Planètes « Dune »

La pression à la surface de Mars est très faible : environ 7 mb soit pratiquement 150 fois moins qu'à la surface de la Terre. La pression au sol sur Mars est celle qui règne à 35 km d'altitude sur Terre. Malgré cela des vents y soufflent avec suffisamment de force pour façonner des dunes de toutes tailles. Comment se comparent les vents terrestres et martiens ? Même si la pression est 150 fois plus faible, en ce qui concerne la densité le rapport est plus faible. La température est plus basse sur Mars (dans les – 60 °C) ce qui augmente la densité dans un rapport de 1,4 par rapport à une atmosphère à 20 °C. De même le gaz carbonique qui compose l'atmosphère martienne est une molécule 1,5 fois plus lourde que la molécule d'air moyenne (mélange d'oxygène et d'azote). Ainsi la densité de l'atmosphère martienne est « seulement » 70 fois plus faible que celle de l'atmosphère terrestre. La force développée par un vent de vitesse V sur une surface S est proportionnelle au carré de la vitesse et à la densité :

$$F=k \times S \times \text{densité} \times V^2$$

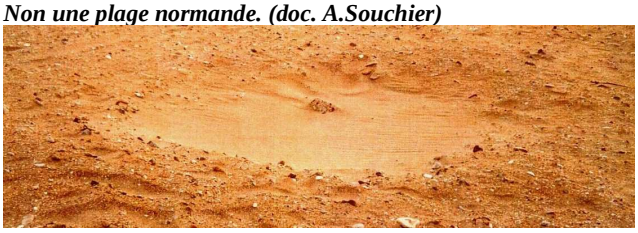
Ainsi pour une même vitesse de vent l'effort exercé sur une sonde, un rover, un astronaute, va être 70 fois plus faible sur Mars que sur Terre. On en déduit aussi que pour exercer le même effet qu'un vent terrestre, un vent martien doit souffler 8,4 fois plus fort qu'un vent terrestre. La sonde Viking 1 américaine avait mesuré des vents jusqu'à 30 m/s (110 km/h) équivalent seulement à un vent terrestre de 3,6 m/s (13 km/h). On a mesuré indirectement jusqu'à 50 m/s (180 km/h). Des valeurs beaucoup plus élevées ont été affichées sans certitudes pour certaines tempêtes: 140 m/s ou 500 km/h ! Ces vents ne sont finalement que l'équivalent de vents terrestres à 21 et 60 km/h. Avec cette mise en évidence des équivalents terrestres on comprend toutefois, surtout en prenant en compte la faible pesanteur martienne à 0,38 fois la pesanteur terrestre, que les particules du sol puissent être emportées, redéposées et modeler les paysages à petite échelle et grande échelle comme sur Terre.

Effets de vents sur Mars dévoilés par le rover Spirit dans le cratère Gusev : au fond un grand tourbillon de poussière (« dust devil » en anglais) et un autre petit à droite . au premier plan des microdunes façonnées par le vent. Le thème des dust devils a été traité dans le bulletin 23 d'avril 2005. (doc.NASA)

Effets du vent aux échelles centimétriques et métriques

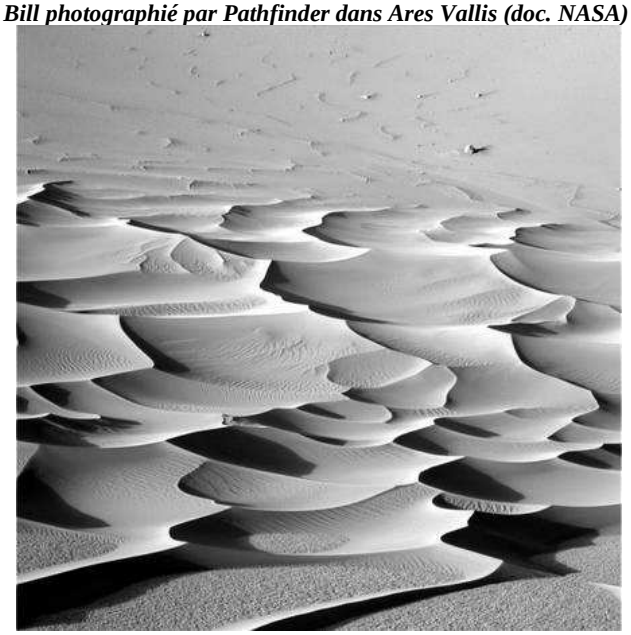
A petite échelle, du centimètre au mètre, les images de Mars nous montrent des rides, des ondulations, des accumulations « au vent » et « sous le vent » des rochers, des creux comblés par des dépôts éoliens tout à fait semblables à ce que l'on observe sur Terre.

