

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

D'UNE PLANÈTE À UNE AUTRE : ÉTUDE DE L'IMAGINAIRE SOCIOTECHNIQUE DES
PROMOTEURS DU PROJET DE TERRAFORMATION DE LA PLANÈTE MARS EN TANT
QUE SOLUTION TECHNIQUE À L'EXTINCTION DE L'HUMANITÉ

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN SOCIOLOGIE

PAR
NICOLAS GUINDON

OCTOBRE 2022

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.04-2020). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, j'aimerais remercier ma directrice de recherche, Elisabeth Abergel. Il s'en est passé des choses en quatre ans. J'ai souvent failli perdre la tête (clin d'œil à mon ami Sergio Canavero). Heureusement, vous étiez là pour me remettre sur le droit chemin à chaque fois. Merci pour votre soutien, votre écoute, vos commentaires, vos blagues et pour toutes ces connaissances que vous m'avez transmises.

J'envoie un gros bec soufflé à tous mes amis sociologues qui ont illuminé les nombreuses années que j'ai passées à l'université. Merci Maude pour toutes ces discussions, ces rires, ces idées de drink et ces *memes*. Merci pour tes relectures et tes encouragements. Tu as été là du début à la fin et je t'en serai éternellement reconnaissant. Je suis vraiment chanceux de t'avoir comme amie. Florence Guindon ne t'arrive pas à la cheville ! Merci Samuel pour tous ces moments passés à rédiger ensemble dans ton local du département de sociologie. Tu as grandement alimenté mes réflexions. J'ai une pensée spéciale pour mes collègues du cours *Méthodologie de la démarche de recherche* qui m'ont donné une carte de vœux alors que j'en avais grandement besoin. Je lance aussi un gros MERCI à Fabienne et Félix avec qui j'ai passé au travers du baccalauréat le sourire étampé au visage.

Je tiens, également, à souligner l'importance de Pierre Doray dans mon parcours académique et personnel. Merci, merci, merci, merci, merci. Honnêtement, merci.

Mention spéciale à tous les employés de soutien de l'UQÀM, mais surtout à toi, Lise.

Je voudrais aussi remercier chaleureusement tous mes amis. Merci pour votre écoute et pour l'amour que vous me donnez en abondance. Merci Steph, Binette, Debi, Lacrosse, Rémi, Channing, Gab, Jimbo, Sarah, Mick, Cloé et Véronie la Vérone.

Je donne un bec sur les deux joues à tous les membres de ma famille et de ma belle-famille. Évidemment, mon père se mérite un troisième bisou. J'ai une pensée particulière pour ma mami et Arthur Lefebvre qui nous ont quittés avant le dépôt de mon mémoire.

Maman, ce mémoire est pour toi. Je t'ai promis que j'allais le finir et c'est ce que j'ai fait. Je te remercie pour tout, tout, tout (incluant ta succulente recette de gâteau aux carottes). Ton absence me fait toujours aussi mal. Je t'aime tellement fort.

Merci à mes enfants, Simone et Florent, pour les nuits blanches, les dégâts, les jouets sous mes pieds, les trous dans les murs, les marques sur le plancher et les pleurs. Vous remplissez mes journées de bonheur. Vous faites de moi une meilleure personne. Des fois, je pleure tellement je suis fier de vous. Je vous aime gros en câline de bine.

Jiji, mon chat, je t'aime, mais maudit que t'as été gossant.

J'aimerais remercier ma copine Manu. Je n'y serais pas arrivé sans toi. Merci d'avoir cru en moi et de m'avoir épaulé durant ces quatre années difficiles. Merci pour tous ces desserts que tu as cuisinés. Je t'aime.

Enfin, je tiens à reconnaître le soutien financier du Fonds de recherche du Québec – Société et culture (FRQSC) grâce auquel j'ai pu me concentrer à la rédaction de ce mémoire.

DÉDICACE

À ma maman.
Je t'aime, moé itou.

AVANT-PROPOS

Too much change is not a good thing.
Ask the climate.

[Trop de changement n'est pas une bonne chose.
Demandez au climat.]

-Michael Garry Scott, *The Office* (S06, É14)

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	v
LISTE DES FIGURES.....	ix
LISTE DES TABLEAUX.....	x
RÉSUMÉ.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I LA TERRAFORMATION DE LA PLANÈTE MARS : D'UNE IDÉE FICTIVE À UNE SOLUTION DE SECOURS POUR L'HUMANITÉ.....	10
1.1 La terraformation de la planète Mars : Histoire d'une idée.....	10
1.1.1 La terraformation dans la science-fiction.....	10
1.1.2 La terraformation dans le monde scientifique.....	12
1.2 Entrecroisements entre les récits science-fictifs et la recherche scientifique	28
1.3 La terraformation de la planète Mars comme solution technique aux risques existentiels ...	31
CHAPITRE II PENSER LA TERRAFORMATION.....	36
2.1 Imaginaire sociotechnique	38
2.2 Sociologie des attentes.....	44
2.3 L'idée de progrès	52
2.4 <i>Technofix</i> : À la croisée du solutionnisme et du techno-optimisme	54
2.5 <i>Life-support system</i> et émulation environnementale : Une vision particulière de l'environnement	57
2.6 Science-fiction et terraformation de la planète Mars : Une proximité significative.....	61
2.7 Mise en relation des éléments théoriques et retour sur les questions de recherche	67
CHAPITRE III DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE	71

3.1	Objet de la recherche	72
3.2	Identification et description du matériau d'analyse.....	72
3.3	Description des différents documents analysés	77
3.3.1	Articles de revues scientifiques.....	78
3.3.2	Articles de journaux	78
3.3.3	Livres.....	79
3.3.4	Conférence TED.....	80
3.3.5	Série télévisée de type « Docufiction ».....	81
3.4	Analyse thématique	83
3.4.1	Description détaillée des procédures d'analyse de notre matériau	84
3.5	Pertinence de la démarche en regard de notre objet de recherche et de nos objectifs.....	88
CHAPITRE IV ANALYSE THÉMATIQUE DES DISCOURS DES TERRAFORMATEURS.....		90
4.1	Présentation des résultats.....	91
4.1.1	Description des discours.....	91
4.1.2	Synthèse des résultats et arbre thématique.....	92
4.2	Portrait détaillé de l'imaginaire sociotechnique des terraformateurs	99
4.2.1	<i>The Final Frontier</i> : Mars en tant que « nouveau » Nouveau Monde	100
4.2.2	<i>Leave a dying Earth and settle a new planet</i> : Créer des mondes habitables pour pallier aux risques existentiels	107
4.2.3	<i>Engineering these inevitable events out of the human future</i> : La terraformation de la planète Mars envisagée comme ultime <i>technofix</i>	118
4.2.4	<i>The Red Planet can be terraformed</i> : L'optimisme technologique au cœur de leur vision du futur	126
4.2.5	<i>Creating a garden out of a wasteland</i> : L'environnement pensé comme un espace soumis à l'action humaine	136
4.2.6	<i>A Planet-Shaping Species</i> : La terraformation, fruit de l'évolution.....	146
4.3	La terraformation de Mars : révélatrice du mythe du progrès et porteuse de promesses	152
4.4	Utilisation des discours tournés vers le futur par les terraformateurs	155
4.5	Conclusion préliminaire.....	174
CONCLUSION		176
La suite pour l'ingénierie planétaire sur Mars et pistes de recherche		179
Plaidoyer pour redescendre sur Terre.....		181
ANNEXE A LISTE CHRONOLOGIQUE DES ARTICLES À PROPOS DE LA TERRAFORMATION PUBLIÉS DANS UNE REVUE SCIENTIFIQUE		184

ANNEXE B CORPUS D'ANALYSE	194
ANNEXE C EXEMPLES DE TABLEAUX UTILISÉS PAR LES TERRAFORMATEURS POUR DÉCRIRE L'ENVIRONNEMENT	197
BIBLIOGRAPHIE	203

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
4.1 Représentation synthétique des thèmes répertoriés dans les discours des promoteurs de la terraformation de la planète Mars en tant que solution technique aux risques existentiels	98
4.2 « Annual Life Support Requirements for a Human Being »	139
4.3 « The Mars of the future ? »	140
4.4 Phases hypothétiques de la terraformation de Mars	141
4.5 « A complete scenario for the terraforming of Mars »	156
4.6 « A conceptual time line for a terraforming project on Mars »	157

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
3.1 Répertoire des promoteurs de la terraformation dont les discours ont été analysés dans le cadre de ce mémoire	75
3.2 Nombre d'articles de journaux rédigés et d'interviews accordés dans les principaux quotidiens américains par les terraformateurs entre 1961 et 2020	79
4.1 Classification des risques existentiels soulevés par les terraformateurs selon leur origine	113

RÉSUMÉ

Ce mémoire s'intéresse au projet de terraformation de la planète Mars en tant que solution technique à l'extinction de l'humanité. Plus précisément, il porte sur l'imaginaire sociotechnique collectivement partagé par les promoteurs de ce projet d'ingénierie planétaire et sur la manière par laquelle ces derniers en font la promotion. S'inscrivant dans la lignée de la sociologie des activités spatiales, cette recherche entend mobiliser les travaux théoriques au sujet des imaginaires sociotechniques ainsi que les outils théoriques et conceptuels de la sociologie des attentes pour mettre en lumière la vision d'un futur désirable portée et promue par ces promoteurs. À l'issue d'une analyse thématique de leurs discours (articles scientifiques et de journaux, conférence TED, livres et une série télévisée), il est montré que leur imaginaire est, non seulement, *multiplanétaire*, mais aussi, et surtout, *interstellaire*. En effet, ce groupe de personnes, dont fait partie des personnalités comme Robert M. Zubrin et Elon Musk, partage une vision de l'avenir dans laquelle l'humanité migrerait, dans un premier temps, vers une planète Mars nouvellement habitable grâce à sa terraformation et puis, dans un deuxième temps, vers d'autres planètes terraformables tournant autour d'autres étoiles de manière à assurer sa survie au-delà de la durée de vie du Soleil. Cette analyse souligne également la prépondérance de six thèmes – frontière, risques existentiels, *technofix*, optimisme technologique, environnement et évolution – dans leurs conceptions de la société et de l'avancement des sciences et des technologies, de même que dans leur façon de se représenter le monde d'aujourd'hui et d'envisager ceux de demain. Par ailleurs, les résultats de cette recherche illustrent en quoi les divers éléments qui composent l'imaginaire sociotechnique des promoteurs de la terraformation en tant que solution technique aux risques existentiels sont empreints du mythe du progrès et des promesses associées aux sciences et aux technologies – révélant, par le fait même, l'importance de ces derniers dans les sociétés occidentales contemporaines. En définitive, ce mémoire révèle comment ces promoteurs ont construit, en puisant dans le mythe du progrès, des promesses et d'autres discours tournés vers le futur qu'ils ont ensuite mobilisés afin de promouvoir leur vision d'un futur interstellaire pour l'humanité.

Mots clés : Terraformation, Mars (planète), imaginaire sociotechnique, technofix, sociologie des attentes, risques existentiels, colonisation de l'espace, ingénierie planétaire, progrès, sociologie des activités spatiales.

ABSTRACT

This dissertation take a look at the project of terraforming the planet Mars as a technical solution to the extinction of humanity. More precisely, this research is about the sociotechnical imaginary collectively shared by the promoters of this planetary engineering project and the way in which they promote it. In line with the social studies of outer space, this research intends to mobilize theoretical work on the subject of sociotechnical imaginaries as well as the theoretical and conceptual tools of the sociology of expectations to shed light on the vision of a desirable future shared and promoted by these promoters. Following a thematic analysis of their speeches (scientific and newspaper articles, TED talk, books and a television series), it is shown that their imagination is not only *multiplanetary*, but also, and above all, *interstellar*. Indeed, this group of people, including personalities like Robert M. Zubrin and Elon Musk, share a vision of the future in which humanity would migrate, initially, to a newly terraformed Mars and then, in a second step, towards other terraformable planets revolving around other stars so as to ensure its survival beyond the lifespan of the Sun. This analysis also underlines the preponderance of six themes – frontier, existential risks, technofix, technological optimism, environment and evolution – in their conceptions of society and the advancement of science and technology, as well as in their way of representing the current state of the world and of envisioning those of tomorrow. In addition, the results of this research illustrate how the various elements that make up the sociotechnical imaginary of the promoters of terraforming as a technical solution to existential risks are imbued with the myth of progress and the promises associated with science and technology – revealing, by the same token, the importance of these in contemporary Western societies. Ultimately, this dissertation reveals how these promoters built, by drawing on the myth of progress, promises and other future-oriented discourses that they then mobilized to promote their vision of an interstellar future for humanity.

Keywords : Terraformation, Mars (planet), sociotechnical imaginaries, technofix, sociology of expectations, existential risks, space colonization, planetary engineering, progress, social studies of outer space.

INTRODUCTION

-QUAID : Let's do it.
-LORI : Do what?
-QUAID : Move to Mars.
Total Recall (1990).

L'observation et l'étude des corps célestes sont des activités présentes dans les sociétés humaines depuis plusieurs millénaires. À partir du milieu du XXe siècle, ce ciel que nous regardions collectivement et individuellement à des fins scientifiques, spirituelles ou contemplatives est devenu un lieu à portée de main. En effet, avec la guerre froide qui naissait, le monde entier fut témoin d'une spectaculaire course à l'espace entre les États-Unis et l'Union soviétique lors de laquelle de nombreux vols spatiaux habités se sont déroulés. L'alunissage de Neil Armstrong et de Buzz Aldrin le 21 juillet 1969 est, à ce titre, l'un des moments phares de cette période. L'exploration de l'espace dans l'optique de s'y installer est alors devenue un but à atteindre pour plusieurs au fur et à mesure que les exploits d'ingénierie aérospatiale se sont succédé. C'est à ce moment que l'idée de transformer un corps céleste afin de le rendre habitable pour l'espèce humaine qui existait déjà dans les récits de science-fiction commença à fleurir dans les milieux scientifiques et dans les imaginaires. Portant le nom de terraformation¹, ce projet d'ingénierie planétaire alimente de nombreux travaux de recherche depuis maintenant plus de cinquante ans.

La terraformation et la recherche d'une autre planète habitable pour la vie terrestre sont similaires en raison de l'objectif commun de colonisation qui doit en découler. Néanmoins, la terraformation se distingue fortement. En effet, à l'encontre de la recherche d'un corps céleste où l'établissement d'une colonie humaine y serait possible en raison du fait qu'il posséderait

¹ En langue anglaise, le terme « *terraforming* » est préconisé lorsqu'il est question de ce projet d'ingénierie planétaire. Par contre, dans les milieux francophones, les termes « écogénèse », « terraformage » et « biosphérisation » sont parfois utilisés. Nous avons fait le choix d'utiliser le terme « terraformation » dans ce mémoire puisque c'est celui qui est le plus fréquemment mobilisé dans les médias.

sensiblement les mêmes attributs que la Terre, la terraformation vise plutôt à instaurer par un processus d'ingénierie planétaire les conditions nécessaires pour supporter la vie terrestre sur un corps céleste qui ne les présente pas. Ainsi, pour le dire simplement, dans le cadre d'un processus de terraformation, il s'agit d'altérer profondément l'environnement naturel d'une planète, d'un satellite naturel ou de tout autre corps stellaire de manière délibérée afin d'y créer les conditions pour que la vie telle qu'elle existe sur Terre y soit possible (O'Meara et Dasch, 2018).

L'ingénierie planétaire consiste en « *the application of technology for the purpose of influencing the global properties of a planet* » (Fogg, 1995b, p. 9). Contrairement aux changements climatiques qui sont engendrés indirectement par une série d'activités humaines dont les finalités sont toutes autres, ce type d'ingénierie vise à modifier intentionnellement et de manière bien précise l'environnement d'une planète. Situait la terraformation comme une sous-branche de l'ingénierie planétaire au même titre que la géo-ingénierie, le chercheur indépendant Martyn J. Fogg en proposa une définition qui fut ensuite largement reprise dans la littérature scientifique :

Terraforming is a process of planetary engineering, specifically directed at enhancing the capacity of an extra-terrestrial planetary environment to support life. The ultimate in terraforming would be to create an unconstrained planetary biosphere emulating all the functions of the biosphere of the Earth – one that would be fully habitable for human beings (1995b, p. 9).

La terraformation se rapproche donc grandement de la géo-ingénierie. Toutes les deux consistent en l'utilisation de la technologie dans le but d'influencer les propriétés globales d'une planète. Toutefois, ces projets se différencient sur un point important : la géo-ingénierie est une forme d'ingénierie planétaire spécifiquement dirigée vers la Terre² alors que la terraformation l'est vers d'autres corps célestes. En outre, au-delà de cette distinction, alors que la géo-ingénierie a pour objectif de *réparer* l'environnement de la Terre et de *maintenir* artificiellement l'habitabilité de notre monde, la terraformation cherche plutôt à *créer* un environnement habitable pour la vie terrestre sur des planètes qui n'en possèderaient pas – ou plus (Fogg, 1995b, p. 9 et p. 24).

Depuis l'apparition de l'idée de terraformation au siècle dernier, trois corps célestes de notre système solaire ont été envisagés sérieusement comme site potentiel pour subir un tel

² D'où le préfixe « géo » qui veut dire « terre ».

bouleversement environnemental : la Lune ainsi que les planètes Vénus et Mars³. Rapidement mis de côté pour des raisons de faisabilité technique, les projets de terraformation de la Lune et de Vénus ont été relativement peu abordés dans les milieux scientifiques. La terraformation de la planète rouge, quant à elle, a reçu – et reçoit toujours – son lot d’attention scientifique, et ce, pour une raison bien simple : il serait vraisemblablement plus *simple* de transformer son environnement pour que l’humain soit en mesure d’y vivre que les autres corps célestes étudiés jusqu’à présent. Un grand nombre de scénarios ont d’ailleurs été proposés pour accomplir cet ambitieux projet. Parmi les principales façons d’y parvenir ayant été étudiées, nous retrouvons, entre autres, la réduction de son albédo⁴ par le dépôt de matière inorganique ou de végétaux sur sa surface, la disposition d’un ou de plusieurs miroir(s) géant(s) dans son orbite pour y envoyer une plus grande quantité de rayons solaires, l’injection de particules réfléchissantes dans sa haute atmosphère, le bombardement de sa surface avec des missiles ou des astéroïdes ayant été détournés de leur trajectoire, l’altération de la précession des équinoxes martiens⁵, la modification de la trajectoire de son orbite autour du soleil, l’insertion artificielle de gaz à effet de serre (PFC) dans son atmosphère ainsi que l’envoi de micro-organismes terrestres spécialement sélectionnés pour leur capacité à survivre sur Mars ou de micro-organismes génétiquement modifiés pour y arriver. Ces idées ont – individuellement ou conjointement – pour objectif de réchauffer la température de la planète Mars, d’en augmenter la pression atmosphérique, d’y établir des réserves d’eau liquide, de limiter le flux de rayon UV atteignant sa surface ou de modifier la composition chimique de son atmosphère. Ces aspects sont tous essentiels à l’habitabilité de la quatrième planète du système solaire pour la vie terrestre⁶.

Jadis restreinte aux univers de science-fiction, la terraformation fit son entrée dans le monde scientifique au début des années 1960 par l’entremise des travaux du célèbre astronome Carl

³ Des planètes en orbite autour d’autres étoiles ainsi que d’autres corps célestes de notre système solaire ont également été envisagés pour faire l’objet d’un tel processus d’ingénierie planétaire par certains scientifiques (voir l’annexe A), mais ces suggestions n’ont généralement pas été reprises par d’autres ou ont généré très peu de travaux de recherche.

⁴ Le pouvoir réfléchissant d’une surface. Plus une surface est foncée, moins elle reflète de la lumière et donc plus faible est son albédo.

⁵ Pour le dire simplement, il s’agit de changer la direction de l’axe de rotation de Mars.

⁶ Les informations contenues dans ce paragraphe sont un condensé des articles scientifiques répertoriés dans l’annexe A.

Sagan⁷. Faisant l'objet de plusieurs travaux de recherche jusqu'à aujourd'hui, l'idée gagna récemment en popularité en raison des discussions actuelles au sujet de potentielles missions habitées vers la planète Mars et de son éventuelle colonisation. L'annonce de l'envoi d'un équipage sur Mars dans les années 2030 par l'agence spatiale américaine (NASA, 2014) et celle de l'entreprise SpaceX de réaliser cet exploit dès 2024 (Musk, 2018) de même que la parution de plusieurs œuvres cinématographiques et documentaires traitant de la colonisation et de la terraformation de la planète rouge⁸ ont grandement participé à la résurgence dans l'espace public de cette idée d'ingénierie planétaire. D'ailleurs, loin d'être abordée comme un projet dont la concrétisation serait l'affaire de générations appartenant au prochain millénaire, la terraformation de Mars est actuellement étudiée sérieusement et est présentée comme étant réalisable dans un futur proche par ses promoteurs.

À ce titre, pour certains de ses partisans, l'humanité devrait déjà être en train d'œuvrer à sa réalisation. Ce sentiment d'urgence tire principalement son origine d'une des justifications qui est donnée à ce projet d'ingénierie planétaire. Bien que diverses raisons et objectifs aient été évoqués depuis les premiers travaux de recherche à son sujet, c'est surtout l'argument voulant que le projet de terraformer la planète Mars permette à l'humanité d'assurer sa survie à long terme qui revient le plus fréquemment dans les travaux des chercheurs et les discours de ses promoteurs (Mansfield, 2018 ; McKay, 1982a ; Musk, 2018 ; Petranek, 2015a, 2015c ; Kaku, 2018b ; Lehoucq, 2004⁹). L'idée générale de cet argument est la suivante : si l'espèce humaine reste attachée à la Terre, son extinction est une certitude considérant les nombreux risques existentiels potentiels auxquels elle est confrontée. Pour le dire brièvement avant d'y revenir plus loin, un risque de type existentiel en est un qui menace d'anéantir l'humanité ou de la dégrader à un point tel qu'il ne serait plus possible pour les êtres humains de poursuivre le développement de leur civilisation ou, tout simplement, de regagner un niveau de vie convenable (Bostrom, 2002). Ainsi, prenant acte des menaces éventuelles pouvant mener à l'extinction de l'humanité – changements climatiques, catastrophe nucléaire, pandémie, catastrophe naturelle, surpopulation, impact de

⁷ Nous ferons une présentation plus détaillée de l'historique de la terraformation dans le monde scientifique dans le prochain chapitre.

⁸ Nous pouvons, notamment, penser au film *The Martian* (2015), à la série *Away* (2020), au documentaire *The Mars Generation* (2017) et à la série docufiction *Mars* (2016-2018).

⁹ Une liste plus exhaustive de références sera présentée au chapitre 4.

météorite, etc. – bon nombre de chercheurs et d’entrepreneurs prônent la *création* par la terraformation de la planète Mars d’une *planète de secours*¹⁰ afin que la vie terrestre puisse y déménager.

Le projet de terraformation de la planète Mars est, de ce fait, profondément associé à la question de la survie de l’humanité et, plus largement, de la vie terrestre. Il est présenté comme *la* solution technique aux risques existentiels. Il ne s’agit donc pas d’un simple projet d’ingénierie sans conséquence sur l’avenir de nos sociétés ou d’une mission spatiale de routine. D’une certaine manière, ce projet postule sur la direction que devraient prendre nos sociétés pour assurer leur pérennité dans le temps et sur les développements scientifiques nécessaires pour y arriver. Il met de l’avant un vaste projet de société dans lequel nous déployons des efforts colossaux pour devenir une espèce interplanétaire. La terraformation de la planète Mars est, en ce sens, au cœur d’un imaginaire sociotechnique collectivement partagé et diffusé par ses promoteurs.

Toutefois, Mars est actuellement tout sauf un endroit habitable et la possibilité de la transformer pour qu’elle le devienne a récemment été remise en question dans un article paru dans la prestigieuse revue *Nature Astronomy* (Jakosky et Edwards, 2018). À la lumière de ces résultats récents et de l’état des connaissances sur la terraformation, il apparaît clairement que ce projet d’ingénierie planétaire comporte son lot de promesses, et ce, d’autant plus que ses promoteurs persistent à le vanter et à garantir que l’ingéniosité des humains finira par trouver le moyen de le réaliser. Conséquemment, l’imaginaire sociotechnique que les personnes en faveur de la terraformation partagent et défendent est empreint d’espoirs et d’attentes envers les sciences et les technologies¹¹.

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous intéresserons au projet de terraformation de la planète Mars en tant que solution technique à l’extinction de l’humanité. Plus précisément, l’objectif de notre recherche sera de faire ressortir l’imaginaire sociotechnique porté et promu par les

¹⁰ Traduction libre de l’expression « *backup planet* » utilisée par l’astronome Lucianne Walkowicz (2015).

¹¹ Lorsqu’il est question d’attentes envers le développement des sciences ou de promesses technologiques, l’ombre du mouvement transhumaniste n’est jamais loin. Cependant, même si les promoteurs de la terraformation partagent énormément de points en commun avec les transhumanistes, nous ne nous intéresserons pas à ces derniers et, conséquemment, nous ne toucherons pas directement à la littérature produite à leur sujet.

promoteurs de ce projet d'ingénierie planétaire. Nous tenterons également de montrer comment ces personnes cherchent à recueillir des appuis pour leur vision d'un futur où l'humanité serait une espèce interplanétaire. Pour ce faire, nous procéderons à une analyse de leurs discours. En ce sens, bien que la faisabilité technique de la terraformation de Mars et sa réalisation future sont des sujets d'analyses et de spéculations intéressants, notre ambition sera tout autre dans la mesure où nous chercherons spécifiquement à tracer les contours de la vision du monde et d'un futur désirable collectivement partagée et mise de l'avant par les terraformateurs¹² ainsi qu'à saisir la manière par laquelle ces derniers promeuvent cette idée d'un eldorado sur la planète rouge. En nous intéressant aux représentations collectivement partagées par les terraformateurs, nous cherchons non seulement à mettre en lumière leur imaginaire sociotechnique, mais aussi, et surtout, à saisir la manière par laquelle il s'inscrit dans l'ère du temps. En d'autres mots, notre ambition n'est pas de montrer en quoi la vision des promoteurs de la terraformation de Mars en tant que solution technique aux risques existentiels sort de l'ordinaire. Nous cherchons plutôt à mettre l'emphase sur ce qu'elle dit des sociétés contemporaines. Ainsi, les questions qui guideront nos réflexions tout au long de ce mémoire sont les suivantes :

- 1) *Quel est l'imaginaire sociotechnique collectivement partagé par les promoteurs de la terraformation de la planète Mars en tant que solution technique aux risques existentiels ?*
- 2) *Comment les promoteurs de la terraformation de la planète Mars en tant que solution technique aux risques existentiels ont-ils construit et mobilisé des promesses et d'autres discours tournés vers le futur afin de promouvoir leur vision d'un futur interplanétaire pour l'humanité ?*
- 3) *En quoi le projet de terraformation de la planète Mars en tant que solution technique aux risques existentiels est-il révélateur de l'importance du mythe du progrès et des promesses associées aux sciences et aux technologies dans les sociétés occidentales contemporaines ?*

¹² Par « terraformateurs », nous faisons référence aux promoteurs de la terraformation.

Malgré la couverture médiatique récente à propos de la terraformation, l'histoire de ce concept et de la recherche scientifique à son sujet reste méconnue. Dans le premier chapitre, nous retracerons donc les grands jalons de l'évolution de cette idée d'ingénierie planétaire. Ainsi, après avoir rapidement soulevé ses origines dans les récits de science-fiction, nous proposons un survol historique du chemin qu'a parcouru la terraformation dans les milieux scientifiques depuis les années 1960. Ce sera l'occasion pour nous de montrer qu'il existe une communauté épistémique de personnes qui travaillent à l'avancement de la recherche sur la terraformation. Une attention particulière sera accordée en fin de chapitre à l'entrecroisement qui existe entre science et science-fiction dans l'évolution de ce concept. Nous en profiterons également pour décrire la manière par laquelle certains promoteurs de la terraformation de la planète Mars la conçoivent comme une solution technique aux risques existentiels.

Le contenu du premier chapitre servira de base aux éléments théoriques et conceptuels que nous présenterons dans le deuxième chapitre et à partir desquels nous analyserons sociologiquement cette idée d'un changement planétaire orchestré sur Mars en tant que telle, mais aussi en tant que solution technique aux risques existentiels qui menacent l'humanité. Après avoir inscrit notre recherche dans la lignée des travaux en sociologie des activités spatiales, nous définirons ce qu'est un imaginaire sociotechnique en prenant soin de montrer ce que d'autres auteurs ont dit avant nous au sujet de l'imaginaire de l'exploration et de la colonisation de l'espace. Ensuite, nous poursuivrons la discussion avec un survol des outils théoriques et conceptuels de la sociologie des attentes (*expectations*). Suivant cela, nous définirons succinctement la notion de progrès avant de présenter le concept de *technofix*. Puis, nous exposerons la façon par laquelle les personnes qui élaborent ce genre de projet d'ingénierie définissent l'environnement. Ce sera l'occasion pour nous de revenir sur la notion de *life-support system* en plus de faire un arrêt dans le désert de l'Arizona pour établir des parallèles entre la terraformation et l'expérience de Biosphère II. Finalement, nous aborderons l'influence de la science-fiction sur le développement scientifique avant de conclure par une mise en relation des divers éléments théoriques et conceptuels qui auront été soulevés et une description détaillée de nos questions de recherche.

Le troisième chapitre sera consacré à la description de la démarche méthodologique qui fut utilisée pour mener l'analyse que nous avons faite des discours des terraformateurs. En ce sens, dans cette section de notre mémoire, nous détaillerons notre objet de recherche, identifierons et

décrivons notre matériau d'analyse, présenterons les documents qui furent analysés en plus d'exposer le type d'analyse de discours que nous avons choisi d'effectuer. Enfin, nous conclurons ce chapitre en précisant la pertinence de notre démarche en regard de nos objectifs et de notre objet de recherche.

Dans le quatrième chapitre, nous présenterons les résultats de notre analyse. Plus précisément, nous tracerons les contours de l'imaginaire sociotechnique des promoteurs de la terraformation de la planète Mars en tant que solution technique à l'extinction de l'humanité que nous avons fait ressortir par l'analyse approfondie de leurs discours. Suivant cette description, nous montrerons comment le projet de transformer intentionnellement l'environnement naturel de Mars pour que l'espèce humaine puisse y vivre et avoir un plan B en cas de catastrophe sur Terre est révélateur du mythe du progrès et des promesses associées aux sciences et aux technologies dans les sociétés occidentales contemporaines. Au passage, nous décrivons la manière par laquelle les terraformateurs ont construit et mobilisé des promesses technoscientifiques et d'autres formes de discours tournés vers le futur pour promouvoir leur vision commune d'un futur interplanétaire pour l'humanité. Nous terminerons ce chapitre par un court résumé des grandes lignes de notre analyse. Les éléments théoriques et conceptuels que nous aurons préalablement présentés dans le deuxième chapitre seront mobilisés tout au long de cette section.

En conclusion, nous proposerons un récapitulatif des principaux éléments qui auront été soulevés dans ce mémoire. Cette synthèse sera suivie de quelques pistes de recherche ainsi que d'une courte réflexion sur l'avenir de l'ingénierie planétaire sur Mars. Nous en profiterons pour poser un regard critique sur l'imaginaire sociotechnique des promoteurs de la terraformation et, plus largement, sur l'idée de rendre la planète rouge habitable.

Le cosmos est un objet relativement peu étudié par les sociologues. Ceci est d'autant plus vrai dans le cas des projets spatiaux que l'on pourrait qualifier de fantaisistes. Toutefois, comme nous le verrons tout au long de ce mémoire, ces projets ne sortent pas de nulle part. Ils s'inscrivent dans l'ère du temps et ont des conséquences concrètes sur les sociétés contemporaines et leurs avens. Devant la fulgurante montée en popularité des projets d'exploration spatiale et de

colonisation de l'espace depuis les dix dernières années – résultat, notamment, de la participation colossale de l'agence spatiale américaine dans l'industrie culturelle¹³, de la forte présence médiatique des nouveaux joueurs de l'espace comme SpaceX et du momentum récent au sujet de l'exploration de la planète Mars¹⁴ – nous pensons qu'il est nécessaire de poser un regard critique et sociologique sur ces derniers. Le caractère parfois utopique des projets spatiaux sur la table peut, certes, donner l'impression qu'il ne vaut pas la peine de les étudier considérant les nombreux autres problèmes nettement plus urgents qui touchent les sociétés. Néanmoins, nous sommes d'avis qu'écarter les activités spatiales de l'étude sociologique nous empêche d'étudier un large pan de nos collectivités qui a la capacité de jouer un grand rôle dans l'organisation sociale des sociétés de demain si certains projets se concrétisent. C'est, donc, dans cette optique que l'intérêt de notre recherche prend tout son sens. À ce titre, pour reprendre les mots de l'anthropologue David Valentine qui s'intéresse aux conséquences sociales des imaginaires qui mettent de l'avant l'idée d'installer de façon permanente l'espèce humaine sur d'autres mondes :

[...] if we don't pay attention to the explicit utopian human futures of people who are powerful enough to at least set them in motion, are we not preventing ourselves from becoming involved in one of the emerging debates about what a human future should look like? (2012, p. 1064).

¹³ La NASA ne cache pas sa participation à la réalisation de productions cinématographiques. En 2017, l'agence spatiale a participé à 143 documentaires, 25 longs métrages de fiction et 41 programmes destinés à la télévision (Jordan et al., 2018). Alors que le nombre de longs métrages de fiction dans lesquels la NASA est impliquée varie d'une année à l'autre, le nombre de documentaires, lui, est toujours au-delà d'une centaine (Ulrich, 2008).

¹⁴ Seulement en février 2021, trois missions spatiales non habitées ont atteint l'orbite ou le sol de la planète rouge : la sonde *Hope* des Émirats arabes unis (Gibney, 2021), l'orbiteur-rover *Tianwen-1* de la Chine (Mallapaty, 2021) et le rover *Perseverance* des États-Unis (Witze, 2021).

CHAPITRE I

LA TERRAFORMATION DE LA PLANÈTE MARS : D'UNE IDÉE FICTIVE À UNE SOLUTION DE SECOURS POUR L'HUMANITÉ

Are you crazy mister?
This bloody rock ain't worth terraforming!
Jack Williamson (1942, p. 96).

Such a concept remains futuristic,
but is no longer science fiction.
Martyn J. Fogg (1995b, p. xii).

The sooner we begin a terraforming process,
the more valuable it will prove as an insurance policy.
Keith Mansfield (2018, p. 350).

1.1 La terraformation de la planète Mars : Histoire d'une idée

1.1.1 La terraformation dans la science-fiction

Comme plusieurs autres idées associées à la conquête de l'espace, la terraformation tire son origine de la littérature de science-fiction. Existant implicitement dans de nombreux récits de science-fiction depuis la fin du 19^e siècle¹⁵, c'est seulement en 1942 que le terme « terraformation » fut utilisé pour la première fois. En effet, c'est sous la plume de l'écrivain Jack

¹⁵ Notamment dans *The War of the Worlds* (1898) de H. G. Wells et *The Last and First Men* (1930) de Olaf Stapledon.

Williamson¹⁶ dans son récit « *Collision Orbit* » que le concept a officiellement vu le jour (Pak, 2012b, p. 6-7 ; Pak, 2016a). Dans ce cas précis, la terraformation – qui, soit dit en passant, n’était pas le thème central du texte – renvoyait à la transformation d’un astéroïde en lieu habitable pour les humains grâce à un processus hautement fantaisiste impliquant de la paragravité¹⁷ (Williamson, 1942).

Suivant la parution de ce premier récit, des nouvelles de science-fiction traitant exclusivement de la terraformation commencèrent à être publiées sur une base régulière dans plusieurs revues spécialisées. De plus, loin d’être restreint aux *pulp magazines*¹⁸, le thème de la terraformation engendra une longue lignée de romans à laquelle de nombreux auteurs contribuent encore à ce jour (Pak, 2012b, p. 7 ; Pak, 2016a). Le premier roman à avoir proposé la terraformation comme thème central fut *Farmer in the Sky* (1950) de Robert Heinlein (Pak, 2012b, p. 7 ; Pak, 2016a). En ce qui la concerne, la terraformation de la planète Mars fut formulée pour la première fois dans le roman *The Sands of Mars* (1951) de Arthur C. Clarke (Fogg, 1995b, p. 19). Un autre ouvrage important de cette lignée littéraire est *The Greening of Mars* (1984) de James Lovelock et Michael Allaby en raison de son influence auprès de la communauté scientifique impliquée dans la recherche sur la terraformation. Fréquemment cité dans les articles scientifiques, ce roman écrit par deux scientifiques expose en détail une nouvelle méthode pour enclencher le processus de terraformation de la planète Mars. Étudiée dans plusieurs travaux de recherches académiques par la suite, cette méthode consiste en l’ajout de chlorofluorocarbures (CFC) dans l’atmosphère de la planète rouge afin d’y générer de l’effet de serre (Fogg, 1995b, p. 20-22). Récemment, la terraformation a aussi fait une apparition remarquée au petit écran dans la série *Mars* (2016 et 2018) produite par le National Geographic dans laquelle des segments de fiction et de documentaire s’entremêlent (Gout, 2016 ; Gout et al., 2018).

¹⁶ Ce dernier publia ce texte sous le pseudonyme Will Stewart.

¹⁷ Synonyme de gravité artificielle.

¹⁸ Les *pulp magazines* étaient des publications populaires aux États-Unis jusqu’à la moitié du 20^e siècle. Leur nom provient du type de papier qui était utilisé pour les imprimer et qui était fait à partir d’une pâte de résidus de fibres de bois (*woodpulp*) de faible qualité. Peu coûteuses, ces publications étaient lues par un très grand nombre d’Américains. Les divers récits de fiction qui y étaient inclus appartenaient, généralement, aux genres de la science-fiction, du fantastique, du roman noir (policier), de l’aventure et de l’horreur.

Chacun à leur manière, ces nombreux récits de science-fiction ont abordé les considérations scientifiques, technologiques, éthiques, politiques, sociales, économiques, culturelles et écologiques de la terraformation¹⁹. À ce titre, malgré l'ampleur du corpus d'œuvres littéraires sur ce thème, la trilogie martienne de Kim Stanley Robinson²⁰ publiée dans les années 1990 est généralement admise comme étant le texte le plus important du genre en raison de la profondeur des réflexions qui y sont présentées (Pak, 2012b, p. 6 ; Pak, 2016a). Depuis son apparition, l'idée de terraformation circule entre les milieux scientifiques et ceux de la science-fiction. Dans ce qui suit, nous nous pencherons sur les origines scientifiques du concept avant de nous intéresser aux entrecroisements qui existent entre les récits de science-fiction et la recherche scientifique.

1.1.2 La terraformation dans le monde scientifique

1.1.2.1 Premiers balbutiements d'un champ de recherche

Dès le début des années 1960, l'idée de terraformation, qui était jadis confinée aux univers science-fictionnels, fit son entrée dans le monde scientifique, et ce, notamment en raison des nouvelles données disponibles au sujet du système solaire. À ce titre, cette idée d'ingénierie planétaire a d'abord été mise de l'avant sous un angle scientifique par l'astronome Carl Sagan en 1961 à la fin d'un article paru dans la revue *Science* où il proposait une méthode pour terraformer la planète Vénus. L'idée générale était la suivante : nous devons ensemençer l'atmosphère de Vénus avec des microbes afin d'enclencher une série de réactions en chaîne qui permettrait à cette planète de devenir habitable pour les humains. À terme, ce processus d'ingénierie planétaire microbiologique (« *microbiological planetary engineering* ») devait abaisser la température à la surface et augmenter la présence d'oxygène dans l'atmosphère, générant un milieu de vie confortable pour l'humanité (p. 857-858). À l'instar d'autres scénarios proposés dans les premiers balbutiements de la recherche menée sur la terraformation, ce dernier de Sagan n'a pas résisté à l'épreuve du temps et ne figure dorénavant dans les écrits scientifiques que pour rappeler

¹⁹ N'étant pas l'objet de ce mémoire, nous ne pouvons pas présenter en détail la manière par laquelle les récits de science-fiction qui mettent en scène la terraformation ont traité de ces considérations. Pour une revue détaillée, voir les nombreux travaux de Chris Pak sur le sujet (2010, 2011, 2012a, 2013, 2014, 2015, 2016b, 2016c, 2018, 2019).

²⁰ *Red Mars* (1992), *Green Mars* (1993) et *Blue Mars* (1996).

l'historique de la recherche sur le sujet. Néanmoins, cet article a exposé au public le concept d'ingénierie planétaire et lui a permis de gagner autant en respectabilité qu'en acceptabilité simplement pour avoir été abordé dans les pages de la prestigieuse revue *Science* (Oberg, 1981, p. 26).

Malgré la parution de ce texte inaugural, c'est véritablement à partir des années 1970 que l'idée de terraformer un corps céleste a commencé à fleurir dans les milieux scientifiques. C'est d'ailleurs lors de cette décennie que l'intérêt scientifique spécifiquement tourné vers la terraformation de la planète Mars débuta. Cette croissance de travaux scientifiques coïncide, notamment, avec les nouvelles connaissances sur le système solaire obtenues par les sondes Mariner (1962-1973). Au total, dix sondes furent lancées, mais seulement sept d'entre elles ont complété leurs missions. De celles-ci, les sondes Mariner 4 (1964), 6 (1969), 7 (1969) et 9 (1971) ont fourni de nouvelles données au sujet de l'environnement martien. À cet égard, les deux premières publications à avoir abordé scientifiquement la terraformation de la planète Mars s'appuyaient sur ces nouvelles informations. Toutes deux sont parues en 1973 dans la revue scientifique *Icarus* qui est spécialisée dans la publication d'articles en planétologie.

La première, un article scientifique rédigé par les astronomes Joseph A. Burns et Martin Harwit (1973), tous deux professeurs à la Cornell University, avait pour point de départ le *long winter model* de Sagan (1971) qui spéculait que l'environnement de la planète Mars alternait entre son état aride actuel – le *martian winter* – et un autre beaucoup plus clément s'apparentant à celui de la Terre – le *martian spring*. Suivant l'hypothèse que cette possible variation climatique serait associée à la précession des équinoxes martiens, les auteurs proposèrent de modifier l'orbite de Phobos ou d'astéroïdes pour les rapprocher de Mars afin d'altérer cette précession. Ceci permettrait à la période où les conditions climatiques sont plus clémentes d'être étendues et – à terme – être maintenues indéfiniment. Cette période qu'il faudrait prolonger, il faut le noter, surviendrait dans environ 10 000 ans; ce qui, selon les auteurs, nous donnerait amplement de temps de peaufiner les technologies requises pour accomplir une telle opération.

La seconde, un texte scientifique de Sagan (1973) qui prolonge ses réflexions entamées deux ans plus tôt (1971), proposait deux scénarios pour terraformer la planète Mars toujours en fonction du *long winter model*. Dans le but d'accélérer l'arrivée du *martian spring*, l'astronome suggérait

d'étendre des centaines de millions de tonnes de matériaux à faible albédo sur les calottes polaires permanentes de Mars ou d'introduire sur ces mêmes calottes des plantes foncées qui seraient en mesure d'y pousser dans les conditions martiennes actuelles. L'idée centrale développée par Sagan est alors de diminuer le pouvoir réfléchissant des calottes polaires permanentes de Mars afin d'augmenter l'absorption de la radiation solaire dans l'optique d'enclencher un processus qui ferait hausser la température et la pression atmosphérique en plus d'améliorer le transport de chaleur de l'équateur aux pôles – qui augmenterait à son tour la température des pôles et ainsi de suite. Autant chez Sagan que chez Burns et Harwit, les solutions proposées étaient de l'ordre de la spéculation dans la mesure où ils n'avaient pas à l'époque les technologies pour les réaliser ainsi que les connaissances sur Mars pour s'assurer de leur faisabilité. À cet effet, les auteurs de ces deux articles en étaient conscients et ont d'abord et avant tout mis de l'avant ces propositions pour encourager le débat. Ce qui fut mission accomplie, selon Fogg, puisque les travaux de Sagan ont stimulé énormément de travaux de recherche subséquents et sa vision d'une ingénierie planétaire minimale occasionnant de grands changements demeure influente dans ce domaine de recherche (1995b, p. 26).

1.1.2.2 *Du rapport Averner et MacElroy à 1982 : « L'ère de l'ingénierie planétaire commence²¹ »*

En 1976, après quelques années sans publication académique concernant la terraformation, la NASA s'en intéressa pour la première fois et publia un rapport intitulé « *On the Habitability of Mars : An Approach to Planetary Ecosynthesis* ». Dans cette première grande étude scientifique menée au sujet de ce projet d'ingénierie planétaire, un groupe de chercheurs de l'Ames Research Center dirigé par les biologistes Melvin Averner et Robert MacElroy ont analysé les données disponibles de l'époque²² pour déterminer si Mars était une planète habitable et si – advenant le cas où elle ne l'était pas – elle pouvait le devenir par l'action humaine. L'habitabilité de la planète rouge pour les êtres humains fut écartée d'emblée à cause de l'absence d'une atmosphère

²¹ Traduction libre du titre d'un texte (« *Colonizing Mars : The Age of Planetary Engineering Begins* ») paru dans la revue *Science* au sujet du rapport d'Averner et MacElroy (Robinson, 1977).

²² Ce qui exclut celles qui furent obtenues peu après par les sondes Viking 1 et Viking 2.

respirable et adaptée à ces derniers. La grande quantité de rayons ultraviolets atteignant sa surface, les fluctuations de température et les fréquentes tempêtes de poussières constituaient d'autres barrières importantes à l'établissement de colonies humaines ciblées par l'équipe de chercheurs. Néanmoins, sur la base des informations qu'ils avaient, ces chercheurs n'ont identifié aucun obstacle insurmontable pour que Mars puisse éventuellement accueillir les humains et, plus largement, la vie terrestre si des actions étaient prises en ce sens. À ce titre, certains organismes terrestres, dont le lichen et des algues photosynthétiques, pourraient potentiellement, selon ce groupe, survivre dans des microhabitats martiens spécifiques et générer de l'oxygène si nous les y implantions. Selon leurs calculs, il faudrait approximativement 100 000 ans à ces organismes pour produire une atmosphère respirable. Afin d'accélérer ce processus, les auteurs proposent de modifier génétiquement des organismes terrestres qui produisent de l'oxygène pour qu'ils soient mieux adaptés à l'environnement martien et qu'ils soient plus efficaces. À cela, il faudrait, en parallèle, réchauffer la planète rouge. Pour y arriver, les chercheurs indiquent qu'il serait nécessaire de concevoir une méthode appropriée pour permettre l'injection des calottes polaires préalablement sublimées de Mars dans son atmosphère. Il faut toutefois noter que les conclusions de ce rapport dépendaient des réserves d'eau existantes sur Mars ainsi que de la composition de ses calottes polaires. Ces dernières étaient essentielles au processus de terraformation proposé, mais aucune donnée n'existait à leur sujet au moment de la publication du rapport (Averner et MacElroy, 1976).

Toujours en 1976, s'est tenu le premier colloque à propos de la terraformation lors de la 13^e rencontre annuelle de la Society of Engineering Science à Hampton, Virginia, aux États-Unis. S'intitulant « *Planetary Modeling* », ce dernier réunissait trois présentations abordant des sujets variés, mais dont une seule concernait spécifiquement la terraformation de la planète Mars et la faisabilité de créer une atmosphère respirable pour les humains sur cette dernière²³ (Levine, 1976). Bien que timide, cette première occasion permit une fois de plus à la terraformation de gagner en popularité auprès des scientifiques.

²³ Les deux autres présentations abordèrent l'évolution de l'atmosphère terrestre ainsi que la création d'une atmosphère artificielle sur la Lune.

Ultimement, les années 1970 furent une décennie où l'idée de créer des mondes par la technique fit officiellement son entrée dans les milieux scientifiques. De réels travaux de recherche à son sujet commencèrent à être menés et il ne s'agit plus seulement d'un concept fertile pour l'imaginaire des auteurs de science-fiction. Peu à peu, les scientifiques intéressés par l'idée ne se contentèrent plus que d'en faire vaguement allusion en fin de texte et choisirent de développer longuement à son propos. Néanmoins, bien que des textes académiques entiers consacrés à la terraformation furent publiés tout au long de cette période, n'en demeure pas moins qu'il s'agissait encore d'un champ de recherche peu coordonné - pour ne pas dire aucunement. En effet, comme le souligne Fogg, de par la nature grandement spéculative de l'idée de terraformation, une grande partie du travail scientifique qui portait sur celle-ci avait tendance à être fait dans l'obscurité, et ce, d'autant plus que les scientifiques qui se penchaient sur la question considéraient leurs travaux de recherche sur le sujet comme un passe-temps scientifique (1995b, p. 27).

C'est dans le but de favoriser une plus grande coordination de la recherche sur la terraformation que James E. Oberg, alors ingénieur à la NASA, organisa un colloque intitulé « *First Terraforming Colloquium* » dans le cadre du *Tenth Lunar and Planetary Science Conference* à Houston en 1979. Cet événement rassembla plus d'une centaine de chercheurs intéressés par cette idée d'ingénierie planétaire, la majorité n'ayant jamais publié sur le sujet. Parmi l'audience, il y avait le planétologue Christopher P. McKay, alors étudiant, qui deviendra par la suite l'une des personnalités les plus influentes dans le domaine des études sur la terraformation (Fogg, 1995b, p. 27-28). Indépendamment du caractère hautement spéculatif des discussions qui s'y sont tenues, cet événement a permis au concept de terraformation d'acquiescer en acceptabilité dans le monde scientifique. En effet, souligne Oberg, « *for much of the scientific community, the colloquium served as a public announcement that yet another 'crackpot idea' was about to move closer to scientific respectability* » (1981, p. 30). Point culminant de cette décennie de croissance de l'intérêt envers la terraformation, ce colloque mena Oberg à publier *New Earths : Transforming Other Planets for Humanity* en 1981. Dans ce premier livre sur le sujet, l'auteur passe en revue toutes les théories et les concepts formulés à propos de cette idée d'ingénierie planétaire depuis ses débuts dans la science-fiction jusqu'aux derniers développements scientifiques du moment (Oberg, 1981).

L'année suivante, McKay publia son premier article sur la terraformation dans le *Journal of the British Interplanetary Society* dans lequel il décrit la marche à suivre pour rendre Mars habitable. S'échelonnant sur environ 100 000 ans, le processus que l'auteur propose serait divisé en deux étapes : d'abord, le réchauffement de la surface et l'augmentation de la pression atmosphérique, puis la modification de la composition chimique de l'atmosphère pour qu'elle soit respirable (McKay, 1982b). Ayant pour simple titre « *Terraforming Mars* », ce texte est historiquement significatif puisqu'il est le premier article publié dans une revue scientifique à avoir utilisé le terme « *terraforming* » dans son titre. L'auteur y définissait la terraformation comme un processus dont l'objectif était « *to alter the environment of a planet in order to improve the chances of survival of an indigenous biology or to allow habitation by most, if not all, terrestrial life forms* » (1982b, p. 427). L'utilisation de ce terme est ensuite devenue la formule la plus courante pour aborder ce projet d'ingénierie au détriment des autres appellations qui étaient aussi utilisées jusqu'à ce moment (« *planetary modeling* », « *planetary ecosynthesis* » et « *planetary engineering on Mars* »). Suivant la parution de cet article, l'effervescence scientifique entourant la terraformation diminua et il faudra attendre la fin des années 1980 avant que ce champ de recherche soit de nouveau alimenté académiquement par des événements et des publications.

1.1.2.3 Résurgence de l'intérêt : 1987-1999

À partir de 1987, on note une augmentation des travaux et des activités scientifiques concernant la terraformation. Jusqu'à la fin des années 1990, un grand nombre de colloques et d'ateliers avec pour thème ce projet d'ingénierie planétaire se sont tenus. Parmi ceux-ci, nous retrouvons, notamment, le deuxième « *Terraforming Colloquium* » organisé par Oberg en 1987 dans le cadre de la *18th Lunar and Planetary Science Conference*, les ateliers de l'Ames Research Center de la NASA sur la terraformation de la planète Mars, le colloque intitulé « *Life on Mars : Past, Present and Future* » qui s'est tenu durant le *World Space Congress* de 1992, la séance animée par l'ingénieur Robert M. Zubrin et Fogg lors la cinquième conférence *Case for Mars* en 1993 ainsi que la conférence « *Bringing Worlds to life* » organisée la même année avec l'aide de la British Interplanetary Society (Fogg, 1995b, p. 29-31). Un colloque présidé par le biologiste moléculaire

Julian A. Hiscox lors duquel neuf chercheurs firent des présentations s'est également tenu dans le cadre de la sixième conférence *Case for Mars* à l'été 1996 (McMillen, 2000, p. 391-514).

Un autre point marquant dans l'histoire scientifique de la terraformation et qui témoigne de l'effervescence entourant la recherche à son sujet à cette époque fut la parution d'un premier numéro lui étant entièrement dédié dans une revue scientifique en 1989. C'est le *Journal of the British Interplanetary Society* – qui est réputé pour être une tribune pour des sujets avant-gardistes depuis sa première parution en 1934 – qui accepta de consacrer un numéro complet à la terraformation à la suggestion de Fogg. Nommé éditeur pour l'occasion, ce dernier regroupa sept articles couvrant divers aspects du champ d'études de l'ingénierie planétaire, dont des scénarios pour terraformer les planètes Mars et Vénus ainsi qu'une proposition pour terraformer les satellites naturels de Jupiter (Fogg, 1989a). Plusieurs autres numéros de cette revue ont porté à leur tour sur la terraformation dans la décennie qui a suivi²⁴. Par ailleurs, cette revue est, à ce jour, l'une des principales tribunes scientifiques pour les chercheurs qui s'intéressent à ce projet d'ingénierie planétaire²⁵. Il est toutefois important de noter que la majorité des textes sur la terraformation parus dans les pages de cette revue sont signés par des chercheurs indépendants ou des ingénieurs affiliés à aucune institution de recherche ou université (30 sur 48). Les autres textes ont été rédigés par des géologues (Stephen L. Gillett, John F. Potter, Abas Kangi), des biologistes (E. Imre Friedmann, David J. Thomas), des microbiologistes (Roseli Ocampo-Friedmann, Julian A. Hiscox), des astronomes (Saul J. Adelman, Martin Beech), un planétologue (McKay), des chercheurs en génie aérospatial (Haym Benaroya, Margarita M. Marinova, Hirofumi Hashimoto, Colin R. McInnes) et un philosophe (Don MacNiven).

Au début des années 1990, trois textes importants dans le développement du champ de recherche de la terraformation de la planète Mars furent publiés. D'abord, deux textes rédigés respectivement par Haynes (1990) et McKay (1990) ont été les premiers à aborder les considérations éthiques soulevées par ce projet d'ingénierie planétaire. Un grand nombre de

²⁴ Chronologiquement : vol. 44, no. 4, 1991 ; vol. 45, no. 8, 1992 ; vol. 46, no. 8, 1993 ; vol. 48, no. 10, 1995 ; vol. 50, no. 3, 1997.

²⁵ 48 des 112 articles scientifiques publiés au sujet de la terraformation entre 1961 et 2020 dans une revue scientifique l'ont été dans le *Journal of the British Interplanetary Society* (voir annexe A).

travaux ont continué d'alimenter ces réflexions d'ordres morales et éthiques par la suite²⁶. L'année suivante, un article coécrit par McKay et les physiciens Owen B. Toon et James F. Kasting dans lequel était à nouveau examinée la possibilité d'altérer l'environnement martien pour qu'elle puisse accueillir la vie terrestre fut publié dans la prestigieuse revue *Nature* (1991). Ce texte fut la première parution à avoir abordé les enjeux scientifiques de la terraformation de la planète Mars dans une des revues scientifiques les plus renommées et lues. Cet événement fut marquant, selon Fogg, dans la mesure où il a conféré de la respectabilité et de la légitimité à ce projet d'ingénierie planétaire en plus de lui offrir une plus grande visibilité (1995b, p. 30). Cette visibilité fut également obtenue grâce au magazine *Life* qui a fait de la terraformation la « *cover story* » de son numéro du mois de mai 1991²⁷.

Malgré la publication de *New Earths* par Oberg au début des années 1980, c'est véritablement l'ouvrage de Fogg paru en 1995 intitulé *Terraforming : Engineering Planetary Environments* qui fut le premier livre majeur à caractère scientifique consacré à l'étude de la terraformation. Considéré comme étant l'un des chefs de file du groupe informel de chercheurs qui étudiaient les multiples facettes de la terraformation à cette époque, l'auteur y passe en revue toute la science derrière ce projet d'ingénierie planétaire. Volumineux, cet ouvrage de plus de 500 pages s'appuie sur les données les plus récentes de l'époque et cite pratiquement tout ce qui avait été écrit de près ou de loin au sujet de la terraformation. Événement marquant de cette décennie où les activités scientifiques en rapport à la terraformation étaient en plein bouillonnement, ce livre solidifia à son tour un peu plus ce champ de recherche tout en permettant la diffusion de ses idées à un plus grand public. Cet ouvrage est devenu un incontournable dans l'étude de la terraformation et est, encore à ce jour, vastement cité dans les publications académiques portant sur le sujet.

En 1998, la Mars Society voit le jour sous l'initiative de Zubrin à la suite d'une grande convention au sujet de l'exploration de la planète Mars qui regroupa plus de 700 passionnés de

²⁶ Entre autres : Haynes et McKay, 1990, 1992 ; Lee, 1994 ; MacNiven, 1995 ; Smith, 1999 ; Sparrow, 1999, 2015 ; Miller, 2000 ; Fogg, 2000 ; McKay et Marinova, 2001 ; Pinson, 2002 ; York, 2002, 2005 ; French, 2013 ; Schwartz, 2011, 2013 ; McMahan, 2016 ; McKay, 2018, 2019 ; Daly et Frodeman, 2008.

