

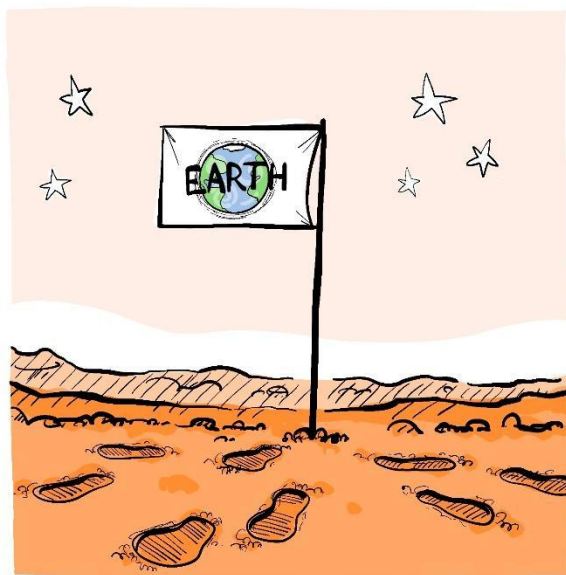
Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

Note à l'intention des décideurs

Cyprien Verseux, Lucie Poulet, Muriel Gargaud,
Nigel Mason, Kirsi Lehto, Michel Viso,
au nom des auteurs du livre
*Mars and the Earthlings: A Realistic View on Mars
Exploration and Settlement.*

Illustrations : Joséphine Jobard

Traduit de l'anglais par Cyprien Verseux et Michel Viso



EAI
EUROPEAN
ASTROBIOLOGY
INSTITUTE

université
de **BORDEAUX**



Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

Note à l'intention des décideurs

Cyprien Verseux, Lucie Poulet, Muriel Gargaud,
Nigel Mason, Kirsi Lehto, Michel Viso,
au nom des auteurs du livre

*Mars and the Earthlings: A Realistic View on Mars
Exploration and Settlement.*

Illustrations : Joséphine Jobard

Traduit de l'anglais par Cyprien Verseux¹ et Michel Viso²

¹ ZARM, Université de Brême, Allemagne

² CNES (retraité) et Innovaxiom SA, Paris, France

Version française

DOI : 10.5281/zenodo.15784659

Lien direct vers le livret sur Zenodo : <https://zenodo.org/records/15784659>

Version anglaise (original)

DOI: 10.5281/zenodo.15607010

Lien direct vers le livret sur Zenodo <https://zenodo.org/records/15607010>

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

Résumé

Les missions habitées vers Mars sont en passe de devenir possibles et il convient de déterminer s'il faut les soutenir ou non. Les débats sur ce thème sont malheureusement devenus conflictuels et ont perdu toute nuance.

Afin de favoriser discussions constructives et décisions éclairées, un groupe interdisciplinaire, constitué de plus de soixante experts européens – scientifiques, astronautes, juristes, économistes, médecins, philosophes et auteurs de science-fiction – a mené une analyse approfondie des scénarios de missions sur Mars les plus fréquemment évoqués.

Cette analyse montre que la faisabilité de ces scénarios varie largement. Si, par exemple, des missions d'exploration sont réalisables dans les décennies à venir, les technologies connues ou pressenties aujourd'hui ne peuvent permettre la terraformation. Elle souligne également l'immense valeur que pourraient apporter des missions habitées, ainsi que les risques considérables qui y seraient associés si elles étaient menées sans discernement. Aspirer à l'exploration d'un nouveau monde et à des expéditions scientifiques est louable mais présenter Mars comme une solution de secours, au cas où nous rendrions la Terre pratiquement invivable, est immoral et trompeur.

Il convient de s'opposer aux ambitions impliquant de graves manquements à l'éthique sans pour autant renoncer à l'exploration de Mars. Cela nécessite de débattre de ces sujets avec nuances, de s'appuyer sur les connaissances scientifiques établies, de considérer les scénarios au cas par cas plutôt que comme un ensemble, et de s'opposer à ce que la question de l'exploration de Mars ne devienne partisane.

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

Un débat houleux

Lors de son discours d'investiture du 20 janvier 2025, le président Donald Trump a affirmé qu'un drapeau américain serait bientôt planté sur Mars. Des expéditions habitées sur cette planète sont par ailleurs envisagées depuis longtemps par les nations spatiales. Dans sa feuille de route de l'exploration parue en 2018, l'ISECG¹ présente même l'atterrissage d'humains sur Mars comme un objectif partagé par ses membres.

S'il est possible que des acteurs institutionnels, en partenariat avec des entreprises privées, permettent effectivement à des astronautes de se rendre sur Mars, de tels projets tendent à être enrobés de promesses excessives. Des aspirations lointaines sont présentées comme des plans à court terme. De magnifiques illustrations de colonies humaines, ou même d'une planète Mars couverte d'océans, de champs et de forêts, stimulent l'imaginaire collectif au point que l'on puisse croire l'humanité prête à se répandre sur cette planète dans les décennies à venir. Beaucoup, ayant l'intuition que de telles représentations sont optimistes à l'excès, développent un scepticisme qu'ils opposent à tout projet d'exploration humaine. Un tel scepticisme est en partie justifié : ce serait en effet une erreur de considérer comme acquises même les plus simples de ces missions et leur concrétisation nécessitera énormément d'innovation et des financements conséquents. Cependant, les images grandioses qui illustrent les

¹ L'ISECG (*International Space Exploration Coordination Group*, ou Groupe international de coordination de l'exploration spatiale), est un consortium réunissant les principales agences spatiales.

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

propositions de missions martiennes ne sont pas toutes dénuées de vérité : des êtres humains pourraient fouler le sol martien dans les décennies à venir.

En plus de se demander si ces missions sont faisables, il est crucial de s'interroger sur leur pertinence. Certains adoptent ici une position sans nuances : ils s'opposent à ce que l'on pose ne serait-ce qu'un pied à la surface de Mars. Soutenir sans condition tout projet de mission habitée pourrait, il est vrai, mener à de terribles manquements à l'éthique et porter des illusions dangereuses – comme la croyance que l'humanité pourrait se transférer sur Mars si la Terre devenait invivable. Cependant, décider de ne jamais se rendre sur la planète rouge serait renoncer à des découvertes scientifiques majeures, à des ambitions capables de fédérer des nations et à une entreprise des plus significatives pour l'humanité.

