

SCIENCE & FICTION

Seul sur Mars, un manuel de survie

Dans ce film qui raconte l'histoire d'un naufragé de l'espace, la science a un rôle prépondérant. Tempête de sable dévastatrice, culture de pommes de terre... : ces scènes sont-elles plausibles ?

Roland LEHOUCQ et Jean-Sébastien STEYER

Illustration : Marc BOULAY

Elle est rouge. Elle est froide. Elle est désertique. Et pourtant, aucune autre planète n'a autant excité l'imagination, n'a été l'objet d'autant de rêves ou la cible d'autant de missions scientifiques. À l'heure où les émissaires robotisés de la planète Terre continuent à envahir Mars, le film *Seul sur Mars* (Ridley Scott, 2015), tiré du livre *The Martian* (Andy Weir, 2011) montre comment l'astronaute Mark Watney va survivre seul à la surface de la planète rouge grâce à ses connaissances scientifiques. L'histoire, bien documentée, repose sur des techniques aérospatiales actuelles. Et pourtant, on ne peut s'empêcher de se demander si tout cela est bien réaliste.

Commençons par examiner le vaisseau *Hermès* qui conduit les astronautes sur la planète Mars. Sa grande roue, façon *2001, l'Odyssée de l'espace*, reproduit une gravité artificielle, mais semble un peu excessive. On ne peut nier l'intérêt de recréer une pesanteur durant le voyage de six mois jusqu'à Mars, mais le dispositif utilisé sera sans doute plus léger et moins coûteux que celui du film. En revanche, le programme et le déroulé de la mission *Arès III* du film sont assez raisonnables. Ils ressemblent à ceux retenus par la Nasa, directement fondés sur les travaux de l'expert en exploration martienne Robert Zubrin : un vaisseau principal pour atteindre Mars, un habitat sous pression où séjourner sur place et un MAV (*Mars Ascent Vehicle*) pour quitter le sol et revenir au vaisseau principal, en orbite autour de la planète, le tout envoyé

avant l'arrivée des astronautes. Le MAV est un élément clé : trop massif pour être expédié sur Mars avec un réservoir plein, il est déposé à l'avance avec juste une petite réserve d'hydrogène. Il fabrique son carburant sur place à partir du dioxyde de carbone de l'atmosphère martienne grâce à une usine chimique alimentée par un moteur nucléaire.

Dans le film, le programme ne se déroule pas comme prévu. L'histoire commence quand les astronautes doivent faire décoller le MAV en pleine tempête martienne, avant que ce module ne bascule sous l'effet du vent. Devant l'urgence de la situation, ils sont contraints d'abandonner l'un des leurs, victime d'un accident. Le sol martien est régulièrement balayé par des tempêtes – les particules soulevées donnent d'ailleurs au ciel sa couleur orange (et bleue au coucher du Soleil). Mais la tempête du film peut-elle faire autant de dégâts ?

Avec une pression atmosphérique martienne très faible, 160 fois inférieure à celle de la Terre au niveau de la mer et une température moyenne de -60°C , la densité atmosphérique de Mars est 60 fois inférieure à celle de la Terre. Or la pression exercée sur un obstacle par un fluide en mouvement est proportionnelle au produit de la densité du fluide par le carré de sa vitesse. Dès lors, si la pression exercée par un vent de vitesse donnée est 60 fois plus faible sur Mars que son équivalent terrestre, une tempête ne serait ressentie que comme une brise par les astronautes.



DANS SEUL SUR MARS, Mark Watney doit faire preuve d'ingéniosité pour survivre grâce à ses connaissances en chimie, en botanique, en électronique, etc.



AU COUCHER DU SOLEIL SUR MARS, le ciel de la planète se pare d'une couleur bleue. En effet, la taille des grains de poussière présents dans l'atmosphère martienne est telle que celle-ci laisse passer surtout la lumière bleue.