²⁷ Le titre du numéro est très révélateur de l'enthousiasme et de l'intérêt populaire au sujet de la terraformation et de la colonisation de Mars qui montaient en flèche à cette époque : « *Our Next Home. Mars : Bringing a dead world to life* ».

l'espace. Lors de cet événement inaugural, la terraformation de la planète Mars fit l'objet de sept présentations²⁸ (Zubrin et Zubrin, 1999a, 1999b, 1999c). Depuis, la Mars Society – qui existe encore aujourd'hui – est devenue la plus importante et influente organisation à but non lucratif dédiée à la promotion de l'exploration et de la colonisation de la planète Mars – et, plus largement, de l'espace. Comptant approximativement 5000 membres dans ses rangs, cette organisation a attiré plus de 10 000 personnes lors de sa convention annuelle en 2020²⁹ – qui, exceptionnellement, s'est tenue virtuellement – et sa page Facebook est suivie par plus de 87 000 personnes au moment d'écrire ses lignes. Souhaitant l'établissement permanent des humains sur notre planète voisine, la Mars Society cherche par divers moyens à susciter l'intérêt du public, des décideurs et des entrepreneurs envers le projet d'explorer et de coloniser Mars (The Mars Society, 2020a). Bien que le cheval de bataille de l'organisation soit la colonisation de la planète rouge, n'en demeure pas moins que la terraformation de cette dernière est l'un de ses sujets de prédilection³⁰. À ce titre, ce projet d'ingénierie planétaire a été abordé dans la majorité des conventions internationales annuelles organisées par la Mars Society depuis 1999 (The Mars Society, 2020b) et Zubrin commente fréquemment l'actualité scientifique de la terraformation dans les médias (ex. : Chow, 2018).

²⁸ Ci-dessous, le titre des présentations en question :

- 1) *Artesian Basins on Mars: Implications for Settlement, Life-Search and Terraforming* (Fogg).
- 2) *Physiological Ecology of Terrestrial Microbes on a Terraformed Mars* (James M. Graham et Linda E. Graham).
- 3) *Successional Stages in Terraforming Mars* (J. M. Graham et L. E. Graham).
- 4) *Terraformation of Mars* (Charles R. Hancox).
- 5) *An Ecological Approach to Terraforming, Mapping the Dream* (Richard W. Miller).
- 6) *Ethics of Terraforming: A Practical System* (George A. Smith).
- 7) *Terraforming Mars – Waterfield Reservoir Management* (Patrick Whittome).

²⁹ Chiffre avancé dans un courriel envoyé aux personnes inscrites à la liste d'envoi de l'organisation.

³⁰ Outre toutes les actions que la Mars Society entreprend auprès du public et des gouvernements pour promouvoir l'établissement des humains sur la planète Mars, cette organisation accorde aussi beaucoup d'importance à la promotion de l'exploration spatiale en général et à la recherche effectuée dans le cadre de simulations analogues à l'établissement d'une colonie sur Mars dans l'arctique canadien (*Flashline Mars Arctic Research Station*) et le désert de l'Utah (*Mars Desert Research Station*).

1.1.2.4 *Développements récents de 2000 à aujourd'hui : SpaceX, Ted Talk et relance du débat sur la faisabilité de la terraformation de Mars*

Bien que le momentum de la fin du 20^e siècle s'estompa légèrement au tournant des années 2000, la recherche sur la terraformation et l'engouement de plusieurs à l'idée de concrétiser ce projet d'ingénierie planétaire sur la planète Mars sont loin de s'être éteints. De fait, deux conférences ayant attiré une grande audience se sont tenues à l'Ames Research Center de la NASA au début du millénaire. La première, organisée par McKay en 2000, s'intitulait « *The Physics and Biology of Making Mars Habitable* » et s'échelonnait sur deux jours. Un total de vingt-six présentations abordant la possibilité de modifier le climat martien afin qu'il se rapproche de celui de la Terre et qu'il puisse supporter la vie terrestre étaient prévues au programme (Burton, 2000). Puis, en 2004, un débat sur la terraformation de la planète rouge fut présenté dans le cadre de la série de discussions intitulée « *Science Fiction Meets Science Fact* ». Organisé conjointement par la NASA et le Science Fiction Museum and Hall of Fame de Seattle, ce débat regroupa sur scène un groupe d'écrivains de science-fiction (Arthur C. Clarke, Kim Stanley Robinson et Greg Bear), d'universitaires (James F. Kasting et Lisa Pratt) et de scientifiques de l'agence spatiale américaine (Christopher P. McKay, Donna Shirley et John Rummel). Sous le titre « *Transforming Mars* », ce panel d'invités discuta des possibilités réelles d'un éventuel projet de terraformation de la planète Mars ainsi que de ses ramifications potentielles (Burton, 2004).

Depuis, une myriade d'événements et de publications scientifiques dans le domaine de la terraformation se sont succédé. Outre les parutions d'articles dans les revues académiques, les ouvrages collectifs et les revues de vulgarisation scientifique de même que les nombreuses autres présentations dans le cadre de conférences dont l'énumération serait redondante, il vaut la peine de s'arrêter sur certains épisodes. D'abord, en 2009, l'astronome Martin Beech publia *Terraforming : The Creation of Habitable Worlds*, un troisième livre académique ayant pour thème central la terraformation. En plus de survoler plusieurs pans techniques de ce projet d'ingénierie planétaire, l'auteur poursuit en partie les réflexions qu'il avait entamées dans son précédent livre au sein duquel il s'interrogeait notamment sur le rôle que pourrait jouer la terraformation de différents corps célestes de notre système solaire dans l'évitement d'éventuelles catastrophes globales (2008a).

Puis, en 2015, l'auteur Stephen L. Petranek³¹ fit une conférence TED ayant pour titre « *Your Kids Might Live on Mars. Here's How They'll Survive* » (Petranek, 2015c) qui fut ensuite publiée sous forme de livre la même année (Petranek, 2015a). Le cœur de son argumentaire est en phase avec celui des autres promoteurs de la terraformation et, plus largement, de la colonisation de l'espace. Essentiellement, la colonisation de la planète Mars serait inévitable et nécessaire pour deux principales raisons. D'abord, nous devons, en tant qu'espèce, assouvir notre soif d'explorer. Ensuite, pour assurer la pérennité de l'humanité en cas de catastrophe sur Terre (ex. : impact d'astéroïde), nous devons cesser de mettre tous nos œufs dans le même panier et répartir l'espèce sur différentes planètes. La terraformation serait alors l'objectif ultime de la colonisation de Mars. Advenant le cas où les humains parvenaient à survivre sur la planète rouge grâce à une série de technologies, la transformation de son environnement hostile en un milieu de vie favorable à la vie terrestre est ce qui permettrait véritablement à l'humain de s'y installer pour de bon et, surtout, de bien y vivre³². À l'instar des autres chercheurs optimistes à propos de ce projet d'ingénierie planétaire, Petranek affirme que toutes les technologies nécessaires à une telle aventure existent déjà. Même s'il n'est pas un chercheur dans le domaine, cette conférence est notable pour l'exposition qu'elle donna au projet de terraformation de la planète Mars. C'est d'ailleurs sur son livre que la série *Mars* produite par le National Geographic est basée (Gout, 2016 ; Gout et al., 2018).

Récemment, l'idée de transformer Mars en une planète ressemblant à la nôtre a également vu son bassin de contributeurs être élargi par l'arrivée d'un nouveau joueur important : l'entreprise SpaceX. Fondée en 2002 par l'entrepreneur Elon Musk alors qu'il était impliqué en tant qu'administrateur dans la Mars Society, cette compagnie spécialisée dans le domaine de l'aérospatial a comme objectif ultime de permettre l'établissement de l'espèce humaine sur d'autres planètes (SpaceX, 2020a). Certes, c'est d'abord et avant tout la colonisation de la planète Mars qui intéresse actuellement cette entreprise. Néanmoins, l'éventuelle terraformation de ce corps céleste est une ambition grandement affichée par SpaceX et constitue en quelque sorte l'objectif à long terme de son plan d'établir une colonie autosuffisante sur la planète rouge. À ce

³¹ Cet auteur faisait partie du groupe de personnes ayant travaillé à la rédaction du numéro spécial du magazine *Life* que nous avons évoqué précédemment.

³² Petranek avait déjà proposé de terraformer Mars dans l'optique de s'y installer comme solution à certains risques existentiels dans sa conférence TED précédente (2002).

titre, à la fin d'une présentation détaillant la manière par laquelle il envisage transporter des humains sur Mars et y créer une base, Musk affirma ceci : « *The base starts with one ship, then multiple ships, then we start building out the city and making the city bigger, and even bigger. Over time terraforming Mars and making it really a nice place to be* » (Musk, 2018, p. 11). L'entrepreneur avait déjà soulevé l'idée à maintes reprises auparavant, et ce, notamment lors d'un passage sur le plateau de l'émission *The Late Show with Stephen Colbert* en 2015 lors duquel il évoqua rapidement la possibilité de terraformer la planète Mars après une étape préalable de colonisation en la bombardant avec des armes nucléaires ou en y injectant des gaz à effet de serre :

First, you're gonna have to live in transparent domes, [...] but eventually you can transform Mars into an Earth-like planet. [...] You could warm it up. [...] There's a fast way and a slow way. [...] The fast way is drop thermonuclear weapons over the poles. [...] The slow way would be to release greenhouse gases like were doing on earth (The Late Show with Stephen Colbert, 2015).

Cette volonté qu'a SpaceX de concrétiser la terraformation de Mars est parfaitement illustrée par une image tapissée sur les murs de leurs installations et présente sur leurs différentes pages Web (sites internet et réseaux sociaux). Celle-ci montre la planète rouge se verdier graduellement jusqu'à ressembler en tout point à la Terre. Ce « avant-après » est, d'ailleurs, présent sur l'accueil de la section « carrière » de leur site internet et sous lequel il est indiqué que leur but absolu est de permettre l'établissement de la vie humaine sur Mars (SpaceX, 2020b). SpaceX fait également la promotion de la terraformation par la vente de *terraforming mug*³³ et de t-shirt arborant le slogan « *Nuke Mars* » (SpaceX, 2020c, 2020d). Bref, depuis sa fondation, cette entreprise participe à la diffusion du projet de terraformation de la planète Mars. Les nombreuses apparitions de Musk dans les médias et sa participation à plusieurs documentaires ont également popularisé l'idée auprès de nouveaux auditoires et, comme nous le verrons au chapitre 4, contribuent à stimuler l'imaginaire du public ainsi que celui des chercheurs et des ingénieurs impliqués dans le domaine.

³³ Tasse sur laquelle on y voit la planète Mars se verdier lorsqu'un liquide chaud y est versé.

Depuis la parution de l'article inaugural de Sagan, un nombre considérable de textes au sujet de la terraformation ont été publiés dans des revues scientifiques³⁴. Jusqu'à tout récemment, les articles parus dans ces revues ayant abordé les considérations techniques et scientifiques de la terraformation de la planète Mars ont tous réaffirmé à des degrés divers la conclusion générale du rapport d'Averner et MacElroy voulant qu'il ne semble pas y avoir de raisons scientifiques qui pourraient empêcher l'humain de transformer Mars pour qu'elle puisse soutenir des formes de vie terrestre et – à terme – la vie humaine. Généralement admise par les principaux chercheurs s'intéressant à la question, cette idée fut contestée en 2018 dans un article paru dans la revue *Nature Astronomy*. Financée par la NASA, cette étude cosignée par les planétologues Bruce M. Jakosky et Christopher S. Edwards avait pour objectifs de quantifier les réserves en CO₂ de la planète Mars et de déterminer si ses réserves non atmosphériques de dioxyde de carbone pouvaient être remises dans son atmosphère par l'entremise de technologies existantes ou plausiblement développées dans un futur proche. L'idée était donc de voir s'il est possible d'enclencher le réchauffement de Mars par les quantités de CO₂ qui pouvaient être mises dans l'atmosphère. S'appuyant sur les données les plus récentes, les auteurs avancent qu'il n'y aurait pas suffisamment de dioxyde de carbone dans les sols de Mars pour augmenter sa pression atmosphérique et sa température, et ce, dans l'éventualité où l'on entamerait un processus de terraformation dans le cadre duquel ces réserves de gaz seraient injectées dans l'atmosphère. En plus, les chercheurs soulignent qu'advenant le cas où assez de CO₂ était disponible dans les sols martiens, nous ne possédons pas la technologie pour le mobiliser. Ils concèdent, toutefois, que les réservoirs de CO₂ présents dans les calottes polaires pourraient être injectés dans l'atmosphère en les chauffant par le biais d'explosifs ou par une réduction de leur albédo. Néanmoins, la quantité de CO₂ qui en serait extraite est largement insuffisante pour terraformer Mars. C'est à la lumière de ces résultats et des technologies disponibles et objectivement envisageables que Jakosky et Edwards affirment en définitive que la terraformation de la planète Mars « *is therefore not possible in the foreseeable future by utilizing CO₂ resources available on the planet* » (2018, p. 638).

³⁴ Veuillez vous référer à l'annexe A pour une liste chronologique des articles scientifiques publiés sur la terraformation.

Indépendamment des conclusions de l'article de Jakosky et Edwards en ce qui a trait à la faisabilité technique actuelle du projet de terraformation de la planète Mars, les travaux de recherche et la mobilisation à son sujet n'ont pas cessé. Des organisations comme la Mars Society et SpaceX (via Elon Musk) en font toujours la promotion³⁵ pendant que des chercheurs continuent de publier des articles dans des revues académiques pour suggérer des manières de surmonter les défis techniques que pose ce projet d'ingénierie planétaire. C'est le cas des chercheurs Robin Wordsworth (physicien planétaire au Department of Earth and Planetary Sciences de la Harvard University), Charles Cockell (astrobiologiste à la School of Physics and Astronomy de la University of Edinburgh) et Laura Kerber (géologue au Jet Propulsion Laboratory³⁶ de la California Institute of Technology) qui, en 2019, proposèrent une nouvelle technique pour rendre habitable la planète Mars dans un article paru à son tour dans la revue *Nature Astronomy*. Partant des conclusions de Jakosky et Edwards, les auteurs suggèrent qu'il serait possible de rendre habitables des régions de Mars pour certaines formes de vie photosynthétique en y installant de petits dômes dont la couche protectrice serait faite d'un aérogel à base de silice. À terme, la poursuite de travaux de recherche suivant cette piste pourrait permettre le développement de biosphères autosuffisantes sur Mars sous lesquelles certaines formes de vies terrestres pourraient y vivre. C'est donc une approche régionale (dans le sens de « à petite échelle ») qui est ici proposée par ce groupe de chercheurs pour rendre Mars habitable – approche qui, selon eux, serait hautement plus faisable que les scénarios impliquant des modifications atmosphériques globales antérieurement mis de l'avant, et ce, d'autant plus que les matériaux et les technologies nécessaires seraient déjà disponibles. Eric Vaz et Elissa Penfound (2020) ont, eux aussi, suggéré un nouveau cadre en vue de terraformer la planète Mars à plus petite échelle dans un article paru dans la revue scientifique *Life Sciences in Space Research*. Ces chercheurs en sciences environnementales appliquées de la Ryerson University proposent de créer des systèmes clos biorégénératifs sur la planète rouge au sein desquels certaines plantes terrestres spécifiquement sélectionnées pour leur capacité à survivre sur Mars y seraient semées pour soutenir la vie terrestre.

³⁵ À ce sujet, Zubrin et Musk ont, notamment, participé à la série docufiction *Mars* que nous avons présentée précédemment.

³⁶ Centre de recherche affilié à la NASA.

Ces chercheurs ne sont pas les seuls à avoir continué la recherche au sujet de la terraformation de la planète Mars. De leur côté, le mathématicien-informaticien Francisco J. T. Salazar et l'astrophysicien Othon C. Winter (2019) ont poursuivi les discussions techniques concernant l'utilisation de réflecteurs solaires qui seraient positionnés en orbite autour de Mars pour augmenter la température à sa surface alors que le biologiste moléculaire Jose V. Lopez et les microbiologistes Raquel S. Peixoto et Alexandre S. Rosado (2019) ont offert un plaidoyer pour l'utilisation de micro-organismes dans le cadre de projet de terraformation et de colonisation de l'espace. En addition, suivant les résultats de Jakosky et Edwards, le biologiste moléculaire Roy D. Sleator et l'astrophysicien Niall Smith (2019) ont réitéré les avantages de la bioformation pour rendre Mars habitable qu'ils avaient antérieurement présentés dans un autre article (2017). En quelques mots, les auteurs suggèrent qu'il serait possible – et surtout plus facile que les autres propositions sur la table – d'altérer l'environnement d'une planète à partir d'organismes génétiquement modifiés que l'on y introduirait et qui le modifieraient graduellement afin qu'il devienne adapté aux formes de vie terrestre. Un tel processus d'ensemencement d'une planète avec de la vie s'intitule « *directed panspermia* » et serait, d'après Sleator et Smith, une alternative aux énormes projets d'ingénierie planétaire nettement plus probable économiquement et technologiquement parlant.

Ainsi, de manière générale, lorsque les promoteurs du projet ne critiquent pas le postulat voulant qu'il soit impossible de terraformer la planète Mars à partir des technologies dont nous disposons présentement et des réserves de CO₂ qui y sont disponibles et mobilisables, ces derniers évoquent de nouveaux scénarios ainsi que les possibilités futures de technologies en développement et, donc, les chances d'être un jour en mesure de terraformer la planète rouge. Selon Fogg, cette détermination qu'à la communauté scientifique qui se penche sur la question à poursuivre ses travaux et ses réflexions malgré les conclusions négatives de Jakosky et Edwards ne doit pas nous surprendre. En effet, à son avis, « *terraforming research will go on, so long as the dream of settling space persists* » (1995b, p. 31). Par ailleurs, ces récents travaux de recherche ne sont pas forcément en opposition avec les résultats de l'article paru dans la revue *Nature Astronomy*. À vrai dire, Jakosky et Edwards n'ont pas affirmé catégoriquement que la terraformation de la planète Mars était irréalisable. Ces derniers ont simplement rejeté l'hypothèse d'un processus de

terraformation relativement simple et rapide³⁷ par l'utilisation des réserves en CO₂ présentes sur Mars. C'est dans cette perspective que Jakosky déclara ceci en entrevue : « *It's not that terraforming itself isn't possible, it's just that it's not as easy as some people are currently saying. [...] We can't just explode a few nukes over the ice caps*³⁸ » (Crane, 2018, p. 6).

Depuis maintenant près de soixante ans, cette sous-branche de l'ingénierie planétaire fut animée par un nombre grandissant de chercheurs et a généré un flot continu de publications scientifiques, et ce, autant dans des revues académiques et de vulgarisation scientifique que dans des livres, des ouvrages collectifs et des actes de colloques. Des conférences scientifiques à propos de la terraformation de la planète Mars sont encore régulièrement données et, au moment d'écrire ces lignes, deux présentations sur le sujet sont prévues dans le cadre de la prochaine convention internationale de la Mars Society (The Mars Society, 2020c). Certes, en comparaison à d'autres champs de recherche, il faut admettre que ce projet d'ingénierie est loin d'être l'objet d'étude le plus étudié. En effet, malgré l'essor en popularité que nous pouvons observer depuis la parution de l'article de Jakosky et Edwards, la terraformation de la planète Mars reste un champ de recherche relativement peu populaire dans les cercles scientifiques. À ce titre, nous ne pouvons passer sous silence le contraste qui existe entre, d'un côté, une production scientifique relativement faible et hautement spéculative et, de l'autre côté, la fréquence à laquelle la terraformation est évoquée dans les médias. Néanmoins, indépendamment du nombre de chercheurs qui gravitent autour de cet objet de recherche, l'idée de rendre Mars habitable via un processus de terraformation est désormais beaucoup plus qu'un simple thème de science-fiction. Il s'agit d'un objet d'étude scientifique à part entière, bien qu'il soit encore à ce jour une idée futuriste encore au stade conceptuel.

À la lumière de ce qui précède, on constate qu'il existe une communauté qui s'intéresse à la terraformation d'un point de vue scientifique. Partant de la définition qu'en donnent Morgan Meyer et Susan Molyneux-Hodgson (2011), nous pouvons dire du groupe de personnes qui cherchent à concrétiser la terraformation qu'ils constituent une communauté épistémique, soit un

³⁷ Ici, « rapide » doit être pensé en rapport avec les échelles de temps à partir desquels les personnes impliquées dans les activités de recherche spatiales travaillent (i.e. des millions d'années). En ce sens, dans les débats sur la terraformation, « rapide » signifie généralement « des milliers d'années ».

³⁸ Jakosky fait ici référence plus ou moins directement au plan suggéré par Elon Musk.

« collectif de personnes ayant une expertise dans un domaine donné, expertise qui se traduit notamment par des compétences reconnues et par une légitimité et une autorité en matière de production de connaissances » (Meyer et Molyneux-Hodgson, 2011, p. 141). Ses membres, qui peuvent autant être des experts (ex. : planétologue, astrophysicien, biologiste, ingénieur, météorologue, géologue, etc.) que des non-experts (ex. : entrepreneur, militant en faveur de l'exploration spatiale), sont concernés par la production et la diffusion de connaissances scientifiques sur un sujet particulier (la terraformation). Ils vont aussi intervenir dans l'espace public pour mettre de l'avant leur vision et, ultimement, orienter les décideurs au sujet de débats sociaux à partir des connaissances qu'ils ont produites. Ceci s'explique de par le fait qu'une telle communauté n'est pas soustraite du monde qui l'entoure : il s'agit d'un groupe qui cherche à orienter la voie que devrait prendre la société face à des enjeux par les connaissances et les visions qu'il produit et propage. Penser le groupe de personnes qui gravite autour de la recherche sur la terraformation comme une communauté épistémique nous permet alors, d'une part, de mettre l'accent sur le caractère collectif de leur production de connaissances et, d'autre part, de tenir compte de leur positionnement politique collectif à propos, entre autres, de l'avenir de nos sociétés et des solutions à privilégier pour résoudre des problèmes sociaux spécifiques actuels.

En définitive, il est à noter que même si des recherches ont porté sur la terraformation de la planète Vénus, cette avenue est plus ou moins sombrée dans l'oubli au tournant de la décennie 1990 à la faveur de la terraformation de la planète Mars. En effet, comme nous pouvons l'observer dans l'annexe A, c'est majoritairement³⁹ l'option d'un projet d'ingénierie planétaire destiné à rendre la planète rouge habitable qui a occupé les pages des revues académiques depuis les trente dernières années.

1.2 Entrecroisements entre les récits science-fictionnels et la recherche scientifique

Les récits de science-fiction ont joué un rôle majeur dans le développement de la recherche scientifique à propos des différents projets de terraformation (Mars, Vénus et la Lune). Au travers

³⁹ Seulement trois articles parus dans des revues scientifiques ont abordé la terraformation de la planète Vénus depuis 1990.

des univers qu'ils créaient et des péripéties qui s'y déroulaient, les auteurs de science-fiction ont suscité des réflexions et semé des idées dans l'esprit des chercheurs qui les ont ensuite traduites en projet de recherche. Comme l'ont démontré les sociologues Bernard Convert et Lise Demailly (2012), la science-fiction sert souvent d'impulsion à l'innovation et aux changements sociaux. Elle influence grandement les ingénieurs et les scientifiques lorsqu'ils développent des projets de même que les organisations impliquées dans la recherche et le développement (R&D) lorsque vient le temps de définir des stratégies et des objectifs (Michaud, 2019a). De ce fait, à l'instar du vaste répertoire d'œuvres artistiques dans lesquelles étaient imaginés des voyages interplanétaires bien avant la mise en orbite de Spoutnik et le début du programme Apollo, la terraformation existait à travers la plume d'auteurs de science-fiction avant de migrer vers le monde de la recherche scientifique. Toutefois, comme nous allons le voir, l'influence de la science-fiction ne s'est pas simplement fait sentir qu'au commencement de la recherche sur ce projet d'ingénierie. Pour reprendre la formule employée par l'astrophysicien Roland Lehoucq, ce courant littéraire *accompagne* (2017, p. 40) les travaux de recherche scientifique à son sujet depuis les premières publications de Sagan. À vrai dire, il faudrait plutôt parler d'une interpénétrabilité entre les deux : la science-fiction influence autant la science que la science influence la science-fiction (Schmidt, 2010, 2014 ; Saint-Martin, 2019)⁴⁰.

Le dialogue entre la science-fiction et la recherche scientifique est si central dans le cas de la terraformation qu'il n'est pas rare d'apercevoir des œuvres de ce courant littéraire parmi les références bibliographiques des articles scientifiques publiés sur le sujet. Le cas du livre *The Greening of Mars* (1984) de Lovelock et Allaby est, à ce titre, très évocateur. Ce récit de science-fiction est de loin celui dont l'influence est la plus remarquable sur la communauté scientifique impliquée dans la recherche sur la terraformation de la planète Mars. Ce livre, nous l'avons vu, proposait une nouvelle méthode pour terraformer la planète rouge, soit l'utilisation de CFC pour enclencher le processus. Comme évoqué par Fogg, *The Greening of Mars* est essentiellement considéré comme un ouvrage académique par les chercheurs pour deux raisons : Lovelock est un scientifique respecté en sciences de la Terre et, dans ce livre, la trame narrative fictive ne sert qu'à présenter des éléments scientifiques alors qu'habituellement c'est la science qui est un

⁴⁰ Une discussion théorique sur la place de la science-fiction dans les développements techniques et dans les discours de ses promoteurs suivra dans le prochain chapitre.

élément utile au récit en trame de fond (1995b, p. 20)⁴¹. Depuis sa parution, *The Greening of Mars* fut cité dans pratiquement tous les textes à propos de ce projet d'ingénierie planétaire lorsque la question d'utiliser des gaz à effet de serre pour réchauffer Mars était évoquée⁴². D'ailleurs, des recherches scientifiques dans lesquelles fut testée l'hypothèse avancée par Lovelock et Allaby d'utiliser du CFC pour amorcer la transformation de la planète Mars en un monde habitable ont montré qu'il était efficace de mobiliser des gaz à effet de serre de ce genre dans le cadre d'un processus de terraformation pour augmenter la température d'une planète, mais qu'ils devaient être combinés à d'autres méthodes pour que le projet puisse être mené complètement à terme (McKay et al., 1991 ; Gerstell et al., 2001 ; Marinova et al., 2000 et 2005).

Le livre *New Earths* d'Oberg est aussi évocateur du lien fort qu'entretient la recherche scientifique sur la terraformation avec la science-fiction depuis ses premiers balbutiements. Au commencement de ce premier livre consacré entièrement à l'idée de modifier intentionnellement l'environnement d'un corps céleste, c'est nul autre que Jack Williamson – auteur de science-fiction qui inventa le terme « terraformation » – qui signe l'avant-propos (1981). Puis, au début des chapitres qui abordent plus spécifiquement la terraformation, l'ingénieur propose de courts récits fictifs qui mettent en scène un futur dans lequel les scénarios qu'il décrit ensuite se sont concrétisés (1981, p.101-103, 123-125, 147-149, 196-198, 220-222, 242-244). De plus, Oberg y remercie plusieurs auteurs de science-fiction, dont Clarke, Williamson et Heinlein, d'avoir contribué « *ideas, inspiration, and consultation* » à l'écriture de son livre (1981, p. 14). Loin d'être un cas isolé, le fait de remercier directement les auteurs de science-fiction pour l'inspiration est monnaie courante chez les chercheurs s'intéressant à la terraformation. C'est, notamment, le cas de Fogg qui en remercie plusieurs pour leur « *assistance* » dans les remerciements de son livre (1995b, p. ix) et de Vaz et Penfound qui, à la fin de leur article, témoignent de leur gratitude envers Robinson « *for his inspiration with his Mars trilogy, books avidly read in travels and restless nights* » (2020, p. 63).

⁴¹ Ce qui en n'empêche pas certains de contester la véracité des éléments évoqués dans le livre. C'est notamment le cas de Sagan qui, dans une critique du livre, souligne les nombreuses erreurs factuelles présentes tout au long du récit (1985).

⁴² À titre d'exemple, la recherche de Jakosky et Edwards financée par la NASA que nous avons abordée précédemment cite *The Greening of Mars*.

Ces éléments font écho aux travaux de Peter Allon Schmidt (2010, 2014) qui indiquent que le développement de la recherche scientifique au sujet de la terraformation est marqué par un dialogue constant avec la science-fiction. Depuis le tout début de ce champ de recherche, souligne-t-il, il est possible de constater une interaction entre les auteurs de science-fiction et les scientifiques s'intéressant à ce projet d'ingénierie planétaire, brouillant du même coup la frontière entre la science et la fiction. D'une part, les scientifiques s'intéressant à la terraformation trouvent fréquemment l'inspiration des concepts qu'ils développent dans les univers fictifs de la science-fiction, ces derniers étant souvent des adeptes de ce genre littéraire depuis leur jeune âge⁴³. D'autre part, les auteurs de science-fiction qui mobilisent la terraformation dans leurs trames narratives bénéficient des travaux scientifiques sur le sujet pour améliorer la plausibilité de leurs récits. En ce sens, penser la terraformation comme étant un concept appartenant strictement au monde scientifique ou aux univers de science-fiction est réducteur puisque cette idée d'ingénierie planétaire a été forgée et a évolué dans le temps via l'interaction constante entre ces deux pôles.

1.3 La terraformation de la planète Mars comme solution technique aux risques existentiels

Popularisé par le philosophe Nick Bostrom au début des années 2000, le concept de risque existentiel fait référence à tout ce qui menace notre existence en tant qu'espèce. Tout événement futur qui pourrait occasionner l'extinction de l'humanité ou réduire drastiquement de façon permanente son potentiel a) de retrouver un niveau de vie désirable ou b) de continuer à se développer de manière désirable constitue, en ce sens, un tel risque (Bostrom, 2002). Jadis, les risques existentiels qui pouvaient menacer la survie de l'humanité étaient uniquement d'origines naturelles (super-volcanisme, ère glaciaire, pandémie⁴⁴) ou cosmiques (impact d'astéroïde ou de comète avec la Terre, mort du soleil, sursaut gamma, explosion de supernova). Toutefois, avec la révolution industrielle et le développement technologique du siècle dernier, de nombreux risques d'origine anthropique ont fait surface. Parmi ceux-ci, nous pouvons notamment penser aux

⁴³ À titre d'exemple, c'est un livre d'Heinlein qui aurait donné l'idée à Musk d'établir une colonie humaine sur la planète Mars (Michaud, 2019b).

⁴⁴ Les pandémies peuvent également être d'origine humaine ou, du moins, être favorisées par le mode de vie de certaines sociétés (Wallace et al., 2020).

risques de catastrophe nucléaire, aux réchauffements climatiques et à une perte de contrôle sur nos propres technologies (biotechnologies, intelligence artificielle, armes chimiques, etc.). Il est admis que les risques existentiels découlant de l'activité humaine sont ceux qui sont les plus probables à court et moyen terme de frapper l'humanité (Bostrom, 2002, 2013a, 2013b, p. 15-16).

À ce titre, l'urgence climatique s'est récemment imposée comme l'un des risques existentiels les plus pressants. En effet, il est scientifiquement admis depuis plusieurs années que nos sociétés subiront de plus en plus féroce les conséquences des changements climatiques (GIEC, 2015 ; Butler, 2018). Ces changements seraient le résultat de l'activité humaine depuis la révolution industrielle. Devenue une véritable force géologique, l'humanité aurait fait basculer la Terre dans une nouvelle époque géologique : l'anthropocène (Crutzen, 2007). Toutefois, pour Christophe Bonneuil (2017), il faudrait plutôt parler de capitalocène dans la mesure où il serait plus juste de pointer du doigt l'Occident et les dynamiques longues du capitalisme industriel pour les changements climatiques que l'espèce humaine indifférenciée dans son entièreté. Malgré l'absence de consensus à propos du concept à utiliser pour décrire l'ère dans laquelle nous nous trouvons présentement, l'origine anthropique des changements climatiques ne fait plus aucun doute dans les milieux scientifiques. Ce constat a mené plusieurs scientifiques et regroupements à proposer des solutions afin que nous puissions – individuellement et collectivement – réduire notre impact environnemental et stopper le réchauffement planétaire.

Cependant, pour les promoteurs de la terraformation de la planète Mars, la solution aux changements climatiques ne passe pas uniquement par une série de mesures destinées à préserver l'environnement terrestre. En effet, d'après eux, le projet de terraformation et de colonisation de la planète Mars est nécessaire et souhaitable puisqu'il constituerait la seule véritable option à long terme pour notre espèce face à la crise climatique et aux autres risques existentiels qui pointent à l'horizon. Créer une planète de secours pour l'humanité lui permettrait de devenir une espèce interplanétaire et donc d'assurer sa pérennité dans l'éventualité d'une catastrophe sur Terre. Ainsi, tout en promulguant la nécessité de régler la situation de crise environnementale actuelle, les terraformateurs évoquent qu'il est primordial de travailler à la réalisation d'un plan B en parallèle puisqu'une catastrophe d'origine humaine, naturelle ou cosmique surviendra

inévitablement un jour sur notre planète⁴⁵. Reprenant l'image de l'arche de Noé, McKay résume ce qui précède en stipulant que la terraformation permettrait d'assurer la survie de la vie terrestre advenant la destruction de la Terre puisqu'elle nous donnerait la capacité de disperser nos œufs dans plus d'un panier (1982a, p. 313).

Cette conception de la terraformation de la planète Mars en tant que solution technique à l'extinction de l'humanité n'est pas récente. Déjà en 1930, Stapledon en parlait dans son roman de science-fiction *The Last and First Men*. Il y présentait la terraformation comme un moyen pour l'espèce humaine de quitter une planète mourante vers une autre nouvellement habitable afin d'assurer sa survie (Oberg, 1981, p. 20-21). Dans le monde scientifique, elle est inscrite au cœur même de cette idée d'ingénierie planétaire depuis les premiers travaux de recherche ayant été faits à son sujet au tournant des années 1970. À cette époque, la vision voulant qu'il soit impératif pour la survie à long terme de l'humanité de coloniser l'espace commençait à fleurir dans les milieux scientifiques. Par ailleurs, en plein cœur de la course à l'espace qui avait lieu à ce moment entre les États-Unis et l'Union soviétique, il n'était pas rare de lire ou d'entendre des scientifiques promouvoir cette idée dans les médias grand public. Par exemple, dans un article paru dans le *Washington Post* en 1969, le journaliste cite l'astronome américain Bradford A. Smith à propos du risque que la terre soit détruite par un objet céleste ou par l'éventuelle mort de notre Soleil : « *"The only way the human race can survive," says Smith, "is to extend the range of man's habitat to Mars. The sooner that man gets there the better – for his own survival."* » (Auerbach, 1969, p. B1). Cette vision gagna en popularité après la publication de l'article « *A Hopeful Future for Mankind* » du naturaliste Louis J. Halle dans la revue *Foreign Affairs* (1980)⁴⁶. Dans ce papier, l'auteur suggère d'établir des colonies permanentes et autonomes sur d'autres planètes afin que l'humanité ait une solution de secours en cas d'holocauste nucléaire, mais aussi dans l'éventualité d'une détérioration de l'environnement de la planète Terre au point où il ne serait plus possible d'y vivre. Loin de sombrer dans l'oubli, cette suggestion a continué

⁴⁵ Une liste exhaustive des textes dans lesquels les promoteurs de la terraformation présentent cet argument est disponible au chapitre 4.

⁴⁶ Il est important de noter qu'il y avait un fort engouement au sujet de l'exploration et de la colonisation de l'espace au moment de la publication de cet article. Plusieurs auteurs, dont les physiciens Gerard K. O'Neill et Freeman Dyson, venaient de publier des livres qui ont grandement participé à la diffusion de projets ayant pour objectif d'établir l'humanité ailleurs dans le cosmos.

de fleurir jusqu'à nos jours. De nombreux auteurs, incluant Sagan (1994) et le physicien Paul Davies (2004), ont repris à leur manière l'argument de la survie de l'espèce humaine pour justifier la colonisation de l'espace. Pour plusieurs raisons techniques (proximité, ressemblance avec la terre, connaissances à son sujet, etc.), la planète Mars est rapidement devenue l'option la plus envisagée pour recevoir la première colonie humaine hors de la Terre. L'objectif ultime de la terraformation de Mars a toujours été l'établissement définitif et sécuritaire de l'humanité sur cette planète. Cette ambitieuse idée d'ingénierie planétaire s'inscrit alors dans la lignée du projet de colonisation de Mars. Conséquemment, elle partage en grande partie les arguments mobilisés pour en justifier la pertinence – notamment celui voulant qu'il soit nécessaire pour la survie à long terme de l'humanité de se répandre dans l'Univers (Zubrin et Wagner, 2011 ; Gottlieb, 2019 ; Kaku, 2018a ; Munévar, 2019, 2014 ; Musk, 2017 ; Petranek, 2015a, 2015c ; Abney, 2019 ; Green, 2019 ; Hawking, 2010⁴⁷). Le physicien Michio Kaku a récemment bien résumé l'essentiel de cet argument à la fin d'un article paru dans le *Wall Street Journal* :

A new spirit of exploration and discovery is certainly part of the push for this new space age, but concerns about the future of the Earth are also a motive. There is a growing realization that life on the planet is extremely fragile, that killer asteroids, super volcanoes and ice ages have nearly extinguished life in the past, and that climate change may spin out of control. Even if the Earth remains habitable, we know that one day the sun itself will expire. So the choice ultimately will be simple: Colonize outer space, or perish. We need an insurance policy, a backup plan. The dinosaurs didn't have a space program. We may need ours to evade their fate. (Kaku, 2018a)

Ainsi, le projet de terraformation de la planète Mars est profondément associé à la question de la survie de l'humanité et, plus largement, de la vie terrestre. Il ne s'agit donc pas d'un simple projet d'ingénierie sans conséquence sur l'avenir de nos sociétés ou d'une mission spatiale de routine. D'une certaine manière, ce projet postule sur la direction que devraient prendre nos sociétés pour assurer leurs pérennités dans le temps. Il met de l'avant un vaste projet de société dans lequel nous déployons des efforts colossaux pour devenir une espèce interplanétaire. La terraformation de la planète Mars est, de ce fait, au cœur d'un imaginaire sociotechnique collectivement partagé et mis de l'avant par ses promoteurs. Dans le prochain chapitre, nous présenterons les théories et les concepts que nous mobiliserons afin d'analyser l'imaginaire sociotechnique entourant l'idée

⁴⁷ Depuis le début de l'ère spatiale au milieu du 20^e siècle, une quantité colossale de textes ont mis de l'avant cet argument. Cette courte sélection et celle qui la précède dans ce paragraphe n'en représentent qu'une très mince partie.

de modifier l'environnement de la planète rouge en vue d'y implanter des colonies humaines et la manière par laquelle les terraformateurs le mettent de l'avant.

CHAPITRE II

PENSER LA TERRAFORMATION

Despite climate alarmist predictions, humans will likely survive for hundreds of millions of years into the future. In the meantime, we should begin creating atmospheres on suitable moons or planets.

Rand Paul (19 janvier 2020⁴⁸)

L'univers théorique auquel se rattachent nos questionnements de recherche est celui de la sociologie des sciences et des technologies, soit la branche de la sociologie qui s'intéresse de manière générale au rapport entre sciences, techniques et sociétés (Dubois, 1999). Plus précisément, en raison de la nature du sujet de notre étude, nous inscrivons notre recherche dans ce que certains ont nommé la « sociologie des activités spatiales » (Jouvenet et *al.*, 2015) ou, dans le monde anglo-saxon, les « *social studies of outer space*⁴⁹ » (Messori, 2016 ; Alvarez et *al.*, 2019). Ce courant de recherche multidisciplinaire s'intéresse à la dimension sociale du cosmos et des activités humaines qui s'y rapportent. L'attention est dirigée vers les significations culturelles et sociales de même que vers les aspects (géo)politiques, économiques, géographiques et écologiques des activités spatiales. Par « activité spatiale », nous entendons les pratiques en rapport avec le cosmos (recherche, promotion, projective, spéculation, création littéraire, etc.) de même que les organisations, les entreprises, les politiques publiques et, de manière générale, tout ce qui touche de près ou de loin à l'espace. Loin de sortir de nulle part, les activités humaines actuelles et passées en lien avec l'espace extra-atmosphérique ainsi que celles concernant des projets spatiaux futurs s'inscrivent dans les sociétés desquelles elles émergent. Autrement dit, ces

⁴⁸ Message publié sur sa page Twitter.

⁴⁹ Expression d'abord mise de l'avant en 2016 par Lisa Messori puis reprise par un regroupement de chercheurs en sciences sociales en 2019 (Alvarez et *al.*).

activités font partie de l'ère du temps et le regard critique que nous pouvons y poser nous offre une vue très riche des sociétés contemporaines et des rapports entre sciences, techniques et sociétés qui y existent.

En ce qui nous concerne, nous limiterons notre attention à la vision du futur mise de l'avant par les *fabricants de planètes*⁵⁰. Plus précisément, à l'instar d'autres travaux en *social studies of outer space* qui ont observé comment le cosmos fut le sujet de spéculations, de projections et de visions du futur (Tutton, 2018, 2020 ; Messeri et Vertesi, 2015 ; Valentine, 2012), nous tenterons de faire ressortir l'imaginaire sociotechnique (Jasanoff et *al.*, 2012 ; Jasanoff et Kim, 2015) des promoteurs de la terraformation de la planète Mars en plus de voir comment ces derniers ont spéculé et spéculent encore à ce jour à propos de la possibilité technique du projet d'ingénierie qu'ils mettent de l'avant et des bienfaits pour l'humanité qui en découleraient. Au passage, il s'agira également pour nous de voir comment ces derniers cherchent à modeler l'imaginaire collectif concernant l'avenir de l'humanité dans l'espace et – indirectement – sur Terre. Ainsi, dans ce chapitre, nous présenterons les assises théoriques et conceptuelles qui nous permettront de penser sociologiquement cette idée d'un changement planétaire orchestré sur Mars en tant que telle, mais aussi en tant que solution technique aux risques existentiels qui menacent l'humanité. Pour ce faire, nous procéderons par étapes. D'abord, nous ferons la présentation du concept d'imaginaire sociotechnique. Puis, nous poursuivrons la discussion avec un survol des outils théoriques et conceptuels de la sociologie des attentes (*expectations*). Ensuite, nous décrirons le concept de *technofix* en faisant, au préalable, un bref retour sur la notion de progrès. Après, nous montrerons comment les concepts d'émulation environnementale et de *life-support system* peuvent nous aider à saisir la manière par laquelle les promoteurs de la terraformation conçoivent l'environnement. Finalement, nous aborderons l'influence de la science-fiction sur le développement scientifique avant de conclure par une mise en relation des divers éléments qui auront été soulevés et un retour sur nos questions de recherche.

⁵⁰ Nous empruntons cette expression à Serge Brunier (2006, p. 265).

2.1 Imaginaire sociotechnique

En sciences sociales, il est admis depuis le 20^e siècle que l'imagination n'est pas qu'une faculté individuelle de l'esprit ou qu'une simple illusion. Collectivement partagés, les imaginaires que l'on pourrait qualifier de « sociaux » consistent en des amalgames de visions du monde, de valeurs, de symboles, de croyances collectives et de façons de percevoir les choses. Ils participent à la production de systèmes de significations et favorisent le sentiment d'appartenance à un groupe, une collectivité et, plus largement, une nation. Ces imaginaires sociaux influencent la manière par laquelle les sociétés – et les différents groupes qui la composent – entendent collectivement le monde, l'ordonnent et prévoient l'ordonner dans le futur. En ce sens, les imaginaires comportent, non seulement, des visions au sujet du fonctionnement présent de la société, mais également des perceptions de ce que le futur devrait ou ne devrait pas être. La capacité à imaginer des futurs est considérée comme un élément majeur de la vie sociale. Celle-ci permettrait aux sociétés ainsi qu'aux divers regroupements de faire des projections et de chercher à les atteindre (Jasanoff et Kim, 2009, p. 122 ; McNeil et *al.*, 2017).

L'utilisation du concept d'imaginaire pour étudier les sociétés s'inscrit dans une riche tradition théorique. Les travaux de Benedict Anderson (*Imagined communities* - 1983), de Cornelius Castoriadis (*L'institution imaginaire de la société* - 1975), d'Arjun Apparudai (*The work of the imagination* – 1996) et de Charles Taylor (*Modern social imaginaries* - 2004) ont tous, à leur façon, élargi la compréhension que nous pouvons avoir des imaginaires⁵¹. À ce titre, un grand nombre de chercheurs en sciences sociales ont mobilisé le concept d'imaginaire dans le cadre d'études sur les sciences et les technologies à partir des outils théoriques et conceptuels développés par ces penseurs. Étudier les imaginaires est intéressant pour ce domaine de recherche puisqu'ils jouent un grand rôle dans l'élaboration de projets de recherche et le développement de nouvelles technologies. Cependant, comme le soulignent Maureen McNeil et *al.*, cette notion fut généralement utilisée dans les recherches en STS sans être rattachée à un courant théorique particulier. Les auteurs utilisaient le concept d'imaginaire chacun à leur façon sans véritable

⁵¹ Le lecteur peut se référer à McNeil et *al.* (2017, p. 440-443) et à Nerlich et Morris (2015) pour une présentation synthétique de ces théories. Les références des principaux ouvrages de ces auteurs sur les imaginaires y sont également disponibles.

bagage théorique commun (2017, p. 435). Ce n'est que récemment, essentiellement grâce aux travaux sur les imaginaires sociotechniques de la sociologue Sheila Jasanoff et de ses collègues (Jasanoff et *al.*, 2012 ; Jasanoff et Kim, 2015), que des assises théoriques et méthodologiques ont été mises de l'avant pour structurer et orienter cette lignée de recherches.

Dans un premier article paru en 2009, Jasanoff et Sang-Hyun Kim ont proposé le concept d'imaginaire sociotechnique pour analyser la relation entre, d'un côté, la science et la technologie et, de l'autre, le pouvoir politique. Cherchant à comprendre comment les projets nationaux de science et technologie sont imprégnés de conceptions nationales particulières (notions de risque, conception du bien public, etc.) qu'ils renforcent en retour, ces chercheurs ont défini les imaginaires sociotechniques comme étant des « *collectively imagined forms of social life and social order reflected in the design and fulfillment of nation-specific scientific and/or technological projects* » (2009, p. 120). Propres à chaque État, ces imaginaires, ajoutent Jasanoff et Kim, sont à la fois une description des futurs atteignables ainsi qu'une prescription des futurs qui devraient être concrétisés. Plus concrètement, des politiques publiques en matière de science et de technologie découlent de ces visions et influencent ensuite la conception et la concrétisation de projets scientifiques nationaux (2009, p. 120-121). Aussi, suivant une logique de coproduction, les imaginaires sociotechniques façonnent la trajectoire des développements technologiques ou scientifiques et la mise en œuvre de ces derniers renforce simultanément l'imaginaire particulier qui en est à l'origine (2009, p. 122). La coproduction des ordres politiques et des projets scientifiques et/ou technologiques nationaux expliquerait les distinctions qui existent entre les états au niveau de leurs politiques scientifiques nationales puisque chacun de ces derniers posséderait son propre imaginaire. D'après Jasanoff et Kim, les imaginaires sociotechniques ne sont pas uniquement constitués de visions au sujet de la science et des technologies, de la direction qu'elles devraient prendre et des possibles qu'elles ouvriraient. Ces imaginaires incorporent également une vision collectivement partagée de ce qui est « bon » ou « désirable » et « mauvais » pour une société. Ce faisant, les auteurs notent un entrelacement au cœur de ce type d'imaginaire entre une vision du futur de la nation et du bien collectif et une vision des développements scientifiques et technologiques futurs, l'une n'allant pas sans l'autre. Autrement dit, les imaginaires sociotechniques sont constitués autant d'une idée du type de société que peut

généraliser le développement technologique que d'une idée du type de société nécessaire à ce développement (2009, p. 122-123).

À l'origine, la définition du concept d'imaginaire sociotechnique que Jasanoff et Kim ont mise de l'avant ne s'appliquait qu'à l'étude de l'exercice du pouvoir étatique en rapport à l'élaboration de politiques nationales concernant les sciences et les technologies. Des travaux récents de Jasanoff (2015a, 2015b) ont, cependant, étendu l'application de ce concept au-delà du niveau national. Des groupes organisés comme des organisations (locales, nationales, internationales), des mouvements sociaux, des entreprises et des groupes de chercheurs peuvent, eux aussi, articuler et diffuser des imaginaires sociotechniques. Par conséquent, plusieurs imaginaires peuvent exister simultanément dans une société, chacun d'eux ayant leur propre vision de ce à quoi devrait ressembler un futur désirable. Le futur étant un terrain contesté au sein duquel différents acteurs et groupes cherchent à y imposer leur vision de l'avenir⁵², il peut arriver que les multiples imaginaires présents dans une société à un même moment se confrontent. À l'inverse, ils peuvent également s'aider mutuellement. Ultimement, certaines de ces visions du futur prendront le dessus sur d'autres et auront une influence plus grande, par exemple, sur l'élaboration de politiques nationales ou le développement de certaines technologies (Jasanoff, 2015a, p. 4). Élargissant la portée du concept, Jasanoff redéfinit les imaginaires sociotechniques comme étant des :

[...] collectively held, institutionally stabilized, and publicly performed visions of desirable futures, animated by shared understandings of forms of social life and social order attainable through, and supportive of, advances in science and technology (2015a, p. 4).

Ces « futurs désirables » au cœur de ces visions collectivement partagées consistent donc en des futurs sociotechniques, soit des futurs qui, comme le soulignent Kornelia Konrad et Knud Böhle, « *couple techno-scientific potentials and prospects with envisioned societal change and new social arrangements* » (2019, p. 101). Ainsi, un imaginaire sociotechnique est fait d'une inséparabilité entre une vision des sciences et des technologies et une vision d'un ordre social idéal. Jasanoff ajoute que ces visions de futurs désirables incorporent aussi des « *shared fears of harms that might be incurred through invention and innovation, or of course the failure to*

⁵² Nous aborderons l'idée du futur comme étant un lieu de contestation à la section 2.2.

innovate » (2015a, p. 5). En ce sens, bien qu'il puisse parfois s'agir aussi de visions de futurs indésirables partagées au sein d'un groupe qui tentent d'empêcher leurs avènements, les imaginaires sociotechniques contiennent, la plupart du temps, autant des visions positives (utopiques) et négatives (dystopiques) de l'avenir.

Partant des travaux de Jasanoff au sujet des imaginaires sociotechniques, le sociologue Richard Tutton étudia les visions du futur collectivement partagées par les personnes s'étant portées volontaires pour rejoindre l'équipage de Mars One⁵³ (2018) ainsi que par les dirigeants, les investisseurs et les supporteurs de SpaceX (2020). Dans le cadre de son étude sur Mars One, Tutton (2018) avance que cette entreprise et les personnes souhaitant faire partie de l'aventure expriment un *imaginaire multiplanétaire* au sein duquel l'humanité – grâce à son inventivité sociotechnique – est apte à vivre sur d'autres planètes et, par conséquent, n'est plus confinée sur Terre. Plus largement, cet imaginaire serait aussi formulé par le projet de colonisation de la planète Mars en tant que tel. Tutton cible plusieurs éléments centraux de cet imaginaire sociotechnique au travers des entrevues qu'il mena auprès d'un groupe de candidats pour l'aventure Mars One. D'abord, il est généralement admis par ces adhérents de l'imaginaire d'un futur multiplanétaire que cette première mission habitée vers Mars et l'établissement d'une base qui doit en découler sont des projets technoscientifiques importants puisqu'ils auraient la capacité d'unir l'humanité tout entière au même titre que l'alunissage de 1969 l'aurait fait. Il est suggéré que la conquête de l'espace aurait la capacité d'abolir les divisions sociales, nationales et culturelles en rassemblant les individus derrière un projet commun et en leur faisant prendre conscience de leur ressemblance (2018, p. 528-529). De plus, l'idée que la vie quotidienne des humains sur terre bénéficierait des innovations technologiques et de la croissance économique qui résulteraient de ce projet fait également partie de cet imaginaire tout comme l'idée que cela permettrait d'assouvir la soif d'exploration qui serait inscrite dans la nature humaine (2018, p. 529-530). La possibilité (et le souhait) de voir émerger un nouvel ordre social utopique sur Mars est aussi au cœur de l'imaginaire d'un futur multiplanétaire. Il est attendu que les relations sociales y soient différentes tout comme les relations que nous y entretiendrons avec les

⁵³ Initiative privée lancée en 2011 qui avait pour objectif d'établir la première colonie humaine sur Mars.

technologies en raison de la dépendance des colons envers ces dernières pour assurer leur survie (2018, p. 530-532). Bref, pour reprendre les mots de Tutton, les adhérents de cet imaginaire :

[...] imagined a desirable future that articulated shared understandings of a preferred form of social life – one couched in terms of human unity and common purpose – that could be achieved through the pursuit of a sociotechnical project to establish a new human society on another planet (2018, p. 533).

Dans le même ordre d'idée, Tutton (2020) indique que SpaceX, ses investisseurs, ses supporteurs ainsi que – plus précisément – Musk projetteraient une vision techno-optimiste du futur au sein de laquelle les humains peuvent vivre sur Mars et, éventuellement, sur d'autres planètes grâce aux technologies développées par cette entreprise. Comme soulevé précédemment, l'ambition de cette entreprise est de transformer l'humain en une espèce multiplanétaire par la colonisation de la planète rouge (Musk, 2017, 2018). Cet *imaginaire extraplanétaire* serait collectivement partagé par d'autres entrepreneurs et entreprises de la Silicon Valley⁵⁴ (Jeff Bezos d'Amazon et Blue Origin ; Peter Diamandis de Planetary Resources Inc. ; etc.) qui mettent aussi de l'avant une vision d'un futur où l'on assisterait à l'expansion de l'humanité dans le système solaire et à l'avènement d'un nouvel ordre social où la vie serait meilleure (Tutton, 2020). D'après Tutton, cet imaginaire est profondément imprégné d'un utopisme technologique, soit la croyance que la technologie est ce par quoi l'humanité peut atteindre une société idéale. Musk et ses semblables adhèrent, donc, au mythe du progrès⁵⁵ et sont convaincus que les technologies qu'ils développent participent grandement à l'amélioration de la société (Tutton, 2020). D'après l'auteur, l'idée d'offrir une protection à l'humanité contre ce qui menace sa survie grâce à la colonisation d'une autre planète est également au cœur de l'imaginaire de SpaceX (2020). Cependant, en continuité avec l'idée élaborée par Jasanoff selon laquelle des registres positifs et négatifs seraient présents dans les visions collectivement partagées du futur (2015a, p. 5), Tutton souligne que cet imaginaire extraplanétaire est, certes, imprégné d'un optimisme sociotechnique, mais aussi d'un pessimisme anthropocénique. L'optimisme associé à la colonisation de la planète Mars, dit-il, se fonde sur la vision pessimiste selon laquelle la Terre ne peut plus être sauvée. Par ailleurs,

⁵⁴ Par « Silicon Valley », l'auteur fait aussi référence à toutes les entreprises qui partagent l'« attitude » de celles qui se situent géographiquement dans cette région.

⁵⁵ Voir section 2.3.

confrontées à la possibilité d'une catastrophe planétaire, les personnes qui partagent cet imaginaire ont, malgré leur confiance démesurée envers le développement technologique et scientifique, la crainte d'échouer à innover assez rapidement pour être en mesure de faire face aux risques existentiels (Tutton, 2020).

Les conclusions de l'anthropologue David Valentine dans le cadre de ses recherches à propos du mouvement en faveur de la colonisation de l'espace abondent dans le même sens que celles de Tutton : l'idée selon laquelle la survie à long terme de l'espèce humaine dépend de la colonisation de l'espace est centrale dans les motivations et l'imaginaire du futur des acteurs du *NewSpace*⁵⁶ (2012). D'après lui, penser que ces acteurs ne seraient qu'à la recherche de profit et de nouveaux marchés pour sauver le capitalisme et assurer la prospérité des populations serait un portrait réducteur de la réalité. En fait, bien que le profit soit une des motivations clés pour certains d'entre eux, n'en demeure pas moins, selon Valentine, que la vaste majorité des personnes qui oeuvrent à la concrétisation d'un futur au sein duquel l'humanité colonise d'autres mondes grâce aux entreprises spatiales commerciales le font parce qu'ils pensent profondément qu'il s'agit de la seule façon d'assurer l'évolution et la survie de l'humain. Ces acteurs, dit cet anthropologue, partagent donc une vision du futur et du capitalisme dans laquelle « *entrepreneurial activity will radically and positively transform the future evolution of society and of our species itself by establishing human settlements in the solar system and beyond* » (2012, p. 1047). En ce sens, les acteurs du *NewSpace* ne souhaitent pas simplement faire de l'argent, mais aussi, et surtout, changer le monde et cet aspect utopique est au centre de leur imaginaire du futur. Musk exprimait cet état d'esprit dans un entretien accordé au *Washington Post* : « *If I was in it for the money, then I would be crazy [...]. You have to want to help send people into space* » (Kaufman, 2010, p. A02).

Les imaginaires sociotechniques occupent une place centrale dans le développement de technologies et de nouveaux champs de recherche. Ces imaginaires – nous l'avons vu

⁵⁶ Règle générale, l'expression « *NewSpace* » renvoie aux entreprises – majoritairement américaines – qui oeuvrent depuis la décennie 1990 à commercialiser le cosmos (ex. : SpaceX, Virgin Galactic, Blue Origin, Bigelow Aerospace, etc.). Valentine élargit cette catégorie d'acteurs de manière à ce qu'elle englobe l'ensemble des entreprises, des organismes et des individus qui partagent une volonté de concrétiser la colonisation de l'espace par le biais des projets élaborés dans le secteur privé, celui-ci étant perçu comme la voie la plus à même de pouvoir atteindre cet objectif (2012, p. 1049).

implicitement par l'entremise des travaux de Tutton et de Valentine – projettent des promesses et des attentes à propos des innovations qu'ils mettent de l'avant. Ces discours anticipatoires sont formulés par les différents acteurs qui partagent une même vision d'un futur désirable. Ces derniers les utilisent pour exprimer et promouvoir leur imaginaire. Dans la prochaine section, nous aborderons le courant théorique qui nous permet d'étudier ces discours et d'en révéler l'imaginaire sociotechnique qu'ils incarnent et diffusent.

