

**DETECTION DES RESEAUX DE VALLEES MARTIENNES ET QUANTIFICATION DE L'INCISION A PARTIR DES IMAGES ET DES MNTS HRSC (MARS EXPRESS) . V. Ansan<sup>1</sup>, N. Mangold<sup>1</sup>, Ph. Masson<sup>1</sup>, C. Quantin<sup>2</sup> et G. Neukum<sup>3</sup>, <sup>1</sup>Laboratoire IDES-UMR8148 bat. 509 Université Paris-Sud, 91405 Orsay (ansan@geol.u-psud.fr), <sup>2</sup>Smithsonian Institute, Washington, USA, <sup>3</sup>FU, Berlin, Allemagne.**

**Introduction:** Les images Viking ont permis d'observer de nombreux réseaux de vallées majoritairement distribués sur les terrains anciens de Mars datés du Noachien ( $t > 3.6$  Ga). Leur existence a suscité de nombreuses polémiques concernant leur processus de formation [1-5], e.g. dynamique fluviale, fonte sous-glaciaire, activité géothermique... Un consensus semble maintenant admis par la communauté scientifique sur l'agent d'érosion (eau). De nombreux indices morphologiques favorisent l'origine fluviale [6-8] s'appuyant sur la meilleure définition des images visibles et infrarouges des sondes américaines Mars Global Surveyor [9] et Mars Odyssey [10].

L'étude des réseaux de vallées est facilitée par les images visibles acquises par la Camera Stéréoscopique Haute Résolution (HRSC) embarquée à bord de la sonde européenne Mars Express en 2004 [11]. En effet, chaque image couvre une surface large de 60 km sur plusieurs centaines de km de long, avec une résolution spatiale de quelques dizaines de m. De plus, chaque acquisition se réalise en mode stéréoscopique permettant de générer des Modèles Numériques de Terrain (MNT) dont la résolution spatiale est au moins trois fois supérieure à celle des données altimétriques MOLA [12].

A partir des images et des MNTs HRSC, nous avons réalisé une cartographie des vallées en relation avec la géologie et la topographie régionale, afin de retracer l'histoire de leur formation. Puis, nous avons analysé quantitativement la morphologie et la morphométrie des vallées, et le volume incisé, afin de déterminer les processus à l'origine de leur formation et l'efficacité de ces derniers. Nous nous sommes concentrés sur deux régions : Aeolis et Echus.

**Région d'Aeolis:** Cette région est située à l'Est du bassin d'Hellas. Elle se caractérise par des terrains très cratérisés datés du Noachien [13] et des réseaux de vallées dendritiques dont le plus connu est Ma'adim. Durant l'année 2004, la camera HRSC a acquis des images de cette région avec des résolutions spatiales de quelque 10 m dans les 5 bandes stéréoscopiques et les 4 canaux couleurs.

Par exemple, la mosaïque d'images et le MNT centrés sur 157.3°E et 30.5°S (fig. 1) montrent que les réseaux de vallées se sont développés sur les terrains cratérisés présentant des reliefs ( $dh > 500$ m). Ce sont des réseaux dendritiques, matures par leur organisation (2-5 ordres de Strahler et fort nombre de bifurcation), incisant de grands bassins versants (faible densité de drainage:  $0.3 \text{ km}^{-1}$ ), présentant des caracté-

ristiques similaires des réseaux fluviaux terrestres dans les régions tempérées. Cela suggère qu'ils se sont formés par les mêmes processus associés à un cycle de l'eau liquide à la surface de Mars.

L'incision est relativement forte: les vallées sont souvent larges de plusieurs km et profondes de plus de 100 m (fig. 1e), ce qui est de l'ordre de grandeur de vallées quaternaires dans le Bassin de Paris. Ces vallées incisent de grands cratères d'impact météoritiques ( $< 25$  km de diamètre) dégradés et partiellement remplis par des laves ou des sédiments (fig. 1d), ce qui suggère que ces vallées sont l'enregistrement d'un dernier épisode d'érosion fluviale dans cette région.