Petits cratères comblés par des dépôts éoliens photographiés per le rover Opportunity (doc. NASA). Et ci-dessous Mars ? Non une plage normande. (doc. A.Souchier)

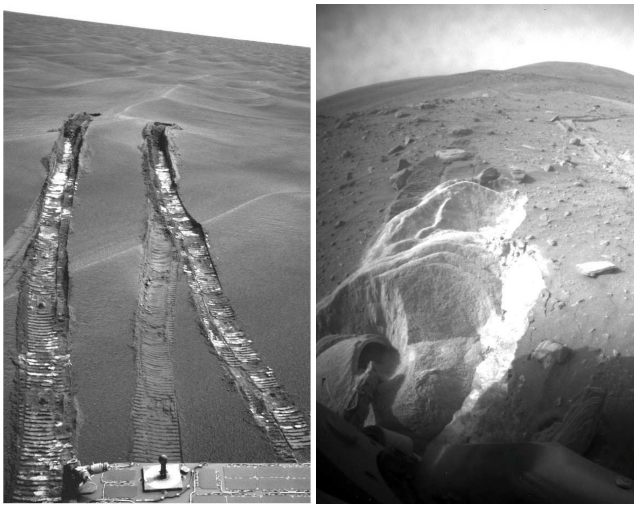


Devant un rocher, l'accélération de la vitesse du vent, la présence de tourbillons crée une zone en creux. On retrouve cette configuration sur Terre (à gauche) comme sur Mars (à droite) sur cette image Viking 1 (doc. A. Souchier et NASA)

Creux « au vent » et sillage « sous le vent » du rocher Barnacle Bill photographié par Pathfinder dans Ares Vallis (doc. NASA)



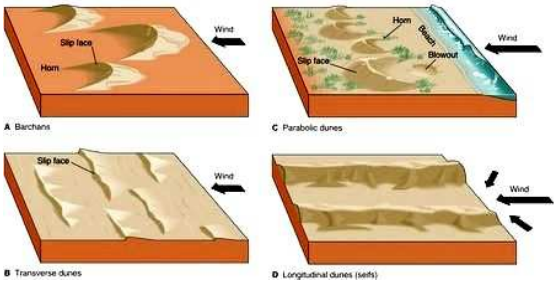
Champ de petites dunes au fond du cratère Endurance saisi par le rover Opportunity. (doc. NASA)



A gauche, après s'être ensablé en 2005 dans une petite dune de Meridiani, le rover Opportunity vient de réussir une marche arrière salvatrice A droite, depuis mai 2009 c'est Spirit qui est ensablé dans le cratère Gusev jusqu'au dessus du moyeu de la roue visible à gauche. (doc. NASA)

A l'échelle du kilomètre : les dunes

Les dunes revêtent différentes formes : croissants dont les cornes sont dirigées dans le sens du vent (sous le vent) appelés barkhanes, croissants dont les cornes font face au vent (dunes paraboliques), barres transverses par rapport au vent, barres alignées dans le sens du vent.



Les différents types de dunes : barkhanes en haut à gauche, paraboliques en haut à droite, barres transversales en bas à gauche et barres alignées en bas à droite. Mars a montré aussi des formes plus exotiques liées à la coexistence de deux orientations de vent différentes. (doc. Arjuna Multimedia 2005)