Chercher à déterminer si l'être humain doit, ou peut, aller sur Mars, reviendrait à simplifier le problème et en perdre les nuances. Les questions qui doivent être abordées sont plus complexes. Tous les objectifs de mission ne sont pas équivalents. Explorer, coloniser ou terraformer diffèrent largement dans leur faisabilité, leurs coûts et leurs implications. Ceci peut être illustré par une analogie avec l'Antarctique. Préconiser que des villes y soient bâties apparaîtrait ridicule ; réchauffer le continent entier pour remplacer la calotte de glace par des champs de céréales serait jugé criminel. Cependant personne, ou presque, ne méprise Robert F. Scott pour les expéditions qu'il mena vers le pôle Sud au début du XX^e siècle. Personne ou presque n'exige le démantèlement des bases de recherche en Antarctique qui ont un faible impact sur l'environnement. Dans le cas de Mars,

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

pourtant, des projets aussi différents les uns des autres que ces exemples polaires ont tendance à être confondus.

Les débats sur l'exploration de Mars sont longtemps restés théoriques. Aujourd'hui, du fait de récentes avancées technologiques et de compétition entre superpuissance, des décisions pragmatiques doivent être prises. Les auteurs de cette note constatent qu'il est difficile pour le public de se forger des opinions éclairées, ainsi que pour les décideurs politiques de prendre des décisions étayées. Pour faire des choix pertinents il faut des discussions constructives. Ces dernières à leur tour nécessitent une vue d'ensemble objective. Mais les débats se sont envenimés. La simplification à l'excès que cela entraîne favorise la diffusion rapide d'idées fausses et de demi-vérités.

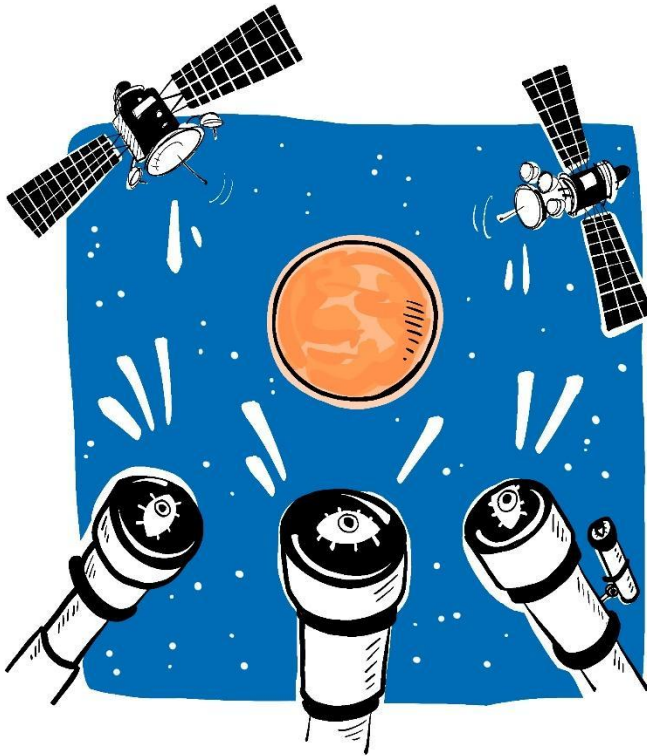
Plus de soixante experts européens ont conjugué leurs talents pour apporter des éléments de réflexion factuels et impartiaux. Parmi eux, de nombreux astronomes, planétologues, géologues, biologistes, médecins, mais aussi des philosophes, des juristes et des économistes. Certains sont auteurs de science-fiction ou encore astronautes. Leurs réflexions sont rassemblées dans le livre *Mars and the Earthlings: A Realistic View on Mars Exploration and Settlement* (« Mars et les terriens : une vision réaliste de l'exploration et de la colonisation de Mars », inédit en français).² En voici, résumés dans les pages suivantes, les principaux messages.

² Verseux, C., Gargaud, M., Lehto, K., Viso, M. (eds). 2025. *Space and Society series*. Springer, Cham. doi.org/10.1007/978-3-031-66881-4

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

1. Le désert martien

La surface de Mars est hostile mais compatible avec des missions habitées, pourvu que les technologies nécessaires soient disponibles sur place.³



La planète Mars s'est formée il y a 4,6 milliards d'années environ. Elle a d'abord été dotée d'une atmosphère dense,

³ Cette section est basée sur le Chapitre 2 : Siljeström, S. et al. (2024). *Mars in Short: Past and Present Geology and Climate*.

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

d'un champ magnétique et d'eau liquide en surface, des conditions dites « habitables » qui ont peut-être été propices à l'émergence d'une forme de vie microbienne. Il semble que la surface soit restée habitable jusqu'à il y a un peu plus de 3 milliards d'années. Un bouleversement climatique a ensuite transformé Mars, progressivement, en un monde froid, sec, désolé et fortement irradié, enveloppé d'une atmosphère extrêmement ténue.

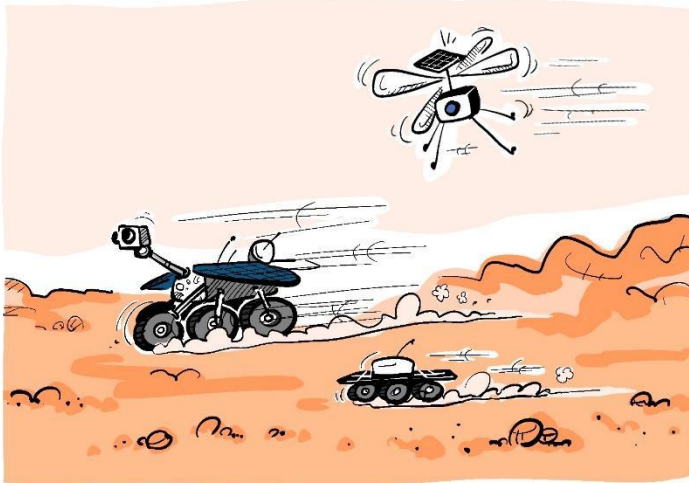
Bien que nettement moins accueillantes que celles de la Terre, les conditions actuelles sont clémentes en comparaison de celles qui prévalent sur la plupart des corps célestes du Système solaire. Si une forme de vie a existé là-bas, des traces pourraient en avoir été préservées. Il ne peut être exclu que des entités biologiques aient ensuite évolué et persistent à présent, peut-être sous la surface. Cette possibilité à elle seule justifie que l'on poursuive l'exploration de Mars.

Si les technologies nécessaires sont disponibles, divers éléments du sol et de l'atmosphère martiens pourraient par ailleurs être transformés en composés essentiels : oxygène, engrais, carburant ou eau potable, pour n'en nommer que quelques-uns. Des installations habitées pourraient donc être un peu plus autonomes sur Mars que, par exemple, sur la Lune.