L'activité fluviale semble avoir cessé durant l'Hespérien ( $3.5 < t < 3.1$  Ga), au regard de la distribution des cratères d'impact frais postérieurs aux vallées, et de l'âge hespérien des plaines lisses (sp, fig. 1c) non incisées par les vallées. En conséquence, ces vallées auraient fonctionné à la fin du Noachien/début de l'Hespérien.

**Région d'Echus:** Cette région est localisée au Nord de Valles Marineris. Des réseaux de vallées ont été identifiés sur les plateaux encadrant le canyon d'Echus Chasma [6], grâce à leur différence de propriétés thermiques sur les images THEMIS [10]. La définition spatiale des images HRSC sur la région (13 m/pix) permettent d'analyser en détails les réseaux de vallées par leur différence d'albedo, due à différence de lithologie (lave pour le substratum incisé et dépôt éolien dans les vallées partiellement comblées).

Ces réseaux de vallées montrent une organisation dendritique mature similaire à celle des réseaux fluviaux terrestres : 2 à 5 ordres de Strahler et fort nombre de bifurcation, forte densité de drainage ( $1.4 \text{ km}^{-1}$ ). Ces réseaux de vallées dendritiques se distribuent sur le pourtour du canyon et les vallées principales se connectent sur le bord du canyon, impliquant un fonctionnement quasi contemporain avec abandon progressif des vallées dendritiques au profit de la formation du canyon.

L'incision des vallées est relativement faible: en effet, seules les vallées principales sont détectées automatiquement sur le MNT généré à partir des images HRSC stéréoscopiques. Elles sont larges de quelques km et profondes au maximum de 100 m. La profondeur des plus petites vallées est estimée autour de 30 m. La géométrie de ces vallées semble proche de celles des vallées pléistocènes observées dans le Sahara, qui sont actuellement partiellement remplies par des dunes de sable.

Ces vallées se seraient formées durant l'Hespérien supérieur, âge déterminé à la fois par la densité de cratères recoupant les vallées et les relations chronologiques entre les différentes structures géologiques.

**Conclusion:** Les réseaux de vallées observés à la fois dans les deux régions présentent toutes les caractéristiques de vallées fluviales terrestres (organisation, forme, incision). formées dans un climat relativement humide, suggérant que le climat martien était probablement plus humide que celui régnant actuellement à la surface de Mars. Toutefois, les deux régions se différencient par la densité de drainage qui est 4 fois plus importante sur les plateaux d'Echus Chasma que dans les terrains anciens cratérisés d'Aeolis. Cette différence peut s'expliquer à la fois par la différence de lithologie des terrains incisés et d'âge de formation. Cependant, l'existence des vallées sur le plateau d'Echus pose de nombreuses questions sur le

climat martien durant l'Hespérien supérieur (cycle de l'eau ? conditions P-T?..).

**Citations:** [1] Carr, M. H. et Chuang, F. C. (1997) *JGR*, 102, 9145-9152. [2] Baker, V. R. et Patridge, R. C. (1986) *JGR*, 91, 3561-3572. [3] Gulick, V. C. (2001) *Geomorphology*, 37, 241-268. [4] Cabrol, N. A. et Grin, E. A. (2001) *Geomorphology*, 37, 269-287. [5] Pieri, D. C. (1980) *Science*, 210, 895-897. [6] Mangold, N. et al. (2004) *Science*, 305, 78-81. [7] Ansan, V. et Mangold, N. (2006) *PSS*, 54, 219-242. [8] Craddock, R.A. et Howard, A.D. (2002) *JGR*, 107, 21. [9] Malin, M.C. et al. (1998) *Science*, 279, 1681-1685. [10] Christensen, P. R. et al. (2003) *Science*, 300, 2056-2061. [11] Neukum, G. et al. (2004) *ESA Special Publications*, SP-1240. [12] Smith, D.E. et al. (1998) *Science*, 279, 1686-1692. [13] Tanaka, K.L. (1986) *JGR*, 91, 139-158. [

