

Mars

Approche bio-géologique de la planète rouge

Nicolas Defer

Nicolas Defer termine son article sur Mars en présentant les recherches de la vie sur la Planète Rouge. Les informations recueillies par la mission Pathfinder confirment qu'a existé, il y a plusieurs milliards d'années, un climat plus chaud et plus humide.

D'autre part si les météorites ne permettent pas de conclure actuellement au sujet d'une vie sur Mars, des espoirs sérieux reposent sur les prochaines missions programmées sur cette planète.

Exobiologie sur Mars ou la recherche d'une vie passée ou présente

Hypothèse de l'eau donc de la vie

Corrélation entre l'eau et la vie

Avant tout, il convient de définir ce qu'on appelle un "être vivant", la "vie". La vie est un état et un ensemble d'actions et de réactions qui animent pendant un temps limité des systèmes naturels hautement structurés à toutes les échelles d'observation : les êtres vivants. On reconnaît l'être vivant à sa structure cellulaire. Les êtres vivants ne peuvent subsister qu'au prix d'une importante consommation d'énergie, apportée sur Terre par la lumière du Soleil. De plus, l'humidité, c'est-à-dire l'eau, est nécessaire pour la survie de l'être vivant.

Si l'eau liquide était présente sur Mars, il faudrait une température supérieure à 0°C et une pression au sol d'au moins 1 à 2 bars. Par conséquent, le climat de Mars était différent de celui qui règne actuellement. Mais était-ce suffisant pour que s'amorcent les processus de la vie ?

La vie est basée sur des échanges chimiques et cela suppose une libre circulation des molécules. Mais ces échanges sont plus ou moins rapides en fonction du milieu où se trouvent ces molécules. Ainsi, le liquide est un milieu idéal (par rapport au milieu solide ou gazeux) dans la mesure où chacune des molécules d'eau est un petit dipôle électrique. En effet, cette propriété permet à la molécule d'H₂O d'établir des liaisons électrostatiques faibles avec des composés ayant cette même particularité (molécules de soufre, dioxygène ou molécules organiques qui sont les briques élémentaires de la vie). Mais elle n'attire pas les groupements carbone-hydrogène : de ce fait les protéines se trouvent attirées par une seule extrémité car elles sont constituées de groupements carbonés et hydrogénés (absence d'attraction) mais aussi oxygénés et soufrés (attraction). En conséquence, les protéines ont deux pôles distincts, l'un hydrophile, orienté vers le milieu aqueux, l'autre hydrophobe, s'en écartant. Elles acquièrent une structure grâce aux propriétés de l'eau, et s'ordonnent, ce qui conditionnera leur rôle biologique.

Sur Terre, la présence d'eau et celle de matière organique issue probablement de grains cométaires (il en tombe à peu près 20 000 tonnes par an) ont engendré la création du premier système moléculaire capable de s'autodupliquer, de se recopier, et d'évoluer par mutation. c'est-à-dire de faire des erreurs en se recopiant. Mais l'énigme est le fait de savoir comment ces deux éléments ont abouti à ce résultat.

En tout cas la chimie est reproductible. Des conditions et facteurs identiques doivent engendrer des processus et des réactions identiques. Sur Terre, les premières phases et étapes de la vie ont été effacées et nous sont inconnues, du fait de l'activité tectonique intense, du volcanisme et de la présence de dioxygène qui "efface" les signatures" de l'activité biologique. Mars, par contre les a conservées grâce à une faible tectonique en particulier, et nous donne l'immense espoir de connaître enfin les premières images du film de la vie, de résoudre peut-être le comment et la pourquoi de la vie.

Les arguments en faveur de la présence d'eau dans le passé

Les images de Mars Pathfinder ont permis d'apercevoir de nombreuses pierres relativement rondes et orientées grossièrement dans la même direction, et de faire ainsi la rapprochement avec les galets roulés des fleuves terrestres. De plus, des lignes horizontales font penser à des dépôts sédimentaires fluviaux (les scientifiques parient sur des bassins sédimentaires à l'embouchure de lits d'écoulement ou au fond d'anciens lacs).

Le sable serait plus abondant que l'on ne le pensait à la surface de Mars (sur Terre, le sable est formé principalement par l'action de l'eau courante sur les roches).