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

2. L'exploration robotique

L'exploration robotique a généré des connaissances remarquables mais des questions essentielles demeurent, certaines d'entre lesquelles ne trouveront pas de réponse si des humains ne se rendent pas sur place.⁴



La majorité de ce que l'on connaît de Mars a été découvert par le biais de l'exploration robotique. Dès les années 1960 et 1970, la course à l'espace a généré des missions de survol, la mise en orbite de satellites et l'atterrissage de sondes mobiles ou non. Aujourd'hui, plus de 50 missions vers Mars ont été entreprises par diverses nations (Union soviétique, Etats-Unis, Japon, Europe, Inde, Émirats arabes unis, Chine

⁴ Cette section est basée sur le Chapitre 3 : Briones, C. *et al.* (2024). *Robotic Missions to Mars*.

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

et Russie). Environ la moitié ont atteint leur but. Grâce à l'amélioration continue des instruments embarqués, chacune apporte son lot de nouvelles découvertes.

Les missions robotiques ont été largement motivées par la curiosité scientifique. Les planétologues désirent comprendre la géologie de Mars, de sa formation à aujourd'hui, ainsi qu'étudier l'origine et la perte d'une atmosphère dense et d'eau liquide à la surface. Géologues et exobiologistes veulent identifier les minéraux et les composés organiques présents, en définir la répartition, et chercher les traces d'une forme de vie présente ou passée. Ces missions ont été facilitées par d'intenses collaborations internationales et par de rapides progrès technologiques.

D'extraordinaires découvertes ont été faites, certaines d'entre lesquelles sont résumées dans la première section. Malgré ces avancées, des questions majeures restent sans réponse et il semble que des réponses définitives ne pourront être apportées que grâce à des missions habitées. Les robots ne peuvent en effet égaler la polyvalence, la mobilité, la dextérité ni l'adaptabilité des êtres humains.

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

3. Préserver Mars et la Terre

Les questions éthiques relatives à l'exploration de Mars doivent être rigoureusement traitées, pour sa protection et pour celle de la Terre.⁵



L'introduction d'êtres humains dans l'environnement martien l'affectera durablement. Ce dernier doit être protégé de conséquences indésirables et irréversibles. Notre empreinte microbiologique pourrait par exemple nuire à des écosystèmes indigènes, s'il en existe. Des activités industrielles risqueraient de modifier un paysage que les générations à venir ne pourraient voir dans sa virginité. De même, une forme de vie martienne accidentellement introduite dans les écosystèmes terrestres pourrait nuire à

⁵ Cette section est basée sur le Chapitre 4 : Puumala, M. et al. (2024). *Mars Historical and Ethical Context: Past, Present, and Imagination*.

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

ceux-ci par le biais de compétition, de pathogénicité ou de toxicité. Bien qu'il soit improbable que ce risque s'avère, sa sévérité serait telle qu'il doit être sérieusement pris en compte.

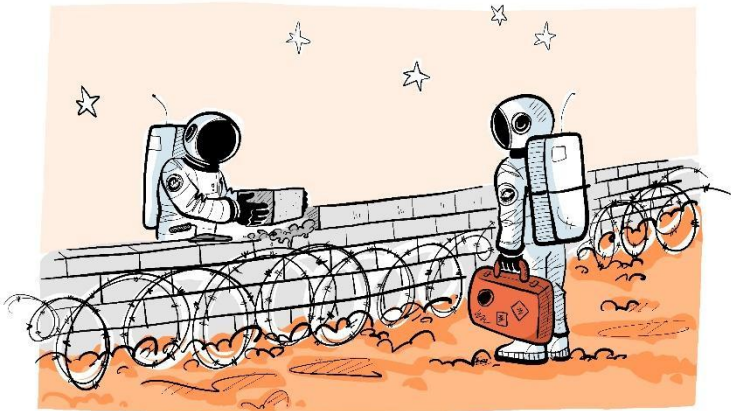
Mars est parfois perçu comme le champ possible d'une société nouvelle, libérée des erreurs du passé. S'il est vrai que de nouvelles normes et de nouvelles valeurs pourraient y émerger, l'établissement d'une présence humaine n'y permettrait pas un départ totalement nouveau : les migrants importeraient avec eux une part de leur culture et de leur politique. Les colonies resteraient connectées à l'histoire, et le devenir des peuples des deux planètes resterait entremêlé.

Si les questions éthiques liées à l'exploration de Mars peuvent apparaître comme des problèmes pour un lointain futur, ce que l'humanité fera dans les décennies à venir déterminera la suite qui y sera donnée, génération après génération. Nous ne pouvons nous permettre de ne pas traiter ces questions.

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

4. Règlements et traités

Le cadre juridique et institutionnel des missions vers Mars pourra se baser sur des accords existants, mais des défis persistent aux niveaux politique et stratégique.⁶



La mise en place d'un cadre juridique et institutionnel pour des activités de faible envergure sur Mars (au sein par exemple de petites stations de recherche ou de courtes missions) ne nécessite pas d'innovation majeure. Les activités spatiales sont, depuis 1967, régulées par un traité international ratifié par la vaste majorité des pays du monde : le Traité sur les principes régissant les activités des États en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique (mieux connu sous le nom de Traité de

⁶ Cette section est basée sur le Chapitre 5 : Clerc, P., et al. (2024). *Legal and International Context: Law and Disorder*.

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

l'espace). Celui-ci institue une liberté d'exploration pacifique de l'espace ainsi qu'une responsabilité des participants en cas de dommages causés à des tiers. Il prévoit la protection des environnements terrestres, orbitaux et planétaires, et impose un devoir d'assistance entre les acteurs. Il interdit en outre l'appropriation nationale ou privée de tout territoire dans l'espace extra-atmosphérique. Un territoire martien ne peut donc être revendiqué par aucun État.

Il existe par ailleurs des éléments de droit « non contraignant » qui sont pertinents pour des missions sur Mars. Un exemple notable est celui des Accords Artemis, convenus entre les Etats-Unis et d'autres gouvernements (53 pays l'ont signé à ce jour), qui régulent l'exploration et l'utilisation des corps célestes.

Si des missions dépassent le cadre de l'exploration et de la science, des difficultés pourront survenir aux niveaux stratégique et politique, ou émerger d'une incapacité des gouvernements et de leurs représentants à trouver un consensus. Les défis principaux seront, d'une part, la conception d'une forme de gouvernance qui implique les acteurs tant publics que privés, et d'autre part l'ajout au Traité sur l'espace d'une législation économique. Un équilibre doit être trouvé entre coopération et assistance, compétition saine entre entités privées, préservation de l'environnement, investissement, et intérêts des divers acteurs et des générations à venir.