2.2 Sociologie des attentes

Les promesses et les attentes à propos des possibilités futures des sciences et des technologies qui découlent des imaginaires sociotechniques sont au cœur du fonctionnement de la recherche scientifique. Ces discours tournés vers le futur y sont si centraux qu'ils conditionnent le développement de certaines recherches. Le projet de terraformation de la planète Mars comporte son lot de promesses et d'attentes. Certaines concernent les potentialités futures des ingénieries aérospatiale et planétaire (accomplissement du processus de terraformation, la réussite d'un vol habité en direction de Mars, établissement d'une colonie, etc.) alors que d'autres renvoient plus spécifiquement aux bienfaits qu'un tel projet apporterait à l'humanité (protection contre les risques existentiels, assouvissement de la soif exploratoire de notre espèce, etc.). Ses promoteurs formulent fréquemment des promesses et persistent à vanter les possibilités que la terraformation de la planète Mars ouvrirait. D'ailleurs, malgré le débat récent au sujet de sa faisabilité, ces derniers continuent de promettre avec assurance qu'elle sera prochainement réalisable. Ainsi, dans ce qui suit, nous présenterons les outils théoriques et conceptuels de la sociologie des attentes afin de voir comment ils peuvent nous aider à faire ressortir l'imaginaire sociotechnique des terraformateurs ainsi qu'à saisir comment ces derniers s'y prennent pour promouvoir leur projet d'ingénierie planétaire.

La sociologie des attentes s'intéresse au rôle joué par les discours tournés vers le futur⁵⁷ (anticipations, visions, concepts, énoncés, métaphores, récits, prophéties, espoirs, promesses, discours hyperboliques (« *hype* »), etc.) dans la mise en forme de changements technologiques et

⁵⁷ Traduction de l'expression « *future-oriented discourses* » (Brown et Michael, 2003, p. 17).

scientifiques et leur acceptation sociale. Ces discours peuvent être définis comme des « *real-time representations of future technological situations and capabilities* » (Borup et al., 2006, p. 286). Les différents travaux de recherche s'inscrivant dans cette branche de la sociologie explorent les manières par lesquelles ces types de discours orientent et façonnent la dynamique de production de connaissances scientifiques et le développement de nouvelles technologies. En ce sens, il s'agit de voir comment les acteurs impliqués dans des projets scientifiques mobilisent le futur de manière à influencer le déploiement de ce sur quoi ils travaillent. L'objectif de cette approche théorique est donc d'analyser la construction, l'évolution dans le temps et la diffusion de ces anticipations du futur ainsi que leurs effets sur les dynamiques d'innovation et les changements sociotechniques (Borup et al., 2006 ; Brown et Michael, 2003 ; Brown et al., 2000 ; Konrad et al., 2017 ; Van Lente, 2012, p. 772).

Ces discours tournés vers le futur varient grandement. Alors que certains sont positifs (ex. : promesses associées à une nouvelle technologie), d'autres le sont moins et s'apparentent à des mises en garde (ex. : sans une technologie quelconque, l'humanité sera confrontée à un risque quelconque). Ces derniers vont aussi se distinguer au sujet du niveau de grandeur de ce qu'ils englobent. Il peut s'agir autant de visions à propos du futur d'une société (macro, ex. : Kaku affirme que la terraformation de la planète Mars permettra à l'humanité d'assurer sa survie puisque ce projet « *will give us an insurance policy, a plan B* » (Keach, 2018)) que de promesses vis-à-vis un élément précis (micro, ex. : « *This [oxygen generator called MOXIE⁵⁸] could evolve into bigger and more efficient oxygen generators in the future that would allow astronauts to create their own air to breathe and provide oxygen to burn rocket fuel needed to return humans to the Earth* » (NASA, 2019)). Ces discours peuvent également varier selon ce qu'ils concernent (aspects techniques, sociétaux, commerciaux, etc.). De plus, les déclarations à propos du futur sont construites de façon particulière selon qu'elles réaffirment des idées généralement admises dans une société ou qu'elles cherchent à mettre de l'avant une vision qui risque de soulever des oppositions (Van Lente, 2012, p. 772-773). En outre, dans la mesure où ces discours lient, la plupart du temps, des enjeux techniques et sociaux, ces derniers font référence à des « *images of the future* » où les techniques et la société sont étroitement liées (Borup et al., 2006, p. 286).

⁵⁸ Appareil technologique fixé au rover *Perseverance*.

L'un des principaux constats qui ressort de la sociologie des attentes suggère que les discours tournés vers le futur tendent à jouer un rôle performatif dans les projets d'innovation. En déployant des promesses et, donc, en générant des attentes prometteuses au sujet de potentielles avancées scientifiques ou de technologies en développement, les acteurs impliqués réussissent à obtenir les appuis (matériels, politiques et sociaux) nécessaires à la réalisation de leur projet. L'idée est alors pour les différents acteurs impliqués dans des projets d'innovation technoscientifique d'attirer l'intérêt d'acteurs clefs (scientifiques, investisseurs, législateurs, utilisateurs, etc.) envers leurs travaux. Les discours tournés vers le futur influenceraient également la manière par laquelle la société perçoit les sciences et les technologies et contribueraient à définir la conception partagée de ce que les technologies et les domaines de recherche scientifique devraient être et devenir, tout comme la place qu'ils devraient occuper dans l'espace social. Ainsi, loin d'être simplement une description du futur, ces discours *font quelque chose* dans le sens où ils créent des horizons d'attentes, initient de nouvelles réalités et génèrent des exigences (Borup et al., 2006, p. 289 ; Van Lente, 2012, p. 772).

De plus, selon Harro Van Lente, les *expectations* joueraient trois autres rôles dans la dynamique des changements techniques. Premièrement, les promesses faites à propos des retombées futures d'un projet scientifique ou technologique lui offrent des éléments de légitimation. Ces éléments peuvent établir son bien-fondé, le promouvoir et, conséquemment, justifier des investissements. Deuxièmement, les discours tournés vers le futur orientent le processus de recherche. Devant les multiples voies pouvant être suivies en recherche, les chercheurs vont principalement orienter leurs travaux vers une direction qui est admise comme étant prometteuse. Troisièmement, les *expectations* ont un effet de coordination sur les processus d'innovation. Elles vont mettre en relation différents acteurs en plus de leur attribuer des rôles et des tâches – ce qui, généralement, accélère la progression des travaux de recherche (Van Lente, 2012, p. 773-774).

Nik Brown, Brian Rappert et Andrew Webster ont également démontré en quoi le futur fait l'objet de contestation. Loin d'être consensuel, le futur serait un lieu de contestation où une pluralité d'acteurs sociaux (individus, institutions, regroupements, etc.) aux intérêts divergents cherchent à imposer leurs visions. Afin d'assurer une orientation particulière de l'avenir, les acteurs sociaux tenteraient par divers moyens de le *coloniser*. Pour ce faire, ils mobiliseraient des ressources (rhétoriques ou matérielles) dans le but de convaincre les autres de ce que le futur

devrait être. De ces contestations, certaines visions du futur sortent gagnantes et se diffusent, d'autres sombrent dans l'oubli et plusieurs qui aspiraient à s'imposer finissent par échouer. Évidemment, les différentes visions du futur qui se disputent l'orientation des sociétés ne le font pas à armes égales : celles qui s'inscrivent dans les récits dominants sont, *de facto*, avantagées vis-à-vis celles qui proposent un cadre alternatif pour l'avenir. Dans le même ordre d'idée, certains groupes ou individus bénéficient d'une plus grande influence dans la détermination des futurs. Bref, pour ces auteurs, le futur des sciences et des technologies – et, conséquemment, celui des sociétés – serait activement créé dans le présent dans le cadre de ces contestations au sein desquelles des promesses concernant les potentialités futures des sciences et des technologies se confrontent à des affirmations qui contestent ces dernières (2000, p. 3-8).

En addition, pour Pierre-Benoît Joly, nous serions depuis les années 1970 dans un régime des promesses technoscientifiques. Bien que les promesses aient probablement toujours fait partie de l'innovation technologique et scientifique, ces dernières seraient désormais ce qui gouvernerait le développement des nouvelles technosciences. D'une certaine manière, selon Joly, la rhétorique des promesses technoscientifiques voulant qu'une solution technique (*technofix*⁵⁹) soit le point de passage obligé pour résoudre les problèmes auxquels nous sommes confrontés serait maintenant systématisée dans la dynamique de développement et de gouvernance des nouvelles technosciences (biotechnologies, nanotechnologies, géo-ingénierie, etc.). De ce fait, les chercheurs dans ces domaines auraient de plus en plus recours (pour ne pas dire systématiquement) aux promesses et aux autres types d'anticipations pour mettre de l'avant leurs travaux et leurs idées (Joly, 2015, p. 35-39).

Pour les auteurs appartenant à ce courant de recherche, il est admis que la rhétorique de la promesse constitue un élément fondamental pour bien comprendre la dynamique actuelle du développement technologique et scientifique. Cependant, il serait inexact d'affirmer qu'il s'agit du seul type de discours en jeu dans ce développement. À ce titre, comme l'a démontré Michael Mulkay au travers de son analyse du débat sur la recherche sur des embryons humains en Angleterre, deux principales rhétoriques sont mobilisées par les individus prenant part à des débats scientifiques dans leurs discours : la *rhétorique de l'espoir* et la *rhétorique de la peur*

⁵⁹ Nous présenterons ce concept à la section 2.4.

(1993). Ce sociologue affirme que les rhétoriques retrouvées dans son étude de cas sont également présentes dans les autres débats portant sur des questions scientifiques.

D'un côté, les personnes en faveur d'un développement scientifique ou technologique particulier utilisent une *rhétorique de l'espoir* qui correspond à ce que nous avons appelé « rhétorique de la promesse » précédemment. Ce répertoire interprétatif est celui qui est le plus répandu dans les sociétés occidentales. Il présente positivement la science et les technologies ainsi que leurs développements. La science serait digne de soutien en raison des bénéfices significatifs pour l'humanité qu'elle générerait dans le futur. En d'autres mots, les personnes qui mettent de l'avant la rhétorique de l'espoir sont d'avis que des solutions techniques aux problèmes que rencontrent les sociétés découleront nécessairement de la recherche scientifique. D'une certaine manière, cette rhétorique base cette assurance sur les succès passés de la science. Ainsi, c'est en faisant référence implicitement à l'idée du progrès scientifique que cette rhétorique de l'espoir se permet d'extrapoler au-delà des évidences existantes – bref, de faire des promesses. Cette rhétorique est, donc, constituée d'une série de présuppositions que l'on pourrait qualifier de positive à propos de la science et de la manière par laquelle celle-ci se développe (Mulkay, 1993, p. 724-728).

De l'autre côté, les personnes qui sont en défaveur d'un développement scientifique ou technologique mobilisent une *rhétorique de la peur* dans laquelle certaines facettes ou certains développements de la science sont présentés négativement. Contrairement à la rhétorique de l'espoir, celle-ci craint les dérives potentielles de la science. Loin d'assumer que la science mènera inévitablement à un monde meilleur, les tenants de la rhétorique de la peur sont d'avis que le développement scientifique doit être contrôlé pour éviter que ce dernier mène à des changements néfastes pour la société. Tout comme la rhétorique précédente, mais de manière diamétralement opposée, ce répertoire interprétatif puise dans le passé pour justifier la réticence que nous devrions avoir envers la science. Dans ce cas-ci, ce ne sont pas les succès scientifiques du passé qui sont garants du futur, mais bien ses dérives. N'étant pas le répertoire interprétatif communément partagé en Occident au sujet des sciences et des technologies, ce dernier devient approprié que lorsqu'un développement scientifique ou technologique peut légitimement être perçu comme allant à l'encontre des catégories culturelles et des valeurs morales de base d'une société (Mulkay, 1993, p. 728-731).

Cependant, il est important de noter que les personnes qui mobilisent la rhétorique de la peur ne sont pas totalement opposées à l'idée que la recherche scientifique soit bénéfique. À vrai dire, elles ne sont pas contre la science. De façon générale, ces personnes sont même d'accord avec l'idée que la recherche scientifique participe au progrès de l'humanité. Toutefois, pour elles, la science doit être encadrée afin que les sociétés puissent s'assurer de la moralité de ses différents développements. En ce sens, la rhétorique de la peur, loin de rejeter entièrement la recherche scientifique, vise – la plupart du temps – des développements scientifiques précis (Mulkay, 1993, p. 732).

En outre, Mulkay souligne que, dans les sociétés occidentales, les personnes sont plus enclines à répondre aux développements scientifiques et technologiques par la rhétorique de l'espoir. En raison de l'idée du progrès qui est ancrée culturellement dans ces sociétés, les individus assument d'emblée que les avancées scientifiques seront bénéfiques pour l'humanité. La rhétorique de l'espoir ferait alors partie du discours dominant au sujet de la science en Occident. Bien entendu, comme nous venons de le voir, les présupposés de cette rhétorique peuvent parfois être critiqués (Mulkay, 1993, p. 735-736). À ce sujet, comme l'indique l'auteur :

[...] this rhetoric is part of an interpretative framework which seems natural to most people most of the time when considering science and its consequences. The rhetoric of hope needs no special justification in normal contexts. It can be assumed to be appropriate unless there are specific reasons to think otherwise (1993, p. 736).

Ainsi, on remarque à partir du travail de Mulkay que les promesses associées aux solutions techniques, de même que la réception favorable qu'elles obtiennent au sein des sociétés occidentales, sont intrinsèquement liées à l'idée du progrès. Par conséquent, en cherchant à faire ressortir l'imaginaire sociotechnique porté et promu par les promoteurs de la terraformation de la planète Mars en tant que solution technique aux risques existentiels et à montrer comment ces derniers cherchent à recueillir des appuis pour leur vision du futur, nous devons tenir compte du fait que ce projet est né et évolue dans des sociétés où une vision particulière des sciences et des technologies est partagée. Nous reviendrons plus longuement sur cette idée dans les deux sections suivantes (2.3 et 2.4).

En addition, l'idée selon laquelle il n'est pas rare qu'une technologie occupe une place importante dans une société après avoir été l'objet de nombreuses promesses – fondées ou non – au sujet de ses bienfaits futurs est fréquemment admise dans les travaux s'inscrivant dans le courant de la sociologie des attentes. D'une certaine manière, ce constat fait écho au concept mertonien de prophétie autoréalisatrice (*self-fulfilling prophecy*). Comme l'indique Robert K. Merton, « *the self-fulfilling prophecy is, in the beginning, a false definition of the situation evoking a new behavior which makes the originally false conception come true* » (1968, p. 477). D'après ce concept, les individus réagiraient devant une situation non seulement en fonction des caractéristiques propres et objectives de cette dernière, mais aussi parfois à partir du sens que cette situation a pour eux. Ce sens peut, d'une part, provenir de l'extérieur (ex. : une personne entend une recommandation à la radio et l'applique par la suite), mais aussi, d'autre part, de l'intérieur (i.e. de la perception propre d'un individu). La définition d'une situation – que ce soit sous la forme de prophéties, de prédictions, etc. – en devient un élément central et influence ses développements futurs en raison des comportements qu'elle engendre. En ce sens, les faits et gestes qui découlent d'une signification attribuée à tort à une situation ont ensuite comme conséquence de la réaliser. Autrement dit, les comportements qui résultent d'une prédiction non fondée ou d'une définition inexacte d'une situation créent les conditions de sa réalisation (Merton, 1968, p. 475-477).

Pour Merton, il est clair que la définition que l'on donne d'une situation – qu'elle soit véridique ou non – devient une part intégrante de celle-ci et qu'elle a une incidence majeure sur ses développements ultérieurs. Comme nous avons pu le voir précédemment, les promesses et les anticipations formulées au sujet de projets technologiques et de champs scientifiques émergents jouent un rôle qui s'apparente à celui de ces définitions. Une fois formulés et diffusés, ces discours créent les conditions pour que soit concrétisé ce qui est anticipé. Comme le souligne Marc Audédat, les promesses ont l'ambition de « préparer le terrain et les esprits à l'acceptation des nouvelles technologies » (2015, p. 12). D'une certaine manière, donc, ces promesses génèrent des *prophéties techniques à réaliser*⁶⁰ qui ont un impact sur le développement des sciences et des technologies visées par de telles prédictions et, plus largement, de la société dans son ensemble.

⁶⁰ Expression formulée par Daniel Compagnon et Arnaud Saint-Martin (2019, p. 9).

Bref, tout comme les « définitions fausses » de Merton, les anticipations façonnent la manière par laquelle les individus et les collectifs *pensent, agissent en rapport à et se sentent* vis-à-vis des futurs possibles.

Les discours tournés vers le futur occupent une place importante dans le domaine de la conquête spatiale. Lisa Messeri et Janet Vertesi (2015) soutiennent que les récits partagés de ce que devrait être le futur de l'exploration spatiale et les échéanciers établis pour y arriver jouent un rôle décisif dans les efforts déployés par les personnes impliquées dans ce domaine. Pour en rendre compte, les auteures développent le concept de *projectoire sociotechnique*⁶¹. Celui-ci permet de tenir compte à la fois du *dynamisme* de la trajectoire et de la *prévision* de la projection, et ce, dans l'optique de saisir les anticipations du futur des acteurs impliqués dans un projet ainsi que les objectifs communs de leurs travaux actuels. Étudier la projectoire, c'est étudier la vision du futur d'acteurs (la projection) en tenant compte des étapes qu'ils proposent (la trajectoire) pour en assurer la concrétisation. Tout comme les promesses et les autres discours tournés vers le futur, la projectoire d'un groupe découle de l'imaginaire sociotechnique partagé par ses membres. Concrètement, les auteures observent que les communautés d'acteurs qui sont impliqués dans des projets scientifiques articulent des projections du futur et des *timelines* qu'ils mobilisent ensuite pour mieux structurer leurs travaux et leurs ambitions à court et long terme. En plus de façonner le développement technologique, l'énonciation et la reformulation-réaffirmation des projectoires est aussi ce qui permettrait à une communauté formée autour d'une science ou d'une technologie de perdurer dans le temps selon ces auteures, et ce, même si les promesses tardent à se concrétiser (2015, p. 56-57).

L'approche théorique développée par la sociologie des attentes est intéressante pour explorer notre sujet de recherche, car elle nous offre une porte d'entrée privilégiée pour analyser les promesses et les anticipations derrière le projet de terraformation de la planète Mars. En effet, en nous intéressant aux discours tournés vers le futur que les acteurs sociaux impliqués dans ce projet d'ingénierie planétaire construisent et diffusent pour promouvoir ce dernier, nous pourrions faire ressortir l'imaginaire sociotechnique qui l'entoure. La sociologie des attentes nous donne également la possibilité de saisir comment les personnes en faveur de la terraformation espèrent

⁶¹ Traduction libre du terme « *sociotechnical projectory* » qui est utilisé par les auteures.

orienter, par la diffusion de promesses, les préférences et les actions d'acteurs sociaux en regard des solutions qu'ils devraient apporter à l'urgence climatique et du plan d'action à adopter pour prévenir l'extinction de l'humanité dans l'éventualité d'une catastrophe. Cette approche théorique nous permettra aussi d'analyser les stratégies mises en œuvre par les acteurs sociaux proterraformations pour coloniser le futur et assurer une orientation particulière de ce dernier.

Effleuré à quelques reprises depuis le début de ce mémoire, le mythe du progrès est central pour bien saisir le contexte dans lequel est né le projet de terraformation de la planète Mars ainsi que l'imaginaire de ses promoteurs. Ce faisant, sans procéder à une présentation exhaustive de la genèse de l'idée moderne de progrès, nous en définirons brièvement les grandes lignes dans ce qui suit.

2.3 L'idée de progrès

L'idée de progrès, tel que nous l'entendons dans le cadre de notre recherche, sous-entend que les sociétés se dirigeraient graduellement vers une meilleure version d'elles-mêmes et que cette progression serait souhaitable et irréversible (Musso, 2015, p. 11). Tirant ses origines des pensées gréco-romaine et judéo-chrétienne, la conception particulière du progrès qui est aujourd'hui partagée en Occident nous provient principalement de la Renaissance et du siècle des Lumières. À cette époque, on assista à la sécularisation de la conception du progrès. Celle-ci fut dorénavant pensée en rapport avec le développement des sciences et des technologies et non plus avec la religion. Ainsi, conformément à la conception linéaire du temps qui est centrale à l'idée de progrès, la marche de l'humanité dans le sens de l'histoire – un sens tourné vers l'avenir, vers l'avant – est désormais pensée comme étant profondément associée au développement scientifique (Musso, 2015, p. 12). Autrement dit, dans les sociétés occidentales modernes, le progrès social est pensé comme étant fermement dépendant de la progression des sciences, et ce, autant théoriques qu'appliquées. Pour reprendre les mots de Lelièvre-Botton, nous sommes passés « d'une conception religieuse où le progrès de l'humanité se vivait dans l'ascension spirituelle vers le salut à une conception profane où le progrès se mesure par l'accroissement de la production dû à l'essor des connaissances techniques » (1997, p. 26).

La multiplication rapide des innovations techniques et la prise de conscience sociale de cette dernière ont propagé l'idée selon laquelle le développement scientifique ouvrirait l'humanité à un monde de possibilités. Ce faisant, la conception laïque du progrès a engendré son propre mythe : le mythe du progrès. Au cœur de ce mythe répandu en Occident, la science (et les techniques qui en découlent) y est vue comme toute-puissante et comme ce qui permettra aux sociétés de repousser les limites. Cette croyance collective propagea la confiance envers l'idée que l'essor des sciences et des techniques mènera à une amélioration de la condition humaine. Pour le dire ainsi, au centre de l'idée moderne de progrès règne la croyance voulant que la science est ce qui offrira des solutions à tous nos maux et, donc, qu'elle est le tremplin vers un avenir meilleur autant humain que social (Bourg, 2000 ; Lelièvre-Botton, 1997, p. 40-41).

Dans cette optique, le mythe du progrès engendre une *fuite en avant technologique*⁶². Confrontées à des problèmes, les sociétés dans lesquelles ce mythe est présent auraient tendance à les contourner par le biais de solutions technologiques pour ne pas avoir à s'attaquer à leurs causes réelles. Autrement dit, il est généralement admis dans ces sociétés que les sciences et les technologies seront en mesure de développer des palliatifs techniques aux problèmes sociaux auxquels elles font face de manière à ce qu'il ne soit plus nécessaire de les résoudre véritablement. De plus, cette foi dans le progrès va même jusqu'à justifier l'usage de nouvelles techniques pour surmonter les maux antérieurement générés par la technique elle-même (Compagnon et Saint-Martin, 2019, p. 16-17). Cette fuite en avant est, notamment, ce qui alimente le régime des promesses théorisé par Joly (2015).

D'après Van Lente, ce « meilleur des mondes » qui est promis par le mythe du progrès est largement sous-entendu dans les promesses formulées à propos des sciences et des technologies (2000). La conviction culturellement partagée envers le progrès technologique serait, selon lui, le métadiscours qui façonnerait les différents projets scientifiques et technologiques. Ce serait dans ce métadiscours vastement partagé au sujet de la trajectoire que devraient prendre les sociétés et le développement scientifique que les concepteurs et les promoteurs de ces projets pigeraient pour formuler des promesses. De ce fait, pour cet auteur, l'idée d'un progrès qui ne peut pas et

⁶² Expression empruntée à Compagnon et Martin (2019, p. 9).

qui ne devrait pas être arrêté est ce qui fournit les éléments au centre de la rhétorique des promesses.

Daniel Compagnon et Arnaud Saint-Martin abondent dans le même sens (2019). Les promesses et autres discours prophétiques au sujet des sciences et des technologies font écho au mythe du progrès. Pour ces auteurs, ces discours signalent « la force d'un conditionnement culturel qui induit la croyance au miracle technologique » (2019, p. 8) qui serait perçu comme étant inévitable, mais aussi, et surtout, désirable. En ce sens, ces promesses d'innovations seraient structurées par « la rhétorique de l'inévitable et du futur déjà présent » (2019, p. 9) qui est propre au mythe du progrès.

L'attraction des sociétés occidentales envers les solutions techniques est intrinsèquement associée à la confiance en l'idée du progrès qui est présente dans leur imaginaire sociotechnique dominant. En effet, la rhétorique derrière ces solutions s'apparente à l'obnubilation technologique inhérente au mythe du progrès dans la mesure où ces dernières incarnent l'idée voulant que la technologie soit ce qui résoudra tous nos problèmes. Dans la section qui suit, nous présenterons plus en détail le concept de *technofix* afin de mieux concevoir en quoi la terraformation peut être considérée comme une telle solution.

2.4 *Technofix* : À la croisée du solutionnisme et du techno-optimisme

La terraformation de la planète Mars, tel que soulevé précédemment, est envisagée par plusieurs personnes comme une solution technique aux risques existentiels d'origines anthropiques ou non auxquels l'espèce humaine sera inévitablement confrontée un jour. Cette proposition de passer par la technique pour éviter les catastrophes éventuelles n'est pas étrangère à l'idée largement répandue dans les sociétés occidentales contemporaines voulant que la science et les technologies soient la panacée. Loin d'être récente et ayant été abordée implicitement par une longue lignée de penseurs et de personnalités publiques, c'est seulement au milieu du siècle dernier que cette idée fut conceptualisée sous le libellé *technological fix* par le physicien Alvin M. Weinberg (Johnston, 2018a).

Communément appelé *technofix*⁶³, Weinberg définit ce type de solution comme étant « *a means for resolving a societal problem by adroit use of technology and with little or no alteration of social behavior* » (Weinberg, 1978, p. 1). Ce détour par la technologie pour régler les problèmes de nature sociale est nécessaire selon ce chercheur en raison de leur complexité et de la difficulté que nous avons à leur concocter des outils sociaux (ex. : changements organisationnels et législatifs, éducation, campagne de sensibilisation, etc.) dont l'efficacité serait assurée. C'est dans cette optique que Weinberg propose de contourner les causes profondes des problèmes sociaux en les réduisant à des enjeux techniques et en leur appliquant des solutions techniques, seul moyen selon lui d'éviter de devoir entreprendre la difficile tâche d'opérer un changement de comportement chez les individus ou – plus largement – de remettre en question les structures sociétales (Weinberg, 1966).

Ces *technofix* consistent donc en l'utilisation de la technologie pour résoudre un problème social qui est préalablement repensé comme un problème technique. Autrement dit, il s'agit de réduire un enjeu complexe à une ou des causes spécifiques sur lesquelles nous pouvons agir grâce à la technique afin d'éviter d'avoir à nous atteler à la difficile tâche de nous attaquer à ses causes réelles et profondes. L'inventivité technologique y est perçue comme une alternative fiable et hautement plus efficace que les approches traditionnelles pour traiter les problèmes de la vie en société. L'optimisme technologique implicite à ce concept sous-entend que pratiquement tous les problèmes peuvent être résolus par la technologie ou, du moins, par ses développements futurs. Ce faisant, les *technofix* se posent comme le remède ultime à toutes les difficultés auxquelles font face les sociétés et comme ce qui leur permettra *d'aller de l'avant*. La figure de l'ingénieur est présentée comme étant plus à même de répondre aux différents maux de la société que celle du législateur ou du chercheur en sciences sociales (Johnston, 2020 ; 2018b, p. 47-48).

Cette idée d'adopter une approche technique pour résoudre les problèmes sociaux n'est pas nouvelle dans les sociétés humaines. Ce n'est, toutefois, que dans les sociétés modernes depuis le 20^e siècle que cette approche a gagné en importance et qu'elle est devenue, selon Johnston (2020), une croyance culturelle largement diffuse principalement en Europe et en Amérique du Nord.

⁶³ Diminutif de « *technological/technical fix* ».

D'après cet historien des sciences et des technologies, les problèmes sociaux y sont de plus en plus pensés comme des problèmes techniques devant recevoir une solution technique.

Dès sa conceptualisation par Weinberg dans les années soixante, l'approche de résolution de problème mise de l'avant par les *technofix* fut largement critiquée. D'une part, plusieurs ont relevé le réductionnisme de ces solutions techniques de même que leur caractère simpliste. C'est notamment le cas des sociologues Eugene M. Burns et Kenneth E. Studer. Ceux-ci indiquent que Weinberg réduit les problèmes sociaux à leurs supposées variables techniques, mettant donc de côté leurs dimensions profondément sociales et, conséquemment, leur complexité. Envisageant les enjeux qu'en termes technologiques, les promoteurs des *technofix* seraient seulement en mesure de proposer des palliatifs techniques aux symptômes des problèmes sociaux pouvant recevoir de telles solutions (Burns et Studer, 1975, p. 34).

D'autre part, le court-termisme de ce type de solution est également critiqué. Tout en admettant que les solutions techniques peuvent favoriser l'implantation d'une véritable solution en réglant temporairement un problème social, Jeff Douthwaith (1983) admet néanmoins qu'il ne s'agit pas de vraies solutions dans la mesure où elles ne vont pas au cœur des problèmes et qu'elles sont, par conséquent, inefficaces à long terme. En court-circuitant les causes réelles des problèmes qu'ils cherchent à régler, les promoteurs de ces solutions perdent de vue les véritables approches qu'il faudrait adopter pour y arriver et donc ne font que traiter superficiellement les symptômes. Pour illustrer le réductionnisme et le court-termisme des prophètes des *technofix*, Johnston qualifie leur vision de myopique (2020).

Malgré ces critiques, l'adhésion collective envers les *technofix* est grande (Oelschlaeger, 1979, p. 43). D'ailleurs, comme le soulignent Compagnon et Saint-Martin, cette adhésion serait entretenue par la rhétorique de la promesse (2019, p. 19). Dans le même ordre d'idée, Johnston (2017) indique que la confiance socialement répandue envers les *technofix* fut instaurée par la diffusion d'allégories, de rhétoriques et d'images particulières. Les discours des promoteurs de ces solutions techniques étaient construits de façon à ce que les différents publics puissent comprendre et, surtout, se sentir interpellés. En ce sens, des anecdotes et des exemples simples étaient choisis pour inscrire les développements technologiques futurs dans une continuité historique qu'il ne fallait pas craindre et pour exprimer la supériorité des solutions techniques

pour résoudre les problèmes sociaux. Sans les prononcer, ces promoteurs énergiques et charismatiques trouvaient donc le moyen de convaincre leurs auditoires d'idée comme le déterminisme technologique et le progrès technologique.

Bref, dans les sociétés occidentales contemporaines, la confiance envers les *technofix* est assez répandue. Intrinsèquement liée au mythe du progrès ainsi qu'à tout ce qu'il sous-entend (techno-optimisme, solutionnisme, scientisme, etc.), cette confiance est partagée par les terraformateurs et se reflète grandement dans leur projet d'ingénierie. Toutefois, il n'y a pas que les discours des promoteurs des *technofix* qui ont eu un impact sur le développement de l'idée de terraformer la planète Mars dans le but d'avoir un plan B en cas d'une catastrophe sur Terre. Comme nous allons maintenant le voir, une conception de l'environnement bien précise a, elle aussi, joué un rôle de premier plan.

2.5 *Life-support system* et émulation environnementale : Une vision particulière de l'environnement

En tant que concept, la terraformation s'appuie sur la prémisse que l'humain aurait la capacité de transformer la nature à grande échelle. De plus, elle témoigne, en soi, de la relation que les sociétés occidentales contemporaines entretiennent avec leur environnement et, plus généralement, avec la Terre. La volonté de transformer radicalement la surface entière d'un corps céleste s'inscrit dans une vision bien particulière de l'environnement. Ainsi, penser la terraformation nécessite que l'on tienne compte de la conception de l'environnement qui en ressort et qui est portée par ses promoteurs.

Suivant cet objectif, il convient de faire un bref détour par l'expérience Biosphere II puisque de nombreux parallèles existent entre cette dernière et le projet d'ingénierie planétaire à l'étude. Biosphere II est un projet scientifique mené dans les années 1980 et 1990 dans le désert de l'Arizona et qui consistait en la construction d'un système écologique clos simulant la Terre.

S'étalant sur trois acres, cette expérience reproduisait sept écosystèmes terrestres⁶⁴ au sein d'une infrastructure qui se voulait scellée. Des milliers d'espèces animales et végétales y cohabitaient avec un groupe de huit humains. Il était prévu que chaque écosystème contribue à l'équilibre de l'ensemble de l'installation et, par conséquent, à la survie du groupe qui, dans la vision du projet, se trouvait au sommet de la chaîne alimentaire⁶⁵. L'un des objectifs était de comprendre le fonctionnement des écosystèmes terrestres de même que leurs fonctions et leurs interactions entre eux dans une perspective de saisir les rouages d'un écosystème planétaire. L'impact des humains et de leurs technologies sur l'environnement était aussi étudié. À terme, les chercheurs voulaient aussi apprendre à contrôler et créer des écosystèmes ici et ailleurs au bénéfice des humains. À ce titre, cet environnement clos était, en outre, envisagé comme un prototype en vue d'une future colonie sur Mars qui prendrait la forme d'un environnement encapsulé qui pourrait, à terme, être utilisé par les sociétés humaines désirant migrer vers d'autres planètes (Höhler, 2010, p. 39-41 et p. 47-48 ; Luke, 1997, p. 107 ; Nelson et *al.*, 1992). En effet, comme le souligne l'historienne des sciences et des technologies Sabine Höhler, Biosphere II fut pensé « *as a means to replicate and then leave its deteriorating predecessor, allowing pioneering settler societies to migrate to other planets* » (2010, p. 41). Ainsi, à l'instar de Biosphere II, la terraformation a pour objectif de reproduire la planète Terre artificiellement. Ils partagent également l'ambition de permettre la colonisation de l'espace via l'établissement d'humain dans les zones habitables qu'ils créent – zones qui, à toute fin pratique, simuleraient le fonctionnement complexe de la Terre. Cette ambition est, dans les deux cas, fondée sur la certitude que la vie sur Terre devra impérativement migrer vers d'autres planètes pour survivre (Höhler, 2010, p. 46, 2008, p. 77 ; Luke, 1997, p. 106-107).

Les systèmes écologiques fermés, dont Biosphere II, ont fait l'objet de travaux de recherche qui peuvent éclairer le regard que l'on pose sur la terraformation. Pour le politologue Timothy W. Luke (1997), ce type de projets consiste en des tentatives d'« émulations environnementales » de

⁶⁴ Une forêt tropicale humide, un océan et son récif de corail, une savane, un désert, une mangrove, un terrain agricole et un air de vie pour les occupants humains.

⁶⁵ Nous ne pouvons pas aborder l'expérience Biosphere II sans souligner l'influence sur cette dernière de l'hypothèse Gaïa formulée par Lovelock (qui a co-écrit *The Greening of Mars*) dans les années 1970. Cette hypothèse souligne que les organismes vivants régulent l'environnement terrestre afin d'en maintenir l'habitabilité. La terre est perçue par Lovelock comme un système complexe autorégulateur (1979).

l'environnement terrestre. Par la technologie, ils cherchent à répliquer la Terre et à simuler ailleurs les conditions de vie qui y existent. L'ambition est donc de créer des systèmes clos qui se régénéreraient par eux-mêmes en eau, en oxygène et en tout autre élément nécessaire à la vie. Il est attendu que ces *bulles terrestres* pleinement autosuffisantes puissent un jour permettre aux animaux et aux plantes de vivre et de se reproduire, aux sols de se régénérer, etc. Par contre, l'émulation envisagée n'est en aucun cas une imitation fidèle de la Terre. Seuls les éléments et les espèces essentiels à la reproduction de la vie humaine y sont inclus, excluant par le fait même la quasi-totalité de ce qui compose l'environnement terrestre. Ce genre d'ambition, dit-il, réduit les divers éléments de la nature à leur simple propriété biotique ou biophysique. Ainsi, un organisme vivant est ici réduit à la fonction qu'il peut remplir dans l'écosystème artificiel que l'on tente de créer (1997, p. 102-108).

Cette manière de voir les choses s'inscrit dans un cadre de pensée plus large au sein duquel l'environnement de la Terre (tout comme celui qu'il est envisagé de créer ailleurs) est envisagé comme système de support de vie biologique (*biological life support system*). Tout comme les autres systèmes, l'environnement est vu comme un ensemble efficient de parties qui coopèrent entre-elles tout en accomplissant la fonction qui leur est propre afin d'assurer la stabilité du tout. Toutes les composantes de la nature y sont alors réduites à leurs propriétés, à ce dont elles ont besoin pour vivre, à ce qu'elles offrent aux autres ainsi qu'aux rôles qu'elles jouent dans la stabilité d'un écosystème (Luke, 1997, p. 102-103 ; Höhler, 2010, p. 45). De ce fait, évoque Höhler, l'environnement est ici défini comme une machine autant dans sa composition que dans son fonctionnement qui, au passage, serait conforme aux principes de la cybernétique (2008, p. 73). En plus de la fonction qu'elles occupent dans l'écosystème, les composantes de l'environnement sont également réduites à l'importance qu'elles ont dans le maintien de la vie humaine. Une telle conception de l'environnement implique une classification stricte de ses composantes de manière à distinguer ce qui est utile de ce qui ne l'est pas – bref, pour déterminer ce qui doit être conservé et ce qui peut être écarté (Höhler, 2010, p. 46). L'environnement est, en ce sens, essentiellement pensé comme quelque chose que nous pouvons contrôler, gérer, posséder, exploiter et améliorer. Pour ceux qui adoptent une telle vision de l'environnement, l'urgence climatique viendrait justifier une telle mainmise des humains sur les écosystèmes. (Höhler, 2010, p. 50). À l'instar des avions et des navires qui doivent être tenus en bon état pour assurer leur

fonctionnement et leur fiabilité, l'environnement de la Terre doit être opéré, maintenu et optimisé par la science et les technologies au bénéfice des humains. C'est dans cette optique que la Terre est fréquemment comparée à un vaisseau spatial par les tenants de cette conception de l'environnement⁶⁶ : son fonctionnement doit être finement monitoré et ajusté comme l'est celui d'une navette spatiale (Höhler, 2010, p. 40-41). Cette idée de créer des environnements ou d'améliorer le nôtre en le contrôlant n'est pas sans lien avec un pan du mythe du progrès : défaire l'humanité, grâce à la technique, de sa soumission à la nature. Cette quête pour un contrôle de l'environnement et du climat est, d'ailleurs, profondément enracinée dans la culture, les pratiques, les mythes et l'histoire de la science de l'Occident (Fleming, 2010).

Cette vision de l'environnement est profondément anthropocentriste. Cette posture philosophique fait de l'humain le centre de tout et le seul être vivant à avoir une valeur intrinsèque. L'ensemble des autres formes de vie ne possèderaient qu'une valeur instrumentale. Autrement dit, contrairement aux humains qui sont ici pensés comme ayant une *fin en soi*, les autres êtres vivants ne sont considérés que comme des *moyens*, des *choses* dont la valeur est relative à celle que les humains veulent bien leur accorder. Ainsi, d'un point de vue anthropocentriste, la nature n'est qu'un ensemble de ressources sans la moindre valeur morale à la disposition des humains. L'humanité peut utiliser ces ressources comme bon lui semble pourvu que cet usage soit fait dans son intérêt (Larrère, 2010, 406-407). Dans le cas de la terraformation ou de tout autre projet qui envisage l'environnement comme un support de vie biologique destiné d'abord et avant tout à garantir les conditions de vie des humains, tout ce qui pourrait les mettre en danger ou qui n'opère pas une fonction utile pour ces derniers est tassé du revers de la main. Les composantes de la nature ne sont valorisées qu'en rapport à ce qu'elles peuvent donner aux humains (Luke, 1997, p. 113). Pour Luke, l'anthropocentrisme de ces ambitions d'émulations environnementales et, conséquemment, des technologies à visée terraformatrice est perpétuellement rappelé dans la manière qu'elles envisagent de gérer et concevoir l'environnement : « *At the end of the day, Biosphere 2 appears in many ways to be an attempt to replicate technologically a naive anthropocentrism as the fundamental design rule for operating the earth's biosphere [...]* » (1997,

⁶⁶ D'où l'expression *Spaceship Earth* qu'ils utilisent.

p. 96). Bref, cette même logique serait à l'œuvre dans le projet de terraformation de la planète Mars et l'expérience Biosphere II.

Les notions de progrès et de *technofix* de même que la conception de l'environnement que nous venons de présenter nous permettent de penser la terraformation. Ces éléments sont, d'ailleurs, fréquemment présents dans les œuvres de science-fiction qui mettent en scène ce projet d'ingénierie planétaire⁶⁷. Ainsi, avant de conclure ce chapitre, nous reviendrons dans ce qui suit sur la proximité qui existe entre la production scientifique et la production artistique de science-fiction.

2.6 Science-fiction et terraformation de la planète Mars : Une proximité significative

Le concept de terraformation, nous l'avons vu, existait sous la plume des auteurs de science-fiction bien avant son apparition sur les feuilles de calculs des scientifiques. Cette situation est loin d'être inusitée. Comme le note Jasanoff, de nombreuses innovations technologiques font leur entrée dans le réel plusieurs décennies après avoir été imaginées pour la première fois dans des univers fictifs (2015a, p. 1). Ceci rejoint la thèse de Convert et Demailly (2012) : la science-fiction sert souvent d'impulsion à l'innovation et aux changements sociaux. Cette influence ne se fait, cependant, pas uniquement sentir dans les premiers balbutiements d'un projet scientifique. D'ailleurs, il serait fautif de penser que l'influence est unidirectionnelle. En réalité, tel que nous l'avons souligné plus tôt, la science et la science-fiction s'influencent mutuellement (Schmidt, 2010, 2014 ; Saint-Martin, 2019). Suivant cela, il convient d'adopter une approche qui, pour le sociologue Julien Wacquez (2019), nous permet de rendre compte des liens multiples et des franchissements fréquents qui existent entre ces deux univers. Dans ce qui suit, nous décrivons la place que peut prendre la science-fiction dans le développement scientifique en accordant une importance à ce que certains auteurs ont dit à propos du rôle que joue ce courant littéraire dans les différents projets spatiaux.

⁶⁷ Voir les nombreux textes de Pak présents dans la bibliographie pour en connaître davantage sur la façon dont les différents auteurs de science-fiction ont abordé ces éléments.

Comme l'a souligné Schmidt (2010, 2014), la relation entre la recherche scientifique et la littérature de science-fiction est forte dans le cas de la terraformation. Les scientifiques qui travaillent sur le sujet se nourrissent de ce genre littéraire autant qu'ils alimentent en retour l'imagination des auteurs avec leurs travaux. Roland Lehoucq (2017) indique que la science-fiction, tout en s'inspirant des avancées scientifiques, accompagne la science. Elle est, selon lui, un espace dans lequel sont imaginées des innovations techniques et scientifiques qui peuvent, certes, être hautement fantaisistes et irréalisables, mais qui peuvent aussi parfois s'avérer crédibles et faire l'objet de travaux de recherche scientifique. À terme, certaines de ces innovations imaginées finissent par être réalisées⁶⁸. Ce genre littéraire permettrait également, pour Lehoucq, d'explorer, par des expériences de pensée, les conséquences éventuelles (positives ou négatives) sur nos sociétés de développements techniques et scientifiques actuels ou envisagés. La science-fiction est, en ce sens, entrevue comme quelque chose qui agirait en parallèle de la recherche scientifique en lui offrant un espace au sein duquel des innovations peuvent être imaginées librement et des réflexions sur les tenants et aboutissants de ces dernières peuvent être tenues. À ce titre, il n'est pas rare que des scientifiques utilisent la science-fiction pour diffuser leurs hypothèses, leurs théories et leurs idées pionnières ou pour entamer des réflexions sur des développements scientifiques futurs qu'ils ne pourraient tenir dans les pages d'une revue scientifique. *The Greening of Mars* de Lovelock et Allaby est, comme nous l'avons préalablement souligné, un exemple de récit de science-fiction écrit par des scientifiques pour mettre de l'avant des idées nouvelles.

Dans le même ordre d'idée, le chercheur indépendant en sciences sociales Thomas Michaud (2017b) affirme, d'une part, que la science-fiction alimente certains travaux de recherche en stimulant, inspirant et en guidant les scientifiques et, plus largement, les inventeurs. Les œuvres s'inscrivant dans ce courant littéraire aideraient les personnes impliquées dans la recherche scientifique et le développement de technologies à entrevoir des idées de nouvelles technologies qui pourraient être réalisables et à établir leurs objectifs. Ces œuvres aideraient aussi ces personnes à planifier des horizons de recherche qui rejoignent ce à quoi la société, en général, s'attendrait, car les représentations collectives de la science et des technologies de la société sont influencées par ces œuvres en raison de leur grande popularité. Ultiment, les univers et les technologies mis en

⁶⁸ Pour rester dans le sujet de l'exploration spatiale, nous pouvons, notamment, penser aux satellites géostationnaires, aux fusées, aux navettes spatiales, aux combinaisons spatiales, à l'alunissage, etc.

scène dans ces récits de fiction stimuleraient l'imaginaire des scientifiques. D'une certaine manière, donc, la science-fiction ferait partie de l'imaginaire commun propre à chaque communauté de chercheurs regroupés autour d'objets de recherche particuliers. Les éléments présents dans les récits de science-fiction sont des références partagées par les chercheurs dans leur imaginaire commun et influencent l'orientation de leurs différents travaux de recherche.

D'autre part, Michaud indique que la science-fiction est utilisée par des groupes de chercheurs, des organisations (publiques et privées) et des entreprises pour promouvoir des technologies ou des avenues de recherche particulières. Concrètement, ces derniers la mobiliseraient pour accroître l'adhésion et la confiance du public envers certains développements scientifiques ou technologiques et, parallèlement, pour obtenir du financement. Selon Michaud, certaines organisations vont aller jusqu'à participer à l'élaboration d'œuvres de fiction avec des auteurs dans le but de développer et de diffuser un imaginaire en harmonie avec l'objet de leurs travaux de recherche et leur stratégie de développement à long terme. D'autres vont plutôt s'en inspirer pour produire des discours adaptés et favorables au ralliement de la société derrière des innovations scientifiques ou techniques quelconques. Les propos de Saint-Martin s'inscrivent directement dans la lignée de ceux de Michaud : la science-fiction est une production symbolique qui est parfois utilisée par des organisations oeuvrant dans l'aéronautique dans l'optique de créer ou de maintenir une *doxa* en faveur de l'exploration de l'espace (2019).

Dans un autre article, Michaud souligne plus précisément l'apport important de la science-fiction dans la construction des discours des promoteurs de la conquête de Mars, dont Zubrin et Musk (2019b). Celle-ci leur permettrait d'imager leurs représentations du futur dans leurs discours. D'une certaine manière, en mobilisant ou en rédigeant ce type de récit, ces promoteurs cherchent à « éclairer par la fiction [leurs plans] d'exploration martienne » (Michaud, 2019b). Étant un véhicule publicitaire très efficace en raison de sa popularité, ils utiliseraient la science-fiction pour communiquer leurs objectifs au public et, idéalement, les convaincre de leur importance.

Ces derniers éléments rejoignent les propos de David A. Kirby et de Claude Berlinguette-Auger. Pour Berlinguette-Auger (2013), la participation actuelle de la NASA dans l'industrie culturelle ne doit pas surprendre puisque des produits culturels lui auraient été d'une grande aide dans le passé. Partant de l'idée que « pour qu'une politique soit appuyée par la population, elle doit être perçue

comme réalisable et conforme à l'image que la population a du monde dans lequel elle évolue » (2013, p. 122), Berlinguette-Auger conclut que des films de science-fiction à succès⁶⁹ parus dans les années précédant le programme Apollo (et l'alunissage dans le cas de *2001: A Space Odyssey*) ont favorisé le processus menant à l'appui populaire envers les objectifs de la politique spatiale américaine du moment. En effet, ces oeuvres cinématographiques auraient contribué, par les mythes et les représentations identitaires américaines qu'ils mettaient de l'avant (le mythe de la frontière et la notion de destinée manifeste), au lancement et au maintien du programme spatial américain. À ce titre, pour reprendre les mots de l'auteur :

À la naissance du programme spatial, cela faisait déjà plus de dix ans que la population voyageait dans l'espace par l'entremise de la science-fiction. L'industrie du divertissement était parvenue à sortir le récit spatial du monde scientifique et technologique pour l'amener dans le foyer de millions d'Américains. Les oeuvres fictives étudiées [...] ont, selon nous, aidé le public à visualiser un futur dans lequel les voyages dans l'espace auraient lieu. Grâce à des films tels que ceux que nous avons analysés, les Américains savaient déjà pourquoi la conquête de l'espace était désirable. Ces films avaient réussi à simplifier les enjeux reliés au programme spatial en stipulant que la conquête de l'espace était conforme à l'identité américaine, et se révélait par conséquent un intérêt national. (2013, p. 122)

Ainsi, les différents récits de conquête spatiale qui étaient diffusés sur les écrans de cinéma des Américains dans les années 50 et 60 ont contribué, selon l'auteur, à ce qu'ils perçoivent la création d'un programme spatial national et une mission habitée vers la Lune comme possible et conforme à l'idée qu'ils se faisaient de la destinée de leur pays. Puisque l'idée de la conquête spatiale faisait déjà partie du quotidien de la population américaine depuis une dizaine d'années, les dirigeants n'ont eu qu'à mobiliser les mythes présents dans les films dans leurs discours afin de convaincre la population du bien-fondé de l'exploration de l'espace et donc de créer l'agence spatiale américaine. Pour reprendre les mots de Saint-Martin, « il aura d'abord fallu vendre l'intérêt pour l'astronautique et l'astroculture pour que les publics à concerner finissent par demander la Lune » (2019, p. 47-48).

Étudiant le rôle joué par les scientifiques dans l'industrie cinématographique et plus largement l'interaction entre la science et le cinéma, Kirby (2014) explique l'implication des scientifiques et

⁶⁹ Les films à l'étude dans sa recherche sont les suivants : *Destination Moon* (1950), *Forbidden Planet* (1956) et *2001: A Space Odyssey* (1968).

des ingénieurs dans la production d'œuvres cinématographiques par la capacité qu'ont ces dernières de présenter au plus grand nombre la *faisabilité-viabilité*, la *nécessité* et le *bien-fondé* de leurs projets scientifiques ou techniques. En effet, selon Kirby, la mise en scène par les réalisateurs et les consultants scientifiques des possibilités technologiques (artéfact et projet) dans des films peut calmer les craintes de la population envers celles-ci et, conséquemment, la mener à désirer qu'elles deviennent réalité. Ainsi, les films sont utilisés par les scientifiques et les organisations impliqués dans l'innovation pour promouvoir des technologies spéculatives dans l'espoir que ces dernières obtiennent un appui populaire, étatique et financier suffisant pour qu'elles se concrétisent. D'une certaine manière, pour Kirby, l'implication de scientifiques dans la création d'œuvres cinématographiques prend, la plupart du temps, les allures d'une opération de relation publique ayant pour objectif de rendre un développement scientifique ou technique d'apparence inhabituel et apeurant en quelque chose de souhaitable et familier pour les spectateurs. Le cinéma grand public, dit-il, offre « aux scientifiques, aux ingénieurs et aux entrepreneurs l'opportunité de promouvoir leur vision d'un futur radieux dans l'espoir que celle-ci devienne une prophétie autoréalisatrice » (2014, p. 7).

Ces représentations cinématographiques des technologies futures, l'auteur les nomme *prototypes diégétiques* puisque, contrairement aux prototypes physiques, ceux-ci appartiennent à un univers fictif (diégèse). Même si ces technologies n'existent que dans l'univers de la fiction, n'en demeure pas moins que ces dernières y « existent en tant qu'objets *réels* qui fonctionnent correctement et que les gens utilisent vraiment » (Kirby, 2014, p. 4) – et c'est là l'avantage majeur des prototypes diégétiques. Étant donné que la structure narrative des films établit – dans la majorité des cas – la fiabilité et l'utilité des technologies que les personnages utilisent et puisque ces derniers agissent vis-à-vis des technologies comme si c'était tout à fait normal de les utiliser dans leur vie de tous les jours, les prototypes diégétiques deviennent donc socialement pertinents pour les personnes qui regardent le film. En d'autres mots, les prototypes diégétiques sont contextualisés dans la sphère sociale fictive par le récit du film, permettant par le fait même au public de donner un sens à ces technologies et, parfois, de leur attribuer une utilité sociale réelle. Ainsi, en étant normalisés dans l'univers fictif comme des objets qui fonctionnent et qui sont utilisés quotidiennement, ces prototypes en arrivent à favoriser l'avancement de technologies

qui s'en apparentent dans le monde réel. Conséquemment, Kirby affirme que les « prototypes [diégétiques] sont [...] des *artefacts performatifs* » (2014, p. 5).

Si pour Berlinguette-Auger la participation actuelle de la NASA dans l'industrie culturelle n'est en aucun cas surprenante puisque des produits culturels lui auraient été d'une grande aide dans le passé en mettant de l'avant des mythes qui ont facilité l'adhésion de la population envers l'idée de l'exploration spatiale dans les années 1960, Kirby, lui, l'explique autrement, mais de manière aucunement contradictoire. En effet, chez cet auteur, la NASA (tout comme les autres acteurs impliqués dans l'innovation technique et scientifique) s'impliquerait dans la production d'oeuvres cinématographiques destinées au grand public non pas pour propager des mythes, mais bien plutôt pour mettre en scène des prototypes et des idées diégétiques qui suscitent chez le spectateur un désir de voir se développer ces technologies et ces projets fictifs dans le monde réel. C'est en mettant en scène leurs projets d'exploration spatiale dans les films que la NASA arriverait à démontrer leur faisabilité, leur nécessité et leur bien-fondé au plus grand nombre – son soutien populaire étant nécessaire à un soutien du congrès. Ainsi, autant Berlinguette-Auger que Kirby sont d'avis que si la NASA s'implique dans la production de films, c'est pour mieux vendre ses missions et convaincre le public de la validité de l'idée d'explorer l'espace.

Comme nous venons de le voir, la frontière entre ce qui est du ressort de la science et ce qui est le propre de la science-fiction est mince dans le cas des projets d'exploration spatiale, et ce, d'autant plus que ses promoteurs mobilisent la science-fiction autant pour s'inspirer que pour propager au plus grand nombre leurs idées. D'après Michaud, l'exploration de l'espace est l'un des domaines les plus influencés par les œuvres de science-fiction (2017a, p. 67). Les chercheurs qui y sont impliqués sont généralement des passionnés de ce type de récit et s'appuient énormément sur ceux-ci. Les récits extraplanétaires d'auteur comme Kim Stanley Robinson font donc partie de l'imaginaire sociotechnique partagé des terraformateurs et ils influencent le type de projet que ces derniers conçoivent et tentent de mettre en branle. Bref, devant ces multiples entrelacements, nous pensons qu'il est primordial d'étudier l'imaginaire sociotechnique des terraformateurs en tenant compte de l'importance que la science-fiction y joue, et ce, tant au niveau de sa construction que de sa diffusion. La démarche méthodologique que nous avons adoptée et que nous présenterons dans le prochain chapitre fut pensée en conséquence.

2.7 Mise en relation des éléments théoriques et retour sur les questions de recherche

Tel que nous l'avons vu au début de ce chapitre, les imaginaires sociotechniques consistent en des visions particulières de la vie sociale et de l'ordre social collectivement imaginées et partagées qui se reflètent dans la conception et la réalisation de projets scientifiques et technologiques. La sociologie des attentes a démontré que ces visions sont, notamment, inscrites dans les promesses et les attentes formulées au sujet de projets de recherche scientifique. Autrement dit, ces discours anticipatoires et autres formes de projectoires correspondent à des conceptions particulières du changement social et technique. Ils sont, comme l'indiquent Messeri et Vertesi, des traces concrètes et bien souvent matérielles des imaginaires sociotechniques dans la mesure où ils sont inscrits dans des documents de divers types (2015, p. 56). Ainsi, en puisant à la fois dans la sociologie des attentes et les travaux théoriques sur les imaginaires sociotechniques, nous pourrions d'un côté faire ressortir la vision entourant la terraformation de la planète Mars collectivement partagée par ses promoteurs et, de l'autre, voir comment ceux-ci construisent et mobilisent certaines formes de discours tournés vers le futur afin de promouvoir leur vision d'un futur interplanétaire pour l'humanité.

Le projet de terraformation de la planète Mars, malgré son caractère hautement spéculatif, n'est pas une idée qui sort complètement de l'ordinaire. À vrai dire, à la lecture de ce qui précède, le lecteur constate rapidement que la rhétorique derrière la terraformation s'apparente à celle d'autres projets d'envergures qui sont actuellement discutés comme la géo-ingénierie. D'une certaine manière, la terraformation fait donc partie de l'ère du temps. Ce faisant, notre recherche s'articulera autour de cette question générale : « *En quoi le projet de terraformation de la planète Mars en tant que solution technique aux risques existentiels est-il révélateur de l'importance du mythe du progrès et des promesses associées aux sciences et aux technologies dans les sociétés occidentales contemporaines ?* » Par le biais de cette question, nous entendons étudier la manière par laquelle cette idée d'ingénierie planétaire incarne l'idéologie scientiste selon laquelle les problèmes auxquels est confrontée l'humanité peuvent et doivent être réglés par la science.