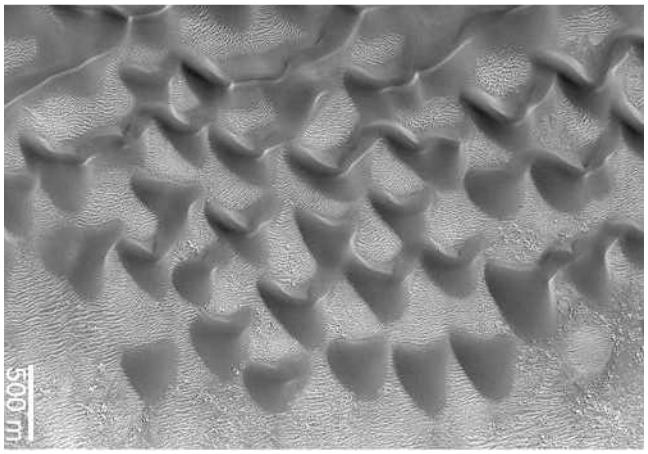
Compte tenu de la faible densité de l'atmosphère martienne aujourd'hui, la communauté scientifique s'est demandée si les dune martiennes étaient des dunes fossiles ou des dunes encore vivantes. A l'appui du premier scénario, il n'a pas été observé d'évolution des grandes dunes. Toutefois des simulations numériques effectuées par E. Parteli de l'université de Stuttgart et H. Hermann de l'institut fédéral suisse de technologie de Zurich ont montré que les phénomènes de création de dunes pouvaient se poursuivre actuellement, mais en fait à rythme très lent : 10000 à 50000 ans pour constituer un champ de dunes et 4000 ans pour déplacement d'un mètre. A titre de comparaison la dune du Pyla, la plus grande dune d'Europe située à proximité d'Arcachon, avance de 5 mètres par an ! Elle évolue probablement depuis 3500 ans seulement et s'étend actuellement sur 2500 m de long et 500 m de large. Elle est de type barre transverse au vent.

Un système triple de dune en Lybie dans le Kalencho Seri : longues ondulations, probablement anciennes orientées du bas à gauche au haut à droite, fines dunes récentes selon la même orientation et alignements perpendiculaires aux systèmes précédents. (doc. A. Souchier)

Des petites dunes sur une grande. Dune du Pyla. (doc.A. Souchier)

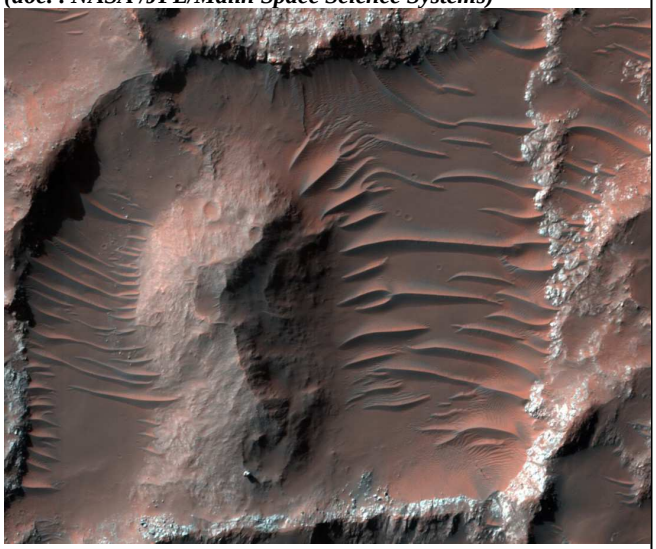
Avec 110 m de haut la dune du Pyla, à proximité d'Arcachon, est la plus grande d'Europe. Cette zone dunaire est active depuis 3500 ans. Elle avance de 5 m par an sur la forêt vers la gauche. (doc. A. Souchier)

A l'Ouest de la dune le sol ancien agé de 3500 ans se dégage. Sur Mars il serait peut-être 20 fois plus vieux .