Habiter Mars à plus grande échelle nécessiterait la mise en place d'un système juridique adapté au site et d'une gouvernance locale visant à gérer les questions

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

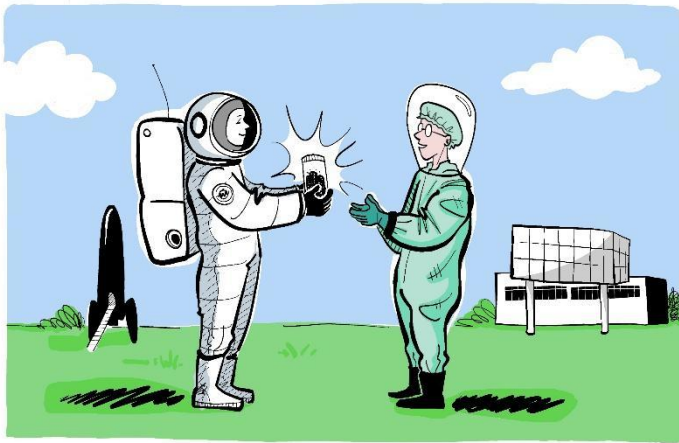
administratives, civiles, économiques et de la vie quotidienne qui ne pourront plus être contrôlées depuis la Terre.

Enfin, dans le scénario où un territoire deviendrait indépendant de toute souveraineté terrestre, un accord entre les deux planètes devra être conçu. Son objectif sera de gérer les relations entre les deux entités de façon pacifique et dans leur intérêt commun, ainsi que de promouvoir des principes partagés en matière de droits humains – et de droits des générations futures.

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

5. Missions de courte durée

La mise en œuvre de missions scientifiques de courte durée sera difficile ; elle pourrait cependant avoir lieu dans un futur proche.⁷



Le progrès rapide des technologies spatiales pourrait bientôt permettre d'envoyer des êtres humains sur Mars. Le principal moteur sera la volonté politique, stimulée par une vive compétition entre des nations ou des groupes de nations. Le premier acteur qui se posera donnera le ton des activités futures, d'où le fort intérêt politique d'y arriver avant les autres. Cet intérêt est clairement exprimé dans les documents politiques américains et illustré par la troisième étape du

⁷ Cette section est basée sur le Chapitre 6 : Chatzitheodoridis, E. *et al.* (2024) *Perspectives for Crewed Missions to Mars: Exploration from Orbit and/or Short Stay*.

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

programme Artemis. Les politiques chinoises, bien que rendues publiques dans une moindre mesure, ont une orientation similaire. Les retardataires auront tout intérêt à ne pas laisser seul sur Mars le vainqueur de cette course.

Indépendamment des motivations politiques, il est probable que les objectifs des premières missions soient avant tout scientifiques. Ces missions augmenteront la compréhension de l'évolution des planètes et permettront la recherche d'indices d'une forme de vie martienne. Elles représenteront par ailleurs une plateforme d'essai pour la préparation de missions ultérieures.

Les principales difficultés proviennent des dangers, ainsi que du stress physiologique, inhérents à un séjour dans l'espace lointain (radiation, microgravité, vide) et sur Mars (radiation, faible pression atmosphérique, faible gravité, air irrespirable). Le stress psychologique, lié à un confinement prolongé dans un espace restreint avec des communications limitées, doit aussi être pris en compte. Si quantité d'informations ont été acquises en orbite basse, les limites de l'endurance humaine loin de la Terre restent méconnues. Fournir un environnement vivable et les consommables adéquats requiert l'envoi et la mise en place, à la surface de Mars, de masses considérables. Il a été estimé que la première mission habitée nécessiterait au moins deux missions préalables, chacune acheminant au sol de Mars au moins 25 tonnes de fret (bien que cette valeur dépende largement de l'architecture de la mission), alors que le robot le plus lourd jamais posé sur Mars avait une masse d'environ une tonne.

Une grande partie des coûts associés à ces missions sera induite par le développement, la construction et le test des

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

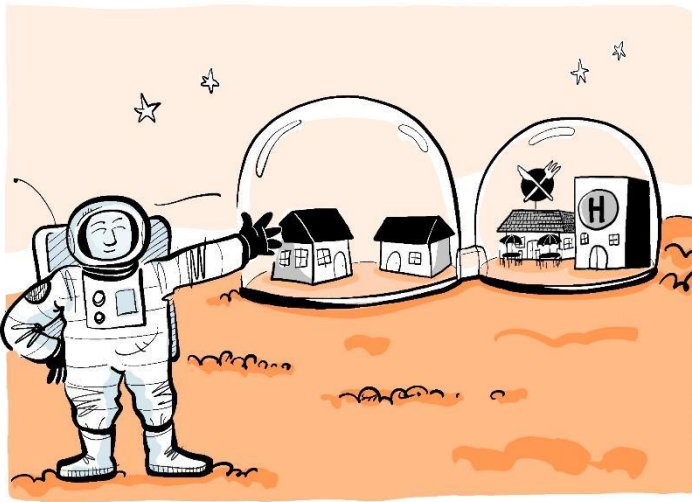
infrastructures, les personnels techniques et administratifs, et la construction du système de lancement. Une estimation approximative peut être dérivée de précédents programmes de vol habité comme le programme Apollo, ainsi que des prévisions actuelles pour le programme Artemis : entre une centaine et quelques centaines de milliards de dollars américains. Si ce montant peut paraître élevé, c'est une affaire de perspective : il est par exemple comparable au revenu annuel de l'industrie cinématographique, et le prix monétaire d'une guerre – ou de la reconstruction qui la suit – peut être un ordre de grandeur au-dessus. Il convient en outre de noter que, du fait de l'émergence d'une économie spatiale rentable et de collaborations entre les secteurs public et privé, le coût des technologies spatiales diminue rapidement.

Il sera nécessaire de considérer diverses questions éthiques, notamment à cause du haut niveau de danger qu'impliqueront les premiers vols habités vers Mars. Ce niveau peut être acceptable si les mesures préventives applicables sont prises et si les vols sont effectués par des astronautes dûment informés.

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

6. Stations permanentes

À la suite des premières missions, de petites stations permanentes dont les objectifs ne sont pas limités à la science pourront être établies.⁸



Aux premières missions sur Mars pourront succéder les séjours plus longs d'équipages plus nombreux. De tels séjours engendreront de nouveaux besoins et nécessiteront des bases sûres et relativement confortables. Ces bases devront comprendre des habitations protégées des radiations, des sources d'énergie fiables, des systèmes automatisés pour la fourniture et le recyclage des consommables nécessaires à

⁸ Cette section est basée sur le Chapitre 7 : Chatzitheodoridis, E. et al. (2024). *Mars as a Science Base: Towards a Small Permanent Outpost*.