Toutefois, pour répondre à la question précédente, nous devons d'abord déterminer quels sont les éléments qui constituent l'imaginaire sociotechnique dans lequel s'inscrit la terraformation de la

planète Mars. Autrement dit, nous devons, notamment, cibler les répertoires narratifs, les représentations culturelles, les espoirs et les désirs pour le futur qui sont au cœur de la vision d'un futur désirable partagée par les terraformateurs. En ce sens, la question spécifique de notre recherche est la suivante : « *Quel est l'imaginaire sociotechnique collectivement partagé par les promoteurs de la terraformation de la planète Mars en tant que solution technique aux risques existentiels ?* » Tel que soulevé précédemment, un imaginaire sociotechnique est, notamment, observable dans les multiples discours anticipatoires qui sont formulés par les personnes qui le partagent. Ainsi, afin de tracer les contours de l'imaginaire sociotechnique qui nous intéresse dans le cadre de ce mémoire, nous porterons une attention particulière sur les promesses et les autres types d'anticipations (récits, attentes, métaphores, simulations, œuvres de science-fiction, etc.) que les promoteurs de la terraformation construisent et diffusent dans le but de promouvoir leur vision d'un futur interplanétaire pour l'humanité. Par conséquent, nous ajoutons une sous-question parallèle à notre question spécifique : « *Comment les promoteurs de la terraformation de la planète Mars en tant que solution technique aux risques existentiels ont-ils construit et mobilisé des promesses et d'autres discours tournés vers le futur afin de promouvoir leur vision d'un futur interplanétaire pour l'humanité ?* » En regardant de plus près ces discours, nous pourrions répertorier les éléments qui les constituent (croyances, idéaux, mythes, concepts, émotions, etc.) pour ensuite être en mesure de remonter jusqu'à l'imaginaire sociotechnique duquel ils proviennent. Analyser notre sujet de recherche à partir de ces deux questions spécifiques nous permettra, en définitive, de conclure si le projet d'ingénierie planétaire à l'étude est révélateur du mythe du progrès socialement admis dans les sociétés occidentales contemporaines et – plus largement – de la perception générale des sciences qui y est répandue.

S'inscrivant dans la lignée du projet de colonisation de l'espace, il est fort probable que l'imaginaire sociotechnique de l'idée de terraformer la planète Mars s'apparente à l'imaginaire multiplanétaire exposé dans les travaux de Tutton (2018, 2020) et Valentine (2012). L'imaginaire des terraformateurs risque d'emprunter énormément d'éléments au répertoire de l'imaginaire de la colonisation de l'espace notamment parce qu'il s'agit des mêmes personnes. Toutefois, ce ne sont pas tous les enthousiastes de la colonisation de l'espace qui appuient la terraformation. En ce sens, considérant la radicalité du projet d'ingénierie planétaire à l'étude, nous prévoyons que l'imaginaire sociotechnique qui l'entoure reflète cet extrémisme.

De plus, la terraformation, qui englobe un ensemble de procédés techniques dont la finalité est de rendre Mars habitable pour offrir aux sociétés humaines une bouée de sauvetage en cas de risque d'extinction, est un exemple récent de *technofix* qui évacue les causes sociales d'un problème au lieu de les régler. Les changements climatiques, nous l'avons vu, sont considérés comme l'un des risques existentiels les plus urgents. Pourtant, loin de s'attaquer directement aux sources d'émissions de gaz à effet de serre et au système socio-économique qui est à l'origine de la crise environnementale, la terraformation cherche plutôt à recréer les conditions pouvant supporter la vie terrestre ailleurs dans le système solaire par le biais de technologies. Autrement dit, l'objectif de ce projet d'ingénierie planétaire n'est pas de corriger l'impact des sociétés humaines sur l'environnement terrestre afin que cesse la détérioration de nos conditions de vie, mais bien d'émuler ces conditions de vie sur un autre corps céleste. Ce faisant, la terraformation permettrait aux sociétés contemporaines de *régler* ce défi majeur sans avoir à changer radicalement leur fonctionnement social et économique. Plus encore, en suggérant qu'il existe une porte de sortie à cette crise, la terraformation envoie implicitement comme message aux sociétés qu'elles peuvent continuer d'agir comme elles le font. La terraformation en tant que solution technique est donc, en soi, révélatrice du mythe du progrès.

Ceci nous porte à croire que les promesses et les autres discours anticipatoires formulés à son sujet reflèteront, eux aussi, ce mythe. Les promesses associées à la terraformation en tant que solution technique à l'extinction de l'humanité auraient été construites en référence au mythe du progrès en raison de l'acceptation générale des sociétés occidentales envers celui-ci. Comme nous venons de le voir, le progrès technique serait vu en Occident comme inévitable et fondamentalement désirable. Il est admis que la technique est ce qui fournira les réponses aux problèmes auxquels nous sommes confrontés, et ce, indépendamment de leur nature. Pour le dire ainsi, l'innovation technique est pensée comme quelque chose qui mènera assurément à un monde meilleur. Par conséquent, nous avançons que les promoteurs de la terraformation de la planète Mars en tant que solution technique aux risques existentiels feraient référence à cet optimisme technologique socialement partagé dans leurs discours afin que les différents acteurs sociaux puissent recevoir d'un bon œil les promesses de ce projet d'ingénierie. Nous supposons donc aussi que ces promoteurs auraient mobilisé le mythe du progrès dans l'optique de favoriser la réception de la finalité qu'ils attribuent à la terraformation de la planète Mars comme quelque

chose allant de soi. Bref, nous prévoyons trouver des références au thème du progrès de même qu'à l'idée de résoudre les problèmes sociaux par la technique dans les publications de ces promoteurs. Autrement dit, nous envisageons d'y retrouver la rhétorique de l'espoir.

CHAPITRE III

DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

Le projet de terraformation de la planète Mars en tant que solution technique aux risques existentiels sous-tend à la fois des représentations des sciences et des technologies, mais aussi de la société. Ces représentations sont au centre de l’imaginaire sociotechnique de ses promoteurs. L’objectif de notre recherche est précisément de faire ressortir cet imaginaire collectivement partagé et promu publiquement par les terraformateurs qui présentent la terraformation de la planète Mars comme un plan B pour l’humanité⁷⁰. Notre ambition est de mettre en lumière les différents registres qui le composent. Au passage, nous souhaitons aussi dévoiler les manières par lesquelles les promoteurs de ce projet d’ingénierie planétaire mettent de l’avant l’idée de terraformer la planète Mars dans le but de créer un filet de sécurité pour l’espèce humaine. Dans cette optique, nous avons choisi de procéder à l’analyse thématique des discours des terraformateurs à propos du projet d’ingénierie planétaire qu’ils mettent de l’avant. Cette méthode d’analyse nous a permis de faire ressortir le contenu de leurs représentations collectivement partagées au sujet de la société et de la science et d’y poser un regard critique. Ainsi, dans ce chapitre, nous présenterons les paramètres de notre démarche méthodologique. D’abord, nous détaillerons notre objet de recherche. Puis, nous préciserons notre matériau d’analyse en prenant soin de montrer comment nous avons constitué notre corpus. Ensuite, nous expliciterons le type d’analyse de discours que nous avons mobilisé dans le cadre de cette recherche. Enfin, nous justifierons notre démarche méthodologique en regard de nos objectifs et de notre objet recherche.

⁷⁰ À partir d’ici, lorsque nous utilisons les qualificatifs « promoteur de la terraformation » ou « terraformateur », nous faisons spécifiquement référence aux promoteurs de la terraformation de Mars en tant que solution technique aux risques existentiels.

3.1 Objet de la recherche

L'objet de notre recherche consiste en les représentations partagées par les terraformateurs au sujet de la société et des sciences et des technologies telles qu'ils les dévoilent dans leurs différents discours (écrits et oraux). Ces représentations sont au cœur de leur imaginaire sociotechnique puisque le futur désirable qu'ils souhaitent voir advenir en découle. Nous nous intéressons donc à la manière par laquelle ce groupe d'individus conçoit l'ordre social, le développement scientifique, le rôle que doit jouer la science dans la société et dans son amélioration et, parallèlement, ce que la société devrait être et mettre en place pour permettre la trajectoire qu'ils envisagent pour la science. L'analyse des représentations partagées de la société et des sciences et des technologies qui ressortent des discours des promoteurs de la terraformation en tant que solution technique nous permettra de mettre en lumière leur imaginaire sociotechnique ainsi que la manière par laquelle ils construisent leurs discours tournés vers le futur dans le but de favoriser l'adhésion à leur projet et de modeler l'imaginaire du public. Comme nous le verrons dans la prochaine section, nous avons répertorié ces représentations dans un vaste corpus de discours écrits (articles et livres) et oraux (conférence et segments de télésérie).

3.2 Identification et description du matériau d'analyse

Notre corpus d'analyse est constitué d'une sélection significative de discours écrits et oraux des promoteurs de la terraformation qui ont été publiés ou énoncés entre 1961 – date qui correspond à la publication du texte inaugural de Sagan – et la fin de l'année 2020. Considérant l'amplitude des sources potentielles que nous aurions pu analyser, nous avons choisi de limiter notre regard sur les matériaux qui nous semblaient être les plus évocateurs de l'imaginaire sociotechnique des terraformateurs, soit leurs propres discours au sujet de la terraformation. Nous nous sommes alors concentrés exclusivement sur les livres qu'ils ont fait paraître et sur les articles qu'ils ont rédigés et qui sont parus dans des revues scientifiques et des journaux. Nous avons également incorporé les entrevues qu'ils ont accordées à la presse journalistique, la conférence TED de Petranek de même que la série télévisée *Mars* en raison de l'importance qu'elles ont jouée dans la diffusion de l'idée de terraformation dans l'espace public.

Conséquemment, les sites web et la documentation d'organisations clefs comme la NASA, la Mars Society et SpaceX sont exclus de notre corpus, tout comme les nombreuses œuvres de fiction (écrites et cinématographiques) ayant mis en scène la terraformation. Un nombre incalculable de conférences données par les terraformateurs sont aussi mises de côté pour des raisons techniques : devant l'impossibilité de les recenser et de retrouver leur enregistrement ou leur retranscription, nous avons préféré les écarter complètement. Aussi, nous avons choisi de ne pas inclure sous notre radar les textes parus dans des revues de vulgarisation scientifique et ceux diffusés sur des blogues ou des sites web « procolonisation de l'espace », et ce, qu'ils aient été écrits ou non par des promoteurs connus de la terraformation, pour les mêmes raisons. De plus, même si les deux projets sont fondamentalement interreliés, nous avons écarté les discours des promoteurs de la terraformation qui concernaient uniquement la colonisation de l'espace sans aborder la terraformation. Nous justifions ce choix de deux façons : a) il existe un trop grand nombre de textes publiés sur la colonisation de l'espace par les terraformateurs et b) elle est presque toujours évoquée dans les textes que nous avons retenus dans notre corpus. Ultiment, malgré ces exclusions, cette sélection de discours reste assez vaste pour nous offrir une vue d'ensemble tout en étant suffisamment ciblée pour nous permettre de nous concentrer sur l'essentiel. Au total, 123 discours furent retenus et analysés.

Au regard de nos questions de recherche, nous avons dirigé notre attention sur les segments de ces discours dans lesquels les terraformateurs exposent leurs visions de la société, des sciences et des technologies ainsi que de la place que doivent prendre ces dernières dans la première. Plus spécifiquement, sauf exception, nous avons mis de côté les sections techniques des documents retenus dans notre corpus. Par « section technique », nous faisons, par exemple, référence au paragraphe dans lequel un chercheur présente les données qui lui permettent d'établir la quantité de matière à faible albédo à étendre sur la surface de Mars dans le cadre d'un processus de terraformation. Ainsi, tout en tenant compte de l'entièreté des discours analysés, et ce, à la fois pour en avoir une compréhension globale, mais aussi pour mettre en contexte les divers éléments qui les composent, nous nous sommes, d'abord et avant tout, concentrés sur les sections où les propos laissent transparaître les représentations de la société et des sciences et des technologies des promoteurs de la terraformation. En ce sens, nous avons, notamment, favorisé l'analyse des multiples discours tournés vers le futur qui sont présents dans notre matériau d'analyse. De ce fait,

même si la faisabilité technique du projet d'ingénierie à l'étude n'est pas au centre de notre recherche, nous avons tout de même accordé une attention particulière aux multiples promesses qui ont été faites à ce sujet. Généralement, dans les articles scientifiques, nous nous sommes principalement attardés sur les sections « introduction », « discussion » et « conclusion » plutôt que sur les aspects techniques des études.

Plusieurs des discours que nous avons analysés (49 sur 123) sont ceux de scientifiques qui ont effectué des recherches au sujet de la terraformation. Il s'agit d'astronome, de planétologue, d'ingénieur, de biologistes, de géologue et d'astrophysicien. La balance des discours est celle de chercheurs indépendants⁷¹ qui ont rédigé des articles scientifiques sur la terraformation (27 sur 123), d'un entrepreneur (10 sur 123), d'un journaliste et d'écrivains (16 sur 123), de philosophes (3 sur 123), de scientifiques n'ayant pas effectué de recherche sur la possibilité technique de la terraformation (16 sur 123) et – pour le dire ainsi – de passionnés de l'espace qui en font la promotion (2 sur 123). Ces personnes ont toutes en commun d'avoir fait la promotion de la terraformation de la planète Mars comme une solution de secours pour l'humanité. Nous avons considéré qu'une personne était en faveur de cette idée dès qu'elle l'évoquait positivement dans l'un des documents qui furent analysés ou répertoriés d'une quelconque façon dans le cadre de cette recherche, et ce, même si elle formulait certaines réserves. Ce choix nous a permis de garder dans notre corpus à la fois les discours des modérés et ceux des adhérents hautement convaincus. Les discours des terraformateurs qui sont contre cette idée n'ont, toutefois, pas été retenus. C'est également le cas des discours de potentiels terraformateurs en faveur de l'idée, mais qui ne l'ont pas exprimé dans les documents que nous avons étudiés. Nous sommes conscients de cette possibilité et avons tenté dans la mesure du possible de l'éviter. Toutefois, nous ne pensons pas que la possibilité de cet oubli puisse justifier la remise en question des résultats de notre analyse dans la mesure où les discours des principaux promoteurs de la terraformation en tant que solution technique aux risques existentiels n'ont pas été écartés. Bref, nous avons répertorié les détails de ces promoteurs dans le tableau de la page suivante.

⁷¹ Nous incluons dans cette catégorie les personnes ayant écrit des articles qui furent principalement publiés dans les revues scientifiques *Journal of the British Interplanetary Society* et *Speculations in Science and Technology* mais qui ne sont, vraisemblablement, pas de « vrais » scientifiques. Ces derniers ne détenaient pas, au moment de la rédaction des articles, de doctorat ou n'étaient affiliés officiellement à aucune université ou centre de recherche quelconque. Dans le tableau 3.1 de la page suivante, nous leur avons attribué le statut de « rédacteur scientifique indépendant ».

Tableau 3.1 Répertoire des promoteurs de la terraformation dont les discours ont été analysés dans le cadre de ce mémoire

Nom ⁷²	Statut	Affiliation	Nombre de discours étudiés
Robert M. Zubrin*	Ingénieur et fondateur de la Mars Society	Martin Marietta Astronautics ; Mars Society	14
Lowell L. Wood	Astrophysicien	University of California	1
Christopher P. McKay*	Planétologue	Ames Research Center (NASA)	18
Elon Musk	Entrepreneur	SpaceX ; ancien administrateur de la Mars Society	10
Stephen L. Petranek	Écrivain et éditeur	Anciennement : <i>Life Magazine</i> , <i>Discover Magazine</i> , <i>Washington Post</i> , série <i>Mars</i> .	13
Robert H. Haynes	Biophysicien	York University	4
Melvin M. Averner*	Biologiste	NASA	1
James E. Oberg	Ingénieur et vulgarisateur scientifique	Johnson Space Center (NASA)	3
Joel S. Levine	Planétologue	Langley Research Center (NASA)	2
Arthur C. Clarke	Écrivain	-	1
Carl Sagan*	Astrophysicien	Cornell University	7
Robert J. Parks	Ingénieur	Jet Propulsion Laboratory (NASA)	1
Eugene F. Mallove	Ingénieur et journaliste scientifique	Divers médias	2
Keith Mansfield	Éditeur	Future of Humanity Institute	1
Svetoslav Alexandrov*	Biologiste	Institute of Plant Physiology and Genetics (Bulgarian Academy of Sciences)	2
Robert D. Pinson	Avocat	-	1
Stephen L. Gillett*	Géologue	Mackay School of Mines (University of Nevada)	2
Saul J. Adelman*	Astronome	Military College of South Carolina	2
John F. Potter	Géologue	University of Surrey ; University of Reading ; Éditeur de la revue <i>The Environmentalist</i>	3
Michio Kaku	Physicien	City College of New York	1
Martin Beech	Astronome	University of Regina	1
James S. J. Schwartz	Philosophe	Wichita State University	2
Gonzalo Munévar	Philosophe	Lawrence Technological University	1

⁷² Nous avons ajouté un astérisque (*) à droite du nom des scientifiques qui ont effectué de la recherche scientifique au sujet de la possibilité technique de la terraformation.

Richard L. S. Taylor	Rédacteur scientifique indépendant	-	3
Benjamin Adelman		-	1
Paul Birch		-	4
Richard B. Cathcart		-	3
Alexander G. Smith		-	3
Martyn J. Fogg ⁷³		-	13
Margarita M. Marinaova*	Ingénieure et planétologue	SpaceX ; anciennement : Massachusetts Institute of Technology et NASA.	3

Nous pouvons diviser les discours étudiés en deux grandes catégories : le discours scientifique et le discours de vulgarisation. Le premier type de discours consiste en l'ensemble des articles publiés dans des revues académiques. Le second renvoie aux articles parus dans des journaux, aux livres, à la conférence TED ainsi qu'à la série *Mars*. Par vulgarisation, nous faisons à la fois référence aux discours dans lesquels les promoteurs de la terraformation formulent de l'information à caractère scientifique de manière à ce qu'un large public puisse comprendre ainsi qu'aux discours où ils s'expriment plus librement sur ce projet d'ingénierie planétaire. Les discours de vulgarisation sont assez variés, tandis que la forme et le contenu des propos tenus par les terraformateurs dans leurs articles scientifiques sont encadrés par les exigences et les normes du monde académique.

Plusieurs voies ont été empruntées pour constituer ce corpus d'analyse. Premièrement, il a été constitué par un processus de recherche documentaire rigoureux lors duquel nous avons répertorié l'ensemble des publications écrites (articles scientifiques et de journaux) concernant la terraformation à partir de deux sources. D'une part, nous nous sommes appuyés sur une bibliographie portant sur l'ingénierie planétaire compilée sous la direction de Fogg et mise à jour en janvier 2011 (Fogg et *al.*, 2011). D'autre part, nous avons bonifié cette bibliographie à l'aide de *Google scholar*, du moteur de recherche de la bibliothèque de l'UQÀM (*Sofia*) et de différentes bases de données qui y sont offertes (ex. : *Scopus*, *Proquest*, *Factiva*). Une fois le processus de repérage terminé, nous avons effectué un tri afin de garder uniquement les

⁷³ Il obtient une maîtrise en astrophysique en 2002 et un doctorat en planétologie uniquement en 2008. Conséquemment, l'ensemble des articles qu'il a écrits sur la terraformation l'ont été alors qu'il était encore étudiant au premier cycle (1985-1993) ou simplement détenteur d'un baccalauréat par cumul en physique et en géologie (1993-).

publications ayant été écrites par des promoteurs de la terraformation et celles dans lesquelles ils étaient interviewés ou cités.

Deuxièmement, afin de cibler les livres qui allaient faire partie de notre corpus, nous nous sommes fiés à la notoriété de leur auteur dans le champ d'études sur la terraformation. La fréquence à laquelle les chercheurs qui s'intéressent à ce projet d'ingénierie planétaire citaient ces monographies dans leurs propres travaux a aussi influencé cette sélection. Nous nous sommes également basés sur les connaissances approfondies que nous avons acquises à propos de l'historique de l'idée de terraformation au fil de nos lectures. Dans le même ordre d'idée, le choix de la conférence TED et de la série télévisée *Mars* s'appuie sur notre compréhension des développements récents de ce projet d'ingénierie planétaire. Ces deux éléments ont grandement participé ces dernières années à la montée en popularité de l'idée de transformer la quatrième planète du système solaire en une deuxième maison pour l'humanité.

Considérant le grand nombre d'écrits des terraformateurs, nous sommes conscients du risque de ne pas avoir retracé l'ensemble des articles scientifiques et de journaux ciblés. Toutefois, nous pensons avoir été en mesure de repérer la vaste majorité des publications les plus importantes. En définitive, ce sont les discours de 30 terraformateurs répartis dans 58 articles scientifiques, 20 articles de journaux, 4 livres, 1 conférence TED et une série télévisée de type docufiction qui ont été analysés dans le cadre de ce mémoire. Une liste des documents est disponible aux annexes A et B.

3.3 Description des différents documents analysés

Nous présenterons maintenant en détail les différents types de documents qui font partie de notre corpus. À l'exception de ceux formulés dans la série *Mars*, les discours étudiés sont tous écrits.

3.3.1 Articles de revues scientifiques

Un article scientifique est un texte publié dans une revue à comité de lecture et qui expose, habituellement, une théorie, les résultats d'une recherche ou une revue (*review*) de l'état des connaissances sur un sujet. Pour être accepté par une revue, un article doit être évalué et validé par un comité de scientifiques spécialisés dans la discipline qui y est abordée. C'est ce processus de révision par les pairs qui assure le caractère scientifique d'un article. Il arrive parfois que certains textes que l'on pourrait qualifier de moins « scientifiques » paraissent dans les revues académiques. C'est notamment le cas des éditoriaux et des commentaires (*commentary*). Nous les avons également inclus dans notre corpus.

Malgré le caractère hautement spéculatif de la recherche sur la terraformation, plusieurs articles ont été acceptés pour publication dans des revues académiques. Nous avons uniquement retenu dans notre corpus d'analyse les articles scientifiques ayant été écrits par des promoteurs de la terraformation. Une partie de ces articles abordent les aspects techniques de la terraformation alors que l'autre en présente plutôt les aspects éthiques, philosophiques ou politiques.

3.3.2 Articles de journaux

En plus des articles publiés dans des revues scientifiques, nous avons inclus les articles de journaux dans lesquels la terraformation était abordée. Nous avons retenu les articles écrits par des promoteurs de la terraformation et ceux dans lesquels ils sont interviewés ou cités. Les moteurs de recherche *Factiva* et *ProQuest* ont été utilisés pour recenser ces textes. Nous avons limité l'étendue des résultats aux articles provenant des principaux quotidiens américains (*The Wall Street Journal*, *USA Today*, *The New York Times*, *The Washington Post*, etc.). Dans le tableau de la page suivante, nous avons regroupé les informations au sujet de la présence des promoteurs de la terraformation dans ces articles.

Tableau 3.2 Nombre d'articles de journaux rédigés et d'interviews accordés dans les principaux quotidiens américains par les terraformateurs entre 1961 et 2020

Noms des promoteurs	Nombre d'articles de journaux rédigés	Nombre d'articles dans lesquels ils sont interviewés ou cités
Robert M. Zubrin	-	5
Lowell L. Wood	-	1
Christopher P. McKay	-	6
Elon Musk	-	2
Stephen L. Petranek	1	2
Robert H. Haynes	-	3
Melvin M. Aurner	-	1
James E. Oberg	-	3
Joel S. Levine	-	2
Arthur C. Clarke	1	-
Carl Sagan	1	2
Robert J. Parks	-	1
Eugene F. Mallove	2	-

3.3.3 Livres

Les livres que nous analysons dans cette recherche ne sont pas des ouvrages de fiction. Ce sont des monographies de vulgarisation scientifique qui abordent la terraformation et, plus largement, la colonisation de l'espace. Deux critères ont guidé le choix des livres : 1) l'importance d'une publication sur le champ d'études de la terraformation ainsi que 2) la notoriété de l'auteur dans la communauté entourant la recherche au sujet de la terraformation. Nous avons établi l'importance d'un livre et la notoriété de son auteur sur la base des connaissances que nous avons acquises sur le sujet. La fréquence à laquelle ces livres sont cités dans les différents textes publiés sur la terraformation confirme notre sélection.

À l'issue de ce processus de sélection, nous avons ciblé trois livres. Les livres en question sont les suivants :

- *New Earths : Transforming Other Planets for Humanity* (1981) de Oberg. Cet ouvrage est le premier à avoir consacré la totalité de ses pages à la terraformation.

- *Terraforming: Engineering Planetary Environments* (1995) de Fogg. Ce livre est important pour plusieurs raisons. D'abord, son auteur est considéré par ses pairs comme l'une des figures les plus importantes de la recherche sur la terraformation. Ensuite, cet ouvrage est l'un des plus cités dans les publications sur le sujet. Finalement, malgré le livre d'Oberg (1981) et celui un peu plus récent de Beech (2009), *Terraforming* est largement considéré comme le livre scientifique le plus influent consacré à l'étude de la terraformation.

- *The Cosmic Connection : An Extraterrestrial Perspective* (1973) de Sagan. Il s'agit du premier livre à avoir dédié un chapitre entier à la terraformation⁷⁴. Contrairement aux deux autres ouvrages que nous avons entièrement analysés, nous avons limité notre attention strictement au chapitre sur la terraformation dans ce cas-ci puisque le reste du livre couvre des thèmes allant au-delà du sujet de notre recherche.

3.3.4 Conférence TED

En plus des documents écrits que nous venons de présenter, nous avons également décidé d'ajouter la retranscription écrite d'une conférence TED (*TED Talks*) ainsi que le court livre qui l'accompagne à notre corpus d'analyse. Créée en 1984, la fondation non partisane et à but non lucratif TED (*Technology, Entertainment and Design*) organise ces conférences aux quatre coins de la planète dans le but de diffuser de manière accessible des idées novatrices et de susciter des débats. Ces courtes conférences énergiques (généralement moins de 18 minutes) se veulent inspirantes et abordent principalement les nouvelles technologies, le développement scientifique, la gestion et les enjeux planétaires. Le ton de ces présentations est généralement persuasif et motivationnel (TED, n/a).

⁷⁴ Le chapitre en question est intitulé « *Terraforming the Planets* ».

Nous avons choisi d'inclure la conférence TED donnée par Petranek en 2015⁷⁵ en raison de la visibilité qu'elle a donnée à la terraformation. À ce titre, au moment d'écrire ces lignes, la conférence avait été visionnée 12,2 millions de fois sur la chaîne *YouTube* et sur le site internet de la fondation TED. De plus, cette présentation et le livre qui en est découlé la même année⁷⁶ sont à l'origine de la série télévisée *Mars* – celle-ci s'en étant largement inspirée. Outre cela, le choix d'analyser cette conférence s'appuie sur les propos du sociologue Claude Rosental (2019) qui souligne que les démonstrations publiques de nouvelles technologies (*démos*), catégorie dans laquelle nous pouvons inclure les conférences TED, constituent des présentations dans lesquelles sont verbalisées souvent de manière théâtrale des promesses technologiques. Pour Rosental, ces démos sont actuellement l'un des véhicules les plus privilégiés pour formuler des promesses et amener le public à y adhérer. Conséquemment, les analyser est l'une des manières les plus directes d'accéder aux contenus des rhétoriques mises de l'avant par les promoteurs d'un développement technologique.

3.3.5 Série télévisée de type « Docufiction⁷⁷ »

La science-fiction, nous l'avons vu dans le premier chapitre, est centrale lorsqu'il est question de terraformation. L'histoire de ce projet d'ingénierie témoigne d'un fort entrecroisement entre les travaux de recherche scientifique menés à son sujet et les univers science-fictionnels qui le mettent en scène. De plus, l'apport de la science-fiction est grand autant dans la construction que dans la diffusion de l'imaginaire sociotechnique partagé par ses promoteurs. À ce titre, Regula Valérie Burri (2018), chercheure en STS, avance que les œuvres cinématographiques de science-fiction projettent des visions du futur de la société et du développement technoscientifique et que la manière par laquelle le futur y est représenté peut façonner la perception que le public a du développement scientifique et de ses répercussions sur la société. Étudier ces œuvres nous permet, d'après Burri, d'entrevoir l'imaginaire sociotechnique des personnes qui les ont faites et, ultimement, de déterminer dans quelle mesure ces imaginaires partagent des éléments avec

⁷⁵ Conférence intitulée « *Your Kids Might Live on Mars. Here's How They'll Survive* ».

⁷⁶ Livre intitulé « *How We'll Live on Mars* ».

⁷⁷ Genre cinématographique qui mélange des segments documentaires et des segments de fiction.

l'imaginaire culturel généralement partagé par les membres d'une société – ce qui inclut les visions culturelles des sciences et des technologies. À la lumière de ce qui précède et de ce que nous avons soulevé au chapitre précédent au sujet des liens qui existent entre science et science-fiction, nous avons estimé qu'il était primordial d'inclure la série *Mars* dans notre corpus d'analyse.

Mars est une série télévisée de deux saisons de six épisodes chacune qui fut diffusée sur la chaîne du National Geographic entre 2016 et 2018. L'intrigue se déroule entre 2033 et 2045 et illustre l'établissement de la première colonie humaine sur Mars et le commencement d'un processus de terraformation. La série alterne entre un récit fictif et des séquences documentaires lors desquelles des scientifiques, des entrepreneurs ainsi qu'une variété de personnalités connues dans le domaine de l'exploration et de la colonisation de l'espace expliquent l'état des connaissances actuelles, les projets de recherche en cours, les enjeux soulevés par la colonisation et la terraformation de la planète Mars et les difficultés auxquelles feront face les colons (Gout, 2016 ; Gout et *al.*, 2018). En plus de la trame narrative générale de la série, nous nous sommes surtout intéressés aux discours prononcés par les terraformateurs dans les segments documentaires. Plus précisément, les interlocuteurs en faveur de la terraformation de la planète Mars comme solution technique aux risques existentiels qui figurent dans la série sont Stephen L. Petranek (8 épisodes), Elon Musk (8 épisodes), Robert M. Zubrin (5 épisodes) et Michio Kaku (1 épisode).

La série emprunte énormément à la science. Elle fut développée de manière à ce qu'elle soit le plus scientifiquement crédible. Dans l'avant-propos du livre qui accompagne la série, Ron Howard, le producteur exécutif de *Mars*, note le soutien que les personnes impliquées dans la colonisation de la planète Mars qui furent interviewées pour la série ont offert à l'équipe de production afin que cette dernière puisse illustrer de manière réaliste les technologies qui seraient utilisées dans le cadre d'une mission habitée vers Mars (2016). Grâce à cette implication, les technologies qui sont montrées dans le film correspondent fortement aux technologies réelles que les acteurs de l'exploration spatiale et de la terraformation utilisent (ou prévoient utiliser). Pour reprendre les mots de Howard, « [*Mars*] *tell the story of colonizing Mars looking back from the future, with the premise that we've already gone to Mars, and this is what it took to get us there. [...] This isn't science fiction at all. It's real science.* » (2016, p.17). Malgré tout, cette série incorpore une part d'imagination et d'extrapolation. Tout comme le souligne Lehoucq au sujet

des œuvres de science-fiction en général, *Mars* n'est nécessairement pas complètement exacte scientifiquement « car elle poursuit le discours de la science au-delà de ce que celle-ci peut assurer » (2017, p. 44). Néanmoins, les auteurs de la série se sont assuré de produire une extrapolation scientifique qui soit des plus rigoureuses possibles et, pour ce faire, ils ont mis en scène ce que les scientifiques et promoteurs pensent que sera la première mission vers mars et le processus de terraformation qui devrait s'en suivre. Ainsi, ce que nous voyons dans cette extrapolation faite à partir des connaissances scientifiques actuelles est – à toute fin pratique – le futur qu'imaginent les terraformateurs. Cette série met en mots et en images la manière par laquelle les promoteurs de la terraformation de la planète rouge entrevoient l'avenir de la colonisation et de la terraformation. Bref, en étant le reflet de leurs représentations partagées, *Mars* constitue, donc, une fenêtre privilégiée sur l'imaginaire sociotechnique des terraformateurs.

3.4 Analyse thématique

Tel que souligné par Jasanoff et *al.* (2011), l'analyse de discours est une méthode efficace pour étudier les imaginaires sociotechniques lorsqu'il est question d'analyser des documents écrits ou oraux qui concernent les sciences et les technologies. Ce groupe de chercheurs indique également qu'il est nécessaire de mobiliser une technique d'analyse interprétative afin d'être en mesure de faire ressortir certains éléments symboliques et linguistiques qui sont essentiels à la construction et à l'adoption d'imaginaires sociotechniques. Ces éléments incluent, notamment, des thèmes et des tropes qui sont propres à une culture ou qui, moins largement, font référence au bien public, au risque, etc.

En ce sens, pour analyser notre corpus de documents, nous avons utilisé l'une des formes classiques de l'analyse de discours qui est celle de l'analyse thématique. Plus précisément, nous nous sommes appuyés sur la présentation qu'en ont faite Paillé et Mucchielli (2003). L'analyse thématique est, essentiellement, un procédé de réduction des données. Cette méthode a pour but de permettre aux chercheurs de traiter et de résumer leur corpus par l'entremise de thèmes. Autrement dit, au travers d'un travail de thématization par lequel un corpus est transposé en un certain nombre de thèmes représentatifs du contenu analysé, cette méthode permet de faire ressortir l'essentiel des différents segments d'un corpus, et ce, en rapport avec l'orientation de la

recherche. Pour reprendre les mots de Paillé et Mucchielli, « l'analyse thématique consiste, dans ce sens, à procéder systématiquement au repérage, au regroupement et, subsidiairement, à l'examen discursif des thèmes abordés dans un corpus » (2003, p. 124).

Ainsi, l'analyse thématique possède deux principales fonctions. La première est celle du repérage et consiste en l'identification de l'ensemble des thèmes pertinents au sein d'un corpus en regard des buts de la recherche. La deuxième, qui est celle de la documentation et qui n'intervient que lorsque plus d'un document d'un même type est soumis à l'analyse (ce qui est notre cas), concerne la « capacité de documenter l'importance de certains thèmes au sein de l'ensemble thématique [et] donc de relever des récurrences, des regroupements, etc. » (Paillé et Mucchielli, 2003, p. 124). Bref, pour résumer ces deux fonctions, on peut dire que l'analyse thématique vise non seulement à repérer les thèmes présents dans un corpus à la lumière d'une problématique, mais aussi à voir s'ils se répètent et se regroupent d'un document à l'autre. Toutefois, comme nous le verrons ci-dessous, à ces deux fonctions peut s'ajouter un examen discursif des thèmes abordés dans un corpus. Celui-ci consiste à faire ressortir du sens des thèmes, à les mettre en lien, bref à les *faire parler*.

3.4.1 Description détaillée des procédures d'analyse de notre matériau

Le travail d'analyse thématique de notre corpus s'est divisé en trois grandes étapes : un travail de *repérage*, un travail que l'on pourrait dire de *catégorisation*⁷⁸ et un travail d'*examen discursif*. Les deux premières étapes ont été menées à l'aide du logiciel d'analyse qualitative Nvivo après un processus d'appropriation des discours des terraformateurs qui font partie de notre corpus lors duquel nous les avons lus et survolés à de multiples reprises. Cependant, avant de procéder à la présentation de ces étapes, il est important de souligner que les diverses étapes de l'analyse ont été réalisées en ayant en tête l'orientation de notre recherche et les objectifs visés par nos questions de recherche. Cette condition était primordiale sans quoi nous aurions pu faire un

⁷⁸ Il est à noter que Paillé et Mucchielli n'utilisent pas le terme « catégorisation » lorsqu'ils présentent les étapes de l'analyse thématique. Nous avons choisi d'utiliser ce terme afin de pouvoir mieux distinguer les divers moments de ce type d'analyse.

travail de thématisation *hors thème* ou, pour le dire plus directement, non pertinent à l'égard de notre problématique.

3.4.1.1 Travail de repérage des thèmes

Le travail de repérage consiste en l'attribution de thème sous la forme d'un terme générique à tout ce qui se rapporte à une même idée ou un même sens dans notre corpus. Ce thème devait obligatoirement refléter ce qui est exprimé dans un segment du corpus et donc en révéler la teneur des propos. L'appellation de ce thème, loin d'être aléatoire, devait répondre à la question suivante : « Compte tenu du cadre de la recherche et des questions posées, de quoi est-il question dans l'extrait analysé? » (Paillé et Mucchielli, 2003, p. 133). Pour le dire simplement, ni abstrait ni détaillé, le thème devait refléter fidèlement les propos tenus par les promoteurs de la terraformation de la planète Mars.

Pour mener cette étape de l'analyse, nous avons utilisé le mode d'inscription en marge qui consiste simplement à inscrire les thèmes dans la marge vis-à-vis des segments où ils ont été repérés. Nous avons programmé le logiciel Nvivo de manière à ce que cette inscription soit automatiquement générée lorsqu'un thème était attribué à un passage. Dans le cas de la série *Mars*, nous avons simplement noté dans un fichier Word le moment (minute/épisode/saison) où un thème était soulevé. Après le visionnement complet de la série, nous avons retranscrit les propos ciblés dans le même fichier et l'avons ensuite ajouté au logiciel Nvivo.

Pour ce qui est de la démarche de thématisation, nous avons adopté la thématisation en continu. Celle-ci consiste en un processus ininterrompu d'attribution des thèmes lors duquel « les thèmes sont identifiés et notés au fur et à mesure de la lecture du texte, puis regroupés et fusionnés au besoin, et finalement hiérarchisés sous la forme de thèmes centraux regroupant des thèmes associés » (Paillé et Mucchielli, 2003, p. 127). Le but de cette démarche de thématisation est de rester le plus fidèle possible à notre corpus et de ne pas laisser de côté des éléments par l'application d'une grille de thèmes trop rigide. Nous avons choisi cette démarche en raison de l'analyse riche et en profondeur qu'elle offre et parce que la flexibilité du logiciel que nous avons utilisé nous le permettait.

Lorsque nous avons formulé les thèmes, nous nous sommes assurés qu'ils étaient bien délimités afin qu'ils soient mutuellement exclusifs et donc que les segments du corpus ne puissent pas être placés sous deux thèmes distincts. À ce titre, au fur et à mesure que le travail de repérage avançait, nous avons dû fusionner (en raison de leur ressemblance), subdiviser (de par la prise de conscience qu'un thème est au fond composé de plusieurs autres), reformuler et regrouper des thèmes. Ainsi, nous avons commencé la thématisation en étant le plus précis possible avant de revoir les thèmes dans un deuxième moment à mesure que l'inventaire des thèmes était bonifié au travers de notre démarche en continu.

Il est important de souligner que l'ensemble des démarches de recherche que nous avons antérieurement réalisées de même que nos questions de recherche ont nécessairement orienté ce travail de repérage dans la mesure où le regard que nous avons porté sur nos données était préprogrammé pour voir certains éléments en particulier. C'est d'ailleurs ce regard formaté par les objectifs de notre recherche qui a déterminé les segments qui étaient significatifs et donc qui étaient pertinents à être thématisés. À ce titre, conformément à notre objet de recherche (i.e. les représentations partagées de la société et des sciences et des technologies par les terraformateurs), nous avons accordé une importance particulière aux thèmes présents dans les segments où la science, les technologies ou la société – de même qu'à la relation entre ces dernières – étaient abordées. Une attention spéciale a aussi visé les thèmes présents dans les multiples discours tournés vers le futur et les projectoires des terraformateurs. À l'instar de Tutton (2020), notre regard s'est également posé minutieusement sur les récits, les métaphores et les références aux univers de science-fiction qui étaient formulés dans les discours étudiés. De plus, les pistes interprétatives que nous avons de notre objet d'étude ont également interféré dans notre phase de thématisation. Autrement dit, la lecture que nous avons faite des discours fut teintée par les éléments théoriques que nous avons préalablement présentés et c'est pourquoi l'attribution d'un thème à un segment résulte de l'interprétation que nous faisons de son contenu et non pas strictement du contenu en tant que tel. En ce sens, ce processus d'attribution de thème ne peut être détaché de nos présupposés théoriques et nous sommes conscients que ce biais a nécessairement aussi orienté la suite de l'analyse.

3.4.1.2 Travail de catégorisation des thèmes

Le travail de catégorisation fait suite à l'étape d'étiquetage et a pour but de regrouper ou de subdiviser les principaux thèmes ressortis selon leur ressemblance dans le but de mieux les analyser. Un travail de repérage des récurrences est également pertinent à cette étape-ci de l'analyse thématique. Ultimement, cette catégorisation doit culminer à l'élaboration d'une représentation synthétique et structurée de ce qui a été analysé. À ce titre, Paillé et Mucchielli proposent de travailler à partir d'un arbre thématique, soit une forme de regroupement des thèmes où les thèmes principaux sont détaillés par des thèmes secondaires et des sous-thèmes. La récurrence des thèmes, leur importance et leur affinité vont influencer la structuration de cet arbre. Au fond, cette représentation synthétique a pour objectif de « permettre de hiérarchiser les divers thèmes selon leur appartenance générale ou spécifique au résultat d'ensemble, leur rôle principal ou périphérique au sein du phénomène étudié, leur lien avec [tel ou tel autre thème], etc. » (Paillé et Mucchielli, 2003, p. 144). Cette synthétisation éloquente a facilité le travail de mises en relation et d'interprétation propre à la dernière étape de l'analyse thématique.

L'utilisation de Nvivo a grandement facilité ce deuxième travail d'analyse dans la mesure où ce logiciel produit automatiquement une liste détaillée de tous les thèmes que nous codons dans un corpus. Grâce à cette fonctionnalité, nous avons pu savoir le nombre de fois qu'un thème a été repéré ainsi que le nombre de documents dans lesquels il se trouve. Cette liste nous a fortement aidés à produire notre arbre thématique.

3.4.1.3 Travail d'examen discursif des thèmes

Cette étape interprétative – que l'on peut comparer à un travail de mise en relation, de croisement et de comparaison – consiste à faire ressortir du sens des thèmes que nous avons repérés et de leurs extraits correspondants à partir des éléments de notre cadre théorique. Lors de cette troisième étape du travail d'analyse thématique, nous avons donc examiné et interrogé les thèmes

et leurs extraits correspondants⁷⁹ en plus de les confronter entre eux « de manière à déboucher sur l'exercice discursif appeler traditionnellement discussion » (Paillé et Mucchielli, 2003, p. 145). Le but était de faire parler notre arbre thématique autant à partir de lui-même (en croisant ses thèmes, en les comparant, en les mettant en relation, en les nuancant par d'autres, etc.) qu'à partir de nos référents théoriques. Ce dernier moment de notre analyse de discours nous a permis d'aller au-delà de la simple synthèse thématique.

Pour résumer, notre analyse thématique a été divisée en deux grands moments. D'abord, nous avons repéré et catégorisé les thèmes présents dans les discours des terraformateurs retenus dans notre corpus. Ensuite, nous avons interprété ces thèmes et leurs extraits correspondants via les éléments conceptuels et théoriques soulevés dans notre cadre théorique. Ces deux moments correspondent respectivement aux deux principales sections du prochain chapitre (4.1 et 4.2). Il convient maintenant, dans la section suivante, de justifier la pertinence de la démarche méthodologique qui est employée dans le cadre de cette recherche à l'égard de nos objectifs.

3.5 Pertinence de la démarche en regard de notre objet de recherche et de nos objectifs

Le langage, soulignent Jasanoff et Kim, est un élément important dans la construction et l'articulation d'un imaginaire sociotechnique (2009, p. 122). C'est dans cette optique que nous avons décidé d'analyser les discours des terraformateurs. Les discours que nous avons choisis recouvrent autant les aspects techniques de la terraformation que les motivations de ses promoteurs. On y entrevoit également par moment des propos qui nous permettent de tracer les contours du type de société que les terraformateurs souhaitent voir advenir *pour* et *par* leur projet d'ingénierie planétaire. Ils nous permettent aussi à la fois de voir comment les terraformateurs élaborent le projet de terraformer une autre planète, comment ils l'exposent dans l'espace public et comment ils cherchent à le promouvoir. Étudier ces discours oraux et écrits nous offre alors la possibilité d'entrevoir autant leur vision des sciences et des technologies que celle d'un ordre social idéal. En ce sens, ils nous permettent de faire ressortir le futur désirable que les

⁷⁹ Un autre avantage d'avoir utilisé Nvivo est qu'il regroupe automatiquement sous la forme d'une liste tous les extraits qui correspondent à un même thème.

terraformateurs partagent collectivement et qui est au cœur de leur imaginaire sociotechnique. Conséquemment, le matériau que nous avons choisi est une fenêtre privilégiée pour accéder à notre objet de recherche (représentations partagées des sciences et de la société) et répondre à nos questions.

Par ailleurs, l'analyse thématique des discours des terraformateurs que nous avons menée est appropriée pour répondre à nos questions de recherche. En ressortant les thèmes de notre corpus, nous avons pu cibler lesquels sont récurrents et partagés par l'ensemble des terraformateurs. Puis, à partir des éléments théoriques présentés préalablement, nous avons été en mesure de donner du sens à ces thèmes, de les faire parler pour délimiter les représentations de la science et de la société des terraformateurs et, en définitive, d'exposer leur imaginaire sociotechnique (question spécifique #1). Parallèlement à cela, en analysant les thèmes présents dans les multiples discours tournés vers le futur des terraformateurs, nous avons pu déterminer comment ils les construisent de manière à promouvoir leur vision d'un futur interplanétaire pour l'humanité (question spécifique #2). Ultiment, une fois le processus de thématisation et le moment d'examen discursif terminés, les thèmes que nous avons répertoriés nous ont permis de voir dans quelle mesure le projet de terraformation de Mars en tant que solution technique aux risques existentiels est révélateur de la prévalence du mythe du progrès dans les sociétés occidentales contemporaines, et ce, en fonction de leur proximité avec ce dit mythe (question générale).

CHAPITRE IV

ANALYSE THÉMATIQUE DES DISCOURS DES TERRAFORMATEURS

Mars, here we come!!

Elon Musk (9 décembre 2020⁸⁰).

We're playing God, and it's great.

Christopher P. McKay (1989⁸¹)

Dans ce dernier chapitre, nous exposerons les représentations partagées des terraformateurs à propos de la société et des sciences et des technologies que nous avons fait ressortir grâce à une analyse thématique de leurs discours. Pour ce faire, nous débuterons dans la première partie de ce chapitre par une courte synthèse des thèmes que nous avons relevés avant de plonger dans une description plus étoffée de l'imaginaire sociotechnique des promoteurs de la terraformation dans la deuxième partie. Ces développements nous permettront de voir, chacun à leur manière, comment ce groupe de personnes conçoit la vie sociale, le développement scientifique et la place que devrait avoir la science dans la société. Afin d'illustrer nos propos, nous ferons souvent référence à la série *Mars* dont nous avons analysé les segments documentaires. Ce type de récit de fiction, nous l'avons vu, a joué et joue encore aujourd'hui un rôle de premier plan dans la constitution de l'imaginaire entourant la terraformation. En y faisant allusion pour enrichir nos propos, nous réaffirmons, en quelque sorte, l'importance de ces univers de science-fiction dans les représentations des *fabricants de planètes*. En définitive, à partir du portrait de l'imaginaire sociotechnique des promoteurs de la terraformation que nous aurons dépeint, nous montrerons

⁸⁰ Message publié sur sa page Twitter à la suite de l'écrasement de la fusée Starship SN8 de son entreprise SpaceX lors d'un vol d'essai.

⁸¹ Cité dans un article de Bob Davis paru dans le *Wall Street Journal* le 5 janvier 1989 (p. A1).

comment le projet de transformer intentionnellement l'environnement naturel de Mars pour que l'espèce humaine puisse y vivre et avoir un plan B est révélateur du mythe du progrès et des promesses associées aux sciences et aux technologies dans les sociétés occidentales contemporaines. Nous en profiterons au passage pour décrire la manière par laquelle les terraformateurs ont construit et mobilisé des promesses et d'autres discours tournés vers le futur pour promouvoir leur vision commune d'un futur interplanétaire pour l'humanité.

Avant de poursuivre, il convient de souligner que les visions des terraformateurs varient légèrement entre elles. Leurs conceptions de la science et de la société, bien que généralement semblables, diffèrent sur certains aspects sans toutefois être diamétralement opposées. De ce fait, dans notre analyse, nous avons ciblé les éléments sur lesquels se rejoint la majorité des promoteurs de la terraformation tout en notant certains points de discordance importants. Nous pensons que cette réduction des données nous permet de faire ressortir plus de sens de l'imaginaire sociotechnique collectivement partagé par ce groupe de personnes.

4.1 Présentation des résultats⁸²

4.1.1 Description des discours

Tel que soulevé dans le chapitre précédent, deux principales catégories de discours sont présentes dans le corpus que nous avons analysé. D'abord, il y a les discours scientifiques que l'on retrouve dans les articles parus dans des revues académiques. Lors de notre analyse, nous avons pu constater que ces discours mettent généralement l'accent sur la présentation de résultats de recherche. Le langage utilisé est soigné, sérieux et hautement technique. Le texte est souvent accompagné de schémas, de graphiques et de formules mathématiques qui servent à appuyer les propos. Ce qui est avancé par les auteurs de ces textes est également soutenu par des références lorsque nécessaire. Encadrés par les exigences et les normes du monde académique, très peu de

⁸² Afin d'alléger le texte, nous avons choisi d'indiquer la référence bibliographique uniquement lorsque nous citons des extraits de discours et lorsque nous faisons référence à des textes ou à des auteurs en particulier. De plus, voulant éviter de surcharger notre analyse lorsque nous présentons un ensemble d'extraits sélectionnés pour appuyer nos propos, nous avons délibérément fait le choix d'en limiter le nombre. L'analyse que nous proposons dans ce chapitre se base sur une lecture approfondie des textes listés aux annexes A et B.

place est faite dans ces articles pour des discours que l'on pourrait qualifier d'extrascientifiques. Néanmoins, nous avons toutefois noté qu'une certaine distanciation vis-à-vis de ces normes était prise en début et en fin de texte dans ces articles (introduction et conclusion). C'est dans ces sections où les terraformateurs vont au-delà de la simple présentation de leurs résultats qu'ils laissent le plus transparaître le contenu de leur imaginaire sociotechnique. Les articles parus dans des revues académiques, mais qui abordent les aspects éthiques, philosophiques ou politiques de la terraformation dérogent du portrait que nous venons de tracer. Le langage et la forme sont semblables, mais les terraformateurs y laissent davantage paraître leur vision d'un futur désirable, et ce, en raison des sujets qui y sont traités.

Ensuite, il y a les discours de vulgarisation que nous avons retrouvés dans les articles de journaux, les livres, la conférence TED et la série *Mars*. L'essentiel de ces discours porte sur la présentation du projet de terraformation de Mars en tant que tel. On y aborde les différents scénarios sur la table, les échéanciers et les étapes à franchir avant de voir des humains sans protection sur la surface de Mars, les motivations derrière ce projet de même que les enjeux qu'il soulève (éthiques, politiques, économiques, sociaux, environnementaux, scientifiques, etc.). À l'exception des livres où nous retrouvions parfois des passages un peu plus techniques, le langage utilisé ici est accessible au grand public. Des exemples, des comparaisons et des métaphores sont fréquemment employés par les terraformateurs dans ces discours pour mettre de l'avant leurs idées. Beaucoup moins sérieux et formaté que les discours scientifiques, il arrive même que l'humour soit au rendez-vous. En raison de la forme de ces discours de vulgarisation, nous avons remarqué lors de notre analyse que les promoteurs de la terraformation y dévoilaient davantage leurs représentations de la société et des sciences que dans les autres discours étudiés.

4.1.2 Synthèse des résultats et arbre thématique

D'entrée de jeu, les résultats de notre analyse de discours suggèrent que les terraformateurs partagent bel et bien un imaginaire sociotechnique. Ils possèdent une vision commune d'un futur désirable dans lequel nos sociétés migreraient vers la planète Mars nouvellement habitable grâce aux avancées scientifiques et technologiques. Le futur désirable des promoteurs de la terraformation est, comme celui des personnes qui militent en faveur de la colonisation de Mars

(Tutton, 2018, 2020), profondément *multiplanétaire*. Toutefois, le futur imaginé collectivement par le groupe de personnes à l'étude va plus loin. Partant du postulat que l'humanité va inévitablement s'éteindre si elle reste confinée dans notre système solaire en raison de la mort éventuelle du Soleil, les terraformateurs souhaitent que la terraformation et la colonisation de la planète rouge ne soient que les premières étapes en vue de son dispersement aux quatre coins de l'Univers. Conséquemment, le futur désirable au cœur de leur imaginaire est non seulement *multiplanétaire*, mais aussi, et surtout, *interstellaire*⁸³.

Cette vision est animée par une conception de l'ordre social nécessaire à l'avancement des sciences et des technologies et dont l'amélioration vers sa forme idéale est, en retour, possible grâce à cet avancement. Ce futur sociotechnique interstellaire au sein duquel sont jumelés des potentiels scientifiques et technologiques avec des changements sociétaux partage, à bien des égards, des éléments avec le mythe du progrès communément admis en Occident et, plus précisément, l'imaginaire de la colonisation de l'espace. Tel que noté préalablement, ceci n'est pas en soi surprenant compte tenu du fait que la terraformation s'inscrit dans l'ambitieux projet de coloniser le cosmos. À ce titre, nul besoin de spécifier que ses promoteurs sont, de facto, également promoteurs de la colonisation et de l'exploration de l'espace.

La science et la société sont généralement imbriquées dans l'imaginaire sociotechnique des promoteurs de la terraformation. L'une peut difficilement être pensée sans l'autre dans leur imaginaire puisqu'elles sont hautement dépendantes. D'une part, la société est grandement redevable des développements scientifiques antérieurs. Le monde actuel (au sens large qui renvoie aux multiples sociétés contemporaines de la Terre) ne pourrait être ce qu'il est sans la science et, si l'on se fie à leurs propos, son avenir dépendrait largement de la capacité de la science à en assurer la pérennité face aux nombreux risques majeurs qui se dresseront inévitablement sur son chemin. D'autre part, pour les terraformateurs, la science et, plus spécifiquement, les développements scientifiques qu'ils proposent dépendent fortement de la société. Le projet d'ingénierie qu'ils promeuvent ne peut se concrétiser sans d'abord avoir obtenu un certain niveau d'acceptabilité sociale. Plus encore, les efforts nécessaires à la terraformation de la planète Mars ne peuvent être mis en place sans qu'au préalable l'humanité ait consenti à

⁸³ Nous développerons davantage sur le sujet à la section 4.2.2.

unir ses forces derrière ce projet et accepté d’y allouer une quantité colossale de ses ressources. Un simple groupe d’individus ne peut transformer Mars en une planète habitable par lui-même : cette aventure exige des actions internationales concertées, et ce, sur une période qui s’étale nettement au-delà d’une génération, voire même d’une civilisation⁸⁴.

En ce sens, pour rendre compte des visions collectivement partagées des terraformateurs au sujet de la société et des sciences, nous avons choisi de les aborder simultanément par le biais des thèmes que nous avons soulevés dans notre analyse. Cependant, avant de procéder à la présentation de ces thématiques, il convient de décrire brièvement – avant d’y revenir – certains aspects généraux des conceptions de la société et de la science du groupe de personnes à l’étude qui sont au centre de leur vision d’un futur désirable.

4.1.2.1 *Vision de la société*

La société, conformément à la compréhension partagée que les terraformateurs en ont, évolue de façon linéaire depuis l’émergence d’*Homo sapiens* et, plus largement, du genre homo. Graduellement, par le biais des outils que ses membres fabriquent, la maîtrise du feu, la domestication d’espèces animales et végétales (Révolution néolithique), le développement d’activités industrielles et sa dispersion aux quatre coins du globe, les sociétés humaines ont pris les rênes du monde qui les entoure. La croissance de la population et les besoins en ressources que celle-ci implique tout comme l’essor des sciences et des techniques ont, à leur tour, fait croître l’emprise des sociétés sur leur environnement au fil des siècles. Depuis ses débuts en Afrique, les sociétés humaines ont sans cesse repoussé les limites des territoires qu’ils occupaient. Après le sol, ce fut les airs et puis, il y a maintenant plus de 50 ans, ce fut l’espace. Cette vision de la société qui, linéairement et progressivement, accentue ses capacités à maîtriser son environnement est centrale à la vision commune du futur des terraformateurs. L’avenir interstellaire qu’ils espèrent pour l’humanité est, pour eux, une simple suite logique du trajet qu’ont parcouru les sociétés jusqu’à présent. Leur vision du futur est profondément animée par

⁸⁴ Outre les scénarios ultra-optimistes de Paul Birch (1991, 1992, 1993a, 1993b), le consensus dans la communauté des terraformateurs est que le temps nécessaire à la construction d’un environnement *entièrement* habitable sur Mars se compterait en milliers d’années.

l'idée que les sociétés humaines évolueraient sans cesse vers l'exploration et la colonisation de l'espace, et ce, depuis leur apparition sur Terre. L'action de quitter la Terre dans le but de s'installer sur un autre corps céleste dont l'environnement aurait été préalablement modifié est, ainsi, à la fois le prolongement et l'aboutissement inévitable de l'évolution des sociétés humaines pour les terraformateurs⁸⁵.

Afin d'accomplir ce futur interstellaire, les sociétés contemporaines doivent nécessairement instaurer des mesures favorisant le développement technique, d'après les terraformateurs. Pour ce faire, ils suggèrent que des moyens financiers d'envergure soient mis à disposition, qu'une plus grande place soit faite aux joueurs privés et que les politiques qui régissent les activités spatiales (ex. : le Traité de l'espace de 1967) soient revues afin que soient autorisées les activités terraformatrices et colonisatrices sur d'autres corps célestes. En ce qui concerne le rôle des entreprises privées dans l'accomplissement du projet de terraformation de la planète Mars, l'imaginaire des terraformateurs s'inscrit en continuité avec celui des acteurs du *NewSpace* que Valentine étudia (2012). Dans les deux cas, la colonisation de l'espace est pensée comme pouvant être accomplie par les agences spatiales avec l'aide cruciale et idéalement grandissante des entreprises comme SpaceX⁸⁶.