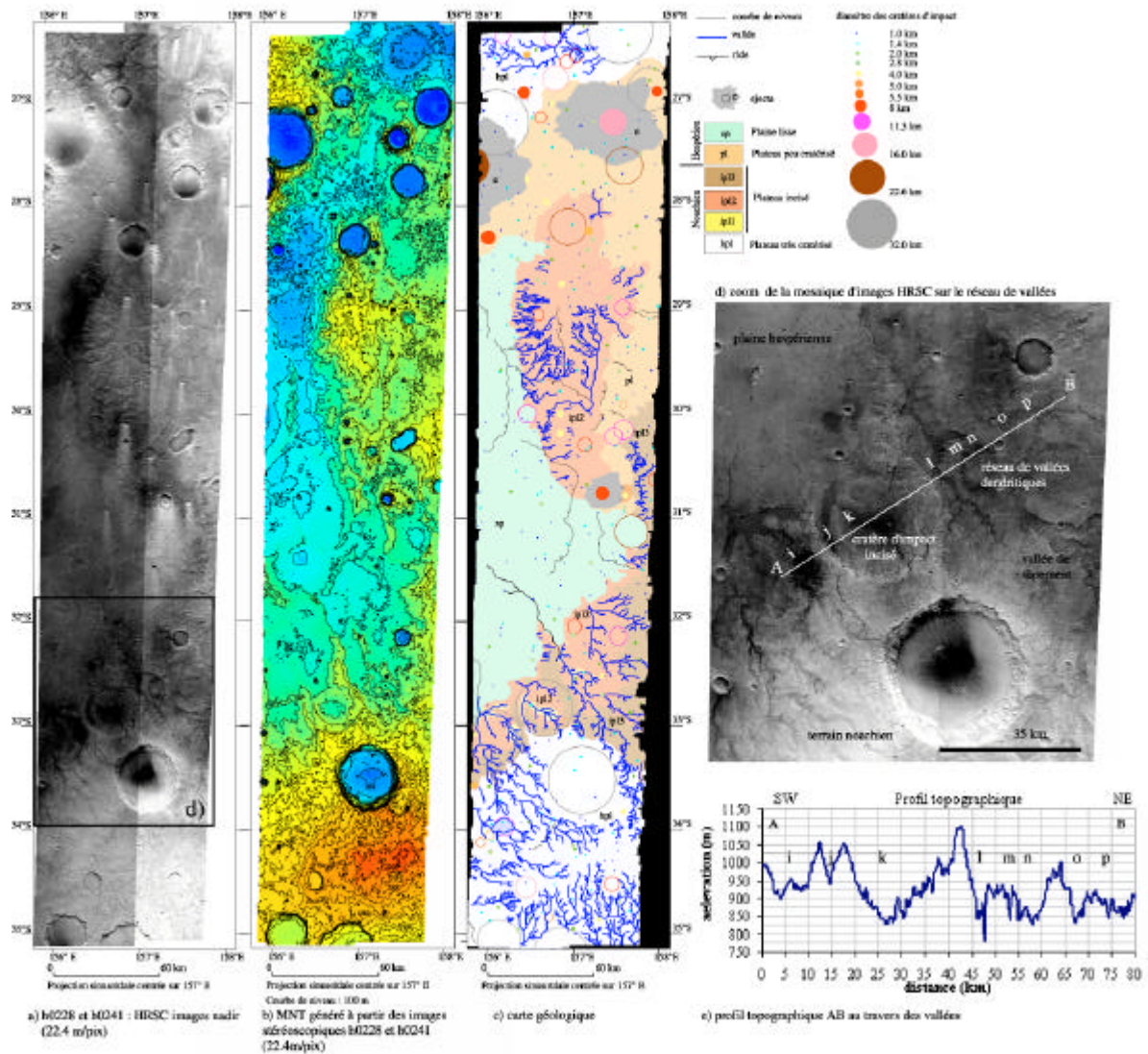


Figure 1. a) Mosaïque d'images HRSC sur la région d'Aeolis. b) MNT généré à partir des images stéréoscopiques HRSC, c) carte géologique, d) zoom sur des réseaux de vallées et e) profil topographique au travers des vallées.