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

la survie, des installations médicales sophistiquées, et un dispositif de surveillance des infrastructures essentielles et de l'environnement. De telles bases pourront graduellement devenir des stations pérennes hébergeant une présence permanente.

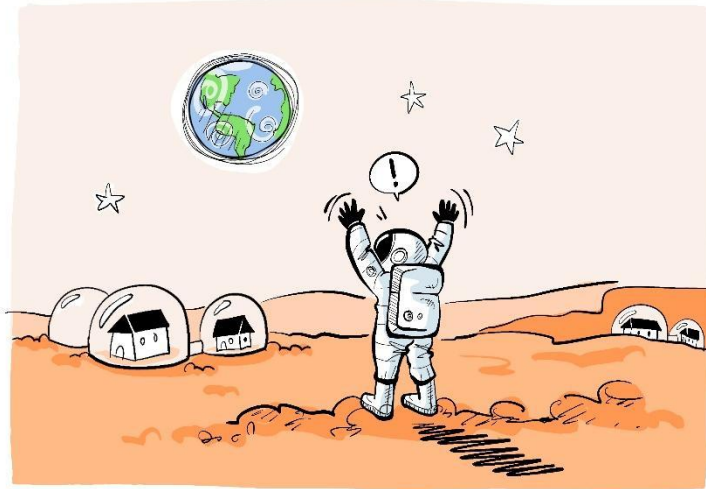
Le coût des missions de longue durée sera un obstacle à leur mise en œuvre. Il est envisagé, afin de les rendre moins onéreuses, d'utiliser les ressources naturelles de Mars pour la production des consommables nécessaires à la survie : une part grandissante de l'eau, de l'oxygène et de la nourriture pourra être produite ainsi. Cela requerra cependant des investissements initiaux importants, probablement issus de fonds publics. Si le montant ne peut être estimé avant que les missions ne soient définies plus en détail, il excèdera probablement les 150 milliards de dollars américains investis dans la Station spatiale internationale.

Il est concevable que des stations et des colonies soient établies par des acteurs qui agissent indépendamment des agences spatiales, comme des entreprises commerciales ou des alliances politiques. Bien qu'il soit probable qu'une partie des objectifs restent, un premier temps, liés à la science et à l'exploration, des stations pourraient être établies dans d'autres buts. Les motivations plausibles incluent l'extraction minière, l'industrie du bâtiment et la création d'avant-postes militaires. Les questions éthiques, politiques et sociales liées aux activités humaines sur Mars en seraient largement affectées. Des conflits pourraient survenir entre les différents acteurs. Les règlements et traités qui régulent les missions spatiales actuelles ne représenteraient plus un cadre législatif suffisant.

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

7. Colonies

Des colonies pourraient en principe être établies sur Mars, mais dans un lointain futur : de grandes avancées seraient pour cela nécessaires et des réponses devraient être apportées à de nombreuses questions d'ordre médical, éthique, politique et sociétal.⁹



Si l'évolution des premières stations donne lieu à des habitations adéquates et offre la capacité d'utiliser largement les ressources naturelles de Mars, ces stations pourraient à terme devenir des colonies permanentes. Les motivations pour y migrer seront diverses : devenir membre du personnel

⁹ Cette section est basée sur le Chapitre 8 : Chatzitheodoridis, E. et al. (2024). *Towards Permanent Settlements on Mars (from 1000 to 100,000 People)*.

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

scientifique, d'ingénierie ou de maintenance, établir une communauté idéologique ou artistique, ou encore s'impliquer dans des industries qui participent de l'économie de l'hydrogène ou de l'extraction du deutérium des lunes martiennes – voire de la ceinture d'astéroïdes.

Bien qu'envisageable à long terme, l'établissement d'une colonie nécessiterait quantité de technologies nouvelles ainsi qu'une vaste expérience de missions à plus petite échelle sur la Lune et sur Mars. Pour donner un exemple évident, le voyage interplanétaire et l'atterrissage sur Mars devront être devenus moins chers et plus sûrs, et la majeure partie des consommables essentiels (comme l'oxygène, l'eau, les éléments structurels et la nourriture) être produits sur place et à partir des ressources naturelles locales.

Garantir la santé physique et mentale des colons sera un défi supérieur à ce qu'il était pour les premières missions : les temps d'exposition seront plus longs, la sélection sera moins stricte et la tranche d'âge sera plus large. Il existe en outre des incertitudes sur la physiologie de la reproduction, et nul n'est à présent en mesure de déterminer si des enfants se développeraient de façon adéquate dans de tels environnements. D'autres questions portent plus généralement sur le bien-être des communautés. Des services éducatifs, sociétaux, sociaux et culturels devront être fournis, augmentant le peuplement minimal de la colonie. Ces besoins, ainsi que les questions éthiques qu'ils soulèvent s'ils ne sont pas satisfaits, seront exacerbés s'il s'avère que l'être humain est incapable de se rendre sur Terre après un très long séjour sur Mars ou après y être né.

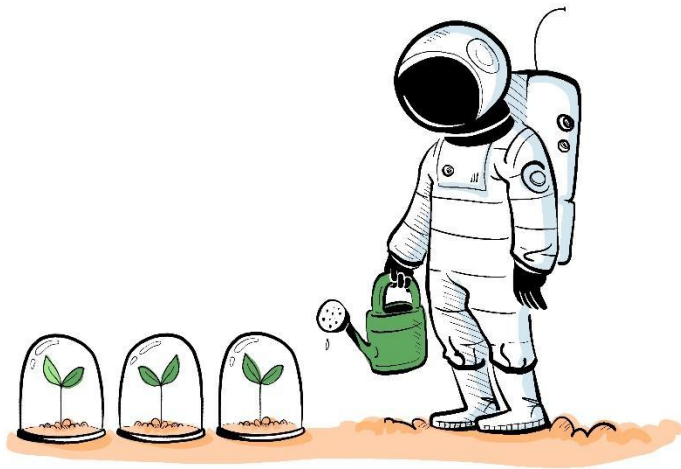
Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

Les colonies nécessiteront également un système juridique et de gouvernance adapté aux circonstances qui sont les leurs, qui promeuvent la sécurité des colons et des investisseurs, et qui respectent les droits de l'humanité dans son ensemble – y compris ceux des générations à venir. De façon plus générale, l'identité des colonies, ainsi que ses relations avec les exploitants, les fondateurs et les systèmes légaux sur Terre, pourraient être complexes et doivent être étudiées bien avant que de premiers colons ne s'établissent éventuellement sur Mars.