De plus, il est important de noter que les promoteurs de la terraformation envisagent que la vie sociale sur Mars et ailleurs sera similaire à celle des sociétés occidentales contemporaines : « *It's going to work very much the way it works on Earth* » (Petranek dans Gout et *al.*, 2018, épisode 1). Une fois la planète Mars terraformée et pleinement colonisée, il y aura des entreprises, des écoles, des espaces pour socialiser et tout ce qui, sur Terre, parsème les collectivités. Petranek résume bien dans l'extrait suivant ce qui précède :

It's going to be the same as it is on Earth. Somebody's going to start a restaurant, somebody's going to build an iron foundry. Someone will make documentary movies of Mars and sell them on Earth. Some idiot will start a reality TV show. There will be software companies, there will be hotels, there will be bars. (2015c)

⁸⁵ Beech évoque même l'idée que le fait de quitter sa planète d'origine pour aller s'installer ailleurs dans son système solaire (et, à terme, dans un autre système pour éviter les conséquences associées à la mort de son soleil) serait potentiellement ce que l'ensemble des formes de vie intelligente de l'Univers chercherait à accomplir pour ne pas s'éteindre (2008b).

⁸⁶ C'est, d'ailleurs, un tel partenariat qui est illustré dans la série *Mars*.

Les sociétés idéales envisagées sur Mars et les autres mondes sont des endroits où il fera bon vivre. L'ambition des terraformateurs n'est pas de déménager l'espèce humaine vers des endroits où elle devra continuellement se battre pour survivre. Ils rêvent plutôt de reproduire ailleurs une « *advanced version of Earth* » (Musk dans Gout et *al.*, 2018, épisode 1), soit une société qui – tout en étant à l'image de celles dans lesquelles nous vivons présentement – accordera une place nettement plus grande à la technologie. D'ailleurs, les terraformateurs prédisent qu'une telle société extraplanétaire sera un incubateur à innovation et, donc, qu'elle est vouée à accorder une place toujours plus grande à la technique dans son fonctionnement.

Bref, la vision de la société du groupe de personnes à l'étude est uniquement réalisable par l'accomplissement de la terraformation et, plus généralement, par l'essor scientifique et technique nécessaire à ce projet d'ingénierie planétaire. Inversement, la terraformation ne peut voir le jour sans que les sociétés contemporaines appuient un tel projet. Dans ce qui suit, nous nous tournerons vers certains aspects de leur vision de la science.

4.1.2.2 *Vision de la science*

La vision partagée que les terraformateurs ont de la science est, à son tour, fortement linéaire. Graduellement, le bagage de connaissances et de techniques produites par la science aurait pris de l'ampleur au fil des innombrables travaux de recherche. À ce titre, la science et les retombées qui en découlent sont perçues par le groupe de personnes à l'étude comme l'un des facteurs les plus déterminants dans la trajectoire des sociétés occidentales. Elles sont envisagées comme étant centrales dans ces dernières et comme ce qui leur permettraient de poursuivre leur développement. Dans l'imaginaire des terraformateurs, la science est pensée comme ce qui permet à l'humanité d'améliorer ses conditions de vie, de tout surmonter et de se libérer de ses contraintes (y compris l'emprise de la nature sur son évolution biologique). Elle est entrevue comme le moyen par excellence à adopter pour repousser nos limites, atteindre nos buts et façonner le monde selon nos propres préférences. De plus, les promoteurs de la terraformation vouent une confiance immense envers les développements futurs de la science et, par le fait même, envers les possibilités techniques de demain – la technologie étant, au dire de Zubrin, *ever-advancing* (2019b, p. 308).

Le futur désirable interstellaire souhaité et promu par les terraformateurs n'est possible que par la science et les techniques. En ce sens, ils sont d'avis que les sociétés doivent tout faire pour favoriser les développements scientifiques et technologiques nécessaires à sa réalisation. Pour ce faire, elles doivent, certes, instaurer des incitatifs à l'innovation, donner plus de liberté aux initiatives privées, allouer des ressources, mais aussi adopter une vision *pratique* de la science. Cette dernière doit, d'abord et avant tout, être destinée à assurer la pérennité de l'humanité, selon eux. Elle doit être mobilisée à cette fin et la recherche fondamentale ne doit pas, par conséquent, primer sur la survie de l'espèce humaine. Ainsi, ils estiment qu'il importe de continuer l'exploration de Mars pour comprendre davantage son fonctionnement, quantifier ses ressources, déterminer le meilleur endroit où installer une première colonie et peaufiner les méthodes de terraformation. Cependant, la préservation de l'environnement martien en prévision d'éventuelles investigations scientifiques ne peut, en aucun cas, être un frein au déclenchement d'un processus de terraformation et de colonisation. Comme l'indique Fogg, la science et plus spécifiquement l'exploration spatiale sont des moyens au service des humains et leur but ultime « *should be to permanently extend the human presence into space ; to create the conditions that allow new civilizations to be born and to grow, independent of the Earth* » (1995b, p. 7).

Bref, avant de poursuivre avec la présentation de l'arbre thématique qui résulte de l'analyse thématique que nous avons faite des discours des terraformateurs, il convient de résumer succinctement ce qui précède. Au cœur de leur imaginaire sociotechnique, une vision d'un futur interstellaire pour l'humanité et celle d'un développement scientifique et technologique essentiel à l'accomplissement de cette dernière s'entrelacent. La société doit tout mettre en œuvre pour assurer les développements scientifiques et techniques nécessaires à la terraformation et ces développements doivent générer, en retour, une société interstellaire.

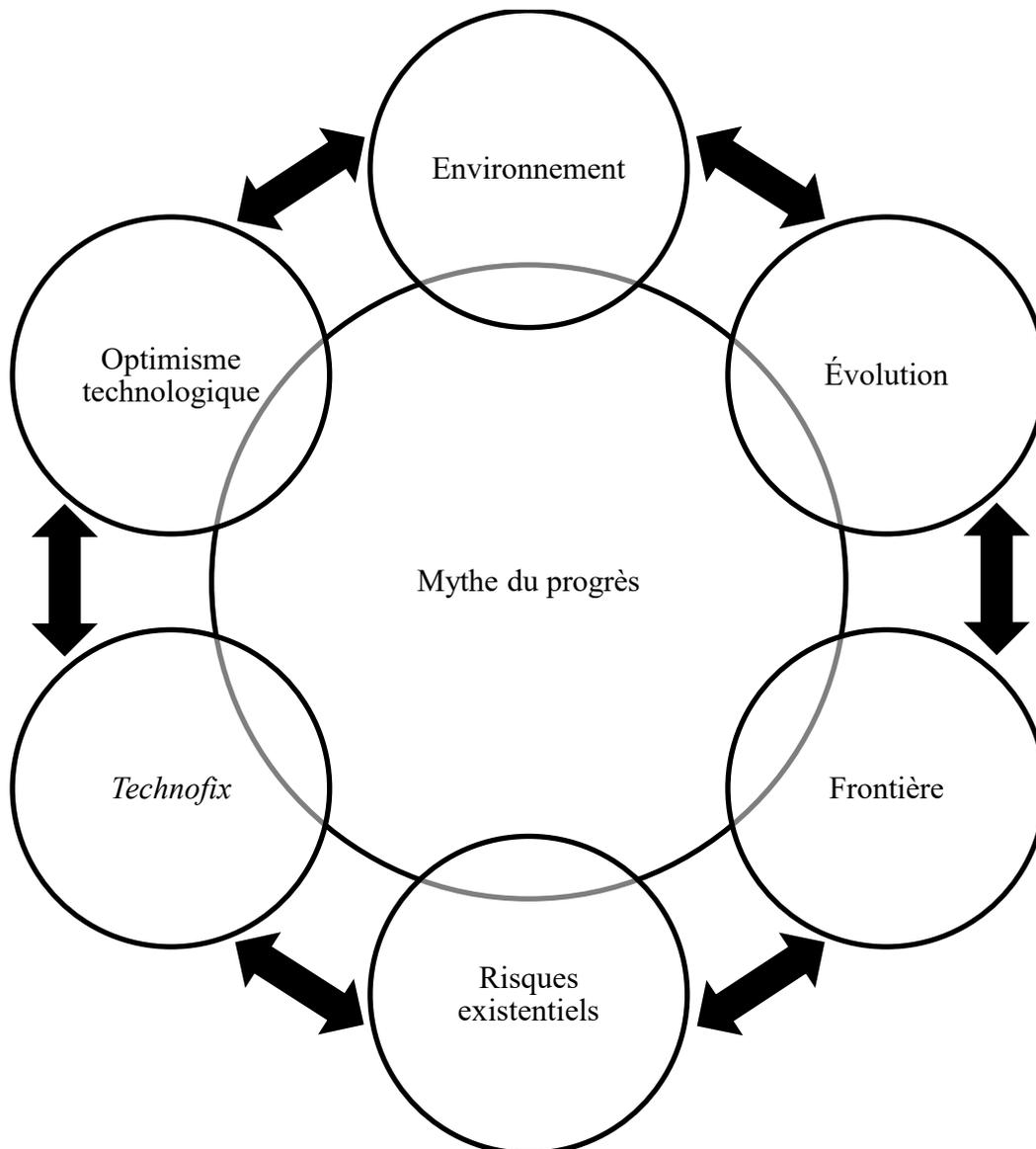
4.1.2.3 Présentation de l'arbre thématique

À l'issue de l'analyse que nous avons faite des discours des terraformateurs, nous avons regroupé sous six thèmes généraux la presque totalité des segments auxquels nous avons attribué une étiquette. Chacune de ces thématiques constitue une facette de leur imaginaire sociotechnique. Elles sont au cœur de leur vision commune d'un futur désirable. Jumelées, elles forment un tout

cohérent à partir duquel nous pouvons mieux saisir leurs conceptions de la société et de l'avancement des sciences.

Dans la figure ci-dessous, nous résumons les thèmes que nous avons répertoriés dans les discours des terraformateurs. Comme nous allons le voir dans la prochaine section, ces thèmes occupent une place substantielle dans leur manière de se représenter le monde d'aujourd'hui et d'envisager ceux de demain.

Figure 4.1 Représentation synthétique des thèmes répertoriés dans les discours des promoteurs de la terraformation de la planète Mars en tant que solution technique aux risques existentiels.



Au centre de l'arbre, nous retrouvons le mythe du progrès qui – tel qu'illustré par le cercle central qui chevauche les autres – est présent dans l'ensemble des thèmes que nous avons répertoriés. Les divers éléments qui composent l'imaginaire sociotechnique des terraformateurs sont empreints du mythe du progrès et des promesses associées aux sciences et aux technologies. Nous décrirons plus en détail les interrelations qui existent entre cet ensemble de thèmes et le progrès un peu plus loin (section 4.3). Néanmoins, nous pouvons d'emblée attester que la terraformation de la planète Mars en tant que solution technique aux risques existentiels est révélatrice de l'importance de cette idée dans les sociétés occidentales contemporaines.

En périphérie, nous avons regroupé les principaux thèmes ayant été ciblés lors de notre analyse. Les thèmes en question sont les suivants : 1) *frontière*, 2) *risques existentiels*, 3) *technofix*, 4) *optimisme technologique*, 5) *environnement* et 6) *évolution*. Des relations existent entre ces derniers. En effet, loin d'être hermétiques, ces thèmes découlent d'une seule et même vision du monde et dépendent l'un de l'autre. À titre d'exemple, le fait que les terraformateurs proposent une solution technique aux divers risques existentiels qui menacent l'humanité n'est pas sans lien avec leur optimisme technologique. Ainsi, l'ordre dans lequel ils sont disposés est aléatoire. Ce sont plutôt les flèches bidirectionnelles qui sont importantes ici et qui, dans les faits, devraient unir tous les thèmes entre eux. Autrement dit, le lecteur doit envisager ces flèches comme une illustration des liens qui existent entre un thème et tous les autres et non simplement avec ses deux thèmes voisins. Une telle catégorisation est le fruit d'une réduction intentionnelle en termes de complexité afin de pouvoir présenter chacun de ces thèmes séparément. Toutefois, nous estimons que ce réductionnisme nous a permis, en définitive, de mieux définir les contours de l'imaginaire sociotechnique des terraformateurs.

4.2 Portrait détaillé de l'imaginaire sociotechnique des terraformateurs

Dans ce qui suit, nous présenterons les principaux thèmes qui sont ressortis de l'analyse thématique que nous avons faite des discours des terraformateurs. L'ordre de la présentation fut déterminé de manière à ce que nous puissions maintenir un fil conducteur et, donc, les thèmes ne sont pas hiérarchisés par ordre d'importance.

4.2.1 *The Final Frontier*⁸⁷ : Mars en tant que « nouveau » Nouveau Monde

We dream. It's who we are. Down to our bones. Our cells.
That instinct to build. That drive to seek beyond what we know.
It's in our DNA. We crossed the oceans, we conquered the skies.
And when there were no more frontiers on Earth,
we launched ourselves among the stars.

Ben Sawyer, commandant de mission dans la série *Mars*
(Saison 1 – Épisode 1)

The 20th Millenium might therefore be inaugurated by the
opening of the frontiers of a new Earthlike planet within the Solar System.

Martyn J. Fogg (1987, p. 561)

Le thème de la frontière est omniprésent dans les discours des terraformateurs. Certains y font référence par le choix des mots qu'ils utilisent, d'autres élaborent longuement sur l'importance en tant que société de viser le dépassement des frontières. À leurs dires, chaque frontière franchie permet d'élargir la fenêtre des possibles. Chaque bond au-delà du territoire connu est envisagé comme un pas de plus vers un futur meilleur. Pour les terraformateurs, viser le dépassement des frontières est une façon d'échapper à la stagnation sociale. Une société qui cesse de conquérir et d'explorer est une société qui se cadenasse dans le passé et qui restreint l'ambition de ses membres. Zubrin est, à ce titre, celui qui mobilise le plus cette idée de la frontière dans ses discours⁸⁸.

⁸⁷ Expression utilisée par Petranek (2015a, p. 75).

⁸⁸ Il convient, ici, de faire une brève parenthèse à propos du mythe de la frontière. Théorisé par Frederick Jackson Turner en 1883, ce mythe serait issu de la conquête progressive de l'Ouest américain. En quelques mots, l'*ouverture* de la frontière aurait, de l'avis de cet historien, forgé plusieurs des traits de l'identité et de l'imaginaire étasuniens qui seraient encore existants à ce jour (démocratie, curiosité, soif d'innovation et ingéniosité, individualisme, liberté, désir de dépasser les limites et de repousser constamment les frontières, foi en la possibilité de surmonter tous les obstacles, etc.). Grandement critiquée depuis sa parution, la thèse de Turner fut, malgré tout, reprise par une bonne partie des défenseurs de l'exploration spatiale : l'exploration de la frontière spatiale étant alors présentée comme ce qui allait revigorer la vitalité, le courage et l'ingéniosité de l'humanité (McCurdy, 1997, p. 144-145 ; Berlinguette-Augier, 2013). En y faisant référence implicitement dans leurs discours, les terraformateurs reprennent à leur tour les grandes lignes de cette interprétation du mythe de la frontière. À ce titre, Robert Markley souligne que Zubrin – soit le terraformateur qui reprend le plus le thème de la frontière dans ses discours – simplifie à outrance ce mythe et le mobilise pour spéculer sur les progrès sociaux et scientifiques que le franchissement de la frontière martienne engendrerait (2005, p. 350-351). Bref, ce que nous présentons dans cette section est, donc, un strict portrait de la

Dans la série *Mars*, de même que dans les discours des terraformateurs, la planète Mars est décrite comme la prochaine frontière. Présentée par certains comme la version contemporaine de ce qu'étaient les Amériques pour les Européens ou, par d'autres, comme la suite logique de la conquête de l'Ouest par les Américains, Mars est unanimement perçue par l'ensemble des promoteurs de la terraformation comme l'ultime frontière ou, pour reprendre la formulation de Petranek, « *the new hope, and the new destiny* » (2015a, p. 74) :

Mars is a frontier. It is both similar and dissimilar to the old frontier of America. It has many of the same challenges, but it also has new challenges, such as lack of air, food, and water. (Pinson, 2002, p. 11340)

Mars can and should be settled with Earth émigrés. For our generation and many that will follow, Mars is the New World. (Zubrin, 2019b, p. 305)

Cette planète, disent-ils, serait la dernière grande frontière à franchir. Il s'agirait de la frontière de toutes les opportunités. Le dépassement de cette frontière changerait complètement le rapport que les sociétés entretiennent avec le cosmos. Pour reprendre les mots utilisés par Petranek, « *A voyage to Mars will make the Age of Discovery look like a minuscule event in human history. Our world will suddenly encompass an entire solar system instead of one planet* » (2015a, p. 76). En un claquement de doigts, la réussite de la terraformation et de la colonisation de Mars transformerait l'Univers en quelque chose à porter de main grâce aux technologies que nous aurions développées à ces fins. En devenant multiplanétaire, l'humanité serait libérée des contraintes de la Terre. Musk illustre bien l'état d'esprit des terraformateurs à ce sujet lorsqu'il pose la question suivante : « *Do you want a future where you're confined or reaching toward the stars?* » (Musk cité dans Hoffman, 2011).

Ainsi, les promoteurs de la terraformation ne conçoivent pas le projet Mars exclusivement comme une frontière *géographique*, mais bien aussi comme une frontière *technologique* et *symbolique*. Technologiquement, ils affirment que l'accomplissement de la terraformation de Mars repousserait le génie humain au-delà de ses capacités actuelles. Mener à terme un tel projet nécessiterait des efforts colossaux et concertés dans le but d'accumuler de nouvelles données au

manière par laquelle s'articule l'idée de frontière dans leur imaginaire et non pas un exposé sur leur réappropriation (fautive ou non) de la thèse de Turner.

sujet de Mars, d'améliorer les technologies que nous possédons et d'en développer d'autres. Pour les terraformateurs, viser la frontière que serait Mars est inévitablement synonyme d'innovation. D'une part, il faudrait innover pour terraformer et coloniser cette planète. D'autre part, une fois sur Mars, l'innovation deviendrait exponentielle puisque ce nouvel environnement instaurerait un climat propice au développement de nouvelles façons de faire. Pour illustrer ceci, Zubrin fait un parallèle avec la colonisation de l'Ouest américain : « *In analogy to frontier America, social conditions on Mars will make it a pressure cooker for invention* » (Zubrin, 1995, p. 407). Par conséquent, le progrès technique serait à la fois le moyen et la fin du dépassement de la frontière martienne. Autrement dit, la terraformation et la colonisation de Mars exigent le développement de nouvelles technologies pour assurer sa concrétisation et – une fois complétées – inaugurerait un nouveau stade du progrès social et technique. Cette *nouvelle étape civilisationnelle* qui s'amorcerait dès que les premiers colons mettraient le pied sur Mars fait référence à cette frontière symbolique que les terraformateurs laissent entendre.

Symboliquement, le dépassement de la frontière martienne délimiterait un *avant* et un *après*. De la terraformation et la colonisation de Mars découlerait un futur sans limites où tout est possible. Jadis restreinte à l'environnement terrestre, l'emprise de l'humain serait dorénavant cosmique. L'humanité ne serait plus jamais restreinte à la Terre et – nouvellement confiante de ses capacités techniques – chercherait ensuite à s'épanouir ailleurs dans l'Univers. Ainsi, Mars est une frontière symboliquement puissante, car elle est le premier pas vers les confins du cosmos : l'établissement de l'humain sur un autre monde rend possible la colonisation des autres mondes et donc rend pratiquement inépuisables les lieux vers lesquels l'humanité pourra diriger ses aspirations. Par ailleurs, dans l'imaginaire des terraformateurs, l'humanité ferait un saut qualitatif d'envergure en s'établissant sur la planète rouge fraîchement transformée. Elle deviendrait officiellement une civilisation hautement avancée technologiquement et les conditions de vie sur Mars la forceraient à le devenir davantage – la technique étant nettement plus nécessaire à sa survie que sur Terre.

En addition, le dépassement des frontières – à l'occurrence, la frontière martienne – est, pour eux, une façon d'assouvir la soif d'exploration des humains. L'espèce humaine, disent-ils, serait exploratrice et pionnière de nature. Possédant un esprit d'aventure, l'humain aurait besoin d'être constamment mis au défi (*challenged*) et d'avoir un but – but que l'on aurait plus depuis

qu'Armstrong a mis le pied sur la Lune. Se complaire dans ce qui est déjà connu serait, de l'avis des terraformateurs, nier notre nature. En ce sens, il serait tout naturel pour nous d'aller sur Mars et ailleurs dans l'espace, bref de chercher à franchir de nouvelles frontières, puisque ce serait la seule façon de continuer à être qui nous sommes. Pour Clarke, cette nature exploratrice est, non seulement, au cœur de ce que nous sommes, mais aussi – et surtout – ce qui a permis à l'humain de survivre depuis son apparition sur Terre (1994, p. A15). Ainsi, pour les terraformateurs, l'inévitabilité de la terraformation de Mars ne fait aucun doute dans la mesure où l'humanité serait incapable de résister à l'envie d'entamer ce projet. Les extraits ci-dessous illustrent et complètent ce qui précède :

[...] making Mars our own is hard-wired into our genes; after all, [...] we've been colonizers ever since our first primitive ancestor oozed its way out of the ocean. (Zubrin cité dans Achenbach, 1999, p. B01)

We are a nation of pioneers! [...] We need a central overriding purpose for our lives. At this point in history, that focus can only be the human exploration and settlement of Mars. [...] You'd have to be made out of wood to not want to go to Mars. (Zubrin cité dans Blakeslee, 1998, p. 3)

Exploration, settlement, and colonization are inherent in the human spirit. (Zubrin, 2019b, p. 305)

It is as if there is some elemental drive set deep in the human mind that makes us wish to navigate across the dark ocean of space and settle on, and colonize, any suitable worlds we may find. (Taylor, 1998, p. 421-422)

In the long run, we will go out into Space because we are an exploring species. We could, a few million years ago, have stayed in Africa, where the human race was born, and never gone anywhere else. In that case we would probably now be extinct. (Clarke, 1994, p. A15)

The surface area of Mars is almost exactly equal to the land area of Earth, and it is natural for humans, with our long exploratory tradition and predisposition, to think of going there – sending not just our machines, as we have done up till now, but ourselves. (Sagan, 1985, p. 6)

And there's another reason we should go: exploration is in our DNA. Two million years ago humans evolved in Africa and then slowly but surely spread out across the entire planet by reaching into the wilderness that was beyond their horizons. This stuff is inside us. And they prospered doing that. Some of the greatest advances in civilization and technology came because we explored. (Petranek, 2015c)

Le franchissement de la frontière martienne serait aussi une manière, comme nous l'avons vu, de générer des développements scientifiques et techniques. Tel que le souligne la dernière citation ci-dessus, une bonne partie des plus grandes avancées techniques qu'a connues l'humanité découle du fait que nous avons exploré l'environnement qui nous entourait. Ainsi, les promoteurs de la terraformation sont d'avis que l'action de repousser la frontière martienne favorise l'innovation. Zubrin exprime bien ceci dans les extraits suivants :

The Mars colonists will be a group of technologically adept people in a frontier environment where they will be free to innovate – indeed, *forced* to innovate – to meet their needs, making the Mars colony a pressure cooker for invention. For example, the Martians will need to grow all their food in greenhouses, strongly accentuating the need to maximize the output of every square meter of crop-growing area. They thus will have a powerful incentive to engage in genetic engineering to produce ultra-productive crops, and will have little patience for those who would restrict such inventive activity with fear-mongering or red tape. Similarly, there will be nothing in shorter supply in a Mars colony than human labor time, and so just as the labor shortage in nineteenth-century America led Yankee ingenuity to a series of labor-saving inventions, the labor shortage on Mars will serve as an imperative driving Martian ingenuity in such areas as robotics and artificial intelligence. Recycling technology to recapture valuable materials otherwise lost as wastes will also be strongly advanced. (Zubrin, 2019b, p. 307)

Just as the labor shortage prevalent in colonial and 19th century America drove the creation of Yankee Ingenuity's flood of inventions, so the conditions of extreme labor shortage combined with a technological culture and the unacceptability of impractical legislative constraints against innovation will tend to drive Martian ingenuity to produce wave after wave of invention in energy production, automation and robotics, biotechnology, and other areas. (Zubrin, 1995, p. 410)

Les promoteurs de la terraformation avancent également que viser le dépassement de la frontière martienne inspirera la population. La terraformation et la colonisation de Mars instaurent un climat général d'excitation et d'espoir dans la société. Tout un chacun en serait incontestablement inspiré et cet optimisme ambiant permettrait à l'humanité de croire en ses capacités d'accomplir ce qu'elle désire. Cette idée fut notamment soulevée à plusieurs reprises par Petranek lors de la conférence TED qu'il a donnée :

But think for a moment, what we had when John F. Kennedy told us we would put a human on the moon. He excited an entire generation to dream. Think how inspired we will be to see a landing on Mars. (Petranek, 2015c)

[...] it will be the most disruptive event in our lifetimes, and I think it will be the most inspiring. (Petranek, 2015c)

Remember when we landed humans on the Moon? When that happened, people looked at each other and said, "If we can do this, we can do anything." What are they going to think when we actually form a colony on Mars? (Petranek, 2015c)

Dans le même ordre d'idée, Haynes et McKay affirment qu'un projet d'ingénierie sur Mars galvaniserait l'humanité en lui offrant un but commun et un horizon futur vers lequel elle peut aspirer :

A commitment to [planetary engineering on Mars] would provide a new frontier, replete with healthy challenges to human imagination and ingenuity, especially at a time when some social observers argue that people have no exalted sense of communal purpose, that we are 'running out of futures', and that the 'end of history' cometh nigh. (Haynes et McKay, 1992, p. 139)

En contrepartie, ne pas chercher collectivement à dépasser la frontière martienne mènerait inévitablement l'humanité à un état de stagnation autant social que technologique d'après les terraformateurs. Le fait de nous contenter de rester sur Terre et d'accepter le destin tragique qui nous attend si nous y demeurons revient, pour eux, à admettre que nous avons atteint notre limite en termes de développement. En ce sens, comme l'extrait ci-dessous l'indique, l'espèce humaine aurait besoin de la frontière martienne pour rallumer sa flamme :

A frontier provides the opportunity to begin anew, to make up for past mistakes. With it new ideas develop and the chance to improve upon the past. New challenges will provide new answers and new ways of thinking. Our society is losing its vigor [...]. Without a new frontier to breathe new life into our culture, our progressive spirit will fade along with our dreams and ideals. Mars is the frontier to reignite the flame. (Pinson, 2002, p. 11340)

À plusieurs reprises, les terraformateurs tracent un parallèle entre la colonisation de Mars et la colonisation des Amériques. D'une certaine manière, nous pouvons dire qu'ils présentent Mars comme étant le « nouveau Nouveau Monde ». Considérant les moyens techniques que nous possédons actuellement et ceux qui sont en développement, Zubrin suggère que l'envoi de colons vers la planète rouge se fera à un rythme similaire à celui des Britanniques lorsqu'ils colonisèrent l'Amérique du Nord au 17^e siècle (2019b, p. 305). De façon générale, le groupe de personnes à

l'étude présente le projet de colonisation et de terraformation de Mars comme une simple version contemporaine des grandes explorations du milieu du millénaire dernier :

Life in the initial Mars settlements will be harder than life on Earth for most people, but life in the first North American colonies was much harder than life in Europe as well. (Zubrin, 2019b, p. 308)

A large mass of Mars Colonizers would gather in Earth orbit. Musk called them “a fleet.” He noted that “if you want to have a colony, you’ve got to send a lot of ships at once. There’s an optimal point every two years to send them, and you’d want the whole fleet to depart within a day or two.” The first trip would involve only one or two spaceships, he said. “Eventually you’d have hundreds or thousands of ships. If you want to get to a colony with millions of people, then you have to do something like that. I am saying that eighty thousand people will go at once every two years.” To Musk, the parallels to the British colonization of the New World remain striking. “It’s just like America,” Musk said. “How many English ships went to America the first time? One. And then if you fast-forward two hundred years, how many ships went from England to America? Thousands. So it would be something similar. There was hope in the New World. It may as well have been Mars.” (Musk cité dans Petranek, 2015a, p. 33-34)

Bref, à la lumière des textes que nous avons analysés, force est d’admettre que le thème de la frontière occupe une place importante dans l’imaginaire sociotechnique des terraformateurs. Ils affirment que l’humanité aurait en elle une forte envie d’explorer de nouvelles frontières. C’est, selon eux, ce qui l’animerait et la motiverait à déployer des efforts dans le but de progresser. Cependant, entreprendre le projet de terraformation de la planète Mars n’est pas qu’une manière d’assouvir la curiosité et la soif d’aventure qui nous habitent et qui, selon leur dire, favoriserait un bon climat social. En fait, ils perçoivent l’idée de rendre Mars habitable comme l’une des solutions les plus à même d’assurer la survie à court et long terme de l’humanité. Ainsi, comme nous le verrons dans la prochaine section, il n’y a pas que l’état d’esprit des sociétés qui est important pour les promoteurs de la terraformation : il y a aussi, et surtout, la pérennité de ces dernières.

4.2.2 *Leave a dying Earth and settle a new planet*⁸⁹ : Créer des mondes habitables pour pallier aux risques existentiels

We knew that making a home in this place was the only chance humanity had to go on dreaming.

Ben Sawyer, commandant de mission dans la série *Mars*
(Saison 1 – Épisode 2)

Becoming an interplanetary species is, it's our best chance to guarantee humankind's long-term survival.

Amélie Durand, membre de l'équipage dans la série *Mars*
(Saison 1 – Épisode 1)

Offrir à l'humanité un refuge hors de la Terre est l'une des principales motivations des terraformateurs. Ils partagent cette ambition avec une bonne partie de la communauté entourant l'exploration spatiale⁹⁰. À cet effet, Robert Markley note avec justesse que cette conviction envers l'idée que la colonisation de Mars « *represents a crucial step for humankind in escaping, forestalling, or preventing a grim future of environmental catastrophe, warfare, and social chaos on twenty-first-century Earth* » (2005, p. 352) est ce qui unit la plupart des membres de la Mars Society. Cette motivation est, comme l'illustrent les citations en exergue ci-dessus, notamment l'une de celles qui justifiaient la mission vers Mars dépeinte dans la série *Mars*. De plus, établir une colonie sur Mars pour diminuer les chances d'une extinction de masse est, nous l'avons vu, la raison d'être de SpaceX et la principale motivation de Musk :

Either we're [...] gonna become a multi-planet species and a space-faring civilization, or we're gonna be stuck on one planet until some eventual extinction event. In order for me to be excited and inspired about the future, it's gotta be the first option. It's gotta be "we're gonna be a space-faring civilization". (Musk dans Gout, 2016, épisode 1)

La crainte de voir l'humanité s'éteindre est fréquemment évoquée par les terraformateurs dans les discours que nous avons analysés. Elle ressort principalement lorsqu'ils justifient le bien-fondé de leur projet d'ingénierie. Ils présentent alors la terraformation de la planète Mars comme étant

⁸⁹ Expression utilisée par Oberg (1981, p. 20).

⁹⁰ Voir 1.3.

une bouée de sauvetage en cas de catastrophe sur Terre (Beech, 2008b ; Clarke, 1994 ; Birch, 1992 ; Oberg, 1981 ; Fogg, 1993b, 1995b, 2000 ; Petranek, 2015a, 2015b, 2015c ; Smith, 1993 ; Cathcart, 1998a, 1998b ; Pinson, 2002 ; Mallove, 1984 ; McKay, 1982a ; Haynes et McKay, 1992 ; Munévar, 2019 ; Schwartz, 2011, 2013 ; Zubrin, 1995, 2019b ; Mansfield, 2018 ; Potter, 1994, 2000 ; Alexandrov, 2016 ; Parks cité dans Auerbach, 1969 ; Wood cité dans Achenbach, 1998⁹¹). Autrement dit, ils perçoivent la planète rouge comme un refuge pour l'espèce humaine et, plus largement, la vie en tant que telle. La création d'une deuxième planète habitable est alors envisagée comme « *an important step in securing the future survival of our species* » (Mansfield, 2018, p. 348). Les événements catastrophiques potentiels qu'ils invoquent et qui justifient leur projet sont variés autant dans leur type (cosmique, environnemental, social, géopolitique, etc.) que dans leur temporalité (ce siècle-ci, le siècle prochain, le prochain millénaire, dans un million d'années, etc.). Les extraits ci-dessous illustrent cette vision de la terraformation en tant que moyen pouvant assurer la survie des humains, mais aussi la continuité de la vie en tant que telle :

A salubrious Mars, even if implanted only with microorganisms, would provide a refuge for life of some kind in the solar system in the event of prolonged nuclear winter or other global catastrophes on Earth. (Haynes et McKay, 1992, p. 139)

Another benefit [of a terraformed Mars] would be the so called “Heinleinian egg-basket”: Mars could insure the survival of terrestrial life-forms if or when we destroy the Earth – a sort of cosmic Noah’s ark. (McKay, 1982a, p. 313)

An outpost of human life on Mars would be the ultimate insurance policy for the continuity of our race. Planetary disasters – asteroids crashing into the Earth, nuclear winters, and environmental troubles unforeseen – could perhaps then not still the last human beings. (Mallove, 1984, p. F2)

We have an obligation to colonize outer space. This colonization may include establishing bases on the Moon, Mars, and other bodies in the solar system, perhaps leading to terraforming some of them, as well as building the sorts of space colonies championed by Gerard O’Neill. By doing so we may save humanity from collisions with asteroids and other cosmic catastrophes [...]. (Munévar, 2019, p. 38)

⁹¹ Cette liste n'inclut que les discours que nous avons analysés dans le cadre de ce mémoire. L'argument du plan b lorsqu'il est question de terraformation est évoqué dans un nombre incalculable d'articles de journaux parus ailleurs qu'aux États-Unis, de livres et chapitres de livre, de documentaires, de balados, de conférences, etc.

What if civilization on Earth collapses? Only if Mars has a breathable atmosphere can we count it as making humanity significantly safer. (Mansfield, 2018, p. 353)

Terraforming [...] may also be conducted as a precaution against the possibility of a catastrophe that might otherwise threaten the survival of Mankind. [...] Although the prospects for a universal and irreversible collapse of civilization appear remote, it would nevertheless be wise to provide for a moderate number of terraformed planets, as a safety net. (Birch, 1992, p. 331)

Earth may be the only place in the universe where life has developed. If this is true, then it is imperative that we ensure life's survival. Life will have a better chance of surviving if it exists on a broader scale; one planet is too small. A stray comet or asteroid could annihilate the work of billions of years of evolution in a single moment. [...] Therefore, total annihilation of all terrestrial life can only be avoided by expanding beyond our original planet. [...] So should we terraform Mars? It is required of us. (Pinson, 2002, p. 11341)

Would [terraforming Mars and space settlement] be to the betterment of life as a whole? Here, we can reply with a certain *yes*. Life is a phenomenon at least 3.8 billion years old with no intrinsic expiry date. Yet our Solar System is middle aged and the Sun's fiery senescence will ensure that the Earth will not remain habitable indefinitely. Total extinction of terrestrial life can thus only ultimately be avoided by vacating our planet for a more benevolent locale elsewhere in the cosmos. (Fogg, 2000, p. 209)

Why the heck should we do this? [...] We are incredibly vulnerable to the whims of our own galaxy. A single, large asteroid could take us out forever. To survive we have to reach beyond the home planet. Think what a tragedy it would be if all that humans have accomplished were suddenly obliterated. [...] Most importantly, [the terraformation and colonization of Mars] will make us a spacefaring species. And that means humans will survive no matter what happens on Earth. We will never be the last of our kind. (Petranek, 2015c)

La terraformation, à leurs yeux, réduit considérablement la perspective d'une extinction de masse puisqu'elle assure la survie d'une partie de l'humanité ailleurs dans l'éventualité d'une catastrophe sur Terre. Les terraformateurs suggèrent que nous deviendrons « *a whole lot more secure instead of metaphorically keeping all our eggs in one basket* » (Mansfield, 2018, p. 352). Le calcul à partir duquel ils en arrivent à cette conclusion est simple : « *[multiple] planetary biospheres are better than one* » (Fogg, 1993b, p. 15). D'ailleurs, le simple fait d'essayer de rendre l'environnement martien habitable est, pour eux, préférable à l'inaction. Ils admettent qu'il est possible que l'humanité échoue, voire même qu'elle soit décimée en tentant d'y arriver. Néanmoins, cette perspective est, comme les passages suivants l'illustrent, préférable à leur avis puisque la disparition de la vie terrestre est assurée si nous nous résignons à rester sur Terre en

raison de la mort éventuelle du Soleil alors que la terraformation offre, minimalement, une lueur d'espoir d'échapper à ce sort:

Our attempts to spread life to Mars may prove a disaster and even fatal to life on earth. We may create a new bacteria or virus that would kill all humans and maybe even most life. In the face of imminent destruction by the growth of the sun, this seems to still be the better option. We must at least try; to not do so will definitely result in failure. (Pinson, 2002, p. 11341)

It is a straightforward argument that if we remain earthbound as a species, extinction is a certainty. If nothing else, we could wait for the Sun to engulf Earth in five billion years' time. (Mansfield, 2018, p. 350)

[...] humans will become extinct if we do not reach beyond Earth. (Petranek, 2015a, p. 19)

[...] our choice is the universe or nothing. For failure to move into the cosmos would condemn us to oblivion. (Munévar, 2019, p. 40)

Failure, even in the case of terraforming, would provide valuable lessons for biologists, geophysicists, and climatologists and would leave humanity better prepared to terraform other worlds – something that humans surely must do if they are to seek out new places to live before the burnout of Earth's sun. (Schwartz, 2013, p. 25)

L'idée de risque existentiel est inhérente au projet dans la mesure où éviter l'extinction de l'humanité est sa raison d'être. À ce titre, ses promoteurs ont un argument de taille pour tenter de convaincre les autres de l'importance de nous disperser dans l'espace pour survivre : l'extinction Crétacé-Paléogène survenue il y a environ 65 millions d'années. À ce moment précis de l'histoire de la Terre, de nombreuses formes de vie se sont éteintes à la suite de ce qui semble être l'impact d'un astéroïde. Pour les terraformateurs, les dinosaures n'ont pas survécu à cette catastrophe pour la simple et bonne raison qu'ils n'avaient pas de programme spatial. Ne pouvant quitter la Terre, ceux-ci étaient voués à l'extinction :

We should remember the dinosaurs; they could do nothing to avert their fate. But as our space technology matures, we will acquire the power to divert the Hammer of God – when, inevitably, it strikes again. (Clarke, 1994, p. A15)

Humans are the dominant species here on planet Earth, but so were the dinosaurs or the trilobites or the Ediacaran “mattresses” that appear to have been the first such species on our

planet. The stark truth is every other species that once ruled the world is nowadays consigned to the fossil record, unless it has disappeared even from there. (Mansfield, 2018, p. 350)

Les dinosaures ont disparu de la surface de la Terre, car ils n'avaient pas de plan(ète) B. La terraformation de la planète Mars offre, d'après les terraformateurs, un tel plan à l'humanité. Ce projet d'ingénierie planétaire est fréquemment présenté comme une police d'assurance (*insurance policy*), une planète de secours (*backup planet*) ou un filet de sécurité (*safety net*). Mckay, nous l'avons vue, le présente comme une Arche de Noé cosmique (1982a, p. 313). Pour Fogg, une planète terraformée consisterait en un « *refugia over long time scales* » (1995b, p. 478) pour l'espèce humaine. Dans tous les cas, indépendamment du qualificatif qu'ils utilisent, il est possible de dire que les arguments que les terraformateurs soulèvent pour justifier le bien-fondé de la terraformation s'apparentent à la règle du *Maxipok* théorisée par Bostrom et qui suggère que nous devrions agir collectivement « *[to] maximize the probability of an okay outcome, where an "okay outcome" is any outcome that avoids existential disaster* » (Bostrom, 2002).

Pour certains terraformateurs, les risques existentiels ne se limitent pas à ce qui est visible. C'est notamment le cas de Zubrin (2019b) qui est d'avis que l'humanité ne devrait pas uniquement craindre que le ciel lui tombe sur la tête. À son avis, une menace idéologique bien plus pressante serait actuellement présente dans nos sociétés, soit l'idée de la finitude des ressources :

Human civilization currently faces many serious dangers. The most immediate catastrophic threat, however, does not come from environmental degradation, resource depletion, or even asteroidal impact. It comes from *bad ideas*. Ideas have consequences. Bad ideas can have really bad consequences. The worst idea that has ever been is that the total amount of potential resources is fixed. It is a catastrophic idea, because it sets all against all. The truth is this: off-Earth resources in space are virtually limitless. (Zubrin, 2019b, p. 310)

Pour Zubrin, cette idée mènerait inévitablement à des guerres et de la souffrance puisque les nations chercheraient par tous les moyens à accaparer le plus de ressources possible. De plus, dans un monde perçu comme étant limité, les idées de grandeur et les aspirations des humains seraient nécessairement écrasées, et ce, dans le but de préserver les ressources. L'anticipation du jour où la planète sera surpeuplée est ce qui alimente cette idée. Pourtant, selon Zubrin, il s'agit d'un mythe puisque les ressources présentes dans l'espace seraient virtuellement illimitées. Ainsi, il faudrait collectivement travailler à coloniser le cosmos pour nier cette idée et cesser les ravages

qu'elle engendre. Ce n'est qu'en percevant les ressources comme étant infinies et à notre portée si nous unissons nos efforts pour aller les chercher que nous pourrions éviter d'éventuels conflits et sauver l'humanité d'elle-même (2019b, p. 310-316).

Les terraformateurs admettent que les risques existentiels d'origine anthropique sont ceux ayant le plus de chance d'exterminer l'humanité à court terme. Les risques environnementaux, dont la possibilité est amplifiée dans certains cas par l'action humaine, sont, eux aussi, fréquemment soulevés pour légitimer le projet de terraformation de la planète Mars. À cet effet, Mansfield souligne :

[...] that the next two-to-three centuries will prove the most dangerous epoch for our species [and] that there will be a significant per-century risk of extinction because we have created the means to destroy ourselves without the mechanisms to prevent this happening. (2018, p. 350)

Comme certains extraits ci-dessus le montrent, les risques cosmiques sont, certes, considérés par les terraformateurs comme des potentialités lointaines, mais la gravité de leur conséquence est telle qu'ils devraient justifier à eux seuls le rassemblement immédiat de l'humanité derrière le projet de rendre habitable d'autres mondes pour assurer sa survie. En effet, disent-ils, il restera toujours la possibilité d'une collision avec un astéroïde et l'inévitable mort du soleil même si nous arrivons à régler les problèmes sur Terre alors il est impératif de s'établir ailleurs dans l'espace.

Créer un monde habitable vers lequel nous pourrions aller pour augmenter les chances de survie de l'humanité est un projet d'envergure qui, s'il est entrepris, risque de s'échelonner sur plusieurs milliers d'années. Ainsi, face aux risques existentiels qui pointent à l'horizon, les promoteurs de la terraformation sont d'avis qu'il faudrait l'entamer le plus rapidement possible avant que la fenêtre d'opportunité se referme. Ils affirment qu'il vaudrait mieux commencer dès maintenant et non pas attendre de détecter un astéroïde qui se dirigerait tout droit vers la Terre. Les extraits suivants résument bien l'empressement de certains terraformateurs :

We must be aggressive and act now, for every year counts. (Pinson, 2002, p. 11340)

The timescales for terraforming and for when existential risk will be greatest make the argument for the urgent need to colonize the solar system. The sooner we begin a terraforming process, the more valuable it will prove as an insurance policy. (Mansfield, 2018, p. 350)

La liste de risques est longue et témoigne de l'urgence d'agir qui les motive. À ce titre, le tableau 4.1 recense l'ensemble des menaces existentielles évoquées dans le corpus de discours que nous avons étudié.

Tableau 4.1 Classification des risques existentiels soulevés par les terraformateurs selon leur origine

Anthropique	Environnementale	Cosmique
<p>Surpopulation (Beech, 2008b ; Petranek, 2015a ; Cathcart, 1998b ; Schwartz, 2011 ; Zubrin, 1995 ; Mansfield, 2018 ; Potter, 1994, 2000 ; Parks cité dans Auerbach, 1969 ; Sagan, 2000)</p> <p>Épuisement des ressources et famine (Petranek, 2015a ; Smith, 1993 ; Schwartz, 2011)</p> <p>Fausse idée de la finitude des ressources et limitation des aspirations (Zubrin, 1995, 2019b)</p> <p>Inaction politique pour permettre la colonisation de l'espace et législation l'empêchant (Mansfield, 2018)</p> <p>Guerre, terrorisme et conflit politique (Smith, 1993 ; Cathcart, 1991, 1998a, 1998b ; Schwartz, 2011 ; Mansfield, 2018)</p> <p>Catastrophe nucléaire + (Fogg, 1993b, 1995b ; Petranek, 2015a ; Cathcart, 1991, 1998a ; Haynes et McKay, 1992 ; Schwartz, 2011 ; Mallove, 1984 ; Mansfield, 2018)</p> <p>Accidents liés à un développement technologique (Mansfield, 2018)</p> <p>Changements climatiques (Petranek, 2015a ; Mansfield, 2018 ; Fogg, 1993b ; Cathcart, 1991, 1998a ; Potter, 1994, 2000 ; Mallove, 1984)</p>	<p>Catastrophe naturelle : Éruption volcanique, tremblement de terre, tsunami, tempête (Smith, 1993)</p> <p>Ère glaciale (Oberg, 1981 ; Smith, 1993)</p> <p>Variation du champ magnétique (Oberg, 1981)</p> <p>Épidémie * (Smith, 1993 ; Schwartz, 2011 ; Mansfield, 2018)</p> <p>* : Une épidémie peut aussi être d'origine anthropique. + : Une catastrophe nucléaire peut également être une conséquence indirecte d'une catastrophe environnementale (ex. : un tremblement de terre).</p>	<p>Impact d'astéroïde, de comète ou d'objet cosmique quelconque (Oberg, 1981 ; Fogg, 1993b, 1995b ; Petranek, 2015a, 2015c ; Smith, 1993 ; Cathcart, 1991, 1998a ; Pinson 2002 ; Schwartz, 2011, 2013 ; Munévar, 2019 ; Clarke, 1994 ; Mallove, 1984 ; Mansfield, 2018)</p> <p>Mort du soleil (Beech, 2008b ; Oberg, 1981 ; Fogg, 1995b, 2000 ; Petranek, 2015a, 2015b ; Pinson, 2002 ; Schwartz, 2011, 2013 ; Mallove, 1986 ; Mansfield, 2018 ; Munévar, 2019)</p> <p>Perturbation du système solaire par l'intrusion d'un objet libre de masse planétaire (Rogue planet) (Munévar, 2019)</p> <p>Nuage de poussières galactiques (Oberg, 1981)</p> <p>Intensification du flux de radiation cosmique atteignant la Terre par l'apparition d'une supernova près de notre système solaire (Oberg, 1981)</p>

Qu'ils soient imminents (changements climatiques) ou fort lointains (mort du soleil), l'ensemble de ces risques existentiels nécessitent à leurs yeux que les démarches en vue de la terraformation de la planète Mars soient entreprises le plus rapidement et prochainement possible. En ce qui concerne les menaces les plus pressantes, leur raisonnement est le suivant : *plus vite l'humanité entame un processus de terraformation, plus vite elle pourra devenir une espèce multiplanétaire et, conséquemment, éviter sa disparition en cas de catastrophe sur Terre*. Dans le cas des risques situés dans un horizon temporel de l'ordre de plusieurs milliards d'années, leur raisonnement est essentiellement le même, mais s'inscrit dans un projet hautement plus futuriste considérant les technologies et les connaissances à notre disposition actuellement : *plus vite l'humanité entame un processus de terraformation, plus vite elle maîtrisera l'art de rendre des mondes habitables, plus vite elle pourra répéter le projet sur d'autres planètes ici comme ailleurs dans la Voie lactée et, conséquemment, éviter sa disparition en cas de catastrophe dans notre système solaire*. Le futur désirable qu'ils envisagent en est donc un où le risque que l'espèce humaine soit anéantie est réduit au maximum grâce à son dispersement, d'abord, sur Mars et puis ailleurs dans l'Univers.

Ce dernier point est important pour bien comprendre l'imaginaire sociotechnique et l'ambition des terraformateurs. Le futur multiplanétaire qu'ils suggèrent et souhaitent pour l'humanité est, en fait, le premier stade à franchir en vue d'atteindre l'ultime futur qu'ils désirent, soit un futur interstellaire. Cette perspective est motivée par la mort inévitable du soleil qui entrainera la Terre avec lui : « *The Earth's biosphere, and perhaps the planet itself, is doomed to destruction by a natural process – the aging of the Sun* » (Fogg, 1990, p. 53). Le destin du Soleil est loin de faire basculer les terraformateurs dans un fatalisme. En fait, l'analyse de leurs discours suggère tout le contraire. Ces derniers affichent ouvertement leur techno-optimisme. Ils ont grandement confiance envers les développements futurs de la science et les technologies de même qu'envers les possibilités qu'elles ouvriront pour l'humanité. Cet optimisme est ce qui les mène à affirmer que la terraformation et la colonisation de Mars vont se concrétiser et que nous aurons, à terme, les moyens de reproduire le procédé ailleurs dans l'espace. La transformation de l'environnement

martien en une oasis pour l'espèce humaine afin d'assurer sa survie à court et moyen terme⁹² n'est donc pas une fin en soi pour les terraformateurs. Dans leur imaginaire, il ne s'agit que de la première étape en vue de la colonisation du cosmos. Le passage suivant tiré d'un article scientifique de Beech est, à ce titre, très évocateur du futur qu'ils souhaitent pour l'humanité :

The projects that a future planetary engineer might undertake within our solar system are nearly endless, but they will presumably begin with the terraforming of Mars and Venus, leading to more advanced projects such as the extensive mining of Mercury, Pluto, and the Jovian moons to provide the raw material for the construction of massive space structures capable of supporting industrial complexes as well as permanent living quarters. [...] While the first planetary engineering projects in our solar system will likely be initiated to accommodate continued human population growth and industrial expansion, other projects will be more central to the long-term survival of the human species. Indeed, as the Sun ages and grows ever more luminous a deadly problem arises for the Earth (as well as for terraformed Venus and Mars). Literally, the inner planets will become too hot for life to survive (Beech, 2008b, p. 43).

Les discours que nous avons analysés montrent bien que la terraformation de la planète Mars s'inscrit dans une stratégie visant à étendre la présence de l'humanité ailleurs dans l'Univers. Ce projet d'ingénierie planétaire et la colonisation qui doit s'en suivre ne sont, pour ses promoteurs, que les premiers jalons d'une vaste entreprise de colonisation interstellaire visant à assurer la pérennité de l'espèce humaine. Cette ambition, loin d'être cachée par les terraformateurs, est formulée explicitement dans leurs propos. Le titre d'un article de Fogg ne saurait être plus clair : « *Terraforming, as Part of a Strategy for Interstellar Colonisation* » (1991a). Pour le dire ainsi, ils considèrent que le destin de l'humanité est – à long terme – ailleurs, loin de la Terre et des nombreuses catastrophes qui risquent inévitablement de s'y produire. La terraformation de Mars n'est que la solution à court terme, une pratique en vue de répéter l'expérience ailleurs dans l'Univers. En nous permettant d'éviter l'extinction, la terraformation et la colonisation de la planète rouge nous accordent du temps supplémentaire afin de développer les technologies nécessaires à ce que nous devenions une civilisation interstellaire. Les extraits suivants s'inscrivent dans la lignée des propos de Beech présentés ci-dessus et illustrent que la

⁹² Ici, « court » et « moyen » veulent dire des centaines et des milliers d'années. Considérant que le déclin du soleil risque de commencer à avoir des conséquences sur les conditions de vie de la Terre dans plus d'un milliard d'années, « moyen » peut – dans ce cas précis – signifier des millions d'années.

terraformation de la planète Mars est pensée comme faisant partie d'une stratégie de migration interstellaire :

The short-term goal might be to colonize the red planet, but one reason for that is it will be a stepping stone, our first of many, to becoming fully multiplanetary, ultimately having humanity's descendants becoming intergalactic civilizations. (Mansfield, 2018, p. 350)

The sun will one day burn out, in the process rendering Earth, along with the rest of the solar system, uninhabitable. Pursuing interstellar colonization is the only way of securing a permanent source of habitable environments. (Schwartz, 2011, p. 76)

Mars is the decisive step in humanity's outward migration into space. (Zubrin, 2019b, p. 305)

Humans are the stewards and carriers of terrestrial life, and as we spread out, first to Mars, and then to the nearby stars, we must and shall bring life to many worlds, and many worlds to life. (Zubrin, 2019b, p. 310)

When these rockets land on Mars in the near future, it will be far more than a great moment for exploration. It will be nothing less than an insurance policy for humanity. There are real threats to the continuation of the human race on Earth, including our failure to save the home planet from ecological destruction and the possibility of nuclear war. Collision with a single asteroid could eliminate most life, and eventually our own sun will enlarge and destroy Earth. Long before that happens, we must become a spacefaring species, capable of living not only on another planet but ultimately in other solar systems. The first humans who emigrate to Mars are our best hope for the survival of our species. [...] They can preserve the collective wisdom and achievement of humanity even if those of us back on Earth are annihilated. (Petranek, 2015a, p. 5-6)

All this may seem like a lot, but consider that, in a billion years, our sun will begin to die and expand, consuming Earth and threatening Mars. [...] At some point, we will need to become a truly space-faring species and find an Earth-like home in a completely different solar system. Mars is practice. (Petranek, 2015b)

Unfortunately, even our Sun won't shine benignly forever. It has been fusing its hydrogen into helium for nearly five billion years, providing energy for earthly life for much of that time. But about five billion years hence, with its fuel reserves dwindling, the sun will enter a so-called "red giant" phase. Its bloated body will extend beyond the orbit of Earth. No matter how good our engineering, that probably will be the high-water mark for the intelligence remaining in the solar system. If by then it has not already done so, life may have to abandon its now malevolent home. (Mallove, 1986, p. C03)

L'idée de risque existentiel est au cœur de leur imaginaire sociotechnique. Il s'agit de la principale trame narrative qu'ils construisent et diffusent pour mettre de l'avant le futur qu'ils souhaitent voir advenir. Pour eux, nous sommes présentement « *in a climate of existential risks* » (Mansfield, 2018, p. 348) qui nous oblige à envisager des solutions. Rehausser le sentiment d'appartenance et la motivation des générations à venir via un renouveau du mythe de la frontière est, certes, très présent dans leurs discours. Toutefois, leur argument ultime pour justifier la terraformation est définitivement la survie de l'espèce humaine. Ce pan de leur imaginaire peut sembler, de prime abord, pessimiste ou, du moins, contraire à la confiance en un avenir radieux qui est le propre du mythe du progrès. En fait, comme nous l'avons soulevé, ce récit catastrophiste de la menace existentielle est profondément lié à un récit optimiste du dispersement de l'humanité dans l'espace permis par l'ultime *technofix*: la terraformation. Ceci fait écho au propos de Jasanoff au sujet de la réciprocité qui existe entre un volet positif et un volet négatif au sein des imaginaires sociotechniques. Pour elle, il est évident que la vision collectivement partagée d'un futur désirable est jointe d'une crainte également partagée des préjudices qui pourraient découler de l'impossibilité à innover et, conséquemment, d'atteindre le futur tant espéré (Jasanoff, 2015a, p. 4-5). Ainsi, dans le cas des terraformateurs, le volet positif de leur imaginaire sociotechnique consiste en l'avènement d'une espèce interstellaire grâce à la terraformation de la planète Mars alors que le volet négatif se résume à l'extinction éventuelle de l'humanité engendrée par l'échec des multiples projets de colonisation spatiale ou le refus pur et simple de terraformer d'autres corps célestes dans le but d'établir des colonies humaines ailleurs dans le cosmos. Cette dichotomie avait, d'ailleurs, aussi été répertoriée dans l'imaginaire extraplanétaire de SpaceX, de ses proches collaborateurs, de ses supporteurs et de ses semblables de la Silicon Valley (Tutton, 2020). Venant de présenter ce dernier volet, nous dirigerons notre attention vers l'autre dans la prochaine section.

4.2.3 *Engineering these inevitable events out of the human future*⁹³ : La terraformation de la planète Mars envisagée comme ultime *technofix*

SpaceX's primary mission is absolutely to make life interplanetary.
We can explore the universe, we can put a colony on Mars.
People can be interplanetary and it's just an engineering problem
like any other. It just takes a group of people who care a lot,
and are happy to work really hard to make that happen.

Shana Diez, directrice et ingénieure chez SpaceX
(*Mars* Saison 1 – Épisode 1)

Dans l'imaginaire sociotechnique des terraformateurs, le projet de rendre habitable l'environnement martien est pensé favorablement comme une *technofix*. En effet, la terraformation est présentée par ses promoteurs comme une solution technique possible aux différents scénarios apocalyptiques qui menacent la survie de l'humanité. En permettant à l'espèce humaine de vivre à plus d'un endroit dans le système solaire et potentiellement ailleurs, la terraformation réduirait drastiquement les probabilités qu'une catastrophe environnementale, cosmique ou d'origine humaine puisse l'anéantir complètement. Devant cet avantage, Potter va même jusqu'à qualifier ce projet d'ingénierie planétaire de « *ultimate technological option* » (1994, p. 1).