Estimons quelle vitesse de vent serait nécessaire pour faire basculer la navette. Pour ce faire, il faut tenir compte de la gravité martienne, 2,6 fois plus faible que celle de la Terre. Le rapport entre la force exercée par le vent et le poids du véhicule est donc, à vitesse de vent égale, environ 23 (la valeur de $60/2,6$) fois plus faible sur Mars que sur la Terre. La pression exercée par le vent étant proportionnelle au carré de sa vitesse, celle-ci devrait être, sur Mars, environ 4,8 fois supérieure ($\sqrt{23} \approx 4,82$) à celle qui, sur Terre, ferait basculer le MAV. Il faudrait donc des vitesses bien plus élevées que celles des vents les plus violents enregistrés sur la planète rouge, de l'ordre de 30 mètres par seconde. Comme souvent, le cinéma a ses exigences que la nature ne partage pas.

Ainsi, le vent martien ne pourrait soulever qu'une fine poussière, composée de grains mesurant quelque 50 à 100 micromètres. Les particules transportées sont plutôt de fines argiles. Or, dans le film, on voit passer des aiguilles de silice et des graviers lors de la tempête initiale !

Pour survivre, Watney cultive des pommes de terre dans un sol martien enrichi de ses excréments, mais il a besoin d'eau. Et pour faire de l'eau, il suffit de faire brûler du dihydrogène dans le dioxygène de l'air et de condenser la vapeur d'eau ainsi produite. Il faut aussi être prudent, car la réaction est très exothermique. Le problème est de disposer de dihydrogène, absent de l'air martien.

Dans le film, Watney utilise de l'hydrazine, carburant utilisé dans les moteurs à faible poussée qui assurent le positionnement sur orbite des satellites et des sondes spatiales. Dans ce cas, l'hydrazine est employée seule. En présence d'un catalyseur, elle se décompose en diazote et dihydrogène. Cette réaction exothermique se produit en quelques millisecondes, ce qui permet de doser précisément la poussée de la sonde. Sur Mars, Watney utilise cette réaction pour produire l'hydrogène dont la combustion avec l'oxygène de son habitat lui permet d'obtenir de l'eau.

Récolte de patates martiennes

Mars n'est pas dénuée d'eau : elle existe sous forme de glace (que Watney pourrait fondre avec son réacteur nucléaire). Se trouvant dans une région proche de l'équateur, le héros aurait dû se déplacer à des latitudes plus élevées, au-delà de 25 degrés, pour en trouver sous quelques centimètres de sable martien, sur des pentes orientées vers les pôles. Mais même avec de l'eau pour arroser ses plants, une alimentation à base de pommes de terre uniquement conduirait, à terme, à d'importantes carences.

Même s'il a des défauts, ce film permet au moins de poser la question des vols habités vers Mars. Explorer Mars pour tenter de savoir si un processus d'évolution prébiotique, voire l'émergence de la vie, a pu s'y dérouler est un enjeu scientifique majeur. Mais il n'est

nullement urgent d'envoyer des humains pour conduire cette exploration, tant il reste à faire avec des robots. En plus, il sera très difficile – et donc coûteux – de poser à la surface de Mars les lourdes charges nécessaires à la construction d'une base, même modeste. L'atmosphère y est trop ténue pour freiner correctement avec un parachute, comme sur Terre, et trop épaisse pour arriver à pleine vitesse jusqu'à la surface (les frottements produiraient des échauffements qui détruiraient l'appareil) et décélérer avec de simples rétrofusées, comme sur la Lune.

En revanche, il pourrait être intéressant d'envoyer des humains en orbite autour de la planète rouge. Cela économiserait l'infrastructure au sol pour organiser la survie de l'équipage tout en permettant de piloter en temps réel ou presque des robots perfectionnés déposés sur la planète (les signaux radio émis de la Terre mettent 5 à 22 minutes pour atteindre Mars). Et de plus, les astronautes pourraient facilement aller se poser sur les petites lunes Phobos ou Deimos, dont la très faible gravité facilite l'accès.

Finalement, *Seul sur Mars* montre en creux que les vols habités vers Mars sont d'abord une volonté politique. Et aucune autre raison, certainement pas l'exploration scientifique de Mars, ne peut justifier les budgets qu'ils exigent. ■

Roland LEHOUCQ est astrophysicien au CEA, à Saclay. Jean-Sébastien STEYER est paléontologue au CNRS-MNHN, à Paris. Marc BOULAY est sculpteur numérique.