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

8. Terraformation

La terraformation est hors de portée des technologies concevables aujourd’hui. Serait-elle envisageable, il serait impératif de s’interroger sur ses implications éthiques, morales et philosophiques.¹⁰



L’idée de terraformer Mars – de rendre sa surface habitable – s’est répandue via des essais, des œuvres de fiction et des déclarations médiatisées. Dans les années 1990, des planétologues renommés ont publié l’ébauche d’un processus supposé pouvoir mener à une telle transformation de Mars, en cent mille ans ou plus. Bien que plausible à cette époque,

¹⁰ Cette section est basée sur le Chapitre 9 : Forget, F. *et al.* (2024). *Mars as a Planet B?*

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

ce processus apparaît infaisable à la lumière des connaissances accumulées dans les trois décennies suivantes. D'autres méthodes ont été proposées ; aucune ne résiste à un examen rigoureux. La terraformation n'est permise par aucune technologie concevable aujourd'hui.

Si elle devenait possible, il est loin d'être acquis qu'elle serait désirable. Elle violerait par exemple plusieurs principes de l'éthique environnementale – d'autant plus si une vie microbienne indigène est découverte. Menée dans un objectif de peuplement, elle aurait en outre de nombreuses implications légales et sociétales. Celles-ci porteraient notamment sur les relations entre les communautés émigrées sur Mars et les populations, structures et lois sur Terre. Si elle vise à réduire le risque d'extinction de l'humanité, comme il a été proposé à de multiples reprises dans des tribunes de premier plan, elle devra être soumise à un examen des plus critiques basé, entre autres, sur l'éthique, la morale et la philosophie. Certaines des questions qui doivent être traitées portent par exemple sur les critères de sélection des individus qui seraient envoyés, ainsi que sur les ressources qui seraient prélevées dans les sociétés et les écosystèmes de la Terre.

9. Science-fiction

La science-fiction a largement contribué à la perception et à la compréhension par le public des missions martiennes, et cela va probablement continuer.¹¹



Les déclarations fantaisistes faites par une communauté scientifique d'ordinaire si rationnelle, ainsi que l'intensité des débats liés à l'exploration ou à la colonisation de Mars, ne peuvent être expliquées de façon exhaustive sans que ne soit

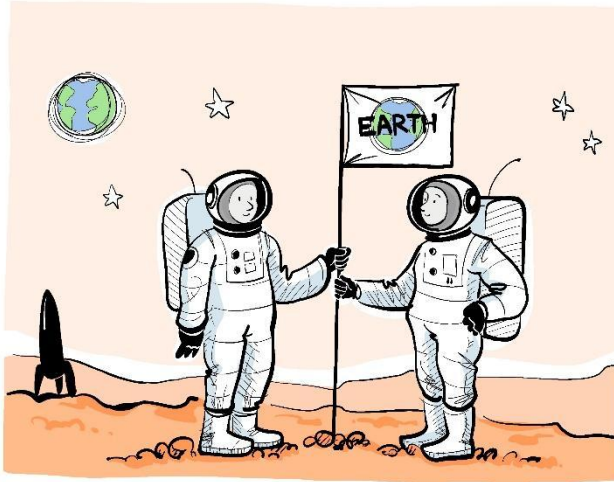
¹¹ Cette section est basée sur le Chapitre 10 : Nováková, J.N. et al. (2024). *Mars in Science Fiction and Our Perceptions of the Red Planet*.

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

prise en compte l'influence de la science-fiction sur nos imaginaires. Ce genre narratif a joué un rôle important dans la formation des opinions publiques, qu'elles soient ou non pertinentes. Sa popularité lui confère par ailleurs un fort potentiel dans la sensibilisation et l'éducation. La science-fiction contribue donc largement à la compréhension par le public des vols habités et des séjours sur Mars.

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

En guise de conclusion



Les missions martiennes habitées sont presque à la portée de nos technologies ; des choix pragmatiques doivent donc être faits. Notre capacité collective à en débattre se heurte cependant à un manque de nuances dans les opinions les plus proéminentes. Cette situation est aggravée par l'implication forte de figures politiques polarisantes, au point que l'exploration de Mars est souvent associée à un certain courant politique.

Dans le but de faciliter un dialogue constructif, les auteurs du livre *Mars and the Earthlings: A Realistic View on Mars Exploration and Settlement*, dont est dérivé le présent document, ont mené une analyse approfondie des scénarios les plus populaires parmi ceux qui portent sur l'exploration, l'exploitation ou la colonisation de la planète rouge. Le livre

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

qui en est issu démontre une grande variabilité dans la faisabilité de ces scénarios. Il souligne l'immense valeur des missions habitées sur Mars si elles sont bien pensées et bien exécutées, mais aussi les risques considérables que ces missions pourraient poser si elles étaient menées de façon inconséquente.

Des missions scientifiques de courte durée pourraient avoir lieu dans les prochaines décennies. L'échéance exacte dépend des choix politiques des nations spatiales et des ressources investies par celles-ci. Certaines des technologies nécessaires sont encore immatures, comme celles qui permettraient de délivrer des charges importantes à la surface de Mars, de maintenir dans les habitats une atmosphère respirable sur de très longues périodes en l'absence de ravitaillement, de produire de grandes quantités de carburant à partir d'éléments de l'atmosphère ou du sol martiens, ou de garantir une protection contre les radiations. Chacun de ces points semble surmontable à moyen terme. Des questions éthiques, juridiques et politiques demeurent, qui portent par exemple sur la protection des environnements martiens et terrestres. Si ces questions sont traitées de façon adéquate, des missions de courte durée peuvent être justifiées par leur valeur scientifique, leur portée fédératrice et leur caractère profondément inspirant.

Les développements technologiques nécessaires, ainsi que les enjeux médicaux, politiques et sociétaux, augmentent avec l'envergure des missions. Des stations de petite taille, similaires aux stations polaires actuelles, pourraient être envisagées. La faisabilité de missions à plus grande échelle est par contre douteuse, du moins dans un futur proche, et les bénéfices en sont moins évidents. Des arguments d'ordre

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

économique ont été formulés mais restent plutôt vagues. Chaque type de mission, voire chaque mission, doit être considéré au cas par cas.