L'espèce humaine fait face à plusieurs risques existentiels. Toutefois, à court terme, il est admis que ce sont les changements climatiques qui constituent la plus grande menace pour nos sociétés (GIEC, 2015). Comme nous l'avons préalablement soulevé, il ne fait plus de doute que la cause de ces changements est d'origine anthropique (Crutzen, 2007 ; Bonneuil, 2017). L'activité humaine (mode de production, consommation, guerre, etc.) est ce qui bouleverse le climat de la Terre. Bien que nous en ressentions déjà les conséquences, ceci ne constitue que la pointe de l'iceberg dans la mesure où les effets dévastateurs des changements climatiques auront de plus en plus de répercussions sur nos sociétés au fil des années. À ce titre, les terraformateurs s'entendent pour dire qu'il faudrait, collectivement, œuvrer à la protection de la Terre puisque le *statu quo* ne ferait qu'accélérer la course de l'humanité vers sa perte. Néanmoins, les efforts en ce sens ne

⁹³ Expression utilisée par Fogg (1995b, p. 187).

sauraient suffire à eux seuls à nous assurer un avenir radieux, selon eux. C'est dans cette optique qu'ils affirment que la lutte aux changements climatiques doit impérativement être jumelée à un projet de colonisation spatiale, seule solution technique qui, à leur avis, nous offre une échappatoire dans l'éventualité que les choses ne se déroulent pas comme prévu sur Terre ou qu'une catastrophe cosmique survienne :

I am no advocate for continued population growth, the exploitation of resources or the loss of further biodiversity. Pollution must be curtailed to the minimum, and the impacts of the human race on this planet must be reversed to make a positive rather than a negative and adverse contribution. But, I suspect I am a technological optimist. If life on Earth should become totally impracticable, that is, if we attain the ultimate in global misuse and destruction, and if our foolhardy behaviour virtually destroys our planetary ecosystems, there will still remain a technological escape option. That option would be, of course, to take flight, by moving base to another planet. (Potter, 1994, p. 1)

Autrement dit, bien qu'ils aient à cœur le sort de notre planète, force est de constater à la lecture de leurs discours qu'ils préfèrent davantage la perspective d'une solution de secours à l'idée de changer profondément le fonctionnement de nos sociétés afin de limiter drastiquement notre empreinte écologique. En ce sens, les terraformateurs sont d'avis qu'il est préférable et plus simple de résoudre un problème social (les changements climatiques) par l'utilisation de la technologie (terraformation) sans s'atteler à la tâche de changer les dynamiques et les comportements sociaux qui l'occasionnent. Ceci rejoint les propos de Weinberg (1978) pour qui l'efficacité de la technique à régler des enjeux sociaux est supérieure à celle des solutions dites « sociales » (ex. : campagne de sensibilisation, changement législatif, etc.). Tout comme ce dernier, les promoteurs de la terraformation vantent l'application de principes scientifiques et d'ingénieries pour résoudre des problèmes qui ne le sont pas.

Dans l'imaginaire sociotechnique des terraformateurs, les changements climatiques et les autres risques existentiels sont envisagés comme de simples problèmes techniques ou – pour reprendre l'expression employée dans le premier extrait situé au début de cette section – comme des *engineering problems like any other*. Ils réduisent ces enjeux complexes à une seule et même cause précise sur laquelle ils affirment que nous avons la capacité d'agir par la technique, soit *l'isolement de l'humanité sur la Terre*. En écartant les causes réelles de leur argumentaire, il devient évident à leurs yeux que seule la technique est à même de surmonter les risques auxquels

nous serons confrontés. La terraformation de Mars est, pour ses promoteurs, la panacée : *L'humanité ne peut plus vivre sur Terre après en avoir détruit l'environnement ? Un énorme astéroïde se dirige tout droit vers notre planète ? Un gouvernement menace de larguer des milliers de bombes nucléaires partout sur le globe ? La Terre devient surpeuplée ? Une nouvelle ère glaciaire s'amorce sur Terre ?* Dans tous les cas, une planète de rechange serait prête à recevoir des humains. Bref, pour les terraformateurs, seul un projet de terraformation de la planète Mars s'inscrivant dans une stratégie de colonisation interstellaire permet de disperser efficacement l'humanité et, donc, de résoudre son isolement. Nous devrions mener à terme ce projet d'ingénierie planétaire puisqu'il serait l'unique véritable solution à l'urgence climatique dans la mesure où lui seul offrirait une solution globale permettant d'éviter l'extinction de l'humanité. Les prochains extraits illustrent ce qui précède :

For the first time in history, an exceptionally long-term technological fix (Mars Worldhouse) has been devised, a moderately sketched blueprint drawn to alleviate a potentially overcrowded global Nature's overlying future high level of civilization-wide stress and Earthly geopolitical crisis. (Cathcart, 1998b, p. 129)

Earth can only sustain a limited human population for a relatively short period (compared with the potential lifespan of the Universe). Over trillions of years the Universe will be able to sustain unimaginably large numbers of humans should we successfully manage a programme of expansion and colonization, meaning far more good can be achieved. (Mansfield, 2018, p. 350)

Once a society is established on two or more different planetary bodies the immediate risk of extinction reduces dramatically. For instance, it is not just that an asteroid might bash into one of those bodies but not the other, but in developing the capability to colonize other worlds we also develop the capability to prevent asteroid impacts. A nuclear war might wipe humanity from the face of the Earth, but if there were humans living on Mars or in the asteroid belt, or on the Jovian or Saturnian moons, then we would go on, hopefully having learnt a salutary lesson. The same goes for biological warfare, or some terrible pandemic that we cannot control. Two looks not just better than one but a lot better. If there were two independent biospheres in our own solar system then the size of the p_{IG} term, the probability of us going on from here to become an intergalactic civilization, is not doubled – it is increased by orders of magnitude because of the very significant reduction in our existential risk. And also because of the platform it gives us to extend beyond. (Mansfield, 2018, p. 351-352)

Whether those of us living today will experience such catastrophes, eventually our descendants will be thankful to us for creating [...] the technology to prevent disaster. There can hardly be a better reason than the preservation of life, and perhaps the survival of the species, to establish the importance of colonizing space. (Munévar, 2019, p. 39)

This determination that Mars must be made humanly habitable implies a willingness to make use of whatever technological solutions are available to provide an environment in which the conditions necessary for the establishment and perpetuation of a planetary civilization can exist and survive beyond the confines of the Earth. (Taylor, 2001, p. 241)

Comme nous l'avons vu, ce projet d'ingénierie et la phase de colonisation qui doit s'en suivre sont envisagés positivement par les terraformateurs comme une étape cruciale dans le but d'établir les humains aux quatre coins du système solaire et puis, ultimement, de l'Univers. Ce dispersément rendu possible par la technique est, d'après eux, la seule manière d'assurer la pérennité de l'espèce – seule la technique est pensée comme étant à même de mettre fin à notre confinement. Comme le souligne Pinson : « *At some point, humanity's need to survive will force us to go to other planets, thus requiring technology* » (2002, p. 11339). Bref, c'est essentiellement en permettant à l'humanité de devenir une espèce multiplanétaire que la terraformation de la planète Mars règle le problème de l'isolement :

Indeed, terraforming Mars may be our first firm step toward making humans and their associated life forms a multiplanet phenomenon. (McKay, 1998, p. 48)

In explaining the goals of his companies, he says, "Tesla and SolarCity are about trying to solve the world's most important terrestrial problem, which is sustainable energy, and SpaceX is solving the problem of the millennium, which is making life multiplanetary." (Musk cité dans Hoffman, 2011)

"Humanity will be confined to Earth unless someone invents a reusable rocket," he says. "That is the pivotal innovation to make life multiplanetary. I've been pacing around the house at 3 a.m. trying to figure out how to make the F9 reusable [...] and I think I have." (Musk cité dans Hoffman, 2011)

L'apport de la terraformation de la planète Mars dans la sécurisation de l'avenir de l'humanité ne se situe, toutefois, pas uniquement dans la fabrication d'une planète de secours. En fait, l'apport serait double pour les terraformateurs. En plus de la transformation de l'environnement martien en une oasis vers laquelle les humains pourraient s'y réfugier, ce projet d'ingénierie planétaire offrirait aux scientifiques un bagage de connaissances concernant la gestion de l'environnement terrestre. Il est suggéré qu'en modifiant et en contrôlant les paramètres de la planète rouge, nous apprendrons à mieux « gérer » et prendre soin de la Terre. Ainsi, les terraformateurs sont d'avis que ce n'est qu'en étudiant le fonctionnement de l'environnement martien et en le terraformant

que nous en arriverons à régler les problèmes environnementaux de notre planète – ce que nous apprendrons nous permettrait de sauver la Terre. Bref, sans être directement la solution technique qui serait appliquée ici pour corriger les impacts environnementaux de l’humanité, la terraformation servirait à peaufiner les moyens techniques développés en ce sens par les savoirs environnementaux et techniques qui en découleraient :

Stabilization of the climate of the Earth will be necessary [...] and may benefit from studies, and possibly limited experiments, concerning modification of other planets. (Smith, 1992, p. 612)

Moreover, in the process of modifying Mars, they are certain to learn much more about how planets really function and evolve, enough perhaps to assure wise management for our native planet. (Zubrin et McKay, 1997 , p. 92)

What effect would a terraformed Mars have on Earth? Probably profound. The study of such a process would undoubtedly teach us quite a bit about how habitable planetary systems work, or perhaps do not work. Furthermore, such information might be essential in saving Earth from what could be our already in-progress de-terraforming efforts. The techniques of terraforming may also prove useful in reclaiming vast areas of Earth which are currently uninhabitable. (McKay, 1982a, p. 313)

Much of the research involved would be highly relevant to environmental problems on Earth and the understanding of its biosphere. It can be argued that we will not understand the development and ‘physiology’ of Earth’s biosphere until we have at least attempted to design and construct another one. [...] On the basis of what we do know at present about the physical, chemical and environmental conditions on the surface of Mars, a serious feasibility study of [terraforming] during the next century would not be a quixotic undertaking. It certainly would generate a great wealth of new scientific and technical knowledge. Much of this information also would be relevant to understanding Earth’s biosphere. It could provide the basis for planetary scale engineering projects that might someday be needed to avoid or ameliorate the more serious kinds of environmental trauma caused by high rates of human population growth and energy consumption. (Haynes et McKay, 1992, p. 139)

[...] environmentalists maintain that we should focus on learning more about Earth and Earth’s ecosystems before spending large sums of money and expending much effort researching other planets (to say nothing about attempting to construct a whole new ecosystem on another planet). I argue that this tension is misplaced, and that the human exploration of space has much to contribute to our environmental education. It stands to reason that, by terraforming another planet, humans would learn something about the proper management of Earth’s ecosystem. This, in turn, motivates my initial assessment that terraforming is morally recommended. (Schwartz, 2013, p. 2)

The scientific knowledge gained by studying the ways in which a biosphere could be introduced on Mars may inform us as to the preservation of the one on Earth. (McKay, 1993, p. 19)

Doing so will enable us to increase our knowledge of the universe, and particularly of planetary science, which would then permit a wiser approach to our own planet. (Munévar, 2019, p. 38)

Dans le même ordre d'idée, Smith suggère que la terraformation nous permettra d'acquérir une expertise que nous pourrons mobiliser pour être en mesure de survivre à la prochaine ère glaciaire sur Terre :

Meanwhile the present Interglacial period will be drawing to its end. Those on Earth at that time will understand the climatic and ecological effects of deliberate warming, and if it can lead to disasters, will know about them and how to avoid them. A civilised, industrialised Solar System will have had enormous power available for a long time but it will be because of terraforming experience elsewhere that they will be confident in applying it. (Smith, 1993, p. 309)

Toutefois, la terraformation et la colonisation de Mars qui lui est liée ne sont pas présentées uniquement comme des solutions techniques *directes* aux risques existentiels. À vrai dire, ses promoteurs suggèrent qu'elles seraient en mesure de régler un ensemble d'autres problématiques sociales qui, à terme, peuvent représenter une menace pour la survie de l'humanité. Par exemple, Sagan est d'avis qu'un tel projet, s'il est mené conjointement par des puissances mondiales, serait en mesure d'apaiser les tensions et de montrer à l'humanité que nous dépendons l'un de l'autre. Entreprendre une mission internationale vers Mars est ainsi présentée comme une solution alternative permettant d'éviter une course à l'armement et, ultimement, une guerre sans avoir à passer par la diplomatie. D'une certaine manière, il est proposé que la terraformation puisse mener à la mise en place de la paix dans le monde :

But a new factor has recently emerged [to justify such an expedition] – the possibility that a joint United States-Soviet manned mission to Mars might provide a dramatic opportunity for the two nations to undertake something promising on behalf of the human species. In a microcosm of the circumstances on earth, the American and Soviet crew members would be mutually dependent for their very lives. Such a mission, occupying years, its progress televised daily back to earth, would have a very real chance of capturing the global imagination. [...] Such a mission would be a useful alternative to a perilous and much more costly arms race in space. (Sagan, 1985, p. 6)

En continuité avec ce point de vue, d'autres suggèrent que ce projet pourrait mener à une plus grande coopération internationale :

Even a feasibility study of [partial terraforming], let alone its implementation, would generate important scientific and technological advances, stimulate new educational developments and economic activity, and foster international cooperation. (Haynes et McKay, 1992, p. 139)

Not only will this project demonstrate America's great spirit, it could serve to promote international cooperation by involving other interested nations. (Pinson, 2002, p. 11337)

Solar system exploration and development is far less life-threatening than, and as worthwhile economically as, military development and any arms race. Indeed the implementation of [terraforming] would encourage international understanding, dialogue and cooperation even after large-scale disarmament has been achieved. (Fogg, 1995b, p. 486)

D'autres soulignent que la terraformation et la colonisation de Mars nous donneront accès à de nouvelles ressources naturelles. Selon eux, ceci nous permettrait de contourner le problème de l'épuisement des ressources sur Terre tout en délocalisant les impacts environnementaux générés par l'extractivisme (et les autres industries polluantes), le tout sans avoir à changer les dynamiques inhérentes au capitalisme. Ainsi, ce projet d'ingénierie planétaire est perçu par les terraformateurs comme une solution technique en mesure d'assurer la continuité de l'expansion industrielle tout en diminuant ses effets néfastes sur Terre :

By doing so we may save humanity from collisions with asteroids and other cosmic catastrophes, while also bringing clean energy to Earth and giving us access to the resources of the solar system. [...] Space colonization will give us many opportunities to improve the Earth itself, for example by moving polluting industries into space, providing clean solar power from space at reasonable prices, and making available to our home planet many of the resources of the asteroids and other bodies in the solar system. (Munévar, 2019, p. 38)

Our planet contains a finite amount of basic resources; yet, humans require an ever increasing stock of basic goods in order to continue to flourish. If we want to allow the human species to continue to live comfortably and at the same time protect the environment, then we must begin to acquire resources from space. (Schwartz, 2011, p. 69)

Pour Zubrin, les ressources que l'on obtiendrait sur Mars et ailleurs viendraient, à leur tour, apaiser les tensions entre les individus et les nations qui, à l'heure actuelle, sont en compétition

pour se les accaparer. Seules l'idée d'une disponibilité infinie des ressources dans l'espace et l'intention de les exploiter peuvent unir les humains, pour cet ingénieur :

If the idea is accepted that the world's resources are fixed with only so much to go around, then each new life is unwelcome, each unregulated act or thought is a menace, every person is fundamentally the enemy of every other person, and each race or nation is the enemy of every other race or nation. The ultimate outcome of such a worldview can only be enforced stagnation, tyranny, war, and genocide. Only in a world of unlimited resources can all men be brothers. On the other hand, if it is understood that unfettered creativity can open unbounded resources, then each new life is a gift, every race or nation is fundamentally the friend of every other race or nation, and the central purpose of government must not be to restrict human freedom, but to defend and enhance it at all costs. And that is why we must take on the challenge of space. For in doing so, we make the most forceful statement possible that we are living not at the end of history, but at the beginning of history; that we believe in freedom and not regimentation, in progress and not stasis, in love rather than hate, in peace rather than war, in life rather than death, and in hope rather than despair. (Zubrin, 2019b, p. 316)

Aux yeux des terraformateurs, la technique est perçue comme quelque chose étant en mesure de sauver l'espèce humaine de tous les maux auxquels elle est (et sera) confrontée. Leur foi envers la technique est telle qu'ils suggèrent même d'y recourir pour régler les problèmes qu'elle aurait contribué à créer. Considérant qu'il est primordial de prévoir une solution technique qui nous permettrait collectivement d'éviter tous les types de risque, la terraformation leur apparaît alors comme la voie par excellence pour y arriver. D'ailleurs, à la lumière de l'état des connaissances sur ce projet d'ingénierie planétaire, l'analyse de leurs discours dévoile un fort optimisme technologique et scientifique. Dans la prochaine section, nous allons donc exposer la conception favorable que les terraformateurs ont des développements futurs de la science et qui constitue le socle à partir duquel ils en arrivent à être convaincus de la possibilité et de la pertinence de la terraformation de Mars.

4.2.4 *The Red Planet can be terraformed*⁹⁴ : L'optimisme technologique au cœur de leur vision du futur

The natural means of engineering our own extinction pale in comparison to the ways we have devised ourselves, yet our science and technology can also be the means to our salvation.

Keith Mansfield (2018, p. 352)

La trame narrative de la série *Mars* témoigne d'un fort optimisme technologique. Pratiquement tout se passe comme prévu. Nous pouvons, notamment, penser au premier vol habité vers Mars qui est couronné de succès, à la base dans laquelle les humains peuvent vivre sans équipement de protection qui y est rapidement construite ou aux nombreux appareils technologiques qui fonctionnent comme prévu et qui ne brisent que très rarement. Même les embuches (explosion, problème à l'atterrissage, propagation d'un virus, etc.) sont rapidement surmontées grâce à la technique et le génie de certains membres de la colonie. De plus, la série se termine sur des images montrant que les efforts de l'équipage en vue de terraformer la planète rouge ont porté fruit, et ce, par la simple utilisation de petits miroirs solaires.

Cet optimisme technologique est grandement partagé par les terraformateurs. Ils sont convaincus de l'apport de la science et des technologies qu'elle permet de développer pour nos sociétés et de ce qu'elle nous permettra d'accomplir ailleurs dans l'espace. Il ne fait aucun doute pour eux que le projet de terraformer et de coloniser la planète Mars sera une réussite si nous choisissons d'y mettre le temps et les efforts nécessaires. Le point de vue selon lequel la technique est essentielle pour répondre aux défis de l'humanité et pour échafauder un futur meilleur transcende l'ensemble des discours des promoteurs de la terraformation. Ainsi, en plus de la confiance qu'ils ont envers les technologies actuelles, l'analyse de leurs discours démontre qu'ils sont hautement convaincus que les technologies de demain élargiront significativement le champ des possibles. Ils avancent que le progrès technique est le levier via lequel une société bonifiée est atteignable. Pour eux, il est inévitable que le développement de la science et des technologies nous permette un jour d'accomplir ce qui est actuellement impossible. Ci-dessous se trouve une liste d'extraits qui

⁹⁴ Expression utilisée par Zubrin et Richard Wagner (2011, p. 289).

expriment bien cet optimisme technologique que nous venons d'évoquer. Les terraformateurs y affirment que le développement technologique est inévitable et nécessairement très rapide – ce qui, en définitive, leur fait dire que nous serons immanquablement capables de faire dans l'avenir ce qui nous paraît irréalisable présentement :

Vacation homes [on Mars] might not be around the corner. But who knows? Technology advances so rapidly. Scientists who say things cannot be done tend to be rotten prophets. (Haynes cité dans Broad, 1991, p. 1)

A profound knowledge of Ecology would be needed to design a regulatory biosphere for an entirely new planet. This however should not pose too much of a problem to our descendants who should have, and be able to call upon, thousands of years of further technical progress, especially in genetic engineering. (Fogg, 1987, p. 559)

Regardless of the argumentation “for” or “against” [terraforming], we can agree that human technology is a subject to continuous development and assume that certain problems which seem unsolvable today and beyond our control, may find their solution in the near future. (Vasileva et al., 2019, p. 9)

We'll still be left with the complicated problem of making the atmosphere breathable, and frankly that could take 1,000 years to accomplish. But humans are amazingly smart and incredibly adaptable. There is no telling what our future technology will be able to accomplish [...]. (Petranek, 2015c)

The inhospitality, in space as on Earth, is not a barrier, only a difficulty. The universe is not actively hostile, merely neutral, and subject (as always) to the consequences of deliberate human manipulation. If the challenges are greater and on a grander scale, then so too will be tomorrow's human skills, powers, and ingenuity. (Oberger, 1981, p. 33-34)

La science n'a essentiellement pas de limite pour eux. Tout ce qui respecterait les lois de la physique et de la nature serait, en ce sens, possible en théorie, et ce, peu importe l'ampleur du projet sur la table. En d'autres mots, dans leur imaginaire, il est admis qu'une chose *théoriquement* réalisable le sera *techniquement* un jour. Par conséquent, il est fréquent de retrouver dans leurs discours l'idée selon laquelle les civilisations du futur pourront accomplir tout ce qui est théoriquement envisageable :

A sufficiently advanced civilisation could, in principle, achieve anything not ruled out by the laws of physics. (Fogg, 1989b, p. 579)

The amount of energy required to terraform a satellite or planet is enormous in terms of our technology, but such engineering capabilities are expected of civilisations which are able to conduct frequent interstellar flights. (Adelman, 1982, p. 3)

The fact that a scenario for the full terraforming of Mars can be conceived within the parameter space of current planetological models, and without violating any known laws of physics, demonstrates that such an idea is, at least, feasible in principle. To bring such a project to fruition would require engineering capabilities greater than those of the present day, but not necessarily out of the question for a civilisation several centuries ahead of our own. (Fogg, 1992a, p. 328)

En ce qui concerne la faisabilité technique de la terraformation de la planète Mars, tous confirment sa possibilité. L'idée née dans l'esprit des auteurs de science-fiction serait passée de *futuriste* à *concrète et réalisable*. L'hostilité actuelle de son environnement est loin de refroidir l'optimisme de ses partisans. À ce titre, il est même suggéré que les premières étapes pourraient être amorcées de notre vivant puisque la plupart des technologies nécessaires pour y arriver existeraient déjà ou seraient sur le point de l'être. Des difficultés sont, certes, envisagées, mais aucune ne serait entièrement insurmontable à leurs yeux. Comme le résume Fogg, « *although opinions differ as to its difficulty, none of the technical investigations so far have identified any fundamental obstacle that will forever rule out terraforming* » (1993a, p. 293). La prochaine sélection d'extraits reflète la confiance qu'ont les terraformateurs envers la faisabilité d'un processus de terraformation sur Mars :

There are many, many barriers, but none of them are insuperable in the sense that you have to breach a law of nature [...]. You don't have to reverse gravity. It's very, very cold there, but it's not that much colder than the Antarctic, where people now live. There's very little water, but not much less than deserts where life now thrives. In general, it's not that much different from Earth. (Averner cité dans Broad, 1991, p. 1)

It was once thought to be so far in the future as to be irrelevant. But all of a sudden, it's starting to look practical [...]. We could do it in our lifetime. This is real. (McKay cité dans Booth, 1990, p. A03)

Certainly all our neighboring planets appear singularly unattractive pieces of real estate: Mars makes the Antarctic look like Tahiti, and on Venus, lead melts in the shade. No matter: one day we may have the power to mould even these hostile environments nearer to the heart's desire. (Clarke, 1994, p. A15)

We have seen that, with the employment of appropriate techniques, it will be possible to terraform Mars both quickly and economically⁹⁵. (Birch, 1992, p. 340)

Terraforming is possible. Given the appropriate energy, resources, and time, many of the now-sterile worlds of the Solar System can be rebuilt into new Earths. This is not to deny the tremendous technological problems facing such planetary engineering projects. As we have discovered on our dangerous journey, there are urgent questions [...] which we have only begun to ask. Doubtless there are numerous other problems still unrecognized. But lined up against such stumbling blocks is human ingenuity. (Ober, 1981, p. 260)

Humans want to go to Mars now. This entails many difficult but solvable challenges. [...] There are several challenging, but conceptually straightforward, issues in preparing for humans to go to Mars. Examples of these issues include mitigating the effects of microgravity on the trip to Mars, radiation protection en-route and on the surface of Mars, life support, spacesuit design, surface mobility, power systems, and of course, lowering the cost of all of this so that missions and long term programs are plausible. These problems are hard but there is no doubt that solutions can be found. (Mckay, 2019, p. 317)

Ober suggests that “Terraforming ... may take decades to accomplish, and the go-ahead may still be centuries away”. This statement is at once overly optimistic and overly pessimistic. Terraforming another world would almost certainly require a much longer time span than decades, yet such a project could in actuality be initiated before the end of this decade. Within our own solar system Mars is a possible candidate to be terraformed using immediate and near-term technologies. (McKay, 1982a, p. 309)

How can we live in such an inhospitable environment? The answer lies in the creation of warming techniques that will increase the density of the atmosphere – in short, reengineering the entire planet to become more Earthlike. That process is called terraforming, and it will take centuries to complete. But it can – and will – be done. (Petranek, 2015a, p. 54)

D’ailleurs, pour les terraformateurs, nombre des difficultés anticipées sont à considérer uniquement si nous limitons notre regard aux moyens que nous possédons présentement. Des techniques hautement plus efficaces et puissantes pourraient voir le jour prochainement et, conséquemment, modifier les scénarios envisagés pour terraformer Mars :

The assumptions that all this will take a thousand years do not take into account foreseeable advances in science and technology. [...] What we know for certain is that our knowledge of Mars is growing exponentially. Our ability to engineer life-forms is growing rapidly. We’re getting smarter faster. Think about what we knew of biology and chemistry three hundred

⁹⁵ Dans le plan suggéré par Birch, la terraformation de Mars commencerait en 2020 et serait complétée en 2080 pour la modique somme de 85 milliards d’euros.

years ago, in the early 1700s. Then imagine what we will know three hundred years from now, in the early 2300s. Most of what we know now will seem quaint. (Petranek, 2015a, p. 66-67)

C'est dans ce même ordre d'idée que Birch assure que « *the final scenario is not by any means the most optimistic that could have been chosen, and more effective techniques may well become available* » (1992, p. 331). Fogg abonde dans le même sens lorsqu'il affirme que nous pouvons – « *without resorting to fantastic or grotesque claims about future technology* » – être confiants que des solutions aux problèmes comme celui de la quantité de nitrogène présente sur Mars seront trouvées durant les milliers d'années que prendra le processus de terraformation (1992a, p. 326). De son côté, Sagan promet que :

By the time Mars is thoroughly explored, human technology may well have reached the point where it will be possible, in a short period of time, to reengineer Mars into a world with much higher pressures and temperatures, and much larger abundances of surface liquid water than are now present on the planet. (1973, p. 514)

Nous pouvons scinder le groupe de personnes à l'étude en deux groupes. En effet, même s'ils sont tous convaincus de la faisabilité du projet d'ingénierie qu'ils mettent de l'avant, n'en demeure pas moins qu'ils se distinguent en ce qui a trait au moment de cette possibilité. D'une part, il y a ceux qui pensent que nous possédons déjà les moyens techniques et les connaissances scientifiques pour accomplir une telle modification de l'environnement de la planète rouge. D'autre part, malgré leur confiance à propos du génie actuel de l'humanité, il y a ceux qui sont d'avis que nous serons prochainement en mesure d'accomplir la terraformation de Mars. Autrement dit, ils admettent que nous n'avons pas les technologies en ce moment, mais que l'avancement rapide et inévitable des technologies allait assurément nous permettre de terraformer Mars un jour. Dans tous les cas, autant ceux qui affirment que nous pouvons déjà terraformer d'autres mondes que ceux qui pensent plutôt que nous développerons dans l'avenir les technologies qui nous permettront d'y arriver voient d'un bon œil la technique et ses développements futurs. Tout en admettant l'ampleur de la tâche, il ne fait aucun doute pour eux que nous trouverons des solutions pour y arriver. Cette foi envers la force de la technique et son progrès inévitable est telle qu'ils affirment que les personnes qui vont réellement entreprendre le projet de terraformer Mars vont nécessairement le faire à partir de techniques plus avancées que celles que nous possédons actuellement :

That's the scenario, using current technological approaches. However technology is advancing, and 23rd century humans will not conduct their projects using 21st century means. They will use 23rd century means and accomplish the job much faster than anyone today can suppose. So if someone in the 24th century, living on a fully terraformed Mars, should discover this interview, I believe that she will view it in much the same way as we today look at Jules Verne's lunar mission design. (Zubrin, 2004)

Technological advances are notoriously difficult to predict, but most that we might care to imagine would render terraforming *easier* than depicted in this book. [...] In contrast to pessimists who dismiss terraforming as a concept that is simply "too grandiose," some techno-optimists raise the criticism that technological progress will be so rapid and fantastic that it is impossible for us now to imagine how terraforming might be carried out. Furthermore, they claim that no scheme can be planned in its entirety from start to finish as it will always be overtaken by new advances. [...] Nobody is going to terraform Mars Schwarzenegger-style⁹⁶; but as technology continues to evolve and improve, so will the options available to planetary engineers. (Fogg, 1995b, p. 497)

L'argument principal soulevé par les promoteurs de la terraformation pour appuyer leurs propos lorsqu'ils affirment que nous serions présentement ou prochainement en mesure de transformer l'environnement martien est le suivant : *Puisque nous sommes capables d'altérer l'environnement terrestre, nous pouvons, conséquemment, terraformer Mars*. Cet argument est, pour eux, de l'ordre de l'évidence puisque l'humain influencerait son environnement depuis toujours et les récentes données sur les changements climatiques d'origine anthropique en seraient la preuve ultime. La terraformation ne serait à leurs yeux que la transposition ordonnée et intentionnelle sur Mars de ce que nous faisons déjà ici sur Terre. Bref, l'humanité serait une espèce terraformatrice⁹⁷ par nature, une espèce dont les capacités d'altérations environnementales seraient immenses. Les propos de Fogg, McKay et Marinova ci-dessous résument bien cet argument :

Thus, it is clear that human activities are the most potent force remodelling the Earth's crust and the most powerful perturbing influences on the climate and chemical composition of the atmosphere. All of this is achieved with a power ≈ 0.02 percent of the planet's total insolation, possibly a trivial quantity compared with what a future civilisation might be able to muster. The fact that these activities occur in a piecemeal fashion, mostly as part of the routine maintenance of competing nations, has tended to obscure the planet-shaping power of civilisation as a whole. The fact is that humanity is subjecting the Earth to an unplanned and haphazard experiment in planetary engineering. Thus, it is not such a speculative leap after

⁹⁶ Référence au film *Total Recall*.

⁹⁷ Nous reviendrons sur cette notion à la section 4.2.6.

all to consider directed planetary engineering on other planets, in particular the most earth-like of them all, Mars. (Fogg, 1993b, p. 10)

Humanity has now demonstrated that it is capable of inadvertent modification of environments on planetary scales. Furthermore, there are now suggestions that we undertake purposeful global engineering efforts to redress, or at least mitigate, the untoward effects of our past actions, in particular with respect to the planetary greenhouse and the ozone layer. Couple this development with the recent call for human exploration of Mars – and the suggestion of a past habitable state on that planet – and the question of ‘terraforming’ Mars is not so out of place. [...] The only way to engender a habitable state on Mars is to affect the distribution of elements and compounds already present and thereby alter the climate and chemical state of the planet – which is what we are doing on Earth. (McKay, 1993, p. 17)

Humans are demonstrably capable of altering the environment of a planet – we are doing so on Earth primarily through changes in the composition of the atmosphere. (McKay et Marinova, 2001, p. 90)

Building on the experience of the human species warming the Earth over the past several decades, we can forecast that warming up Mars is possible and would require the production of supergreenhouse gases on Mars over a timescale of ~100 years. (McKay, 2019, p. 321)

To establish a precedent for their ideas, terraforming researchers can appeal to the evidence for man's planetary engineering capabilities provided by our increasing influence on the environment of the Earth. (Fogg, 1995b, p. 88)

Pour Fogg, les nombreux doutes quant à la possibilité de la terraformation soulevés par ses opposants doivent être relativisés à la lumière de ce que les techniques actuelles sont déjà en mesure de générer comme impact sur l’environnement terrestre. À titre d’exemples, il évoque les manipulations de la surface de la Terre (extractivisme, digue et barrage, agriculture, bâtiments, etc.), l’altération de son atmosphère par l’émission de gaz (CO₂, CFC, CH₄, etc.) et la hausse de sa température de surface qui en résulte (Fogg, 1993b, p. 8-10).

Cependant, ce serait réducteur de conclure à la lumière de ce qui précède que les terraformateurs vouent une confiance aveugle envers les capacités actuelles et futures de la science et des technologies. Ils sont, certes, grandement optimistes au sujet des développements techniques et scientifiques de demain, mais pas au point de nier certains aspects de l’environnement de Mars qui risquent de compliquer les choses ainsi que le caractère embryonnaire du champ de recherche sur le sujet. Pour reprendre les mots de Fogg, « *the engineering of an entire world is no small*

task » (1992a, p. 315). Ainsi, même s'ils sont confiants, reste qu'ils sont conscients des limites des connaissances actuelles sur Mars et de la science qu'ils produisent. Ils admettent la difficulté du projet et les nombreux inconnus qu'il implique. Même les plus convaincus reconnaissent les trous de connaissances à propos, notamment, des ressources disponibles (eau, azote, carbone, etc.), de la manière par laquelle nous pourrions limiter la radiation atteignant la surface de Mars et de l'impact à long terme sur le corps humain d'une gravité plus faible que celle de la Terre. Il n'est pas rare aussi de lire des terraformateurs critiquer des discours qui seraient trop spéculatifs ou qui laisseraient entendre que la terraformation serait facilement réalisable⁹⁸. Les extraits suivants témoignent de ce qui précède :

Texts that proclaim the practical possibility of producing ≈ 200 mb of O₂, over a time span of ≈ 100 years, starting sometime next century, are likely to be grossly optimistic. (Fogg, 1992a, p. 324)

There are now several terraforming models being explored [...] based on slightly different models of Mars and assumptions as to future industrial capacity. [...] The fact that these terraforming models can co-exist is partially down to the wide error bars in our current planetological models of Mars – the uncertainties in our description of the planet and how it evolved to its current state. Presently, the prevailing view seems to be that some sort of terraforming on Mars is possible, but to confirm this and to identify the optimum approach, requires that we understand Mars in much greater detail. (Fogg, 1995a, p. 301-302)

"We know there's carbon dioxide in the atmosphere," Dr. Owen B. Toon, a NASA Ames scientist and co-author of the Nature paper, said in an interview. "We know it's in the polar caps. The big question is how much is in ground, and in what form." If it is bound into rocks as carbonates, or limestones, Dr. Toon said, "it's a big problem to get it out." "You'd have to heat it considerably," he said. "On the other hand, if it's in the form of absorbed carbon dioxide in the soil, then a little bit of greenhouse might be enough to start to drive it out." (Toon cité dans Broad, 1991, p. 1)

Martian volatiles from which to create a thicker atmosphere may be less accessible than previously assumed, or missing altogether. Thus, it appears that the transformation of Mars into a habitable, Earthlike, planet will be a much more demanding task than envisaged by some of the more optimistic analyses to date. The use of "terraforming" as a buzz-word, especially by science fiction and popular science authors, has also contributed to give a misleading impression of the ease of transforming a planet from a stable, lifeless, condition to one capable of supporting a biosphere as complex as the Earth's. (Fogg, 1989b, p. 581)

⁹⁸ Par exemple, le plan développé par Birch est souvent critiqué pour son optimisme démesuré (voir note de bas de page 94 à la page 154).

“Are Venus and Mars likely to be easy to terraform?” [...] It is fairly clear that the answer to this question is, in both cases, a firm *No*. [...] Any terraforming projects that aim to dislodge these worlds from their respective stable climatic dead-ends will require an enormous input of physical resources, energy, and time. (Fogg, 1991a, p. 186)

De plus, ils admettent que même si un projet est scientifiquement et technologiquement possible, il n’en demeure pas moins que ce sont des considérations éthiques⁹⁹, politiques, sociales et économiques qui détermineront s’il peut être fait :

[...] current research suggests that humanity possesses the technical capacity (though perhaps not the economic capacity) to begin the process of terraforming the planet Mars. (Schwartz, 2013, p. 6)

The problem with terraforming is that it will take so long to accomplish. No human project has ever lasted as long as 10,000 years. The biggest obstacle is politics. (Pinson, 2002, p. 11336)

People have not yet even reached Mars. Depending on political climates (it is not a question of technology), the first human footstep could be made on Mars well before the end of the millennium. (Oberg, 1981, p. 194)

The scenario of the new terraforming model presented in this paper should be regarded as an optimistic one, even though the time required is over sixteen millenia. The capability of the Human Race to focus their energies on any project over such a length of time is probably a more serious objection to the terraforming of Venus than any current lack of technological, engineering or scientific capability. (Fogg, 1987, p. 563)

The important terraforming question is no longer “can we?” but “will we?” or possibly “should we?”. (McKay, 1982a, p. 313)

Il ne faudrait, toutefois, pas voir dans cela une brèche à leur optimisme technologique. La raison est fort simple : l’optimisme technologique des terraformateurs ne s’arrête pas à l’orbite de Mars. Ces derniers, nous l’avons vu, souhaitent l’établissement des humains aux confins de notre système solaire, de la Voie lactée et puis de l’Univers. Ils sont convaincus que l’humanité y arrivera. D’ici les 2000 prochaines années, promet Zubrin, « *there will be people not only on Earth and Mars and the asteroids, there will be people in civilizations orbiting hundreds of stars*

⁹⁹ Nous reviendrons dans la prochaine section sur certains de ces aspects éthiques.

in our region of the galaxy » (Achenbach, 1998). Donc, si la terraformation n'est pas éthiquement ou techniquement possible sur Mars, il faudrait simplement relocaliser nos énergies vers d'autres mondes selon eux. McKay résume bien cette idée dans l'extrait suivant :

Within this vision [of humans going to Mars] there are three fundamental questions of scientific and ethical import, the answers to which may prescribe the viability of this vision. These questions are:

- (1) Is there life on Mars, and if so, does that life represent at second genesis of life?
- (2) Can Earth life, and humans in particular, adapt to the Martian gravity of 0.38 g, and will human generations on Mars speciate from humans on Earth?
- (3) Is there enough carbon, nitrogen, and water on Mars to create a global habitable environment?

We do not know the answers to these questions but we know the methods we must employ on Mars to find the answers. As we do so we must let our activities be guided by the possibility that the answers we finally obtain are prohibitive to human exploration for either technical or ethical reasons, or both. Then we must turn our sights to other worlds and move into space in other ways. (McKay, 2019, p. 322)

L'optimisme des terraformateurs contraste à côté des conditions hostiles qui prévalent en ce moment sur Mars. La solution technique proposée par les terraformateurs y implique des changements colossaux. Son environnement en serait à tout jamais altéré. Ce constat est, néanmoins, le dernier des soucis de la majorité des terraformateurs puisque la survie à long terme de l'espèce humaine a plus de valeur à leurs yeux que la conservation de l'environnement naturel d'une autre planète. Ce point s'inscrit directement dans leur vision particulière de la nature que nous présenterons à l'instant.

4.2.5 *Creating a garden out of a wasteland*¹⁰⁰ : L'environnement pensé comme un espace soumis à l'action humaine

A green Mars is better than a red Mars.

Christopher P. McKay (1991¹⁰¹)

Rocks don't think, don't act and don't care.
They cannot have values of their own.

Martyn J. Fogg (2000, p. 201)

You know, this is what we do, the entire history of life on Earth is one of transforming barren environments into those that are friendly to the development and propagation of life.

Robert M. Zubrin
(*Mars* Saison 1 – Épisode 4)

Considérant la nature du projet d'ingénierie à l'étude, il n'est pas surprenant que l'un des thèmes qui soient le plus ressortis de notre analyse soit celui de l'environnement. Derrière chaque paragraphe se cachait l'idée suivante en filigrane : « *refaire* l'environnement ». Pour les terraformateurs, cette reconstruction de la nature ne doit, toutefois, pas être aléatoire. Celle-ci se doit d'être faite dans le but de la plier aux besoins vitaux de l'espèce humaine : « *The aim of [...] Martian terraforming is to create an Earthlike, human-habitable, environment* » (Fogg, 1992a, p. 325). Toutefois, cette idée de refaire l'environnement martien au strict bénéfice des humains ne fait pas consensus au sein des promoteurs de la terraformation. À vrai dire, il est possible de scinder ce groupe de personnes en deux clans distincts lorsque la question de la présence potentielle de vie indigène sur Mars est soulevée. D'un côté, il y a ceux qui sont d'avis que l'environnement de la planète Mars peut et doit être modifié, et ce, indépendamment de la présence de vie sur celle-ci. De l'autre, nous retrouvons les personnes qui, tout en étant en faveur du projet d'ingénierie planétaire, ont des réticences envers l'idée de potentiellement décimer des formes de vie par l'instauration d'un processus de terraformation. Nous reviendrons sur cette divergence à la fin de cette section, mais d'abord nous présenterons le tronc commun de la

¹⁰⁰ Expression utilisée par Petranek (cité dans Hallett, 2016, p. E02)

¹⁰¹ Cité dans Broad (1991, p. 1).

représentation de l'environnement partagée par les promoteurs de la terraformation. Cette représentation, il faut le noter, correspond largement à celle mise de l'avant par les concepteurs de système écologique fermé comme Biosphere II que nous avons présentée au chapitre 2 (Luke, 1997 ; Höhler, 2008, 2010).

Pour les terraformateurs, l'environnement est, d'abord et avant tout, une série de paramètres, de propriétés et de processus. Elle est constamment réduite à un ensemble de facteurs mesurables tels que la température de surface, la pression atmosphérique, la composition de l'atmosphère, la présence d'eau, la force de la gravité, l'affluence de rayon UV au sol, la durée du jour et des saisons, etc. Ils la synthétisent à partir de tableaux et de figures qui reprennent, la plupart du temps, la même formule : d'un côté, les paramètres actuels de la planète Mars et, de l'autre, ceux qu'il faudrait atteindre pour la rendre habitable. Parfois, il s'agit aussi de comparaison entre les propriétés de Mars et celles de la Terre ou, tout simplement, de tableaux qui condensent des informations sur les caractéristiques de l'environnement martien. Des exemples de tableaux sont présentés à l'annexe C.

Ces multiples paramètres à partir desquels ils entrevoient l'environnement peuvent être changés par l'action humaine. Pour les terraformateurs, il est de l'ordre de l'évidence que l'humain est récemment devenu une force géologique et qu'il a, de tout temps, modifié les milieux naturels qu'il occupait¹⁰². Comme le dit McKay à la lumière des changements climatiques d'origine anthropique sur Terre, « *humanity can be, and is, a factor capable of changing environments on a planetary scale* » (1982b, p. 427). Plus encore, pour le groupe de personnes à l'étude, non seulement l'humanité peut, collectivement, remanier l'environnement, mais il serait même souhaitable qu'elle le fasse. Ils affirment que c'est grâce à cela que l'espèce humaine a pu assurer sa survie jusqu'à aujourd'hui et qu'elle l'assurera dans l'avenir, et ce, que ce soit sur Terre par la géo-ingénierie ou ailleurs par la terraformation. Sur ce dernier point, Mansfield suggère que Mars « *is humanity's to develop to do what we want with it, terraforming rapidly in order to safeguard the future of our species and possibly with it the future of intelligence in the Universe* » (2018, p. 352).

¹⁰² Nous reviendrons sur ce point dans la prochaine section (4.2.6).

Ces constats nous mènent à leur vision de l'environnement. Ils le conçoivent comme quelque chose pouvant être restructuré par l'ingénierie afin que nous puissions surmonter les contraintes qu'il nous impose. Il est vu comme pouvant être modifié ou contrôlé selon nos désirs. À ce titre, l'une des idées qui revient continuellement dans les discours des terraformateurs est celle de la maîtrise de l'environnement. Parfois implicite dans le choix du vocabulaire utilisé (ex. : « [...] *purposefully restoring Mars to habitable conditions* » (McKay et Marinova, 2001, p. 90)), parfois explicite (ex. : « [...] *keep a hominized Earth and all newly terraformed planets the way we would like them to be* » (Cathcart, 1998a, p. 53)), cette idée est au cœur de leur imaginaire. Pour eux, cette maîtrise planétaire n'est pas synonyme de destruction environnementale, mais bien de reconfiguration (*re-engineered*) au bénéfice de l'espèce humaine. En ce sens, dans leur vision du monde, l'environnement est profondément assujéti à une humanité qui, suggèrent-ils, aurait la capacité technique de la contrôler à l'échelle planétaire autant sur Terre que sur d'autres mondes¹⁰³.

Ainsi, avant d'être un *milieu de vie*, l'environnement est, pour eux, un *milieu de survie*. En effet, à la lumière de ce qui précède, force est de constater qu'il est strictement question, dans les discours des terraformateurs, de paramètres à altérer pour rendre ou maintenir l'environnement pleinement habitable ainsi que de propriétés ou de matériaux présents à un endroit pour permettre la vie et, éventuellement, l'établissement d'une civilisation. Ceci est vrai autant pour l'environnement terrestre que martien. Comme le résume Petranek : « *Here's what you need to live on Earth: food, water, shelter and clothing. And here's what you need to live on Mars: all of the above, plus oxygen* » (Petranek, 2015c). L'emphase est mise sur la survie biologique au détriment de toutes les autres composantes qui constituent l'expérience humaine de la vie (culture, valeur, vie sociale, etc.). La beauté des paysages et la qualité de vie des humains qui vivront sur la planète rouge sont systématiquement absentes de leurs propos. C'est notamment le cas dans l'extrait suivant où Fogg suggère qu'il suffit d'instaurer une poignée de facteurs pour y concevoir un environnement habitable : « *to create an Earthlike, human-habitable, environment [on Mars, we need] a breathable atmosphere, an ozone layer, a comfortable range of surface temperatures and a diverse biota* » (Fogg, 1992a, p. 325). Cette absence de même que l'accent mis sur la

¹⁰³ Comme nous pouvons le constater, leur conception de l'environnement n'est pas isolée de leur rapport à la technique et de leur techno-optimisme.

survie sont aussi perceptibles lorsque McKay et *al.* parlent de « *limits for habitability* » ou lorsqu'ils précisent les « *environmental requirements that must be met simultaneously for a planet to be habitable* » (1991, p.352). Les différentes composantes de l'environnement ne sont alors pensées qu'à partir des fonctions qu'elles opèrent et du rôle qu'elles jouent dans la stabilisation du climat et, surtout, pour la survie de l'humain. Un tableau de McKay et Marinova (2001, p. 92) que nous avons placé en annexe¹⁰⁴ résume parfaitement la manière par laquelle les terraformateurs conçoivent un environnement habitable.

Le fait qu'ils entendent l'environnement comme un ensemble de facteurs assurant la survie de l'humanité n'est pas une coïncidence dans la mesure où ils affirment à maintes reprises qu'il est un *bioregenerative life-support system* (Fogg, 1993a, p. 295) global. Ainsi, comme l'extrait ci-dessous le montre, une planète habitable est réduite à une liste d'attributs essentiels à son habitabilité :

A prime candidate for the establishment of this residence is the planet Mars. There, essential life support essentials such as water, oxygen and nitrogen, and raw materials for construction, are known to be present. Sources for generating power to sustain such a settlement, as from solar or wind energy, are also available in plenty. (Potter, 2000, p. 191)

Pensé comme un système de support de vie, l'environnement doit offrir aux humains un apport suffisant en nourriture, en oxygène et en eau. Conséquemment, fréquents sont les tableaux comme celui qui suit dans les écrits des terraformateurs pour illustrer quels genres de conditions minimales il faudrait instaurer sur Mars.

Figure 4.2 « *Annual Life Support Requirements for a Human Being* » (Potter, 2001, p. 251)

Consumable	Mass (kg yr⁻¹)
Food (dry mass)	219
Oxygen	329
Drinking water	657
Sanitary water	840
Domestic water	6132

¹⁰⁴ Annexe C, exemple 5.

Suivant cette logique, ils simplifient fréquemment la terraformation de Mars à quelques modifications clefs qui mèneraient à une habitabilité minimale :

To bring about a degree of martian habitability requires alteration of some of the environmental parameters of the planet. [...] At its most basic, planetary engineers would need to carry out four alterations : the martian average surface temperature would have to be increased by $\Delta T \approx 60$ K; the atmospheric pressure would have to be raised; the chemical composition of the atmosphere would have to be altered and the flux of UV radiation reaching the surface would have to be diminished. (Fogg, 1993b, p. 10)

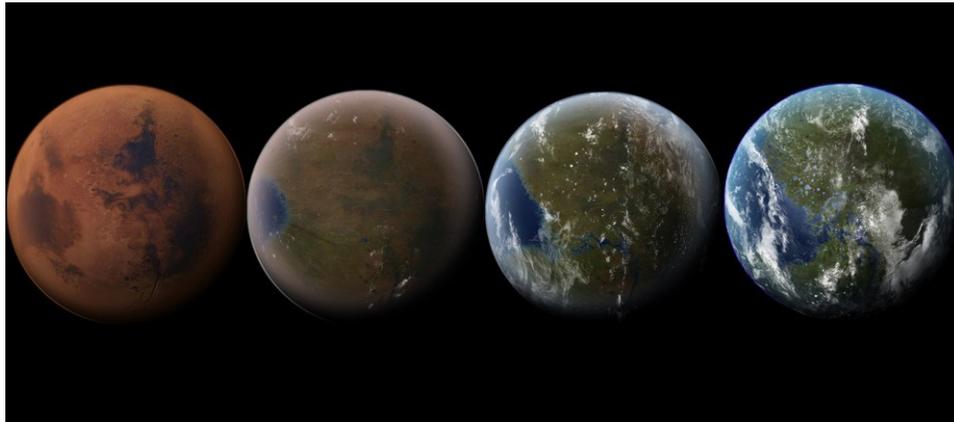
Pour les terraformateurs, l'environnement n'est essentiellement qu'un support pour la vie et, de ce fait, doit être géré et contrôlé par la technologie de manière à ce qu'il puisse accomplir cette mission optimalement. Les humains doivent l'administrer pour en retirer le plus de bénéfices possible. Pour reprendre une formulation utilisée par Cathcart, l'environnement « *must be somehow managed for sustained maximum output* » (1991, p. 35).

Lorsque les promoteurs de la terraformation présentent les grandes lignes et les objectifs du projet d'ingénierie qu'ils mettent de l'avant, fréquentes sont les illustrations sur lesquelles figure une version *verte* et *bleu* de Mars – soit, plus précisément, une planète Mars modifiée de manière à ce qu'elle s'apparente en tout point à la Terre. Parfois, ces illustrations sont faites sous la forme d'un « avant-après » qui présente côte à côte le portrait actuel de la planète rouge et ce à quoi elle ressemblerait dans le futur à l'issue d'un processus de terraformation. Les deux images ci-dessous sont des exemples de ces illustrations :

Figure 4.3 « *The Mars of the future ?* » (Zubrin, 2019b, p. 310)



Figure 4.4 Phases hypothétiques de la terraformation de Mars (SpaceX, 2020)¹⁰⁵



L'idée qui ressort de ces images fait écho à ce que nous avons soulevé précédemment et que nous pouvons résumer par cette question : « Pour les terraformateurs, l'environnement, c'est quoi ? *C'est ce que nous, les humains, voulons qu'il soit* ». Autrement dit, pour eux, l'environnement est profondément remodelable en fonction des besoins des humains. Suivant cette logique, s'il est nécessaire pour la survie de l'humanité que Mars soit recouverte d'eau et de plantes, alors elle le sera. Ces vues d'artiste sont fréquemment utilisées dans les publications de Musk (SpaceX) et de Zubrin (ex. : SpaceX, 2020b ; Zubrin, 2019b).

Tel qu'annoncé au commencement de cette section, la position de l'humain face à l'environnement est, toutefois, non-consensuelle au sein du groupe de terraformateurs. D'une part, certains sont d'avis que la nature est au service de l'humain, alors que pour d'autres elle ne l'est pas complètement. Dans ce qui suit, nous utiliserons respectivement les termes « anthropocentrisme » et « biocentrisme modéré » pour désigner ces deux positions¹⁰⁶.

D'abord, pour ceux qui penchent davantage du côté de l'anthropocentrisme (la majorité), l'humain est le centre de tout. Leur grille d'interprétation est teintée par l'idée selon laquelle ce sont les besoins et les désirs de l'espèce humaine qui priment sur le reste. En ce sens, tout ce qui

¹⁰⁵ Musk utilise cette illustration comme « photo de couverture » sur sa page Twitter.

¹⁰⁶ MacNiven et Fogg utilisent ces termes pour présenter ces positions. Les développements que nous proposons au sujet de l'anthropocentrisme et du biocentrisme modéré sont, d'ailleurs, fortement inspirés par les écrits de ces deux auteurs (MacNiven, 1995 ; Fogg, 1995b, p. 490-495).

nous entoure est perçu comme étant à notre disposition. L'humanité peut exercer sa domination sur la nature en toute liberté. Elle peut l'utiliser, la contrôler et la modifier à sa guise tant que cela soit fait d'une manière à ce qu'un maximum de bénéfices en découle. Ainsi, l'environnement ne serait qu'une série de paramètres à ajuster en notre faveur. Conséquemment, l'ambition de « refaire l'environnement » sur Mars est, ici, pensée strictement à partir des bénéfices qu'en retirerait l'humanité. La survie de l'humanité étant en jeu, il est évident que les bénéfices sont immenses dans l'esprit de ce groupe de terraformateurs. Alors, pour ces derniers, l'inévitable contamination et destruction de l'environnement martien ou l'élimination d'une potentielle forme de vie qui pourrait s'y trouver ne sont que des dommages collatéraux nécessaires dont il ne faudrait pas se préoccuper puisque l'humain est ce qui doit passer en premier. La volonté d'en apprendre davantage d'un point de vue scientifique sur la planète rouge avant de s'y installer ne devrait pas, non plus, primer sur la survie de l'humanité selon eux – sauf dans l'éventualité où ces connaissances sont nécessaires à la terraformation et la colonisation. Bref, pour ce groupe d'anthropocentristes, la terraformation de Mars peut et doit être accomplie même si nous y découvrons des formes de vie indigènes puisque cette planète possède une valeur pour l'humanité qui surpasse de loin sa valeur en tant qu'entité à préserver. Les extraits suivants illustrent ce qui précède :

[...] in the light of recent opposition to human spaceflight to Mars, I have recently adopted more anthropocentric rather than biocentric position for the following reasons: Firstly, anthropocentrism poses no fundamental moral objection to terraforming Mars. Secondly, space colonization activities would benefit humanity. And thirdly, even if the argument is raised that Mars life should be studied first before the planet is exploited, on anthropocentric grounds such objection doesn't assign intrinsic worth to the extraterrestrial environment, because for the anthropocentrist it's the humanity that counts. [...] I still think we should try to protect foreign life whenever possible, however the value of the human life is supreme. I firmly believe that we should first do everything to ensure survival of the humans, as they are currently the only known intelligent species in the Universe. Colonization of space and later terraformation will ensure our survival in long terms and should have higher priority. Preservation, while still very important in order to study the foreign life, should come second. Thus, some associated risks with colonization and terraformation of Mars concerning its hypothetical organisms are acceptable. (Alexandrov, 2016, p. 33)

Only human beings have rights within anthropocentrism, which holds that the basis of intrinsic value is the individual's capacity to think rationally and act morally. [...] The rest of nature though is seen as amoral and hence is assigned no moral standing. Nature is valuable in that it contributes to human welfare, but animals, plants, microbes, the ecosystems of which they are a part, and the inorganic stuff of planet Earth have no rights other than those that humans choose to give them on instrumental grounds. [...] It is clear that

anthropocentrism poses no fundamental moral objection to terraforming Mars, or to any lesser colonisation activities in space. If they can be shown to be to the good of humanity, then such objectives are good in themselves and may, and perhaps should, be put into practice. [...] For the anthropocentrist, it is humanity that counts: if Mars counts more to us as a second home than as a barren desert, then living there, and terraforming the planet, would be a moral cause. (Fogg, 2000, p. 207)

If our survival as a species is the most important thing, then scientific questions regarding the existence of life on Mars can only be a secondary consideration. (Mansfield, 2018, p. 348)

[...] this paper will argue that in order to survive, humanity will have to adopt a more “species-ist” approach, putting humanity first. Our existence as a species is precarious and our establishing a new human-friendly beachhead in the solar system should be a moral imperative. (Mansfield, 2018, p. 349)

Does Mars have rights? Not really. It is beautiful and has its use in its present form, but it also has no life, at least that we know of. We will certainly research to see if life does in fact exist on Mars. But to a certain extent, even if it does, the good of all life should outweigh the good of a naturally soon-to-be extinct form of life. [...] If there is life on Mars, does it have rights? The answer to that is yes and no. Many believe that we should nurture indigenous life on Mars. I believe we should let natural selection decide. Let us expose terrestrial life to the Martian environment and watch what develops. Perhaps there will be genetic blending among the groups and life will become enhanced in beauty and diversification. Just because some bacteria may exist on Mars should not mean that all life on earth must stop expanding. Perhaps the bacteria are there by accident; perhaps they are the ancestors to life on earth. Certainly we should study any indigenous life on Mars, but we should not put its interests ahead of our own. [...] The most applicable environmental ethic to terraforming Mars is anthropocentrism. It puts our interests at the forefront while still ensuring the existence of all life. It seems obvious that we should give ourselves the highest level of intrinsic worth since we are the ones placing the value. Life, of course, has the ultimate intrinsic worth, but we are a part of that life. It is in our best interest to preserve and expand life. What better way than by changing a planet that is currently unable to sustain life into one that can. Not only will we enrich our lives but also the life around us. (Pinson, 2002, p. 11341)

Pour les biocentristes modérés, l'ensemble des formes de vie doivent être respectées puisqu'elles possèderaient une valeur intrinsèque. Elles ont le droit d'exister et de prospérer. La nature dans son ensemble – à l'exception de ce qui est inerte – prime dans une certaine mesure sur les besoins (individuels et collectifs) des humains. Autrement dit, les vies humaines et l'humanité dans son entièreté ne passent pas systématiquement avant certaines considérations environnementales. Ici, l'humain n'est pas une espèce supérieure aux autres : il n'est qu'une partie d'un tout. Conséquemment, à l'inverse des anthropocentristes, la nature n'est pas qu'un ensemble de ressources à la disposition des humains pour les biocentristes. Les différentes formes de vie ne

peuvent être pensées comme des « moyens » pour les humains. Advenant le cas où il y aurait présence de vie sur Mars, la colonisation et la terraformation de celle-ci seraient, en ce sens, prohibées. Toutefois, les deux seraient permises dans l'éventualité où il serait possible pour les humains de s'y installer et d'en modifier l'environnement tout en faisant proliférer les potentielles formes de vies indigènes qui s'y trouvent et en assurant leur survie. Ainsi, conformément au principe de respect de la vie qui est au cœur du biocentrisme, la terraformation serait moralement admise et encouragée si elle est faite d'une manière à générer des bénéfices pour la nature dans son ensemble (vies terrestres et martiennes) et à préserver l'intégrité de la vie qui est présente sur la planète rouge. Les extraits suivants illustrent la position de ce groupe de terraformateurs :

We must scrupulously guarantee that any indigenous organisms on the planet would not be disrupted by terraforming. If Mars, for example, has a population of indigenous organisms that would be extinguished by terraforming, we should never perform such terraforming. But if the planet is lifeless, or if the organisms survive better under conditions closer to our own, it might be reasonable at some time in the future to consider such an alteration of a planetary environment. (Sagan, 2000, p. 150)

If there is life, then I believe we should do nothing to disturb that life. Mars then, belongs to the Martians, even if they are microbes. (Sagan cité dans Alexandrov, 2016, p. 33)

If a deep core is obtained from Mars and the geological evidence confirms that it preserves a record of deposition that stretches back to 3 or 4 billion years, and if this core contains no evidence of life then I, for one, would conclude that Mars never had life and that we could plan future missions and terraforming accordingly. (McKay, 2018, p. 108)

McKay argued that if any life is found, however simple or tenuous, we should forever abandon any plans that might conceivably threaten it. If humans colonize Mars and terrestrial lifeforms spread across the planet, he said, they would compete with martian organisms and most likely the martian microbes would become extinct. All life on Earth is interrelated, and finding a new and unrelated form of life would be of such importance, he said, that "to destroy it, or even to limit it, would be scientifically a great mistake, and ethically a great mistake." (McKay cité dans Chandler, 1993, p. 25)

[...] if potentially viable forms of life are found on Mars, then any program of planetary engineering should be directed toward the protection and enhancement of that indigenous biota. (Haynes et McKay, 1992, p. 138)

Au sein des biocentristes, une plus grande importance est aussi accordée à la recherche scientifique qui doit être menée antérieurement à toute ambition de colonisation ou de terraformation :

[...] such planetary engineering [on Mars] should be considered seriously only after the most thorough and ecologically responsible investigation of the planet is performed. (Sagan, 1971, p. 513)

Furthermore, as pointed out by Pollack and Sagan, some of the conceivable modes of planetary engineering would be so damaging to the planet, so destructive of irreplaceable sources of scientific information, and so uncertain in their consequences as to be ethically unacceptable. We subscribe fully to their conclusion that advocates of planetary engineering should first be advocates of the thorough scientific exploration of Mars and other bodies in the solar system. Much further exploration of Mars is in any case a necessary prerequisite for assessing the feasibility of [planetary engineering]. (Haynes et McKay, 1992, p. 138)

Pour résumer, au sein des terraformateurs, il y a une opposition entre, d'une part, les anthropocentristes qui défendent l'idée selon laquelle l'humain peut et doit étendre sa présence dans tous les emplacements qui permettent son épanouissement et, d'autre part, les biocentristes modérés qui, en accordant une valeur intrinsèque à la nature, hésitent à entamer la terraformation de Mars sur la base des informations que nous possédons actuellement, notamment en ce qui concerne la présence (ou non) de vie¹⁰⁷. Cette discordance a des répercussions sur l'empressement qu'a un terraformateur à entamer la modification de l'environnement martien : certains veulent commencer le plus rapidement possible alors que d'autres préfèrent continuer d'étudier Mars et attendre de voir s'il y a présence de vie – un plan pour assurer la protection de cette vie dans le cadre d'un processus de terraformation devant, le cas échéant, être élaboré. Bref, comme l'indique MacNiven (1995), les deux positions sont en faveur de la terraformation¹⁰⁸. Il s'agit simplement d'un désaccord sur les conditions scientifiques et éthiques préalables au commencement d'un projet d'ingénierie planétaire sur Mars¹⁰⁹. Désaccord qui, quoi qu'il en soit,

¹⁰⁷ Cette opposition est illustrée dans la série *Mars* entre les scientifiques et une entreprise privée.

