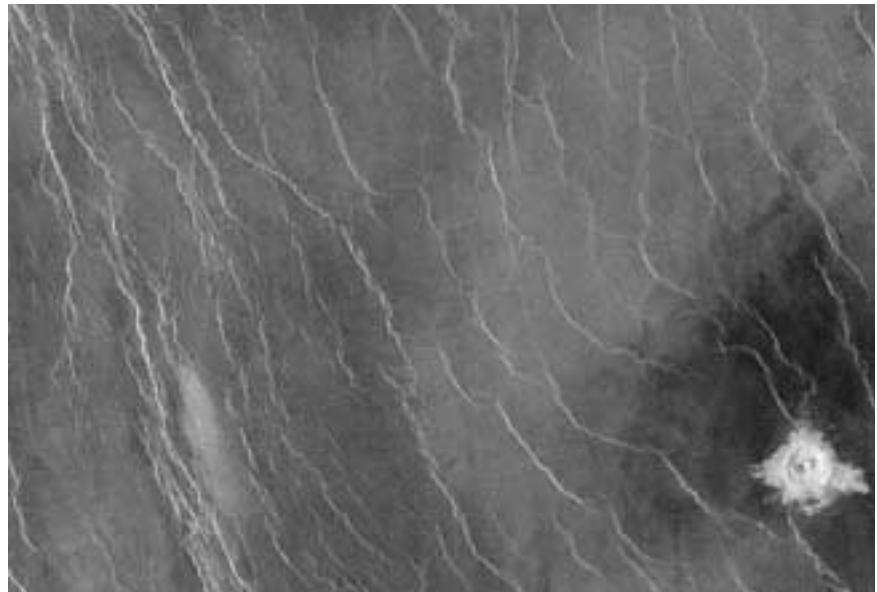
Une serre efficace

Parallèlement à ces recherches géologiques, nous avons modélisé l'atmosphère de Vénus : la température élevée est maintenue par les propriétés complémentaires des constituants de l'atmosphère vénusienne. La vapeur d'eau, même en faible quantité, absorbe le rayonnement infrarouge à des longueurs d'onde où le dioxyde de carbone est transparent, et le dioxyde de soufre et d'autres composés soufrés absorbent à d'autres longueurs d'onde infrarouges encore (voir l'encadré de la page 40). Tous ces gaz à effet de serre rendent l'atmosphère de Vénus partiellement transparente au rayonnement solaire incident, mais presque totalement opaque au rayonnement thermique réémis par le sol. Par conséquent, la température de surface (mesurée en kelvins) est trois fois supérieure à ce qu'elle serait sans atmosphère. Sur la Terre, l'effet de serre n'accroît aujourd'hui la température de surface que de 15 pour cent.

Si le volcanisme a remodelé la surface vénusienne il y a 800 millions d'années, il a aussi injecté rapidement beaucoup de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. On estime que la lave émise pendant ces éruptions aurait formé une couche de un à dix kilomètres d'épaisseur autour de la planète : la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère aurait peu augmenté, malgré la libération d'une grande quantité de ce composé, parce

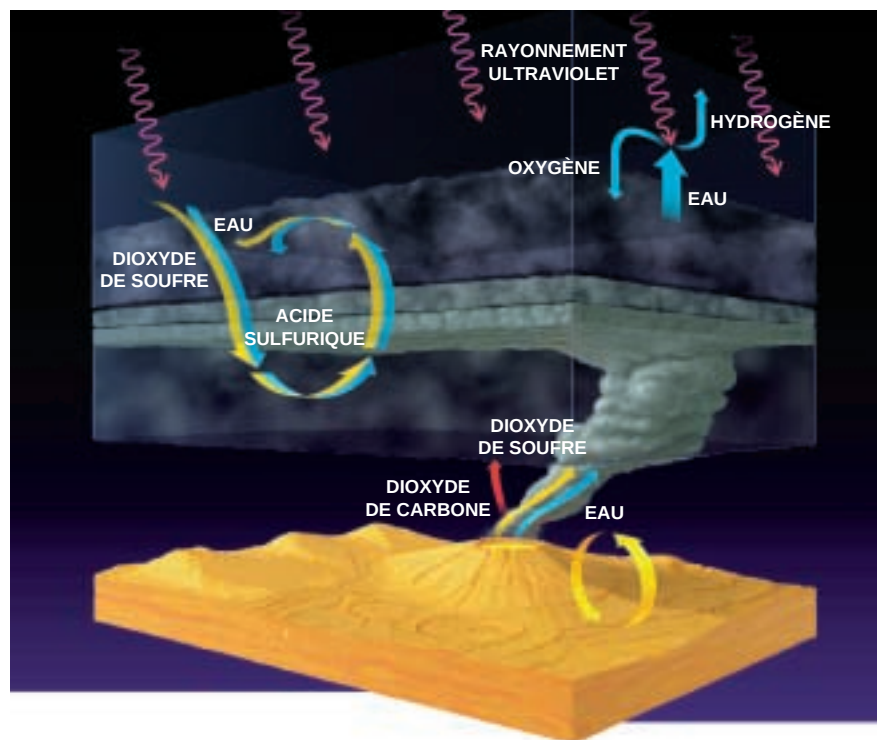
qu'elle était déjà très grande. Au contraire, les concentrations en vapeur d'eau et en dioxyde de soufre auraient été respectivement multipliées par 10 et par 100. Le climat vénusien aurait évolué en raison de

plusieurs phénomènes qui interagissent : le dégazage volcanique, la formation de nuages, la perte d'hydrogène au sommet de l'atmosphère et les réactions des gaz atmosphériques avec les minéraux de surface.



NASA/Jet Propulsion Laboratory

4. LES RIDES PLISSÉES sont les structures les plus fréquentes des plaines volcaniques de Vénus. Parallèles et équidistantes, elles se sont probablement formées quand les plaines ont subi une contrainte, en raison d'une variation importante et rapide de la température de surface. Cette région, qui fait partie des plaines équatoriales Rusalka Planitia, mesure approximativement 300 kilomètres de côté.



Tom Moore, Mark A. Bullock et David H. Grinspoon, d'après Carter Emmert, Hayden Planetarium

5. L'ATMOSPHÈRE DE VÉNUS est à une température de plusieurs centaines de degrés Celsius ; sa pression est élevée, et elle est chargée de nuages composés d'acide sulfurique, parce que Vénus ne possède pas les cycles qui stabilisent le climat terrestre. Le dioxyde de carbone rejeté par les volcans reste dans l'atmosphère ; l'eau, dissociée en oxygène et en hydrogène par les ultraviolets solaires, est à jamais perdue dans l'espace ; le dioxyde de soufre, jadis piégé dans les minéraux, s'accumule en surface.