Des réponses plus tranchées peuvent être apportées lorsque l'on considère les plus ambitieux des scénarios évoqués. Envisager de terraformer Mars serait en contradiction avec notre connaissance de la biologie et de la planète rouge. Prétendre que Mars offre une solution de repli dans le but de minimiser le besoin de préserver la Terre, face par exemple au réchauffement climatique, est soit extrêmement naïf, soit un manquement grave à l'éthique. Pour au moins les décennies, voire les siècles à venir, la biosphère dont font partie les hommes n'aura qu'un seul foyer : la Terre.














Cela n'implique pas qu'il faudrait renoncer à explorer Mars. Si l'on sait se prémunir des illusions délétères et respecter l'éthique, l'exploration de la planète rouge peut être une entreprise sublime. Elle pourrait être semblable à celle de l'Antarctique : débiter par d'héroïques expéditions et, poursuivre, peut-être, par des stations de recherche permanentes. Il ne faut pas prendre cela pour acquis : les défis à surmonter sont considérables et les affronter requerra ressources et talents, parmi lesquels l'ingéniosité. Il faudra redevenir capables de débattre de ce sujet avec nuances, considérer les scénarios de mission un par un plutôt que de les traiter comme un tout indissociable, et refuser de laisser l'exploration de Mars devenir une question partisane.

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

Contributeurs

	<p>Arnould Jacques, <i>Philosophie</i> Centre national d'études spatiales, Paris, France jacques.arnould@cnes.fr</p>	
	<p>Baatout Sarah, <i>Radiobiologie</i> Institut des applications médicales nucléaires, Centre de recherche nucléaire de Belgique (SCK CEN), Mol, Belgique sbaatout@sckcen.be</p>	
	<p>Barthomeuf Perrine, <i>Droit</i> Rennes, France perrine.barthomeuf@aol.fr</p>	
	<p>Briones Carlos, <i>Exobiologie</i> Centre d'exobiologie (INTA-CSIC), Torrejón de Ardoz, Espagne cbriones@cab.inta-csic.es</p>	
	<p>Brucato John Robert, <i>Exobiologie</i> INAF - Observatoire d'Arcetri, Florence, Italie john.brucato@inaf.it</p>	
	<p>Capova Klara-Anna, <i>Sciences sociales</i> Université de Durham, Royaume Uni studieska.capova@gmail.com</p>	
	<p>Carré Fabrice, <i>Science-fiction</i> Auteur de <i>Mars !</i>, de <i>Shinypix</i> et des <i>Hypermondes</i>, Bordeaux, France fabrice.carre@shinypix.com</p>	
	<p>Cesari Laetitia, <i>Droit de l'espace</i> Université du Luxembourg, Luxembourg laetitia_cesari@outlook.com</p>	
	<p>Chatzitheodoridis Elias, <i>Physique</i> Université polytechnique nationale d'Athènes, Grèce Chercheur invité à l'ESA/ESTEC eliasch@metal.ntua.gr</p>	
	<p>Clerc Philippe, <i>Droit de l'espace</i> Responsable conformité et éthique d'entreprise, ex-Directeur responsable des affaires juridiques, Centre national d'études spatiales, Paris, France philippe.clerc@cnes.fr</p>	
	<p>de Vera Jean-Pierre, <i>Exobiologie</i> Centre allemand pour l'aéronautique et l'astronautique (DLR), Opérations spatiales et formation des astronautes, MUSC, Cologne, Allemagne jean-pierre.devera@dlr.de</p>	

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

	Dehant Véronique , <i>Planétologie</i> Observatoire Royal de Belgique et UCLouvain, Bruxelles, Belgique veronique.dehant@oma.be	
	Detrell Gisela , <i>Technologies du vol spatial habité</i> Université technique de Munich, Allemagne gisela.detrell@tum.de	
	Ditrych Ondřej , <i>Relations internationales</i> Institut des relations internationales, Prague, République tchèque ditrych@iir.cz	
	Dunér David , <i>Histoire des sciences</i> Université de Lund, Suède david.duner@kultur.lu.se	
	Esslinger Yéléna , <i>Études juridiques</i> Université de Bordeaux, France yelena.esslinger@gmail.com	
	Ewald Reinhold , <i>Opérations de vol spatial habité</i> Astronaute, Université de Stuttgart, Allemagne ewald@irs.uni-stuttgart.de	
	Forget Francois , <i>Planétologie</i> LMD/IPSL, Paris, France forget@lmd.ipsl.fr	
	Fornaro Teresa , <i>Exobiologie</i> INAF - Observatoire Astrophysique d'Arcetri, Florence, Italie teresa.fornaro@inaf.it	
	Freissinet Caroline , <i>Planétologie</i> Chercheuse CNRS / LATMOS, UVSQ Université Paris-Saclay, Sorbonne Université, IPSL, St Quentin en Yvelines, France caroline.freissinet@latmos.ipsl.fr	
	Gargaud Muriel , <i>Exobiologie</i> Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux, Université de Bordeaux, France muriel.gargaud@u-bordeaux.fr	
	Gonçalves Barbara , <i>Études juridiques</i> Université Clermont Auvergne, Centre Michel de L'Hospital, Clermont-Ferrand, France goncalvesbarb@gmail.com	
	Gross Christoph , <i>Planétologie</i> Université libre de Berlin, Allemagne christoph.gross@fu-berlin.de	
	Hedlund Maria , <i>Sciences sociales</i> Université de Lund, Suède maria.hedlund@svet.lu.se	








Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

	Hofmann Mahulena , <i>Études juridiques</i> Université du Luxembourg, Luxembourg mahulena.hofmann@uni.lu	
	Holynska Malgorzata , <i>Chimie</i> Agence spatiale européenne, ESTEC, Noordwijk, Pays-Bas malgorzata.holynska@esa.int	
	Javaux Emmanuelle , <i>Paléobiologie</i> Laboratoire Traces de la vie primitive et évolution – exobiologie, Université de Liège, Belgique ej.javaux@uliege.be	
	Kereszturi Akos , <i>Planétologie</i> Observatoire Konkoly, Centre de recherche en astronomie et sciences de la Terre, HUN-REN, Budapest, Hongrie kereszturi.akos@csfk.org	
	Krassakis Alexandros , <i>Gestion des risques</i> Mars Society Hellas, Grèce alexandros@krassakis.com	
	Lee Natuschka M. , <i>Biologie</i> Collège suédois d'études avancées et Université suédoise des sciences agricoles, Uppsala, Suède natuschka.lee@slu.se	
	Lehoucq Roland , <i>Cosmologie</i> CEA Saclay, Département d'astrophysique, Saclay, France roland.lehoucq@cea.fr	
	Lehto Kirsi , <i>Biologie</i> Université de Turku, Département des sciences de la vie moléculaires, Turku, Finlande klehto@utu.fi	
	Mangold Nicolas , <i>Planétologie</i> Laboratoire Planétologie et géosciences, CNRS, Université de Nantes et Université d'Angers, France nicolas.mangold@univ-nantes.fr	
	Mason Nigel , <i>Planétologie</i> Université de Kent, Canterbury, Royaume-Uni n.j.mason@kent.ac.uk	
	Meneghin Andrea , <i>Exobiologie</i> INAF - Observatoire astrophysique d'Arcetri, Florence, Italie andrea.meneghin@inaf.it	
	Milligan Tony , <i>Ethique</i> Département de théologie et d'études religieuses, King's College, Londres, Royaume-Uni anthony.milligan@kcl.ac.uk	