¹⁰⁸ Ce qui, en soi, n'est pas surprenant dans la mesure où le groupe de personnes à l'étude est constitué uniquement de personnes en faveur du projet.

¹⁰⁹ Bien entendu, certains terraformateurs adoptent une position mitoyenne. C'est notamment le cas du biologiste Svetoslav Alexandrov qui, dans l'extrait suivant, propose un compromis : « *In the light of opposition to human colonization based on modern biocentrism, which means that if Mars has its own life we should not disturb it, partial terraformation could be a good compromise if no consensus is reached between human spaceflight deniers and*

se dissiperait devant une éventuelle preuve de l'inévitable extinction de la vie sur Terre dans un futur proche puisque les terraformateurs biocentristes modérés décideraient qu'il est moralement préférable de préserver et accroître l'ensemble de la vie terrestre, et ce, même si cela implique d'envahir une autre planète (MacNiven, 1995, p. 442). Pour reprendre les mots de Schwartz, « *Threatened with humanity's demise, concerns of this sort fall away* » (2013, p. 11).

Malgré l'hostilité actuelle de son environnement, il n'est pas rare de lire un terraformateur comparer la planète Mars à certaines régions de la Terre. Comme un extrait d'une entrevue donnée par Avernier cité précédemment l'illustre¹¹⁰, la froideur de Mars se rapproche de celle de l'Antarctique et la quasi-absence d'eau à sa surface nous rappelle nos déserts (Broad, 1991, p. 1). En rapprochant ainsi l'environnement de ces deux mondes, ils laissent entendre que les humains seront nécessairement capables de vivre ailleurs considérant qu'ils sont actuellement en mesure de vivre dans ces milieux les plus arides de la Terre. Pour les terraformateurs, l'humain adaptera l'environnement martien tout comme il a adapté celui de la Terre. À ce titre, comme nous le verrons dans la section qui suit, la conception de l'environnement des promoteurs de la terraformation s'inscrit dans une vision de l'évolution dans laquelle la transformation de Mars en un monde habitable est pensée comme la continuation inévitable de l'histoire de la vie terrestre – mais plus précisément des humains – qui modifie depuis toujours l'environnement qui l'entoure. Bref, ce serait dans l'ordre des choses, pour l'humanité, d'entreprendre ailleurs les altérations environnementales qu'elle fait sur Terre.

4.2.6 *A Planet-Shaping Species*¹¹¹ : La terraformation, fruit de l'évolution

We do not need to dream of remaking worlds
when we are already doing so.

Martyn J. Fogg (1995b, p. xi)

supporters. We may still leave local life pockets undisturbed and left alone as wildlife sanctuaries, while the uninhabited parts on Mars could be sealed from the rest of the planet and thoroughly changed via the biological actions of photosynthetic microorganisms » (Vasileva et al., 2019, p. 11).

¹¹⁰ Voir page 154.

¹¹¹ Expression utilisée par Fogg (1995b, p. 127).

Dans les premiers instants de la série *Mars*, l'envoi d'humains vers la planète rouge est présenté comme l'aboutissement ultime et inéluctable d'une longue suite d'événements historiques. Accompagnée par les paroles du commandant de la mission qui place la colonisation de l'espace en continuité directe avec le franchissement des frontières passées¹¹², une série d'images s'enchainent. Dans cette ligne du temps qui nous est proposée se succèdent, entre autres, des portraits des premiers astronomes, des peintures illustrant les navires du temps des grandes découvertes, puis des images des premiers avions, des premières personnes à gravir l'Everest, du décollage des premières fusées vers l'espace, des premières sondes, du discours de John F. Kennedy de 1962¹¹³, de l'alunissage, de Scott Kelly lors de la *ISS year-long mission*, de Musk et des activités de SpaceX – bref, tout y passe. La terraformation et la colonisation de Mars nous sont, donc, présentées comme les *suites logiques* du parcours de l'humanité depuis la moitié du dernier millénaire.

Ce thème de l'*évolution* ou de la *suite logique* est abondamment présent dans les discours des terraformateurs. Ils décrivent la terraformation comme l'aboutissement inévitable de l'évolution de l'humain. Cette ambition d'altérer intentionnellement l'environnement d'une autre planète tirerait ses origines, à leurs dires, des premiers balbutiements de notre espèce. La domestication du feu est, d'ailleurs, fréquemment évoquée par les terraformateurs comme le point de basculement dans l'histoire de notre évolution. Dès ce moment, l'humain aurait commencé à terraformer – dans le sens large de « soumettre l'environnement à ses besoins » – et n'aurait guère cessé depuis. L'agriculture, la déforestation et l'extractivisme seraient également perçus comme des exemples d'actions humaines qui inscrivent la terraformation dans une continuité, bref, dans ce que nous faisons déjà sur Terre en tant qu'espèce. Les extraits suivants expriment cette idée de suite logique :

Prehistoric peoples modified the land's top-most surface, industrialized and industrializing ecosystem-nations are changing Earth's biosphere, and 21st century human generations may begin to transform other Solar System planets. (Cathcart, 1998a, p. 58)

¹¹² Un segment du discours est mis en exergue au commencement de la section 4.2.1.

¹¹³ Le fameux « *We choose to go to the Moon* ».

[Cultivate other worlds, bringing forth vegetation and animal life on a worldwide scale] is only a logical evolution of human activity over the millennia, different only in scale from earlier activities. [...] Since human beings first huddled around a campfire, or patched together protective garments against sun or cold, they have sought to live in environments for which their naked bodies were not designed. The aqualung and the oxygen mask are modern technological extensions of this basic principle. Philosophers and anthropologists often mark the beginnings of human intelligence at that point in dim prehistory when human beings began to deliberately alter their external conditions or environments, rather than passively accept the physical environment by changing and evolving their physical selves. After that conceptual breakthrough, the march from scraped animal hides and campfires to spacesuits and life support systems was merely one of technology, not concept. The external environments which have been altered by human activities have grown in scope, from the warmth of a cave to the clearing of a forested valley, then to a regional scale of terraced hillsides, drained swamps, and eroded countrysides. To make life more comfortable, or to open new regions to habitation, people have diverted rivers, tried to make the rain fall, pushed back the sea, destroyed and rebuilt native ecologies, and thrown mountains into marshes. And by accident, unintentionally and in ignorance, human activities have made deserts, wiped out local natural balances, and polluted rivers, lakes, and estuaries. This philosophy of environmental modification for human gain is hound to continue, on Earth and off. (Oberg, 1981, p. 32-33)

Indeed, a particularly illuminating way of evaluating the possibilities of planetary engineering is to compare the requirements for Mars with the colossal mass and energy flows involved in the routine functioning of civilisation on the Earth. This leads one to a more sober assessment of terraforming as a natural and logical continuation of our species' ever-increasing ability to modify the environment for its own comfort, an activity that started perhaps over half a million years ago with the control of fire. (Fogg, 1993a, p. 293)

While the notion of engineering planetary environments may be startling, its practise is very ancient indeed. Since prehistory, *Homo sapiens* has used a level of inventiveness unique in the animal kingdom to purposefully alter the environment to improve his chances of survival. It is an activity that has kept pace with technological and cultural development to the point that now a large fraction of the population of the Earth exists in material comfort and sheltered from extremes of climate. Not only are people to be found dwelling in every region where the planet's crust rises above the sea, but also, in small numbers and for short periods, within the oceans and in space. Clearly, engineering in its broadest terms, *the application of science and mathematics to "useful ends"*, is an extremely important pursuit — in fact it is crucial, for the infrastructure of civilization is an engineered creation, without which all but the most primitive of hunter-gatherer societies could not exist. (Fogg, 1995b, p. 8)

De cette idée de la suite logique en découle une autre : l'idée du *déjà-là*. Le projet d'ingénierie planétaire qu'ils imaginent et élaborent serait, non seulement, le fruit d'une série d'étapes majeures de l'évolution humaine, mais aussi, et surtout, une intention que l'espèce humaine aurait poursuivie plus ou moins consciemment et intentionnellement depuis toujours. À leurs yeux, les efforts en vue de la terraformation étaient déjà en branle bien avant la naissance du

terme dans les récits de science-fiction. Dès les premiers pas de nos ancêtres, disent-ils, nous avons cherché à plier notre environnement à nos besoins pour assurer notre survie. Ainsi, la terraformation de Mars ne serait que l'application ailleurs de comportements et de façons de faire que nous faisons déjà auparavant, que nous faisons déjà actuellement et que nous ferons indéniablement dans l'avenir puisque ce serait dans notre nature d'agir de la sorte.

À la lumière de notre analyse, nous remarquons que ce thème est constamment mobilisé par les terraformateurs pour « normaliser » et « naturaliser » la terraformation. En évoquant des arguments comme ceux ci-dessus, ils transforment un projet hautement technique et fantaisiste en quelque chose d'aussi banal que n'importe quelle activité humaine sur Terre qui implique une maîtrise de l'environnement. D'une certaine manière, en décrivant la terraformation comme une simple étape s'inscrivant dans une séquence d'événements de l'évolution d'Homo sapiens, ils naturalisent les efforts menés afin de concrétiser un futur extraplanétaire. De plus, comme le second extrait ci-dessous le montre, certains vont même jusqu'à affirmer que la vie aurait, de tout temps, évolué sur Terre via des manœuvres que l'on pourrait qualifier de terraformatrices. Dans cette optique, la migration de l'espèce humaine sur une planète dont l'environnement aurait préalablement été terraformé ne serait que la continuation d'un processus naturel qui serait à l'œuvre depuis l'origine de la vie sur notre planète. Conséquemment, nous pouvons dire qu'ils naturalisent les efforts en vue de concrétiser un futur interplanétaire dans une séquence linéaire de jalons dans l'évolution de la vie sur Terre :

The motivations for rebuilding planets may turn out to be not as esoteric as the exotic nature of the project might suggest. It is, after all, only a larger scale of environmental engineering, along with such precedents as swamp draining, forest clearing, desert irrigation, and buffalo killing – all situations in which the natural order or parts of the universe have been intentionally destroyed in order to provide living space for people. The same practical justifications may be given for terraforming [...]. (Oberg, 1981, p. 244)

The chronicle of life on Earth is one of terraforming – that's why our beautiful blue planet is as nice as it is. When the Earth was born, it had no oxygen in its atmosphere, only carbon-dioxide and nitrogen, and the land was composed of barren rock. It was fortunate that the Sun was only about 70 percent as bright then as it is now, because if the present-day Sun had shined down on that Earth, the thick layer of CO₂ in the atmosphere would have provided enough of a greenhouse effect to turn the planet into a boiling Venus-like hell. Fortunately, however, photosynthetic organisms evolved which transformed the CO₂ in Earth's atmosphere into oxygen, in the process completely changing the surface chemistry of the planet. As a result of this activity not only was a runaway greenhouse effect on Earth avoided,

but the evolution of aerobic organisms which use oxygen-based respiration to provide themselves with energetic life styles was enabled (though a primeval EPA dedicated to preserving the status quo on the early Earth might have regarded this as a catastrophic act of environmental destruction). This new crowd of critters, known today as animals and plants, then proceeded to modify the Earth still more – colonizing the land, creating soil, and drastically modifying global climate. Life is selfish, so it's not surprising that all the modifications that life has made to the Earth have contributed to enhancing life's prospects, expanding the biosphere, and accelerating its rate of developing new capabilities to improve the Earth as a home for Life still more. Humans are the most recent practitioners of this art. Starting with our earliest civilizations, we used irrigation, crop seeding, weeding, domestication of animals and protection of our herds to enhance the activity of those parts of the biosphere most efficient in supporting human life. In so doing, we have expanded the biospheric basis for human population, which has expanded our numbers and thereby our power to change nature in our interest in a continued cycle of exponential growth. As a result, we have literally remade the Earth into a place that can support billions of people, a substantial fraction of whom have been sufficiently liberated from the need to toil for daily survival that they can now look out into the night sky for new worlds to conquer. It is fashionable today to bemoan this transformation as destruction of nature. Indeed, there is a tragic dimension to it. Yet it is nothing more than the continuation and acceleration of the process by which nature was created in the first place. (Zubrin, 2019b, p. 309)

Comme nous l'avons soulevé précédemment, l'humain est, pour eux, une espèce terraformatrice¹¹⁴ et colonisatrice de nature. Et ce fait serait le fruit de l'évolution. En ce sens, il n'y aurait rien de contre-nature à aller vers Mars. Comme le souligne Fogg, l'esprit, la créativité, la culture et les technologies des humains sont des produits de la sélection naturelle. Ainsi, dit-il, « *If Homo sapiens is the first spacefaring species to have evolved on Earth, space settlement would not involve acting 'outside nature', but legitimately 'within our nature'* » (2000, p. 205).

Pour bon nombre de terraformateurs, il doit nécessairement y avoir une raison qui expliquerait pourquoi l'espèce humaine aurait développé la capacité de quitter la Terre et d'altérer l'environnement d'autres corps célestes au fil de son évolution. Pour McKay, il s'agirait tout simplement d'un impératif évolutionniste. L'espèce humaine aurait acquis cette aptitude pour garantir sa survie en se dispersant et donc assurer son évolution :

If expansion of a species into other planetary niches is an evolutionary imperative, then terraforming may be viewed not merely as expanding into but actually creating new niches. Perhaps that is an evolutionary imperative for an intelligent species. (McKay, 1982a, p. 313)

¹¹⁴ L'expression *terraforming species* fut, notamment, utilisée par Lowell L. Wood dans une présentation lors de la *Founding Convention of the Mars Society* en 1998 (cité dans Achenbach, 1998). L'expression *species of planetary engineers* fut aussi employée par Fogg (1995b, p. 96).

D'autres suggèrent plutôt que nous aurions développé ces capacités pour permettre la pérennité de la vie au sens large. C'est notamment le cas de Zubrin et de Pinson. L'évolution aurait mené l'humain à être capable grâce à son génie et ses technologies d'emmener la vie ailleurs dans le cosmos – ce serait dans notre nature de le faire. Pour eux, l'humain aurait une certaine responsabilité envers le reste du vivant qui l'obligerait à terraformer et coloniser Mars puis le reste de l'Univers, et ce, pour deux principales raisons. D'abord, parce qu'il est le seul à pouvoir y arriver. Ensuite, puisqu'il doit à son tour faire sa part pour sauver l'évolution de la vie sur Terre – cette dernière étant directement à l'origine de son *apparition* sur celle-ci. Bref, d'une certaine manière, ils présentent l'humain comme celui qui aurait le destin de la vie (et, nécessairement, de la sienne) entre ses mains :

Failure to terraform and colonize Mars would constitute a failure to live up to our human nature, and a betrayal of our responsibility as members of the community of life itself. (Zubrin, 2019b, p. 305)

Today, the living biosphere has the potential to expand its reach to encompass a whole new world, on Mars, and the interplanetary civilization that develops as a result will have the capability of reaching much further. Humans, with their intelligence and technology, are the unique means that the biosphere has evolved to allow it to blossom across interplanetary and then interstellar space. Countless beings have lived and died to transform the Earth into a place that could give birth to a species with such capabilities. Now it's our turn to do our part. It's a part that 4 billion years of evolution has prepared us to play. Humans are the stewards and carriers of terrestrial life, and as we spread out, first to Mars, and then to the nearby stars, we must and shall bring life to many worlds, and many worlds to life. It would be unnatural for us not to. (Zubrin, 2019b, p. 309- 310)

Earth may be the only place in the universe where life has developed. If this is true, then it is imperative that we ensure life's survival. Life will have a better chance of surviving if it exists on a broader scale; one planet is too small. A stray comet or asteroid could annihilate the work of billions of years of evolution in a single moment. More is needed to "allow the preservation and continued generation of the diversity needed not just to keep life interesting, but to assure the survival of the human race." Perhaps humans are the next step in evolution: serving as the vehicle for the expansion of life. The purpose of our existence and the technology we develop could be to disperse life throughout the solar system, the galaxy, maybe even the universe. In expanding ourselves, we will also expand life as we know it; for we are dependant upon the biota and the biosphere it forms. (Pinson, 2002, p. 11341)

En addition, cette linéarité ne concerne pas que la terraformation. À leur tour, la colonisation et l'exploration de l'espace, de même que les avancées techniques dans le domaine de l'aérospatial, ne sont pas des événements qui tomberaient du ciel pour les terraformateurs. Elles découleraient

de développements scientifiques et techniques antérieurs qui, eux-mêmes, s’inscriraient dans une longue tradition de progrès qui remonterait à des temps immémoriaux¹¹⁵ :

The exploration of space is one of the most stimulating and challenging of human endeavours, with roots anchored in history and branches ramifying into a promising future (Fogg, 1995a, p. 301)

When Robert Goddard launched the first liquid-fueled rocket to a grand altitude of forty-one feet in 1926, could he have possibly imagined we’d be touching down on Mars 101 years later? Yet the path is surprisingly straightforward. (Petranek, 2015a, p. 7)

In the same way we can draw a line from Wernher von Braun straight to Apollo 11, when a spaceship carrying astronauts lands on Mars in 2027, we may well be able to draw a line straight to Elon Musk—because that Mars lander will most likely have the SpaceX logo on it. (Petranek, 2015a, p. 18)

Le thème de l’évolution ou de la suite logique fait écho à la notion de progrès. C’est aussi le cas des autres que nous avons présentés auparavant. Dans la prochaine section, nous prendrons le soin de montrer comment le projet de terraformation de la planète Mars en tant que solution technique aux risques existentiels est révélateur du mythe du progrès et porteur de promesses.

4.3 La terraformation de Mars : révélatrice du mythe du progrès et porteuse de promesses

Le mythe du progrès, nous l’avons vu, implique que l’histoire a un sens et que ce dernier est nécessairement linéaire. Suivant cette logique, les sociétés progresseraient sans cesse vers une nouvelle version d’elle-même qui serait nécessairement préférable à celle(s) d’avant. Cette amélioration infinie et continue serait le fruit du développement des sciences et des technologies – le progrès social étant ici pensé comme étant profondément dépendant du progrès scientifique. La science et les techniques permettraient aux sociétés de repousser les limites, d’accéder à un monde de possibilités et d’améliorer la condition humaine. D’ailleurs, tous nos maux, qu’ils soient individuels ou collectifs, trouveraient leur solution dans ce progrès. Ce progrès linéaire est

¹¹⁵ Par exemple, dans la série *Mars*, les premières plantes à être cultivées dans les serres de la colonie martienne sont les mêmes qui furent cultivées par les premières communautés sédentaires de la Mésopotamie.

perçu comme souhaitable et irréversible par ceux qui adhèrent au mythe du progrès : *on ne peut arrêter la marche du progrès* (Bourg, 2000 ; Musso, 2015, p. 11-12 ; Lelièvre-Botton, 1997, p. 40-41).

À la lumière de la présentation que nous venons de faire de l'imaginaire sociotechnique des terraformateurs, nous pouvons finalement conclure que le projet d'ingénierie planétaire qu'ils mettent de l'avant est grandement imprégné du mythe du progrès et des promesses associées aux sciences et aux technologies. L'optimisme technologique qui émane du projet et qui est abondamment exprimé par ses promoteurs fait écho à la confiance envers les développements futurs de la science qui est au cœur du mythe du progrès. Le projet de terraformation de la planète Mars incarne une foi absolue en l'idée que la science évolue continuellement et que, grâce à elle, nous serons éventuellement en mesure d'entreprendre collectivement des choses qui, pour l'instant, peuvent nous sembler impossibles. Pour les terraformateurs, ce sont les « *new inventions* » qui libèrent « [*Homo sapiens*] *from many previous constraints* » (Fogg, 1995b, p. 128). En ce sens, dans l'imaginaire qui entoure la terraformation, il est de l'ordre de l'évidence que les savoirs scientifiques et les technologies de demain agrandiront le champ des possibles des sociétés et qu'ils leur permettront de surmonter tout ce qui peut l'être.

L'apport du progrès technique sur le progrès social est, alors, immense pour les terraformateurs dans la mesure où il est l'unique levier à partir duquel une société améliorée (soit une société interstellaire) est accessible. De plus, la terraformation sous-entend que la technique est nécessaire – voir indispensable – pour répondre aux défis auxquels l'humanité est et sera confrontée, ce qui inclut les nombreux risques existentiels. Ainsi, dans l'esprit de ce projet d'ingénierie planétaire, la science est, non seulement, le passage obligé pour que puisse être échafaudé un futur meilleur, elle est aussi la seule manière d'assurer qu'il y ait un futur. En ayant en tête notre propre extinction éventuelle, les promoteurs de la terraformation suggèrent un destin interstellaire qui leur semble être le seul désirable puisqu'il serait le seul à même d'assurer la continuité du progrès au-delà de la vie du Soleil. Bref, la terraformation partage avec le mythe du progrès son optimisme et son obnubilation technologique.

Le thème de la frontière révèle, lui aussi, la présence du mythe du progrès dans le projet de terraformation de la planète Mars. D'après les terraformateurs, les humains repoussent depuis

toujours les frontières. Ayant conquis le sol et les eaux, ils ont ensuite conquis les airs et l'espace. Chaque fois, leur univers de possibilités en ressortait grandi et les techniques développées pour y arriver généraient des retombées positives pour les sociétés. Le projet de terraformation et de colonisation de Mars est, pour ses promoteurs, l'ultime frontière qui permettrait aux humains d'assurer leur progression au-delà des limites de la Terre qui, en raison de son éventuelle destruction par la mort du Soleil, ne peut l'assurer indéfiniment. Mars est, pour eux, la frontière de tous les possibles puisque la réussite de sa colonisation établirait hors de tout doute la faisabilité ultérieure de la colonisation d'une bonne partie du cosmos. Ainsi, en conformité avec le mythe du progrès, le projet de terraformation souligne que la seule façon d'atteindre un futur meilleur et d'échapper à la stagnation sociale est d'aller là où le développement technique nous mène, soit d'abord sur Mars et puis ailleurs dans l'Univers. Autrement dit, la terraformation indique que pour que la société progresse vers une nouvelle version d'elle-même qui soit supérieure à l'ancienne, elle doit devenir une société multiplanétaire libérée des contraintes de la Terre, sans quoi elle s'éteindra et, conséquemment, mettra fin au progrès.

Dans le même ordre d'idée, l'idée d'évolution qui est fortement présente dans l'imaginaire des terraformateurs est, à son tour, révélatrice du mythe du progrès. La transformation de Mars en un monde habitable et sa colonisation y sont présentées comme les suites logiques du parcours de l'humanité. Perçue comme une espèce terraformatrice, l'humanité aurait, depuis toujours, modifié son environnement par la technique et c'est pourquoi il serait inévitable pour elle de maîtriser Mars après avoir maîtrisé la Terre. Ainsi, dans l'imaginaire de la terraformation, l'humain va dans le bon sens de l'histoire en allant vers Mars. À l'inverse, en restant sur Terre, l'humanité se positionnerait en opposition au progrès, car elle limiterait drastiquement ses développements civilisationnels futurs.

Bref, la terraformation de la planète Mars incarne l'idée selon laquelle les nombreux problèmes auxquels sont confrontés les humains peuvent être réglés par la science et, par le fait même, est révélatrice de la place importante qu'occupent le mythe du progrès et les promesses associées aux sciences et aux technologies dans les sociétés occidentales contemporaines. À ce titre, dans la prochaine section, nous verrons de quelles façons les terraformateurs ont construit et mobilisé des discours tournés vers le futur pour promouvoir leur imaginaire sociotechnique – discours qui, plus souvent qu'autrement, font référence à ce mythe et à ces promesses.

4.4 Utilisation des discours tournés vers le futur par les terraformateurs

Mars, more than any other of the planets,
provides a focus for our desires and hopes.
It is a metaphor for a future of noble
and glorious possibility.
Martyn J. Fogg (1995b, p. 201-202)

À l’instar d’autres promoteurs de développement technique, les terraformateurs incorporent énormément de discours tournés vers le futur dans leurs propos. Les discours écrits et oraux que nous avons analysés sont remplis de promesses. Nous en avons répertoriées dans l’ensemble des documents sélectionnés dans notre corpus. La majorité concerne la possibilité technique des plans qu’ils mettent de l’avant. Les autres renvoient davantage aux multiples bienfaits que la terraformation de la planète Mars apporterait à l’humanité. Ces promesses, nous l’avons vu, jouent un rôle important dans les développements scientifiques. Dans le cas de la terraformation de Mars, elles permettent, notamment, à ses promoteurs de mettre de l’avant les arguments suivants : a) la terraformation et la colonisation de la planète Mars sont possibles, b) l’humanité peut et doit devenir une espèce interstellaire pour assurer sa survie à très long terme et c) la terraformation de corps célestes – en l’occurrence Mars – est hautement nécessaire à l’accomplissement de cette tâche. Nous entendons montrer, dans ce qui suit, comment les terraformateurs ont construit et mobilisé des discours tournés vers le futur (promesses, récits, etc.) pour promouvoir leur vision commune d’un futur désirable¹¹⁶.

Au tout début du premier épisode de la série *Mars*, une chronologie de la colonisation de Mars est proposée aux spectateurs : *Initial human presence* (2033-2035), *Construction & Expansion* (2037-2041), *Settlement* (2041-2050). Les discours que nous avons analysés sont tapissés d’exemples d’échéancier anticipé comme celui-ci qui indiquent les étapes à franchir en vue de la concrétisation du futur interstellaire que les terraformateurs souhaitent voir advenir. Certains de

¹¹⁶ Afin d’éviter les redondances, nous ne reprendrons pas dans cette section des extraits de discours ayant déjà été utilisés précédemment.

ces calendriers proposés sont plus optimistes ou spéculatifs que d'autres. Un coup d'œil rapide aux deux exemples ci-dessous suffit pour constater les divergences.

Figure 4.5 « *A complete scenario for the terraforming of Mars* » (Birch, 1992, p. 340)

2010 Planning, design and research phase. The first Martian settlements are planted and the building of dome cities is begun. Explorative boreholes are drilled into the crust. Scientific work on the undisturbed Mars must be concluded during this period.

2020 Terraforming begins. On Mars, geothermal piping is laid along the route of the planned canals. In orbit, construction of the soletta, support mirror and aerial lens takes place.

2021 The magnifying soletta is deployed and the aerial lens dropped into the atmosphere; vaporisation of Martian regolith and excavation of the canals commences. The rest of the planet is continuously illuminated with $\sim 1.2L_{\odot}$ (IR & UV filtered for maximum photosynthetic efficiency). Geothermal power becomes available from the buried piping.

2022 Selected species of plant life are distributed over the Martian surface; photosynthesis will generate up to 20% of the required atmospheric oxygen from CO_2 over the next 58 years. Continuing devolatilisation causes a progressive rise in atmospheric pressure and planetary temperature.

2070 Devolatilisation complete. Infra-red filters are added to the soletta, which is moved back and refocussed to give a net insolation $\sim 1.3L_{\odot}$. The canals fill with water; exposed regolith is broken down into topsoil.

2080 The atmosphere, although thin (~ 330 mbar), is fully breathable; the climate is Earthlike. Settlements spring up along canals now bordered in vegetation. Terraforming is complete.

Figure 4.6 « *A conceptual time line for a terraforming project on Mars* » (McKay, 1982a, p. 312-313)

0–20 years, Mars settlement:	planetary studies, biological experiments
20–100 years, Phase One:	spreading of black soot over the Martian poles to trigger the runaway greenhouse. Plant seeding experiments begun. Required technology is a Mars airplane which is already developed.
120+ years, Phase One Complete:	Mars is warm with a thick carbon dioxide atmosphere and extensive vegetation. There are no large animals, but humans can survive with scuba gear alone.
120–100,000 (?) years, Phase Two:	plants produce a breathable atmosphere. Animals can be introduced; if not, metabolism will be by bacteria.

Malgré les différences, tous les promoteurs de la terraformation annoncent la réussite de leur projet d'ingénierie planétaire à un moment ou un autre. La promesse implicite commune à l'ensemble de ces projectoires sociotechniques (Messeri et Vertesi, 2015) est, en ce sens, la même : si nous prenons collectivement le chemin de la terraformation de la planète Mars, son accomplissement est inévitable. D'une certaine manière, via ces *proposed timelines*, les terraformateurs appliquent au futur le même raisonnement à partir duquel ils conçoivent le passé. L'évolution de l'humain sur Terre, de sa maîtrise du feu à l'alunissage, n'est qu'une série d'événements qui s'enchainent et qui, graduellement, l'ont fait progresser. De la même manière, ils envisagent que l'avenir de l'humanité sera, à son tour, une succession de progrès. L'éventualité d'un échec est systématiquement évacuée de leur propos et de ces projections. De l'avis des terraformateurs, la possibilité d'une embuche générée par un imprévu sera, de toute façon, invariablement surmontée grâce à l'inévitable progrès technique envisagé et promis. Comme nous l'avons souligné préalablement, même les difficultés anticipées sont vues comme allant un jour être résolues par le génie humain.

À ce titre, omniprésentes sont les promesses scientifiques et technologiques dans les discours que nous avons analysés. En effet, les terraformateurs vantent constamment les capacités actuelles de la science et des technologies à accomplir l'incroyable et spéculent sans gêne sur leurs capacités

futures¹¹⁷. Malgré les nombreux inconnus, ils promettent que la terraformation – et, conséquemment, l’émulation de la Terre ailleurs – est possible. De plus, virtuellement chaque étape des divers scénarios de terraformation est accompagnée d’une ou de plusieurs de ces promesses. Les terraformateurs affirment, à titre d’exemples, que les vols interplanétaires habités, l’envoi de matériel à la surface de Mars, la construction de miroirs géants et l’installation d’infrastructures pouvant accueillir sécuritairement les nombreux colons qui quitteront la Terre seront tous possibles. Les potentialités de l’ingénierie sont, pour ce groupe de personnes, illimitées, et ce, pourvu que l’on choisisse collectivement d’œuvrer à leur réalisation.

Ces promesses sont construites de différentes manières par les terraformateurs. Certaines sont directes. Elles apparaissent dans les discours sans que les personnes les ayant formulées tentent de convaincre d’une quelconque façon que ce soit le lecteur ou le téléspectateur de leur validité. Autrement dit, la formulation qui est ici utilisée laisse croire que le contenu de ces promesses est un fait scientifique établi. Essentiellement, les extraits ci-dessous sont tous des exemples de promesses qui affirment directement que la technologie existe déjà (ou le sera prochainement) pour mener à terme le projet mis de l’avant par les promoteurs de la terraformation :

Landing on Mars - and colonizing it - isn't merely possible. “This is going to happen,” Petranek declares. “And it's going to happen soon”, he adds [...] (Petranek cité dans Hallett, 2016, p. E02)

Mars can and should be settled with Earth émigrés. (Zubrin, 2019b, p. 305)

So that leads to the next big – really big step – in living the good life on Mars. And that's terraforming the planet: making it more like Earth, reengineering an entire planet. That sounds like a lot of hubris, but the truth is that the technology to do everything I'm about to tell you already exists. (Petranek, 2015c)

It is claimed that terraforming could be completed in as little as fifty years. (Birch, 1992, p. 331)

It is technically feasible, even with present technology, to alter the orbits of small objects, such as Apollo asteroids, to bring them close to Earth for mineral extraction, so it is not

¹¹⁷ Des idées fantaisistes comme la création de soleils artificiels (Zubrin, 2019a) ne sont pas rares dans les discours des terraformateurs.

difficult to envisage a time when larger amounts of material, either in bulk or as mass streams, could be put to use for terraforming. (Fogg, 1992a, p. 321)

Ultimately, once a circum-stellar civilisation becomes well established, the terraforming of much more stubborn planets, such as extra-solar versions of Venus and Mars, would be feasible. This would increase the number of habitable planets occupied by a galactic civilisation to perhaps over 100 billion. (Fogg, 1991a, p. 191)

[...] our own Milky Way galaxy, a hundred thousand light years across, can easily be colonized in a million years or so. (Mansfield, 2018, p. 350)

Because we are rapidly increasing our ability to genetically engineer bacteria and other small microbes, we may be able to produce new life-forms that consume the things we don't need on Mars, such as CO₂, and spit out what we do need – namely, oxygen and nitrogen. (Petranek, 2015a, p. 66)

Over a period of a thousand years – or perhaps much less if genetic engineering technology continues to advance – these plants could put enough oxygen in Mars' atmosphere to make it breathable by humans and higher animals. Eventually, the day would come when breathing gear and city domes would no longer be necessary. (Zubrin, 2019b, p. 308)

The terraforming of Mars and Venus are set much deeper in time than this century, but before the end of this millennium these massive planetary engineering projects will likely be complete in the case of Mars and at least begun in the case of Venus. (Beech, 2008b, p. 43)

[...] it is well within the sphere of possible human activities over the next few centuries to deliberately steer volatile-rich asteroids from the outer Solar System toward collisions with dry inner planets [...]. (Oberg, 1981, p. 68)

[...] with very modest advances on a historical scale, [interplanetary transportation] systems can be put in place that will allow individuals and families to emigrate to Mars at their own discretion. (Zubrin, 1995, p. 407)

D'autres prennent la forme d'une métaphore. Ces promesses créent, chez le lecteur, des images qui ramènent un sujet hautement spéculatif comme la terraformation en terrain connu. L'extrait suivant tiré d'un article de Pinson représente bien cette catégorie de promesses :

[...] no problem exists, at least in our minds, which we cannot overcome. Terraforming Mars is just another obstacle to overcome. [...] On earth, no mountain is too tall to climb; no ocean too deep to explore. Mars is our next mountain and we will climb it. (Pinson, 2002, p. 11340-11341)

Ici, la terraformation est, successivement comparée à un *autre obstacle* et une *montagne*. À l’instar des plus hauts sommets que nous avons gravis et des difficultés rencontrées sur notre chemin depuis des temps immémoriaux que nous avons su surmonter, l’accomplissement de la terraformation de la planète mars ne dépendrait, au fond, que de notre préparation en amont et de notre génie, selon Pinson. En mettant sur un pied d’égalité l’ascension de l’Everest et la transformation de l’environnement martien en un monde habitable, cette comparaison diffuse faussement l’idée voulant que la terraformation soit du même ordre de grandeur que ce que nous accomplissons ici sur Terre et, conséquemment, qu’elle est accessible à qui veut bien y mettre l’effort. De plus, cet extrait annonce l’inévitabilité de la terraformation (*we will climb it*) – inévitabilité qui est constamment rappelée par les autres terraformateurs.

Oberg reprend sensiblement le même genre de formule à la fin de son livre. Tout comme Pinson qui évoque que nous pouvons surmonter tous les problèmes, ce dernier suggère qu’il existe toujours des voies alternatives pour atteindre nos objectifs. Dans l’éventualité où les techniques envisagées pour terraformer Mars s’avérait insuffisantes, Oberg promet qu’il en existerait toujours d’autres (*detour, trap door, ladder, big enough bomb*) pour y arriver :

We have, however, been able to assemble a collection of ideas and schemes which should have demonstrated that for every roadblock there is a detour, for every wall there is a trap door or a ladder or a big enough bomb. (Oberg, 1981, p. 260-261)

Il est aussi fréquent de voir les terraformateurs prendre des exemples concrets de technologies ou de projets qui sont devenus réalités après avoir vu le jour dans les univers de science-fiction pour réaffirmer la plausibilité du projet qu’ils mettent de l’avant :

Early in the 20th century, the concept of humans going to the moon was exclusively the subject of science fiction stories. These days, lunar voyages are a thing of the past. Terraforming may hold the same destiny: from fiction to fact. (Pinson, 2002, p. 11334)

Le même type de parallèle est tracé entre la terraformation et d’autres projets ambitieux antérieurement entrepris et accomplis sur Terre. Cette forme de discours affirme, certes, l’ampleur du projet d’ingénierie à l’étude, mais le fait en l’inscrivant en continuité avec ce que l’humanité a déjà effectué. D’une certaine manière, les discours comme celui qui suit minimisent la difficulté technique de la terraformation. En la comparant à la construction d’un bâtiment sur

Terre, ces discours laissent entendre que la transformation de l'environnement global d'une planète serait un projet dont l'envergure serait similaire :

Many of the great cathedrals took three or four hundred years to build [...]. Mars terraforming might be something like that. It's not an impossible time scale. (Averner cité dans Broad , 1991, p. 1)

De plus, nombreuses sont les comparaisons avec la colonisation des Amériques au 17^e siècle et les exploits passés de la conquête spatiale pour donner au public une idée de la vitesse à laquelle pourrait se faire la colonisation de Mars. Dans l'extrait ci-dessous, Zubrin mobilise ces éléments pour que ses lecteurs aient une idée de grandeur de ce qu'il envisage. Indirectement, ses propos laissent aussi croire que l'humanité aurait déjà démontré dans le passé sa capacité à mener un tel projet migratoire à terme :

The question of colonizing Mars is not fundamentally one of transportation. If we were to use a vehicle comparable to the SpaceX Starship now under development to launch habitats carrying settlers to Mars on one-way trips, firing them off at the same rate we launched the Space Shuttle when it was in its prime, we could populate Mars at a rate comparable to that which the British colonized North America in the 1600s [...]. (Zubrin, 2019b, p. 305)

Il est aussi fréquent de voir les promoteurs de la terraformation comparer la colonisation d'autres mondes aux anciennes colonisations. En faisant cela, ils cherchent à projeter une certaine forme de normalité ou de simplicité à un projet migratoire qui est profondément hors du commun et en tout point plus complexe que ce que l'humanité a accompli jusqu'à présent. La colonisation de l'espace étant nettement plus risquée que la colonisation de nouveaux territoires sur Terre, ces comparaisons permettent aux terraformateurs de lui donner un air de déjà-vu. Dans ce qui suit, Oberg laisse entendre que la colonisation de Mars sera difficile tout en étant similaire à d'autres excursions terrestres :

The other worlds, potential candidates for new homes for humanity, are presently inhospitable to unprotected human bodies. So when human beings first venture there, they will fashion protective garments, and artificially warm their shelters, and carry their own supplies. So it was in the first moments of human history, when the first ventures were made into inhospitable lands; the process continues today with expeditions to the antarctic and the ocean floor. (Oberg, 1981, p. 33)

Ces *micro*-promesses s'inscrivent dans une *macro*-promesse concernant les possibilités futures de la science en général. En effet, l'une des promesses que les terraformateurs énoncent le plus fréquemment est celle voulant que la science (et indirectement l'humain) ait le potentiel de pouvoir tout surmonter ce qui est théoriquement possible de l'être. Ce faisant, derrière chacune des *micro*-promesses est toujours présente en arrière-plan la confiance en l'idée que la science est perpétuellement en développement et que les développements futurs de celle-ci rendront, non seulement, encore plus probables les divers scénarios qu'ils mettent de l'avant, mais permettront aussi à l'humanité de progresser. Le progrès technique (et conséquemment, social) est présenté par les terraformateurs comme inévitable et désirable, comme étant ce par quoi nous trouverons collectivement des solutions à nos nombreux problèmes. Même s'ils admettent le caractère hautement spéculatif de certaines de leurs affirmations ou démonstrations scientifiques, cette confiance en le progrès scientifique leur permet, en parallèle, de les justifier et, en quelque sorte, de réduire l'apparence *hypothétique* de la science qu'ils produisent. Une proposition qui peut sembler irréaliste actuellement, disent-ils, ne le sera fort probablement plus à l'issue des développements scientifiques anticipés. La formule suivante de Petranek est, à ce titre, très évocatrice : « *It seems naïve to think we won't be able to do that within three hundred years* » (Petranek, 2015a, p. 68).

Ci-dessous, un exemple de discours tourné vers le futur tiré du livre de Petranek qui exprime bien la confiance que les terraformateurs ont quant aux capacités techniques inévitablement plus grandes des humains de demain en rapport à celles d'aujourd'hui. Les développements scientifiques et techniques à venir y sont présentés comme étant grandement prometteurs et comme allant de soi :

Even the most optimistic scenarios for reengineering the Martian atmosphere are projected to take nine hundred years. Yet within that time frame, humans are likely to make astounding progress, and there is reason to assume we will be successful. It has only been slightly less than fifty years since Apollo 11 landed on the moon. Two or three hundred years from now, with our general knowledge base doubling every few years, we will have far deeper insights into the problem. (Petranek, 2015a, p. 65)

Pour sa part, Oberg affirme que les techniques et les outils que nous possédions à la fin du 21^e siècle sont suffisants pour entamer la terraformation et que d'autres, plus performants, seront inévitablement découverts dans l'avenir :

Even though it should be undeniable that additional discoveries will be made over the next few centuries, it will be very satisfying to know that the capabilities already within reach are probably sufficient to begin planetary engineering on a large scale. (Oberger, 1981, p. 125)

De son côté, le président de la Mars Society fait un détour par le début du siècle dernier pour illustrer le chemin parcouru en ce qui concerne la conception de navires. Ce retour historique confère de la crédibilité à la promesse qu'il fait au sujet de la taille des vaisseaux spatiaux du futur :

In 1905 the revolutionary HMS Dreadnought was launched, displacing 18,000 tons. Today ships 5 times that size are common. So it is hardly unthinkable that in a century or two we will have spacecraft in the million ton (10⁹) class. (Zubrin, 2019a, p. 290)

Profondément optimiste quant aux développements futurs des sciences, Fogg affirme à de nombreuses reprises dans ses discours que nous avons analysés que des solutions aux différents problèmes rencontrés actuellement dans la recherche sur la terraformation de Mars seront incontestablement élaborées lorsque la recherche scientifique sur le sujet sera plus avancée. Autrement dit, il exprime dans les extraits suivant l'idée voulant que le progrès de la science est un fait établi et que tout ce qui peut *théoriquement* être fait pourra l'être *en pratique* :

Thus, at the present time, the trace greenhouse gas method of initiating Martian terraforming does not look fully feasible. However, research into designer greenhouse gases for use in Martian terraforming has hardly begun and still holds much promise. (Fogg, 1992a, p. 318)

One way to mitigate these difficulties is to postulate that we simply have not found the right organisms for terraforming Mars yet. This line goes that if we look hard enough, candidates will be found from which ecosystems optimised for Mars can be created. This is not an unreasonable argument – after all, the search for Martian organisms amongst life on Earth has hardly begun. (Fogg, 1995b, p. 256)

Dans le même ordre idée, Fogg assure qu'une simple constatation des accomplissements passés de l'humanité suffit pour enlever le doute quant aux habiletés techniques des civilisations du futur : « *these doubts about the future can be considerably softened by looking into the past, in particular at mankind's increasing ability to reshape the face of the Earth* » (1995b, p. 127). Ces habiletés seront telles, à ses dires, que les techniques que les ingénieurs planétaires risquent d'employer lorsque la terraformation de Mars sera en cours « *would seem fantastic to us now* »

(1995b, p. 290). Plus généralement, le ton employé par Fogg dans ses discours ainsi que la nature de ses propos montrent continuellement « *just how unbounded the future might be* » (1995b, p. 292).

Les terraformateurs admettent leurs optimismes scientifique et technologique. Ils n'essaient aucunement de convaincre leur auditoire du contraire. À vrai dire, ces derniers cherchent plutôt à persuader les autres du réalisme de leurs propositions. Pour ce faire, ils vont fréquemment faire intervenir un exemple de développement technique antérieur lors duquel les projections et les anticipations se sont avérées grandement pessimistes comparativement aux retombées réelles. Dans l'extrait suivant, Musk prend l'exemple de l'aviation pour relativiser sa confiance envers les progrès scientifiques à venir :

Forecasts are always tricky. If you asked somebody at the dawn of air flight, what are your market forecasts? I mean, they're going to be wildly wrong. Probably on the low side. Even probably the most optimistic people at the beginning of aviation would seem like pessimists today. (Musk cité dans Petranek, 2015a, p. 33)

De son côté, Haynes rappelle que le pessimisme de certains scientifiques à l'égard de développements techniques hypothétiques est fréquemment rattrapé par la concrétisation de ces derniers :

Those inclined to deny the possibility of implanting life on Mars should recall that future discoveries often confound the negative prophecies of even the most accomplished scientists. For example, a few years before Enrico Fermi built the world's first nuclear reactor, Lord Rutherford, the founding father of nuclear physics, stated publicly that anyone who "looked for a source of power in the transformation of atoms was talking moonshine." And at the 1963 International Congress of Genetics, J.B.S. Haldane, one of the greatest geneticists of this century, declared that the deliberate genetic modification of humans must surely lie millenia in the future. (Haynes, 1995, p. viii)

Musk et Haynes, à l'instar de leurs semblables, tentent de vendre le projet d'ingénierie planétaire sur Mars et sa colonisation. De par son envergure, la terraformation peut sembler utopique pour nombreux de leurs contemporains. En traçant des parallèles avec des techniques réelles qui font maintenant partie du quotidien, mais dont la trajectoire vers leur utilisation actuelle fut sous-estimée (aviation, nucléaire, modification génétique chez l'humain), ils cherchent à persuader leurs publics de la plausibilité de ce qu'ils affirment. Plus encore, par le biais de ces exemples, ils

réaffirment l'inévitabilité du progrès scientifique et promettent, conséquemment, que tout (incluant la terraformation et la colonisation de Mars) sera possible éventuellement grâce aux développements techniques futurs.

En parallèle de ces promesses scientifiques et technologiques, nous avons répertorié un grand nombre de promesses que nous pourrions qualifier de *civilisationnelles*. Ces discours tournés vers le futur décrètent un avenir prometteur pour l'humanité si elle s'installe sur Mars. Les terraformateurs garantissent que ce devenir interplanétaire (et, à terme, interstellaire) est ce par quoi les humains pourront assurer le développement de leur plein potentiel. Ainsi, en plus de garantir sa survie, ce *monde meilleur* sur la planète rouge créé de toute pièce par la technique permettrait à l'humanité d'éviter la stagnation et d'assouvir sa soif exploratoire et d'aventure. Mars est promise comme un tremplin qualitatif pour notre civilisation : d'une simple *civilisation terrestre*, nous deviendrions une *civilisation spatiale*. Zubrin parle, à ce titre, du passage d'une *Type I civilization* à une *Type II civilization* pour décrire ce qu'il assure être notre avenir. À ses dires, nous passerions d'une espèce capable de tirer avantage des ressources de sa planète d'origine à une espèce en mesure de gérer les ressources de notre système solaire et d'ailleurs (Achenbach, 1998). En préface du livre d'Oberg, Jack Williamson suggère que l'humanité ferait un « *great evolutionary jump* » en s'installant sur les rives d'une planète Mars terraformée; un saut, qui, selon lui, serait « *as epochal as the one that brought our ancestor out of the primal seas a few hundred million years ago, onto dry land* » (1981, p. 10). Bref, la terraformation de Mars et sa colonisation mèneraient à l'amélioration de l'humanité.

Dans cet ensemble de discours tournés vers le futur, il y a, d'abord, ceux qui proclament directement que l'humanité vivra, un jour, sur Mars et ailleurs dans la galaxie. Cette migration ne serait rien de moins que sa destinée. Ces discours prennent, plus souvent qu'autrement, l'allure d'une affirmation :

Two thousand years from now there will be people not only on Earth and Mars and the asteroids, there will be people in civilizations orbiting hundreds of stars in our region of the galaxy. (Zubrin cité dans Achenbach, 1998)

If our civilization does not self-destruct, or turn dangerously inward, it seems that nothing will prevent the colonization of the Sun's planets, space, moons and asteroids. Within several

hundred years – perhaps far sooner – people may live on dozens of distant worlds, some of which may be changed forever by human design. (Mallove, 1986, p. C03)

Strap yourselves in, we're going to Mars. Not just a few astronauts – thousands of people are going to colonize Mars. And I am telling you that they're going to do this soon. Some of you will end up working on projects on Mars, and I guarantee that some of your children will end up living there. (Petranek, 2015c)

If some splinter of the human race leaves the Earth permanently and settles the Solar System and neighbouring stars, then civilisation is likely to become near-eternal. A space-based civilisation will rapidly transcend 20th century terrestrial politics and who can tell what course social evolution will take when influenced by future technical progress? (Fogg, 1989c, p. 592)

It is inevitable that humans will live on other moons or planets; it is only a matter of when. (Pinson, 2002, p. 11333)

De nombreuses promesses peuplent ces affirmations qui proclament le destin spatial des humains. Dans celle qui suit, Mallove se distingue par son optimisme démesuré en lien avec le développement envisagé de technologies permettant les voyages interstellaires. Ces futures capacités techniques, dit-il, permettront à l'humanité de s'établir autour de milliard d'étoiles en un temps record de moins d'un milliard d'années :

This leads to a vision of our own civilization expanding in a wave of colonization – each stellar outpost giving rise to more remote ones – and by geometric progression eventually encompassing billions of solar systems in the Milky Way galaxy. The transformation from an interplanetary to an interstellar civilization has been calculated to be possible in far less than a billion years – a mere eye-blink in the perhaps trillions of years of cosmic time yet to pass. (Mallove, 1986, p. C03)

D'autres discours tournés vers le futur reprennent des événements historiques du passé pour mettre en lumière l'importance qu'auraient la colonisation et la terraformation de la planète Mars dans l'évolution de l'espèce humaine. Dans l'extrait ci-dessous, Petranek compare la colonisation de Mars aux premiers pas de l'humain sur la Lune, mais en prenant soin de montrer comment la première changera nettement plus drastiquement la portée de l'espèce humaine :

When astronauts stepped onto the moon, people started saying, "If we can get to the moon, we can do anything." They meant that we could do anything on or near Earth. Getting to Mars will have an entirely different meaning: If we can get to Mars, we can go anywhere.

The achievement will make dreamy science fiction like *Star Wars* and *Star Trek* begin to look real. It will make the moons of Saturn and Jupiter seem like reasonable places to explore. [...] Most important, it will expand our vision as far from the bounds of Earth's gravity as we can imagine. When the first humans set foot on Mars, the moment will be more significant in terms of technology, philosophy, history, and exploration than any that have come before it, all because we will no longer be a one-planet species. (Petranek, 2015a, p. 4)

En ce qui les concerne, Zubrin et McKay avancent que la recherche menée sur la terraformation mènera inévitablement à la création de technologies qui, en retour, augmenteront significativement l'emprise des humains sur la nature. Pour illustrer leur propos, ils comparent ce changement à celui survenu au lendemain de l'industrialisation :

[...] the desire to speed the terraforming of Mars will be a driver for developing such technologies, which in turn will define a leap in human power over nature as dramatic as that which accompanied the creation of post-Renaissance industrial civilization. (Zubrin et McKay, 1997, p. 83)

De la même manière, Oberg compare la terraformation à certains moments clés de l'histoire lors desquels l'environnement fut altéré au bénéfice des humains. De l'irrigation des terres pour l'agriculture en passant par l'utilisation du feu pour augmenter la température des cavernes dans lesquelles les premiers humains vivaient, ces événements constituent des exemples de ce qu'il faudrait collectivement reproduire à grande échelle sur Mars pour la rendre habitable :

Imagine the terraforming of new worlds in space. When once long ago, fertile valleys needed irrigation, now whole planets lie dry but potentially fertile. Where once caves were warmed, now whole worlds lie ready for thermal manipulation. (Oberg, 1981, p. 34)

Oberg fait également des comparaisons entre la terraformation et d'autres projets de type « macro-ingénierie » que les humains ont accomplis dans le passé : la pyramide de Khéops, la Grande Muraille de Chine et le canal de Suez (1981, p. 245). L'idée de changer drastiquement l'environnement martien selon nos propres désirs ne serait que le prochain projet d'envergure d'une longue lignée menée par l'humanité. En comparant la terraformation à ces projets, il la présente favorablement comme le prochain accomplissement en apparence trop ambitieux pour ses contemporains, mais qui va incontestablement se concrétiser comme bien d'autres qui l'ont précédé.

Ailleurs, les terraformateurs vantent la terraformation par des analogies aux activités coloniales du passé. Le projet qu'ils mettent de l'avant amorcerait une époque qui serait semblable à l'ère des Grandes découvertes, mais qui, disent-ils, serait qualitativement plus significatif : De nouvelles ressources virtuellement inépuisables deviendraient accessibles, la vision du monde des sociétés humaines serait élargie, les humains ne seraient plus uniquement des *terriens*, les habiletés techniques augmenteraient, etc. Le passage qui suit abonde dans le sens de ce qui précède :

A voyage to Mars will make the Age of Discovery look like a minuscule event in human history. Our world will suddenly encompass an entire solar system instead of one planet. Our abilities to geengineer something as large as a planet will flourish. Trade routes that would have seemed impossible to previous generations will be established. The Earth will gain metals it desperately needs and the technical knowledge to very possibly save its environment. Opportunity for a new life elsewhere will give hope to millions. (Petranek, 2015a, p. 76)

En outre, il est aussi largement sous-entendu que l'humanité serait grandement inspirée par l'accomplissement d'un tel projet d'ingénierie. Il est promis qu'elle en serait profondément revigorée et que ce nouvel état d'esprit collectif générerait aussi en retour un grand nombre de retombées positives. D'une certaine manière, les terraformateurs promettent un *effet domino* de progrès social et technique grâce à la terraformation et la colonisation de la planète Mars :

[Terraforming Mars] would be the most difficult thing humanity has ever done, but also the most interesting and inspiring. (Musk cité dans Hoffman, 2011)

In analogy to frontier America, social conditions on Mars will make it a pressure cooker for invention. These inventions, licensed on Earth, will raise both Terrestrial and Martian living standards [...]. (Zubrin, 1995, p. 407)

Additionally, people on earth will also be invigorated by a much-needed boost of hope. [...] Like the changes in the "Old World" that America started, this "New World" will substantially change the way we think here on earth. A sense of a global community should emerge [...]. (Pinson, 2002, p. 11340)

En établissant des parallèles avec des événements coloniaux du passé, Zubrin abonde dans le même sens en promettant que Mars sera le moteur du progrès pour les nations qui participeront à l'effort de terraformation et de colonisation :

What the Mediterranean was to the Greeks, what the New World was to the Western Europeans, Mars will be to the pioneering nations of the next several centuries; the engine of progress of the coming era. As America showed in the 19th century, such an engine can pull far more than its own weight. (Zubrin, 1995, p. 414)

À la lumière de ce qui précède, force est d'admettre que les terraformateurs ont construit leurs discours tournés vers le futur en puisant dans le mythe du progrès (science est la panacée, environnement soumis à la volonté des humains, linéarité, progrès social lié au progrès technique, etc.). Ce dernier est, donc, doublement présent : d'une part, il est au cœur de l'imaginaire sociotechnique du groupe de personnes à l'étude et, d'autre part, il est utilisé pour en faire la promotion. En nous appuyant sur des travaux théoriques présentés au chapitre 2 (Mulkay, 1993 ; Van Lente, 2000 ; Compagnon et Saint-Martin, 2019 ; Johnston, 2020 ; Joly, 2015), nous pouvons déduire que les promoteurs de la terraformation ont mobilisé ce mythe dans leurs discours afin de mieux promouvoir leur projet. Ce mythe étant grandement accepté dans les sociétés occidentales, ils l'auraient repris à leur manière afin que les publics puissent se sentir interpellés par les objectifs de la terraformation et les accepter comme allant de soi. Ils y feraient également référence dans leurs discours pour mieux vendre les nombreuses promesses qu'ils formulent. En invoquant le progrès, ils cherchent à transformer ces promesses en *évidences en devenir*. Autrement dit, il s'agirait pour eux d'inscrire la terraformation dans le domaine du connu, en continuité avec les développements techniques et sociaux du passé et du présent, bref, comme quelque chose faisant partie de l'ère du temps et dont l'éventualité serait loin d'être restreinte aux univers de la science-fiction. Conséquemment, force est d'admettre que les terraformateurs ont construit une partie de leurs promesses en pigeant dans la « la rhétorique de l'inévitable et du futur déjà présent » (Compagnon et Saint-Martin, 2019, p. 9) qui est propre au mythe du progrès.