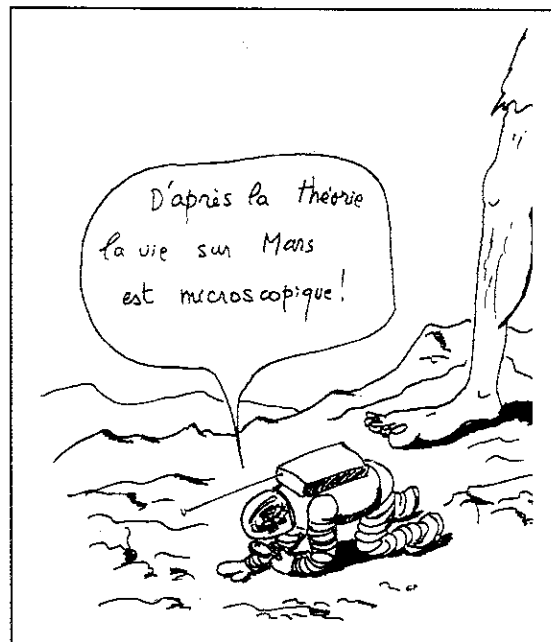
Les chenaux et vallées ont été très probablement modelés, créées par des flux d'eau liquide à une certaine époque, et ce, assez longtemps pour y laisser ces empreintes. Ainsi, certains scientifiques prônent de violentes débâcles d'eau souterraine ou l'action de sources chaudes hydrothermales à proximité des volcans qui auraient engendré des processus de sapement. Une autre hypothèse,

liée aux précédentes, est la présence d'eau (dont on ignore le volume) dans le sous-sol martien.

Il est très improbable de trouver une quelconque trace d'activité biologique passée à la surface de la Planète Rouge, de par l'altération et la stérilité de son sol. Si bien que les exobiologistes comptent sur les futures missions, notamment pour creuser et déceler des bactéries ou fossiles dans le sous-sol martien.

Ainsi, de nombreux chimistes privilégient l'étude de la "morphologie des roches" et la recherche de l'équivalent des stromatolites terrestres, formés il y a 3,5 milliards d'années par des colonies de bactéries.

Une autre possibilité moins coûteuse et aussi intéressante a priori est l'étude des météorites martiennes.



Les météorites : une preuve ?

Analyse des météorites dites martiennes

Elles appartiennent à la catégorie des SNC (ce sigle désigne les initiales des lieux où sont tombées trois météorites de ce groupe : Shergottite, Nakhilite, Chassigny), et l'on en dénombre une douzaine actuellement. Cependant, il faut y apporter des nuances. En effet, seules quelques unes, dont ETA 79 001 (trouvée en Antarctique) et Zagami (Niger) ont des bulles de gaz certifiant leur origine martienne (ces bulles de gaz ont une composition chimi-

que et isotopique analogue à celle de l'atmosphère martienne analysée par les sondes Viking).

Mais on ne peut guère tirer d'indices d'ETA 79 001, dans la mesure où elle est trop contaminée par des éléments terrestres. Zagami, quant à elle, ne contient pas de "carbonates susceptibles de receler des fossiles".

Restait une météorite très valable selon la NASA, recueillie en 1984 en Antarctique¹, où elle y reposait depuis 13 000 ans, après s'être détachée de Mars² il y a 15 millions d'années.

La météorite ALH84001, un espoir déçu³

Son âge est estimé à 4,5 milliards d'années, ce qui est exceptionnel, dans la mesure où les autres météorites de son groupe ne dépassent pas les 1,3 milliards d'années. On en déduit qu'elle s'est formée dans la croûte de Mars, constituée de à 98% de gros grains d'orthopyroxène, (un silicate de magnésium et de fer) entre 5 et 100 km de profondeur. Elle est peu altérée par l'eau ce qui montre qu'elle n'a pas résidé longtemps en surface. Elle présente des structures longilignes, très rapprochées les unes des autres, de taille infime (0,1 mm), qui ressemblent du point de vue de la forme, à des bactéries terrestres fossilisées mais de taille beaucoup plus réduite.

La révélation par la NASA en 1996 de traces de bactéries primitives présentes dans cette météorite a eu un grand retentissement dans le milieu scientifique. Très rapidement cette interprétation a été controversée.

On peut relire "les potins" du CC81 où il apparaît clairement que si la météorite est bien d'origine martienne, les molécules organiques sont d'origine terrestre, la météorite ayant été contaminée lors de son séjour sur Terre.

Les météorites représentent un outil intéressant mais elles ne permettent pas jusqu'à présent d'apporter des arguments en faveur de la vie, ni de démentir l'existence d'une quelconque vie passée sur Mars. Les espoirs les plus sérieux reposent sur les missions actuelles et futures sur Mars (cf. annexe).