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

	Noack Lena , <i>Planétologie</i> Université libre de Berlin, Département des sciences de la Terre, Berlin, Allemagne lena.noack@fu-berlin.de	
	Novakova Julie Nekola , <i>Biologie</i> Université Charles, Institut de physique de l'Académie des sciences de la République tchèque, Prague, République tchèque julie.novakova@natur.cuni.cz	
	Persson Erik , <i>Ethique</i> Université de Lund, Suède erik.persson@fil.lu.se	
	Plesa Ana-Catalina , <i>Planétologie</i> Centre aérospatial allemand (DLR), Institut de recherche planétaire, Berlin, Allemagne ana.plesa@dlr.de	
	Possnig Carmen , <i>Physiologie et médecine spatiales</i> Membre de la réserve des astronautes de l'ESA, Université d'Innsbruck, Autriche carmen.possnig@uibk.ac.at	
	Poulet Lucie , <i>Ingénierie des procédés des systèmes de support de vie</i> Boursière postdoctorale Marie Curie, Université Clermont Auvergne, Institut Pascal, Clermont-Ferrand, France lucie.poulet@uca.fr	
	Puumala Mikko , <i>Philosophie</i> Département de philosophie, histoire contemporaine et sciences politiques, Université de Turku, Finlande mimapu@utu.fi	
	Rivoldini Attilio , <i>Planétologie</i> Observatoire Royal de Belgique, Bruxelles, Belgique rivoldini@oma.be	
	Rodríguez Manfredi José Antonio , <i>Exobiologie</i> Centre d'exobiologie (INTA-CSIC), Torrejón de Ardoz, Espagne manfredi@cab.inta-csic.es	
	Rückert Patrick , <i>Science de la production</i> Institut de génie mécanique de Brême (bime), Université de Brême, Allemagne rueckert@bime.de	
	Runavot Marie-Clotilde , <i>Droit public international</i> Université Toulouse Capitole, Toulouse, France marie-clotilde.runavot@ut-capitole.fr	
	Schmidt Nikola , <i>Politique spatiale</i> Institut des relations internationales, Prague, République tchèque schmidt@iir.cz	

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

	<p>Selke Stefan, <i>Sciences sociales</i> Public Science Lab, Université de Furtwangen, Allemagne stefan.selke@hs-furtwangen.de</p>	
	<p>Siljeström Sandra, <i>Exobiologie</i> Instituts de recherche de Suède (RISE), Stockholm, Sweden sandra.siljeström@ri.se</p>	
	<p>Sivula Oskari, <i>Philosophie</i> Département de philosophie, histoire contemporaine et sciences politiques, Université de Turku, Finlande oskari.a.sivula@utu.fi</p>	
	<p>ten Kate Inge Loes, <i>Planétologie et astrobiologie</i> Université d'Utrecht et Université d'Amsterdam, Pays-Bas i.l.tenkate@uu.nl</p>	
	<p>Tikkanen Mikko, <i>Biologie</i> Université de Turku, Département des sciences de la vie moléculaires, Turku, Finlande mikko.tikkanen@utu.fi</p>	
	<p>Tønnessen Morten, <i>Philosophie</i> Université de Stavanger, Norvège morten.tonnessen@uis.no</p>	
	<p>Tracht Kirsten, <i>Collaboration humain-robot</i> Institut de génie mécanique de Brême (bime), University of Brême, Allemagne tracht@uni-bremen.de</p>	
	<p>Vago Jorge L., <i>Etudes sur l'origine de la vie</i> Agence spatiale européenne, Noordwijk, Pays-Bas jorge.vago@esa.int</p>	
	<p>Verseux Cyprien, <i>Exobiologie</i> Centre de technologie spatiale appliquée et microgravité (ZARM), Université de Brême, Allemagne cyprien.verseux@zarm.uni-bremen.de</p>	
	<p>Viso Michel, <i>Exobiologie</i> Centre national d'études spatiales (retraité) et Innovaxiom SA, Paris, France michel.viso@innovaxiom.com</p>	

Peut-on, et doit-on, aller sur Mars ?

Peut-on, et faut-il, aller sur Mars ?

Note à l'intention des décideurs

Cyprien Verseux, Lucie Poulet, Muriel Gargaud, Nigel Mason, Kirsi Lehto, Michel Viso.

Au nom des auteurs du livre

Mars and the Earthlings: A Realistic View on Mars Exploration and Settlementⁱ

Illustrations : Joséphine Jobard

Lors de son discours d'investiture présidentielle du 20 janvier 2025, le président Donald Trump a affirmé qu'un drapeau américain serait bientôt planté sur Mars. Cette annonce a initié de vifs débats sur la faisabilité et la pertinence des missions habitées vers la planète rouge.

De telles missions étaient depuis longtemps envisagées par les nations spatiales, bien que sans objectif clair ni calendrier précis. Elles sont en passe de devenir technologiquement faisables. Des choix pragmatiques doivent donc être faits quant aux types de mission à soutenir, et à ceux auxquels s'opposer. La polarisation des débats nuit malheureusement à la prise de décisions adéquates.

Plus de soixante experts européens de renom se sont réunis pour examiner des scénarios de missions martiennes allant de l'exploration robotique à court terme aux projets de terraformation. Chacun de ces scénarios a été analysé à travers un large éventail de disciplines – telles que l'ingénierie, la biologie, la médecine, le droit ou l'éthique – pour circonscrire ce qui est envisageable et contribuer à évaluer ce qui est souhaitable.

Leurs principales conclusions ont été réunies dans le présent livret qui, les auteurs l'espèrent, favorisera la formation d'opinions éclairées.

DOI : 10.5281/zenodo.15784659

Lien direct vers le livret sur Zenodo : <https://zenodo.org/records/15784659>

ⁱ Verseux, C., Gargaud, M., Lehto, K., Viso, M. (eds). 2025. *Space and Society series*. Springer, Cham. doi.org/10.1007/978-3-031-66881-4