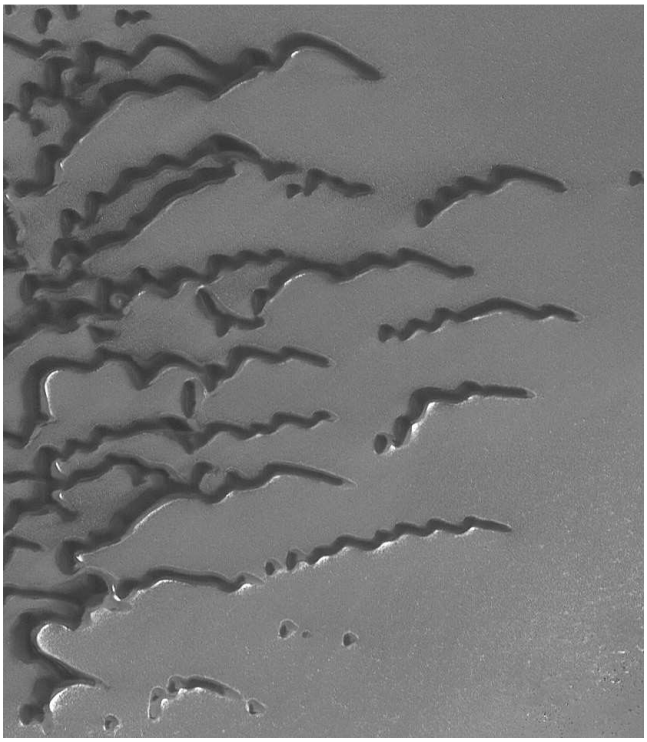
Dunes martiennes de type barkhanes dans le cratère Proctor de 170 km de diamètre. Leur forme et leur coalescence indiquent un vent dominant Est-Nord-Est (ici en provenance du bas) avec des variations de direction. Les espaces entre les grandes dunes sont eux-mêmes remplis de petites dunes. (doc. NASA /JPL/Malin Space Science Systems)

Cratère Proctor : la dune située dans la partie supérieure de la photo a la forme générale et les dimensions de celle du Pyla. (doc. . NASA /JPL/Malin Space Science Systems)

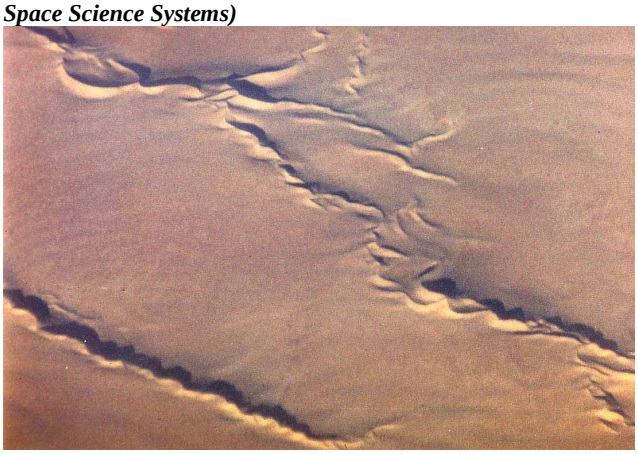


Dunes martiennes dans Margaritifer Terra à l'est du cratère Holden par Mars Reconnaissance Orbiter. La largeur de la zone représentée est de 1 km. (doc. NASA/JPL/University of Arizona)

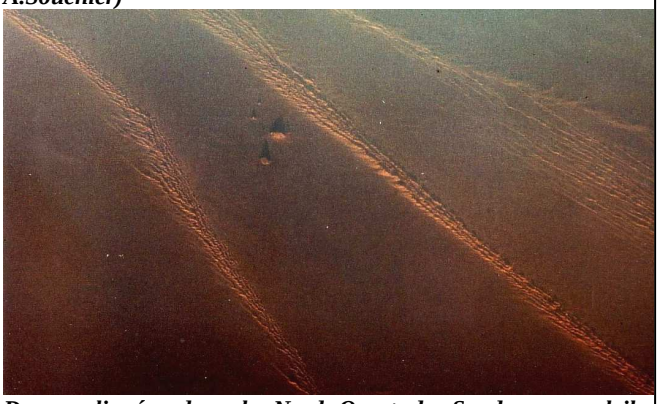
Champ de barkhanes en Arabie Saoudite, avec une densité si élevée qu'elles deviennent jointives. La configuration indique un vent dominant avec des variations de direction. (doc. D.R.)



Des légers changements d'orientation du vent entraînent l'alignement de dunes comme ci-dessus sur Mars à proximité du pôle Nord ou ci dessous sur Terre (doc. NASA /JPL/Malin Space Science Systems)



Dunes alignées dans le Kalencho Seri en Lybie. (doc. A.Souchier)



Dunes alignées dans le Nord Ouest du Soudan au soleil couchant . (doc. A. Souchier)

Pour plus d'informations et images de Mars, « planète Dune », voir la rubrique des « images de la semaine » présentées et commentées par Gilles Dawidowicz sur le site internet de l'association.

A. Souchier