Annexe

missions, passées, actuelles et futures sur Mars⁴

- * 1964 : Mariner 4 (EU) survole Mars et envoie les premières images.
 - * 1971 : Mars 3 (URSS) se pose sur Mars mais perd le contact avec la Terre ; Mariner 9 se met en orbite et cartographie la surface de la planète rouge.
 - * 1976 : Viking 1 et 2 (EU) se posent sur Mars et réalisent des photos spectaculaires.
 - * 1988 : la sonde Phobos (URSS) observe Phobos, l'un des deux satellites de Mars.
 - * 1992 : Observer (EU), lancé le 25 septembre, perdra contact 11 mois plus tard le 21 août 1993.
 - * 1996 : Mars 96 (Russie et Europe) explose le 16 novembre, peu de temps après son départ.
- La sonde Global Surveyor (EU) est envoyée en novembre.
- * 1997 : la station Pathfinder (EU) s'est posée le 4 juillet à l'Est des volcans géants du mont Tharsis, sur Ares Vallis.

* 1998 Mars Global Surveyor est actuellement pour une année martienne sur une orbite survolant les pôles pour dresser une carte des reliefs martiens et renouveler le relevé photographique de la surface.

La sonde japonaise Planet B, rebaptisée Nozomi (ce qui signifie à peu près espoir) a été lancée le 4 juillet 1998. Elle doit collecter, pour une année martienne, des données sur la ionosphère, le champ magnétique, les anneaux de poussière, et l'effet du vent solaire.

Mars Surveyor 98 (EU) sera lancé le 10 décembre pour être mis en orbite dès septembre 1999 et établir les communications avec un atterrisseur et deux microsondes devant se poser en décembre 1999, près du pôle sud. Le but de la mission est d'examiner les sols et de rechercher de l'eau ou de la glace.

* Projets pour le début du XXI^e s.

La mission Mars Surveyor 01 comportera un vaisseau spatial en orbite dès décembre 2001, un atterrisseur se posant en 2002 avec des expériences destinées à préparer l'exploration humaine (production de fuel sur place, caractérisation du sol et des poussières) et un petit véhicule.

La mission Mars Surveyor 03 enverra en mars 2003 un véhicule pour commencer à préparer la mission de retour d'échantillons du sol martien. Cette mission (Mars Surveyor 05) prévoit un départ en 2005, une arrivée sur Mars en 2006 ou 2007 et un retour sur Terre des matériaux en 2008.

L'ESA a un projet pour 2003, Mars Express, comportant un orbiteur et des atterrisseurs, destiné à cartographier la planète et à échantillonner son sol.

Notes :

- 1 - A l'Ouest des monts Allan (Allan Hills), d'où son nom : ALH
- 2 - Elle aurait été arrachée de la surface martienne par un impact violent d'astéroïde puis captée par l'attraction terrestre.
- 3 - L'article de Nicolas Defer décrivait en détail la controverse sur l'existence de fossiles de bactéries martiennes sur cette météorite. Depuis il a été établi que la composante organique était d'origine terrestre et nous n'avons donc pas rapporté ce débat.
- 4 - Merci à Philippe Masson pour son aide précieuse.

Orientation bibliographique

- MUTCH T.A., ARVISON R.E. :
The geology of Mars, Princeton University Press 1976.
- LOUCHET A :
La planète Mars, description géographique, Paris Masson, 1987
- TRICART J. :
Le relief de la planète Mars, comparaison avec celui de la Terre, annales de géographie n° 530, 1986
- BATTISTINI R. :
Les volcans du dôme de Tharsis, comparaison avec les volcans terrestres, revue de Géomorphologie dynamique, 1985, 3, p.81-109.
- BATTISTINI R. :
L'utilisation des cratères météoritiques à ejecta fluidisés comme moyen d'études spatiale et chronologique de l'eau profonde (hydrolithosphère) de Mars, revue de Géomorphologie dynamique, 1984, 1, p.25-41
- DERRUAU M. :
Précis de géomorphologie, Masson.
- MASSON P :
La géologie de la planète Mars, La recherche, n°172, décembre 1985.
- MASSON P., BOUSQUET B. et al. :
Articles sur la géologie de Mars, Bulletin de la société géologique de France.
- MASSON P :
Mars et Vénus CC 73 (printemps 1996).
- GOLOMBEK M. :
La mission Pathfinder sur Mars, Pour la Science, septembre 1998.