Cette utilisation du mythe du progrès dans leurs argumentaires fait grandement écho aux propos de Mulkay (1993). D'un bout à l'autre du corpus que nous avons analysé, les propos des personnes en faveur de la terraformation sont teintés de ce qu'il nomme la rhétorique de l'espoir. Les retombées passées des sciences et des technologies y sont décrites comme étant garantes des celles qu'elles occasionneront pour l'humanité dans le futur. La science (et son développement) y est présentée positivement et comme étant la plus à même de répondre aux problèmes que nous rencontrons. En usant de cette rhétorique, ils visent à ce que les publics tiennent pour acquis le

caractère bénéfique du projet d'ingénierie planétaire qu'ils proposent au même titre qu'ils l'accepteraient pour toutes autres avancées scientifiques.

L'usage de cette rhétorique n'est pas sans lien avec ce que Jasanoff (2015b, p. 326-329) qualifie de processus d'encastrement (*embedding*). Ce processus permet à un imaginaire sociotechnique de prendre de l'expansion en obtenant des appuis en dehors du cercle d'acteurs qui le partagent initialement. Il permettrait aux imaginaires de circuler plus aisément d'un contexte à un autre de même qu'entre les cultures et les époques. L'*embedding* se fait, notamment, par des « *processes of collective “remembering” of events [...] in order to construct meaningful translations from the pasts that were, to presents that are, to futures as people would like them to be* » (Jasanoff, 2015b, p. 329). Comme nous l'avons vu précédemment, les promoteurs de la terraformation mobilisent des récits pour dévoiler et promouvoir leur vision d'un futur désirable. Ils inscrivent leur projet en continuité ou en rapport avec des événements du passé qu'ils interpellent dans leurs discours. Ils vont, par exemple, rappeler les exploits du programme Apollo, la colonisation des Amériques et l'ascension des plus hauts sommets de la Terre. Ils mobilisent ces événements, d'une part, pour souligner l'importance de ces réalisations dans l'histoire humaine, mais aussi, d'autre part, pour promouvoir l'idée selon laquelle il est primordial de réactiver cette soif d'aventure et la quête du progrès qui caractérisent, selon eux, l'humanité. En encastrant leur futur interstellaire dans la continuité d'un processus historique linéaire, ils cherchent à le présenter comme étant inévitable. Autrement dit, en rappelant ces événements, les terraformateurs tracent un lien entre un passé glorieux et l'importance de poursuivre le progrès sur Mars et ailleurs afin de promouvoir leur imaginaire sociotechnique.

De plus, le format employé par les terraformateurs dans la construction de la plupart de leurs discours tournés vers le futur rappelle la manière par laquelle des personnalités comme Weinberg ont fait, dans le passé, la promotion de l'idée voulant que le progrès social soit atteignable par des solutions techniques. Comme l'a démontré Johnston (2017), ces personnalités ont communiqué des *simply-expressed ideas* afin de façonner les croyances d'une génération concernant l'usage et le bien-fondé de *technofix*. Ainsi, de manière semblable, les terraformateurs ont diffusé par le biais de métaphores, de récits, d'imageries et d'exemples simples les arguments au cœur de leur vision d'un futur désirable pour en faire la promotion. En parlant, par exemple, de « filet de sécurité » ou de « police d'assurance », ainsi qu'en comparant notre situation actuelle aux

dinosaures qui n'avaient pas de « plan b », les promoteurs de la terraformation ont volontairement simplifié les motivations derrière le projet d'ingénierie planétaire qu'ils mettent de l'avant pour que des publics variés puissent les saisir et se sentir interpellés. De la même façon, ils ont construit et diffusé des récits comme celui de l'évolution de la taille des navires au 20^e siècle afin de faire implicitement la promotion de l'idée de progrès technique. Sans jamais le dire directement, ils présentaient la terraformation de Mars comme la suite logique, désirable et inévitable du progrès social et technique de l'humanité. Bref, en s'éloignant temporairement du vocabulaire strictement scientifique, ils ont certainement cherché à convaincre le plus grand nombre possible de personnes de la validité de leurs conceptions des sciences et du futur des sociétés.

Comme nous l'avons constaté dans les deux premiers chapitres, nombreux sont les auteurs qui notent le rôle important que joue la science-fiction dans le développement scientifique et technique. Une forte interrelation existerait entre les deux (Michaud, 2017b, 2019a ; Schmidt, 2010, 2014 ; Lehoucq, 2017 ; Convert et Demailly, 2012). Les agences spatiales et les promoteurs des projets spatiaux sont conscients de l'influence des œuvres de la culture de masse sur l'opinion publique et c'est pourquoi ils s'impliquent dans la production d'œuvres afin de promouvoir leurs projets (Berlinguette-Auger, 2013 ; Kirby 2014 ; Michaud, 2019b ; Saint-Martin, 2019). À ce titre, Burri (2018) avance que les personnes qui élaborent des œuvres cinématographiques de science-fiction y projettent leur vision du futur de la société et du développement technoscientifique et que la manière par laquelle le futur y est dépeint peut façonner la perception que le public a du développement scientifique et de ses répercussions sur la société. C'est sur la base de ces travaux que nous avons tous préalablement présentés¹¹⁸ que nous considérons la série *Mars* comme une forme de discours tourné vers le futur ayant participé à la diffusion et à la promotion de l'imaginaire sociotechnique des promoteurs de la terraformation. Dans ce dernier développement qui suit, nous reprendrons les arguments centraux de ces travaux pour éclairer l'implication de terraformateurs (Musk, Zubrin, Petranek et Kaku) dans le développement de cette œuvre de fiction.

¹¹⁸ Voir les sections 1.2, 2.6 et 3.3.5.

En prolongeant la thèse de Berlinguette-Auger (2013), il serait possible de dire que les promoteurs de la terraformation tentent, par l'implication de certains d'entre eux dans l'élaboration de la série *Mars*, de propager à nouveau dans la culture de masse des mythes qui favoriseraient l'adhésion populaire à leur projet d'ingénierie planétaire. En d'autres mots, ils chercheraient par la diffusion de mythes à recréer le climat d'appui qui avait été tant bénéfique pour l'agence spatiale américaine dans les années 1960. En mobilisant des mythes comme celui de la frontière qui est ancré dans l'identité américaine, les terraformateurs auraient cherché à faire accepter par le public l'idée que la terraformation – de même que tous ses objectifs connexes – est conforme et en continuité à leur vision du monde. Ainsi, dans l'éventualité où la question de la terraformation viendrait à être débattue politiquement, les *fabricants de planètes* n'auraient qu'à faire intervenir ces mythes connus et acceptés de la population pour la persuader de la désirabilité de la création d'un monde habitable sur Mars. Bref, la présence de Musk et de ses semblables dans *Mars* s'expliquerait ici par une volonté d'augmenter l'adhésion de la population à leurs ambitions interstellaires.

En parallèle, nous pourrions également avancer à partir de la thèse de Kirby (2014) – qui veut que les représentations du futur et les prototypes diégétiques présents dans les films puissent favoriser le développement d'objets et de projets technoscientifiques – que des terraformateurs se seraient impliqués dans la production de l'œuvre cinématographique *Mars* pour promouvoir le projet de transformer l'environnement de Mars en un lieu habitable. Ils auraient collaboré avec les personnes responsables de produire cette série de manière à ce que cette dernière propage l'idée selon laquelle la terraformation de la quatrième planète du système solaire et la colonisation qui s'en suivrait sont réalisables, nécessaires et bien-fondés. La participation des terraformateurs aurait été motivée par l'occasion que cette tribune leur offrait de présenter aux téléspectateurs leur vision du futur et les développements techniques nécessaires à sa réalisation comme des choses attrayantes et possibles. En mettant en scène un processus diégétique de terraformation qui fonctionne comme prévu, dont l'utilité est établie et envers lequel tous les personnages sont en accord, ils chercheraient à susciter dans la population une envie que ce projet d'ingénierie planétaire se concrétise dans le *vrai monde*. D'ailleurs, le fait que toutes les technologies nécessaires à une mission habitée vers Mars et sa terraformation sont présentées comme allant de soi par l'ensemble des personnages dans l'univers fictif de cette série

favoriserait, selon Kirby, l'adhésion du public à l'idée que ces technologies fictives (et, indirectement, la colonisation et la terraformation de Mars) doivent être développées.

Les œuvres de science-fiction constituent une forme d'endoctrinement aux technosciences. Dans cette optique, il n'est pas surprenant que des terraformateurs aient choisi de s'impliquer dans la série *Mars*. Oeuvrant en parallèle aux nombreuses autres promesses formulées par les terraformateurs dans leurs discours, *Mars* leur a, elle aussi, permis de diffuser et de normaliser des idées, des avancées technologiques et, de manière plus générale, leur vision commune d'un futur désirable. Comme Michaud (2017b, 2019b) et Saint-Martin l'ont démontré (2019), des rassemblements d'acteurs oeuvrant dans divers secteurs d'innovation utilisent fréquemment la science-fiction comme un véhicule pour promouvoir des projets de nature technologiques et maintenir un climat d'acceptabilité social en faveur de ces derniers. En ce sens, nous pouvons penser que les terraformateurs auraient participé à l'élaboration de *Mars* afin que cette œuvre diffuse un imaginaire proche du leur et augmente le ralliement de la population derrière leur projet. À ce titre, Convert et Demailly soulignent que la science-fiction, « non seulement reflète les représentations sociales de l'époque, non seulement leur donne forme et par là contribue à les inventer, mais aussi [...] a la capacité de les modifier » (2012, p. 132). Ce courant a donc, diront-ils, une capacité d'action sur le monde, guidant parfois les imaginaires et le développement de projets d'ordre technoscientifique. Dans cette optique, les promoteurs de la terraformation auraient cherché par leur présence dans *Mars* à diriger les représentations sociales de notre époque à la faveur du projet qu'ils souhaitent voir se concrétiser. Ultimement, cette série leur aurait aussi permis de communiquer autrement leur vision au public et de rejoindre des personnes qu'ils n'auraient pu rejoindre autrement. Bref, tous les travaux préalablement évoqués abonderaient dans le même sens : les promoteurs de la terraformation se seraient impliqués dans cette série pour mieux vendre leurs ambitions interstellaires et persuader le plus grand nombre de personnes de la nécessité de travailler à leur accomplissement.

Bref, il a été question, dans ce qui précède, de montrer comment les promoteurs de la terraformation ont construit et mobilisé des discours tournés vers le futur dans l'optique de faire la promotion de leur imaginaire sociotechnique. Ainsi, en plus de souligner le rôle important de la science-fiction dans la diffusion de leur vision d'un futur désirable, nous avons vu comment ces *fabricants de planètes* ont imprégné du mythe du progrès – et des rhétoriques qui s'y

apparentent – les innombrables discours tournés vers le futur qu’ils ont formulés dans le corpus que nous avons analysé. Ces discours à partir desquels ils ont vanté la terraformation de la planète Mars et leur imaginaire interstellaire prennent essentiellement la forme de récits, de comparaisons, de parallèles, de métaphores, de projectoires, de références au passé et de promesses. Chacun d’eux, ainsi que la série *Mars*, ont, certainement, généré des attentes. Des attentes, certes, au sujet des développements scientifiques et technologiques qu’implique la mise en œuvre de la terraformation, mais aussi, et peut-être même surtout, concernant les possibilités qu’il ouvrirait pour l’humanité. En générant de nombreux espoirs, ces discours tournés vers le futur ont créé des horizons d’attentes qui, en retour, ont engendré des exigences. De ce fait, seul l’avenir nous dira si ces discours auront joué un rôle performatif dans l’accomplissement de la terraformation de Mars.

4.5 Conclusion préliminaire

Les terraformateurs, malgré certains désaccords, partagent un imaginaire sociotechnique. Collectivement, ils forment un groupe avec une vision bien particulière de l’ordre social et de la science et des technologies. Particulière, oui, mais propre à l’ère du temps. En effet, comme nous venons de le démontrer dans notre analyse, leur imaginaire emprunte largement au mythe du progrès et aux promesses associées aux sciences et aux technologies présents dans les sociétés occidentales contemporaines. Pour arriver à ce constat, nous avons, dans un premier temps, proposé une synthèse des résultats de notre analyse thématique en prenant soin de définir comment les terraformateurs conçoivent la société, la science et le rôle que l’une et l’autre doivent jouer pour que leur vision d’un futur désirable se concrétise. Ceci nous a permis de constater que l’imaginaire sociotechnique collectivement partagé par les promoteurs de la terraformation se distingue de celui des promoteurs de la colonisation de Mars. Alors que le leur est multiplanétaire, celui des terraformateurs est interstellaire. Le futur désirable des promoteurs de la terraformation ne s’arrête donc pas à la ceinture d’astéroïdes. Comme nous avons pu le voir, le *meilleur des mondes* qu’ils envisagent d’atteindre par la technique est infiniment grand. Il commence, certes, par la transformation de Mars en une planète habitable, mais son accomplissement ne sera terminé que lorsque l’humanité aura assuré sa pérennité en ayant des

colonies établies d'un bout à l'autre de la Voie lactée et puis de l'Univers sur des planètes terraformées.

Puis, dans un deuxième temps, nous avons présenté les principaux thèmes qui sont présents dans les discours des promoteurs de la terraformation. Avec un grand nombre d'extraits pour illustrer nos propos, nous avons montré l'importance qu'occupent les thèmes de la frontière, du risque existentiel, des *technofix*, du techno-optimisme, de l'environnement et de l'évolution dans l'imaginaire sociotechnique du groupe de personnes à l'étude. L'analyse de chacun de ces thèmes nous a permis de poser un regard plus fin sur la manière par laquelle les terraformateurs envisagent le(s) monde(s) de demain et se représentent les sciences et la société.

C'est à partir de ce portrait détaillé de leur imaginaire sociotechnique que nous avons pu, dans un troisième temps, montrer comment le projet de terraformation de la planète Mars en tant que solution technique aux risques existentiels est imprégné du mythe du progrès et est révélateur de l'importance de ce dernier et des promesses associées aux sciences et aux technologies dans les sociétés occidentales contemporaines. Ceci nous a ensuite menés, dans un dernier temps, à présenter la manière par laquelle les terraformateurs construisent et mobilisent des promesses dans leurs discours pour faire la promotion de leur vision du futur. Ainsi, ce développement nous a permis de compléter la section qui précédait. En effet, il est vrai de dire que la terraformation de Mars en tant que solution technique aux risques existentiels est révélatrice en soi de la place qu'occupent les promesses associées aux sciences et aux technologies dans nos sociétés. Toutefois, la terraformation en est, en fait, doublement révélatrice puisque ses promoteurs mobilisent abondamment des promesses au sujet des développements futurs des sciences et des technologies dans leurs discours.

CONCLUSION

L'objectif premier de ce mémoire était de faire ressortir l'imaginaire sociotechnique des promoteurs de la terraformation de la planète Mars en tant que solution technique aux risques existentiels. À travers notre analyse, nous avons montré que le futur désirable collectivement imaginé par ce groupe de personnes est animé par une conception partagée d'un devenir interstellaire pour l'humanité qui *se reflète dans* et qui *est atteignable par* la conception et la réalisation du projet de colonisation et de terraformation de la planète Mars – et puis, à terme, de planètes tournant autour d'autres étoiles. Leurs conceptions de la société et de l'avancement des sciences et des technologies dépendent dans une large mesure de leur optimisme technologique ainsi que de la manière par laquelle ils se représentent les risques existentiels, l'environnement, l'évolution, l'idée de frontière et les *technofix*. L'examen approfondi des discours des terraformateurs nous a aussi permis de conclure que leur imaginaire sociotechnique est empreint du mythe du progrès et des promesses associées aux sciences et aux technologies qui sont communément admis dans les sociétés occidentales contemporaines. Le second objectif était de présenter comment les terraformateurs construisent et mobilisent des discours tournés vers le futur dans le but de faire la promotion de leur vision d'un futur interstellaire pour l'humanité. À ce titre, les résultats de notre analyse démontrent que ces discours sont, eux aussi, imprégnés du mythe du progrès et qu'ils prennent principalement la forme de récits, de comparaisons, de parallèles, de métaphores, de projectoires, de références au passé et de promesses. Dans ce qui suit, nous reviendrons sur les différentes étapes qui nous ont permis d'en arriver à ces conclusions. Puis, nous présenterons brièvement quelques pistes de recherche ainsi qu'une réflexion sur l'avenir de l'ingénierie planétaire sur Mars. Finalement, nous terminerons ce mémoire par une courte critique de l'imaginaire sociotechnique des terraformateurs.

Dans le premier chapitre, nous avons fait un survol historique du concept de terraformation. Après avoir exposé les œuvres de science-fiction qui ont fait naître et grandir cette idée d'ingénierie planétaire, nous avons présenté la trajectoire de cette dernière dans les milieux

scientifiques depuis les années 1960. Ce survol nous a permis, premièrement, de voir qu'il existe une communauté épistémique de personnes qui travaillent à l'avancement de la recherche sur la terraformation et sa promotion. Deuxièmement, celui-ci a mis en lumière le puissant entrelacement qui existe entre la science et la science-fiction dans la trajectoire du projet de rendre l'environnement martien habitable pour les humains. À l'issue de ce chapitre, nous avons défini le concept de risque existentiel en prenant soin de montrer comment un large pan des promoteurs de la terraformation de la planète Mars entrevoit le projet d'ingénierie qu'ils mettent de l'avant comme une solution technique à ce type de risque. L'inévitabilité d'une catastrophe humaine, naturelle ou cosmique sur Terre exige, selon eux, la création d'une planète de secours sur Mars. De plus, nous avons vu que cette vision d'une échappatoire cosmique pour l'espèce humaine que partagent les terraformateurs est aussi grandement diffuse au sein des promoteurs de l'exploration spatiale en général et, plus précisément, des personnes en faveur de la colonisation de la planète rouge.

Dans le deuxième chapitre, nous avons présenté les assises théoriques et conceptuelles à partir desquelles nous avons analysé l'imaginaire sociotechnique des promoteurs du projet de terraformation de la planète Mars en tant que solution technique aux risques existentiels. Ce faisant, après avoir campé notre recherche dans la lignée des travaux en sociologie des activités spatiales, nous avons défini, à partir des recherches effectuées par Jasanoff, le concept d'imaginaire sociotechnique comme une vision collectivement partagée et promue d'un futur désirable animé par des conceptions communes d'une société idéale *réalisable par et favorable à* des développements scientifiques et technologiques particuliers. S'en est suivi une présentation de l'imaginaire multiplanétaire de promoteurs de la colonisation de l'espace. Ensuite, nous avons exposé les principaux éléments de la sociologie des attentes grâce auxquelles nous avons fait ressortir l'imaginaire sociotechnique des terraformateurs et saisi comment ils ont construit des promesses et d'autres discours tournés vers le futur pour promouvoir leur projet d'ingénierie planétaire. Subséquemment, nous avons exposé le mythe du progrès et le concept de *technofix* de manière à ce que nous puissions comprendre l'attraction envers un projet comme la terraformation. Puis, nous avons fait un détour par les notions de *life-support system* et d'émulation environnementale grâce auxquelles nous avons pu cerner la conception que les terraformateurs ont de l'environnement. Considérant la place importante qu'occupe la science-

fiction dans le développement de l'idée de terraformation, nous avons terminé ce chapitre en abordant théoriquement l'influence de la science-fiction sur les développements scientifiques et technologiques.

Dans le troisième chapitre, nous avons décrit la démarche méthodologique qui fut employée dans le cadre de ce mémoire. Ainsi, nous avons d'abord présenté notre objet de recherche (i.e. les représentations partagées par les terraformateurs au sujet de la société et des sciences et technologies) avant de décrire notre matériau d'analyse (i.e. les discours écrits et oraux des promoteurs de la terraformation publiés ou énoncés entre 1961 et 2020). Puis, après avoir détaillé les documents qui furent étudiés, nous avons exposé les grandes lignes de l'analyse thématique des discours des terraformateurs que nous avons réalisée pour répondre à nos questions de recherche.

Dans le quatrième chapitre, nous avons dévoilé les résultats de notre analyse. Après avoir indiqué d'emblée que les terraformateurs partagent un imaginaire sociotechnique interstellaire, nous avons succinctement présenté leurs visions de la société et des sciences ainsi que les thèmes généraux qui ont été répertoriés le plus fréquemment dans leurs discours. Puis, nous avons tracé les contours de leur imaginaire sociotechnique par une présentation des six thèmes que nous avons énumérés précédemment. Suivant cette description, nous avons rempli notre troisième objectif en établissant que le projet d'ingénierie planétaire à l'étude est, d'une part, empreint du mythe du progrès et, d'autre part, révélateur de la place qu'occupent ce dernier et les promesses associées aux sciences et aux technologies dans les sociétés occidentales contemporaines. Ensuite, nous avons décrit la manière par laquelle les terraformateurs véhiculent des discours tournés vers le futur qui incorporent le mythe du progrès pour faire la promotion de leur vision commune d'un futur interstellaire. Pour le dire en quelques mots, nous avons démontré que les promoteurs de la terraformation construisent et diffusent – sous la forme de récits, de comparaisons, de parallèles, de métaphores, de projectoires, de références au passé et de promesses – un discours qui maintient l'idée voulant que la terraformation de la planète Mars soit, non seulement, possible techniquement parlant, mais aussi, et surtout, ce qui assurera la survie et l'évolution de l'humanité à long terme en étant le tremplin à partir duquel les humains pourront ensuite envisager répéter l'expérience ailleurs dans l'Univers. Finalement, tout au long de notre analyse,

l'importance de la science-fiction dans l'imaginaire sociotechnique des terraformateurs et dans sa diffusion fut notée.

Ultimement, ce mémoire constitue un apport à la florissante sociologie des activités spatiales. À ce titre, nous pensons avoir réaffirmé, à l'instar de Tutton (2018, 2020), l'utilité du concept d'imaginaire sociotechnique dans ce champ de la sociologie pour analyser la vision des promoteurs de projets spatiaux et la manière par laquelle ils la diffusent. De plus, nous pensons aussi avoir démontré la pertinence d'utiliser conjointement les outils théoriques et conceptuels de l'étude des imaginaires avec ceux de la sociologie des attentes dans le cas de projets de recherche spéculatifs qui postulent au sujet de l'avenir de nos sociétés.

La suite pour l'ingénierie planétaire sur Mars et pistes de recherche

Les travaux de recherche sur la terraformation de la planète rouge vont – comme nous l'avons soulevé dans le premier chapitre – continuer malgré les réserves récemment exprimées par Jakosky et Edwards (2018). Toutefois, il sera intéressant dans les années à venir de garder un œil sur une possible réorientation de la recherche scientifique à son sujet. Le projet de modifier l'environnement martien, sans être complètement jeté aux oubliettes, pourrait céder le pas à celui de la pantropie. Cette idée est l'antonyme de la terraformation dans la mesure où elle implique la modification génétique ou physique des humains de manière à ce qu'ils puissent survivre sur d'autres planètes plutôt que la modification de l'environnement présent sur ces dernières. Autrement dit, l'une suggère de coloniser l'espace par la modification des *corps célestes*, alors que l'autre préconise la modification des *corps humains* pour y arriver (Prucher, 2007).

Née dans les univers de science-fiction la même année que la terraformation (Pak, 2017), la pantropie fit, elle aussi, l'objet de travaux de recherche dès les années 1960 (Clynes et Kline, 1960 ; Driscoll, 1963). Plus récemment, le philosophe Konrad Szocik et ses collègues ont fréquemment affirmé que la colonisation de Mars allait, à court terme, impérativement passer par l'augmentation (*enhancement*) de l'humain pour plusieurs raisons d'ordres biologiques (limiter le plus possible les effets néfastes de facteurs comme la radiation et la microgravité sur nos corps), économiques (la pantropie serait moins dispendieuse que la terraformation), mais aussi de

faisabilité (plus simple à mettre en œuvre que l'ingénierie planétaire et scientifiquement plus probable). La période de temps nécessaire à l'adaptation du corps humain à l'environnement de Mars serait aussi incomparablement plus courte. En effet, ces chercheurs parlent de dizaines d'années en comparaison aux milliers d'années requises pour terraformer Mars (Szocik, 2020 ; Szocik et Braddock, 2019 ; Szocik, Campa et al., 2018 ; Szocik, Wójtowicz et al., 2020). La question de la temporalité n'est pas anodine puisqu'elle a le potentiel de couper l'herbe sous le pied des terraformateurs qui invoquent l'argument des risques existentiels : « *When considering possible catastrophic scenarios on Earth including both anthropogenic and exogenous scenarios, the timescales suggest that humanity cannot wait hundreds or thousands of years for terraformation of Mars or any other space body* » (Szocik et Braddock, 2019, p. 308). Conscient de ces avantages, le terraformateur Stephen L. Petranek (2015a) a suggéré que la colonisation de Mars pourrait être facilitée par une utilisation conjointe des techniques d'ingénierie planétaire et d'*human engineering*. L'essentiel de son argumentaire se résume ainsi : en modifiant génétiquement l'humain, ce dernier pourrait être en mesure de vivre sur une planète partiellement terraformée¹¹⁹. Sur ce point, Petranek souligne que le génie génétique et la terraformation « *may achieve a happy equilibrium* » (Petranek, 2015a, p. 69). Considérant les nouveaux enjeux éthiques et sociaux qu'une telle réorientation de la recherche sur la terraformation impliquerait, nous pensons qu'il soit primordial d'y poser un regard critique et sociologique. Cette avenue de recherche pourrait être explorée conjointement aux travaux en sciences sociales qui s'intéressent aux propositions transhumanistes de modifier l'humain pour faire face aux changements climatiques¹²⁰ (ex. : Dorthe et Roduit, 2014).

Nous pensons qu'il serait aussi pertinent dans le cadre d'une recherche subséquente d'orienter notre attention vers l'imaginaire sociotechnique et les promesses qui entourent les autres solutions spatiales proposées pour palier aux problèmes environnementaux sur Terre. Comme le souligne le sociologue James S. Ormrod, plusieurs « *space-based technological fixes* » sont actuellement envisagés à cet effet (2013, p. 736-737). Parmi les solutions spatiales sur la table, il y a celle d'envoyer des millions de réflecteurs de moins de 1 mètre carré en orbite autour de la

¹¹⁹ L'exemple d'une planète rouge partiellement terraformée qu'il donne est celle d'une planète dont l'atmosphère serait composée à 40% de dioxyde de carbone, soit à mi-chemin entre son taux actuel (plus de 95%) et celui de la Terre (0,04%).

¹²⁰ Idée transhumaniste qui fut, notamment, mise de l'avant par S. Matthew Liao et ses pairs (2012).

Terre pour limiter la quantité de rayons du soleil atteignant sa surface et, conséquemment, limiter son réchauffement (Angel, 2006). Il serait intéressant de mettre en relation ces différents projets avec celui de la terraformation afin de voir s'il existe des similitudes ou des distinctions entre les motivations et les visions du monde des groupes qui les mettent de l'avant.

Plaidoyer pour redescendre sur Terre

Les terraformateurs font la promotion d'une solution technique pour contourner une série de problèmes d'origine anthropique qui ont le potentiel d'anéantir l'espèce humaine (guerre, changements climatiques, catastrophe nucléaire, etc.) au détriment de véritables solutions sociales et politiques qui s'attaqueraient directement à la source de ces derniers. Dans l'imaginaire sociotechnique de ces *prophets of technological problem-solving*¹²¹, la fin du monde est envisagée comme une fatalité qui nécessite une solution alternative. Même lorsqu'ils soulèvent l'idée qu'il faudrait aussi prendre soin de la Terre, ceci est constamment suivi de l'idée qu'il faudrait tout de même travailler à la réalisation d'un plan B dans l'éventualité où l'on n'arriverait pas à régler les multiples problèmes qui menacent la survie de l'humanité. Les terraformateurs sont d'avis qu'ils agissent de manière préventive en oeuvrant à la concrétisation de la colonisation de Mars. Toutefois, il est aussi possible d'interpréter cette prévention comme la proposition d'un correctif technique au fait accompli de la fin de la Terre.

La lecture que font les terraformateurs du présent et du futur proche les mène à concevoir le monde comme quelque chose qui ne peut plus être sauvé. Pour reprendre les mots de Tutton, « *the optimism of settling Mars is predicated on a pessimism that we cannot save Earth* » (2020). C'est en bonne partie cette définition pessimiste de la situation qui les conduit à œuvrer à l'élaboration et à la promotion d'un plan B sur Mars. Si le projet de terraformation et de colonisation de la planète Mars vient à être socialement adopté et que les efforts actuellement destinés aux changements climatiques sont réorientés en vue de le réaliser, force est d'admettre que la fin de la Terre – du moins, telle que nous la connaissons – en sera concrétisée. En ce sens,

¹²¹ Expression empruntée à Johnston (2020, p. 11).

ce projet annonce et matérialise en quelque sorte la fin programmée de la Terre. Plus encore, l'imaginaire sociotechnique des terraformateurs prophétise la fin du monde.

Ceci fait écho au concept de prophétie autoréalisatrice (Merton, 1968) que nous avons présenté précédemment. Cette notion décrit un processus lors duquel une définition fautive d'une situation mène à des actions qui, ultimement, concrétisent la définition de départ. La Terre, il est vrai, sera inévitablement détruite un jour par la mort du Soleil. Néanmoins, adhérer à l'idée que la fin du monde est imminente et que la seule option qui vaille la peine d'être poursuivie soit une fuite interstellaire est présentement (et pour encore bien longtemps) fautive. En effet, la crise climatique peut être évitée si de réelles actions sont prises. Ainsi, la logique derrière le projet de terraformation est profondément problématique puisqu'en s'appuyant sur l'idée fautive de l'inévitabilité de la catastrophe, ce projet évacue de sa portée l'importance de combattre à la source les changements climatiques et, par conséquent, les laisse s'aggraver et engendrer la catastrophe qui était annoncée. Bref, la diffusion de l'ambition de rendre l'environnement martien habitable risque d'exacerber l'inaction pour la sauvegarde de l'environnement terrestre et, par le fait même, d'instaurer un climat propice à l'extinction de l'humanité.

Les risques associés aux changements climatiques sont réels et exigent que des actions soient prises rapidement pour que nous puissions collectivement réduire drastiquement notre empreinte écologique. Devant ce constat, nous pensons qu'il est du devoir des chercheurs en sciences sociales de diffuser des *rhétoriques de la peur* (Mulkay, 1993) à propos de la terraformation et des autres solutions techniques proposées aux changements climatiques afin que soient mises en lumière leurs dérives potentielles. Nous devons, à notre manière, chercher à *coloniser le futur* (Brown et al., 2000, p. 4) d'une vision d'un futur désirable résolument terrestre sans quoi nous laisserons le champ libre à celle des terraformateurs.

L'expression *redescendre sur terre* signifie « revenir à la réalité » et « arrêter de rêver ». Elle prend tout son sens dans le cas de la terraformation de la planète Mars puisque ce projet d'ingénierie planétaire est profondément illusoire et tout sauf raisonnable. La crise environnementale d'origine anthropique exige des plans d'action politiques concrets et immédiats. Nous devons, collectivement, redescendre sur Terre et cesser d'œuvrer à la confection d'une sortie de secours. Le sens littéral de l'expression exprime, d'ailleurs, la position que nous

adoptons à l'égard de la terraformation : *il faut cesser de s'imaginer vivre sur Mars et rediriger notre attention vers la Terre et les nombreux problèmes qui y existent*. Face aux changements climatiques, nous n'avons pas le luxe de passer du temps à concevoir l'établissement de la vie humaine ailleurs dans l'espace.

En 2002, Les Vulgaires Machins chantaient : « Décalissez-la, ma planète / Décrivez Mars avec »¹²². À la lumière des conclusions du dernier rapport du GIEC (2021) et des projets de colonisation de la quatrième planète du système solaire en développement, ces paroles provocatrices résonnent d'autant plus fort aujourd'hui et sont, plus que jamais, d'actualité. Le « *code red for humanity* » évoqué par le secrétaire général des Nations Unies, António Guterres (2021), n'est pas une invitation à prendre le premier vol vers la planète rouge. Il s'agit d'un appel à l'action immédiate pour éviter le pire sur le globe. Si nous ne redescendons pas sur Terre et que nous choisissons collectivement de terraformer Mars dans le but d'y migrer au lieu de contester le fonctionnement de nos sociétés, nous risquons, non seulement, de laisser notre planète mourir à petit feu, mais aussi de répéter nos erreurs d'une planète à une autre.

¹²² Il s'agit d'un groupe punk québécois. Ces paroles sont tirées de la chanson *Un vote de moins* qui apparaît sur l'album *Aimer le mal*.

ANNEXE A

LISTE CHRONOLOGIQUE DES ARTICLES À PROPOS DE LA TERRAFORMATION PUBLIÉS DANS UNE REVUE SCIENTIFIQUE

Cette liste recense uniquement les articles qui ont abordé la terraformation et qui sont parus dans une revue scientifique. Les livres, les chapitres d'ouvrage collectif et les actes de colloque ou de conférence (*proceedings*) n'y sont donc pas répertoriés. À la fois les textes qui traitent des considérations techniques ou scientifiques et ceux qui abordent les considérations éthiques, politiques et sociales de la terraformation sont présents dans cette liste. De plus, les articles ayant été écrits par un (ou des) promoteur(s) de la terraformation en tant que solution technique à l'extinction de l'humanité sont précédés d'un astérisque. Conséquemment, les autres ont été exclus de notre corpus d'analyse.

1960-1969

1961

*Sagan, C. (1961). The Planet Venus. *Science*, 133(3456), 849-858.

1970-1979

1971

*Sagan, C. (1971). The long winter model of Martian biology: A speculation. *Icarus*, 15(3), 511–514.

1973

Burns, J. A. et Harwit, M. (1973). Towards a More Habitable Mars – or – the Coming Martian Spring. *Icarus*, 19(1), 126-130.

*Sagan, C. (1973). Planetary Engineering on Mars. *Icarus*, 20(4), 513-514.

1974

Vondrak, R. R. (1974). Creation of an Artificial Lunar Atmosphere. *Nature*, 248(5450), 657-659.

1980-1989

1982

*Adelman, S. J. (1982). Can Venus be Transformed into an Earth-like Planet? *Journal of the British Interplanetary Society*, 35(1), 3-8.

*McKay, C. P. (1982). On Terraforming Mars. *Extrapolation*, 23(4), 309-314.

*McKay, C. P. (1982). Terraforming Mars. *Journal of the British Interplanetary Society*, 35(10), 427-433.

1983

Freitas, R. A. (1983). Terraforming Mars and Venus Using Machine Self-Replicating Systems (SRS). *Journal of the British Interplanetary Society*, 36(3), 139-142.

Marchal, C. (1983). The Venus-New-World Project. *Acta Astronautica*, 10(5-6), 269-275.

1987

*Fogg, M. J. (1987). The Terraforming of Venus. *Journal of the British Interplanetary Society*, 40(12), 551-564.

1989

*Adelman, B. et Adelman, S. J. (1989). Some Research Requirements of Planetary Engineering. *Journal of the British Interplanetary Society*, 42(12), 555-557.

*Fogg, M. J. (1989). Stellifying Jupiter: A First Step to Terraforming the Galilean Satellites. *Journal of the British Interplanetary Society*, 42(12), 587-592.

*Fogg, M. J. (1989). The Creation of an Artificial Dense Martian Atmosphere - A Major Obstacle to the Terraforming of Mars. *Journal of the British Interplanetary Society*, 42(12), 577-582.

Lovelock, J. E. (1989). The Ecopoiesis of Daisy World. *Journal of the British Interplanetary Society*, 42(12), 583-586.

*Smith, A. G. (1989). Transforming Venus by Induced Overturn. *Journal of the British Interplanetary Society*, 42(12), 571-576.

1990-1999

1991

- Balasubramanian, D. (1991). Should Mars be Made Habitable? *Current Science*, 61(11), 712-714.
- *Birch, P. (1991). Terraforming Venus Quickly. *Journal British Interplanetary Society*, 44(4), 157-167.
- *Cathcart, R. B. (1991). Macroengineering and Terraforming: Building Modernised and Additional Functional Regions. *Speculations in Science and Technology*, 14(1), 34-40.
- *Fogg, M. J. (1991). Terraforming, as Part of a Strategy for Interstellar Colonisation. *Journal of the British Interplanetary Society*, 44(4), 183-192.
- *Gillett, S. L. (1991). Establishment and Stabilization of Earthlike Conditions on Venus. *Journal of the British Interplanetary Society*, 44(4), 151-156.
- Heath, M. J. (1991). Terraforming - A Down to Earth Perspective. *Terra Nova*, 3(6), 655-658.
- Heath, M. J. (1991). Terraforming: Plate Tectonics and Long-Term Habitability. *Journal of the British Interplanetary Society*, 44(4), 147-149.
- *McKay, C. P., Toon, O. B. et Kasting, J. F. (1991). Making Mars habitable. *Nature*, 352(6335), 489-496.

1992

- *Birch, P. (1992). Terraforming Mars Quickly. *Journal of the British Interplanetary Society*, 45(8), 331-340.
- *Fogg, M. J. (1992). A Synergic Approach to Terraforming Mars. *Journal of the British Interplanetary Society*, 45(8), 315-329.
- *Haynes, R. H et McKay, C. P. (1992). The Implantation of Life on Mars: Feasibility and Motivation. *Advances in Space Research*, 12(4), 133-140.
- *Smith, A. G. (1992). Terraforming – A clear view. *Terra Nova*, 4(5), 611-612.
- *Taylor, R. L. S. (1992). Paraterraforming: The Worldhouse Concept. *Journal of the British Interplanetary Society*, 45(8), 341-352.

1993

- *Birch, P. (1993). How to Move a Planet. *Journal of the British Interplanetary Society*, 46(8), 314-316.

- *Birch, P. (1993). How to Spin a Planet. *Journal of the British Interplanetary Society*, 46(8), 311-313.
- *Fogg, M. J. (1993). Dynamics of a Terraformed Martian Biosphere. *Journal of the British Interplanetary Society*, 46(8), 293-304.
- *Fogg, M. J. (1993). Terraforming: A Review for Environmentalists. *The Environmentalist*, 13(1), 7-17.
- Friedmann, E. I. (1993). Extreme Environments and Exobiology. *Giornale Botanico Italiano*, 127(3), 369-376.
- Friedmann, E. I., Hua, M. et Ocampo-Friedmann, R. (1993). Terraforming Mars: Dissolution of Carbonate Rocks by Cyanobacteria. *Journal of the British Interplanetary Society*, 46(8), 291-292.
- *McKay, C. P. (1993). Restoring Mars to Habitable Conditions: Can We? Should We? Will We? *Journal of the Irish Colleges of Physicians and Surgeons*, 22(1), 17-19.
- *Smith, A. G. (1993). Time, Ice and Terraforming. *Journal of the British Interplanetary Society*, 46(8), 305-310.

1994

- Morgan, C. R. (1994). Terraforming with Nanotechnology. *Journal of the British Interplanetary Society*, 47(8), 311-318.
- Nussinov, M. D., Lysenko, S. V. et Patrikeev, V. V. (1994). Terraforming of Mars Through Terrestrial Microorganisms and Nanotechnological Devices. *Journal of the British Interplanetary Society*, 47(8), 319-320.
- *Potter, J. F. (1994). The Ultimate Technological Option. *The Environmentalist*, 14(1), 1-2.

1995

- *Fogg, M. J. (1995). Exploration of the Future Habitability of Mars. *Journal of the British Interplanetary Society*, 48(7), 301-310.
- *Fogg, M. J. (1995). Terraforming Mars: Conceptual Solutions to the Problem of Plant Growth in Low Concentrations of Oxygen. *Journal of the British Interplanetary Society*, 48(10), 427-434.
- Friedmann, E. I. et Ocampo-Friedmann, R. (1995). A Primitive Cyanobacterium as Pioneer Microorganism for Terraforming Mars. *Advances in Space Research*, 15(3), 243-246.
- Hiscox, J. A. et Thomas, D. J. (1995). Genetic Modification and Selection of Microorganisms for Growth on Mars. *Journal of the British Interplanetary Society*, 48(10), 419-426.

MacNiven, D. (1995). Environmental Ethics and Planetary Engineering. *Journal of the British Interplanetary Society*, 48(10), 441-443.

Mole, R. A. (1995). Terraforming Mars with four war surplus bombs. *Journal of the British Interplanetary Society*, 48(7), 321-324.

Thomas, D. J. (1995). Biological Aspects of the Ecopoiesis and Terraformation of Mars: Current Perspectives and Research. *Journal of the British Interplanetary Society*, 48(10), 415-418.

*Zubrin, R. M. (1995). The Economic Viability of Mars Colonization. *Journal of the British Interplanetary Society*, 48(10), 407-414.

1997

Benaroya, H. (1997). An Engineering Perspective on Terraforming. *Journal of the British Interplanetary Society*, 50(3), 105-108.

Hiscox, J. A. et Lindner, B. L. (1997). Ozone and the Habitability of Mars. *Journal of the British Interplanetary Society*, 50(3), 109-114.

*Zubrin, R. M. et McKay, C. P. (1997). Technological Requirements for Terraforming Mars. *Journal of the British Interplanetary Society*, 50(3), 83-92.

1998

*Cathcart, R. B. (1998). A Macro-Engineering Concept to Maintain Desirable Planetary Biospheres. *Speculations in Science and Technology*, 21(1), 53-62.

*Cathcart, R. B. (1998). Taming Mars With a Tent and a Tunnel: Creation of a Biosphere City. *Speculations in Science and Technology*, 21(2), 117-131.

*Fogg, M. J. (1998). Terraforming Mars: A review of current research. *Advances in Space Research*, 22(3), 415-420.

*McKay, C. P. (1998). Past, Present, and Future Life on Mars. *Gravitational and Space Biology Bulletin*, 11(2), 41-50.

*Taylor, R. L. S. (1998). Why Mars? - Even Under the Condition of Critical Factor Constraint Engineering Technology May Permit the Establishment and Maintenance of an Inhabitable Ecosystem on Mars. *Advances in Space Research*, 22(3), 421-432.

Turner, F. (1998). Terraforming and the Coming Charm Industries. *Advances in Space Research*, 22(3), 433-439.

1999

Sparrow, R. (1999). The Ethics of Terraforming. *Environmental Ethics*, 21(3), 227-245.

2000-2009

2000

- *Fogg, M. J. (2000). On the Possibility of Terraforming Mars. *Architectural Design*, 70(2), 66-71.
- *Fogg, M. J. (2000). The Ethical Dimensions of Space Settlement. *Space Policy*, 16(3), 205-211.
- Hart, S. D., Currier, P. A. et Thomas, D. J. (2000). Denitrification by *Pseudomonas aeruginosa* Under Simulated Engineered Martian Conditions. *Journal of the British Interplanetary Society*, 53(10), 357-359.
- *Marinova, M. M., McKay, C. P. et Hashimoto, H. (2000). Warming Mars using Artificial Super-Greenhouse Gases. *Journal of the British Interplanetary Society*, 53(7-8), 235-240.
- *Potter, J. F. (2000). Seeking a New Home: Some Thoughts on the Longer Term Trends in Planetary Environmental Engineering. *The Environmentalist*, 20(3), 191-194.

2001

- Gerstell, M. F., Francisco, J. S., Yung, Y. L., Boxe, C. et Aaltonen, E. T. (2001). Keeping Mars Warm With New Super Greenhouse Gases. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(5), 2154-2157.
- *McKay, C. P., et Marinova, M. M. (2001). The Physics, Biology, and Environmental Ethics of Making Mars Habitable. *Astrobiology*, 1(1), 89-109.
- *Potter, J. F. (2001). The Present and the Longer-Term Trends in Planetary Environmental Engineering. *Journal of the British Interplanetary Society*, 54(7-8), 250-254.
- *Taylor, R. L. S. (2001). The Mars Atmosphere Problem: Paraterraforming - The Worldhouse Solution. *Journal of the British Interplanetary Society*, 54(7-8), 236-249.

2002

- McInnes, C. R. (2002). Non-Keplerian Orbits for Mars Solar Reflectors. *Journal of the British Interplanetary Society*, 55(3-4), 78-84.
- *Pinson, R. D. (2002). Ethical Considerations for Terraforming Mars. *Environmental Law Reporter*, 32(11), 11333-11341.

2003

- *Gillett, S. L. (2003). "Carba" and Molecular Nanotechnology: Potential Synergy Between Venus Resources and Terraforming. *Journal of the British Interplanetary Society*, 56(5-6), 146-151.

2004

- Graham, J. M. (2004). The Biological Terraforming of Mars: Planetary Ecosynthesis as Ecological Succession on a Global Scale. *Astrobiology*, 4(2), 168-195.
- Kangi, A. (2004). New Method of Terraforming. *Journal of the British Interplanetary Society*, 57(1-2), 67-70.

2005

- Badescu, V. (2005). Regional and Seasonal Limitations for Mars Intrinsic Ecopoiesis. *Acta Astronautica*, 56(7), 670-680.
- Banerjee, M. et Debkumari Sharma, B. (2005). Mars terraformation: Role of antarctic cyanobacterial cryptoendoliths. *National Academy Science Letters*, 28(5-6), 155-160.
- Hempself, C. M. (2005). Terraforming in Context of the Evolving Space Infrastructure. *Journal of the British Interplanetary Society*, 58(11-12), 385-391.
- Hempself, C. M. (2005). Some Speculations on the Construction of Artificial Planets. *Journal of the British Interplanetary Society*, 58(11-12), 392-397.
- *Marinova, M. M., McKay, C. P. et Hashimoto, H. (2005). Radiative-Convective Model of Warming Mars using Artificial Super-Greenhouse Gases. *Journal of Geophysical Research*, 110, E03002.

2006

- Graham, J. M. (2006). Planetary Ecosynthesis as Ecological Succession. *Gravitational and Space Biology*, 19(2), 105-120.
- Richards, J. T., Corey, K. A., Paul, A.-L., Ferl, R. J., Wheeler, R. M. et Schuerger, A. C. (2006). Exposure of *Arabidopsis thaliana* to Hypobaric Environments: Implications for Low-Pressure Bioregenerative Life Support Systems for Human Exploration Missions and Terraforming on Mars. *Astrobiology*, 6(6), 851-866.
- Thomas, D. J., Boling, J., Boston, P. J., Campbell, K. A., McSpadden, T, McWilliams, L. et Todd, P. (2006) Extremophiles for Ecopoiesis: Desirable Traits for and Survivability of Pioneer Martian Organisms. *Gravitational and Space Biology*, 19(2), 91-104
- Todd, P. (2006). Planetary Biology and Terraforming. *Gravitational and Space Biology*, 19(2), 79-84.

2008

- *Beech, M. (2008). Terraformed Exoplanets and SETI. *Journal of the British Interplanetary Society*, 61(2), 43-46.

Daly, E. M. et Frodean, R. (2008). Separated at Birth, Signs of Rapprochement: Environmental Ethics and Space Exploration. *Ethics and the Environment*, 13(1), 135-151.

Thomas, D. J., Eubanks, L. M., Rector, C., Warrington, J., et Todd, P. (2008). Effects of Atmospheric Pressure on the Survival of Photosynthetic Microorganisms During Simulations of Ecopoiesis. *International Journal of Astrobiology*, 7(3-4), 243-249.

2009

Roy, K. I., Kennedy III, R. G. et Fields, D. E. (2009). Shell Worlds: An Approach to Terraforming Moons, Small Planets and Plutoids. *Journal of the British Interplanetary Society*, 62(1), 32-38.

2010-2019

2011

*Schwartz, J. S. J. (2011). Our Moral Obligation to Support Space Exploration. *Environmental Ethics*, 33(1), 67-88.

2012

Haqq-Misra, J. (2012). An Ecological Compass for Planetary Engineering. *Astrobiology*, 12(10), 985-997.

2013

Roy, K. I., Kennedy III, R. G. et Fields, D. E. (2013). Colonizing the Plutoids: The Key to Human Expansion Into the Galaxy. *Journal of the British Interplanetary Society*, 66(10-11), 318-327.

Roy, K. I., Kennedy III, R. G. et Fields, D. E. (2013). Shell Worlds. *Acta Astronautica*, 82(2), 238-245.

*Schwartz, J. S. J. (2013). On the Moral Permissibility of Terraforming. *Ethics and the Environment*, 18(2), 1-31.

2014

Roy, K. I., Kennedy III, R. G. et Fields, D. E. (2014). Shell Worlds: The Question of Shell Stability. *Journal of the British Interplanetary Society*, 67(10), 364-368.

2015

Menezes, A. A., Montague, M. G., Cumbers, J., Hogan, J. A., & Arkin, A. P. (2015). Grand Challenges in Space Synthetic Biology. *Journal of the Royal Society Interface*, 12(113), 1-7.

2016

*Alexandrov, S. (2016). Planetary Protection for Mars: Time for Reconsideration. *Bangladesh Journal of Bioethics*, 7(2), 31-34.

Robbins, E. I., Kourtidou-Papadeli, C., Iberall, A. S., Nord Jr., G. L., et Sato, M. (2016). From Precambrian Iron-Formation to Terraforming Mars: The JIMES Expedition to Santorini. *Geomicrobiology Journal*, 33(7), 630-645.

2017

Sleator, R. D. et Smith, N. (2017). TRAPPIST-1: The Dawning of the Age of Aquarius. *Bioengineered*, 8(3), 194-195.

2018

Braddock, M. (2018). Next Steps in Space Travel and Colonization: Terraforming, Ectogenesis, Nano Spacecraft and Avatars. *Significances of Bioengineering & Biosciences*, 2(4), 167-173.

Depcik, C. (2018). Exploring the Potential of Combustion on Titan. *SAE International Journal of Aerospace*, 11(1), 27-45.

Jakosky, B. M. et Edwards, C. S. (2018). Inventory of CO₂ Available for Terraforming Mars. *Nature Astronomy*, 2(8), 634-639.

*Mansfield, K. (2018). Terraforming Mars in a Climate of Existential Risk. *Journal of the British Interplanetary Society*, 71(9), 348-354.

*McKay, C.P. (2018). The Search on Mars for a Second Genesis of Life in the Solar System and the Need for Biologically Reversible Exploration. *Biological Theory*, 13(2), 103-110.

2019

Lopez, J. V., Peixoto, R. S. et Rosado, A. S. (2019). Inevitable Future: Space Colonization Beyond Earth with Microbes First. *FEMS Microbiology Ecology*, 95(10), 1-9.

*McKay, C. P. (2019). Prerequisites to Human Activity on Mars: Scientific and Ethical Aspects. *Theology and Science*, 17(3), 317-323.

*Munévar, G. (2019). An Obligation to Colonize Outer Space. *Futures*, 110, 38-40.

Rivera-Valentín, E. G. (2019). Reimagining Terraforming. *Nature Astronomy*, 3(10), 883-884.

Salazar, F. J. T. et Winter, O. C. (2019). Sun-Synchronous Solar Reflector Orbits Designed to Warm Mars. *Astrophysics and Space Science*, 364(9), 1-10.

Sleator, R. D. et Smith, N. (2019). Terraforming: Synthetic Biology's Final Frontier. *Archives of Microbiology*, 201(6), 855-862.

*Vasileva, I., Ivanova, A. et Alexandrov, S. (2019). Terraforming Mars is Not Out of the Question Yet - and Microscopic Algae Could Help. *Trakia Journal of Sciences*, 17(1), 8-12.

Wordsworth, R., Kerber, L. et Cockell, C. (2019). Enabling Martian Habitability with Silica Aerogel Via the Solid-state Greenhouse Effect. *Nature Astronomy*, 3(10), 898-903.

*Zubrin, R. M. (2019). Detecting Extraterrestrial Civilizations: Utilizing Artificial Singularity Power Systems. *Journal of the British Interplanetary Society*, 72(8), 287-292.

*Zubrin, R. M. (2019). Why We Earthlings Should Colonize Mars! *Theology and Science*, 17(3), 305-316.

2020

Nascimento-Dias, B. L. D. (2020). A brief summary of the biophysical aspects of magnetotactic bacteria and their relationship to astrobiology through terraforming. *Research, Society and Development*, 9(2), 1-15.

Vaz, E. et Penfound, E. (2020). Mars Terraforming: A Geographic Information Systems Framework. *Life Sciences in Space Research*, 24, 50-63.

ANNEXE B

CORPUS D'ANALYSE

a) Articles publiés dans des revues scientifiques

Voir l'annexe A pour la liste complète des articles scientifiques que nous avons incorporés dans notre corpus d'analyse. Les articles scientifiques analysés – soit ceux ayant été écrits par un (ou des) promoteur(s) de la terraformation en tant que solution technique aux risques existentiels – sont précédés d'un astérisque. Pour qu'un terraformateur soit considéré comme étant en faveur de l'idée de transformer la planète Mars pour offrir un filet de sécurité à l'humanité en cas de catastrophe sur Terre, il devait l'évoquer clairement dans l'un des documents qui furent analysés ou répertoriés d'une quelconque façon dans le cadre de cette recherche. Conséquemment, il se peut que des terraformateurs aient été écartés par erreur (ex. : une personne en faveur de l'idée, mais qui ne l'évoque pas dans les documents analysés).

b) Articles publiés dans des journaux

Achenbach, J. (1999, 28 novembre). Mission Possible: Let's Only Go to Mars For the Right Reasons. *The Washington Post*, p. B01.

Achenbach, J. (1998, 23 août). Life On Mars! No, Not Little Green Men - Humans Who Dare to Dream. *The Washington Post*. Récupéré de <https://www.washingtonpost.com/archive/lifestyle/1998/08/23/life-on-mars-no-not-little-green-men-humans-who-dare-to-dream/b3da2005-04d8-4d9f-bcd5-a18888ce5503/>.

Auerbach, S. (1969, 10 août). Mars Beckons Earthlings: Scientists See Mars as a Colony for Earthlings. *The Washington Post*, p. B1 et B3.

Blakeslee, S. (1998, 18 août). Society Organizes to Make a Case for Humans on Mars. *The New York Times*, section F, p. 3.

Booth, W. (1990, 17 décembre). Why Not Implant Life on Mars? *The Washington Post*, p. A03.

- Broad, W. J. (1991, 1 octobre). Can Mars Be Made Hospitable to Humans? *The New York Times*, section C, p. 1.
- Chandler, D. L. (1993, 7 juin). Can we remodel Mars? Should we? *The Boston Globe*, p. 25.
- Clarke, A. C. (1994, 20 juillet). Apollo +50 : Looking Ahead. *The Washington Post*, p. A13 et A15.
- Davis, B. (1989, 5 janvier). Mars Could Become The Place to Live, But It Needs Work - Scientists Talk of Heating It And Improving the Air. *The Wall Street Journal*, p. A1 et A4.
- Hallett, V. (2016, 13 décembre). Advocate of colonizing Mars is no longer an outlier. *The Washington Post*, p. E02.
- Hoffman, C. (2011, 28 octobre). Shooting for the Stars. *The Wall Street Journal*. Récupéré de <https://www.wsj.com/articles/SB10001424052970204644504576653493609116516>.
- Kaufman, M. (2010, 4 juin). One giant leap for privatization?: Successful launch of Falcon 9 rocket could give boost to commercial spaceflight. *The Washington Post*, p. A02.
- Lackey, K. (2018, 17 décembre). Life on Mars Will earthlings trash the planet? *USA Today*. Récupéré de <https://www.usatoday.com/story/tech/science/2018/12/17/life-mars-pollution-trash-waste-stream-insight/2216595002/>.
- Mallove, E. F. (1986, 30 novembre). Do We Control the Universe's Fate? *The Washington Post*, p. C03.
- Mallove, E. F. (1984, 16 décembre). Mars : A Great Planet, But it Needs a Little Work. *The Washington Post*, p. F1-F2.
- N.A. (1988, 4 avril). How & Why. *The Boston Globe*, p. 35.
- Petranek, S. L. (2015, 24 octobre). What We'll Eat, Drink and Breathe on Mars. *The Wall Street Journal*. Récupéré de <https://www.wsj.com/articles/what-well-eat-drink-and-breathe-on-mars-1445612207>.
- Sagan, C. (1985, 6 janvier). The Terraformers are Coming. *The New York Times*, section BR, p. 6.
- Weise, E. (1998, 28 juillet). Should we make planets fit us? *USA Today*, p. 04D.
- Zaroulis, N. (2008, 27 avril). The Man Who Invented Mars. *The Boston Globe*. Récupéré de http://archive.boston.com/bostonglobe/magazine/articles/2008/04/27/the_man_who_invented_mars/.

c) Livres et chapitre de livre

Fogg, M. J. (1995). *Terraforming: Engineering Planetary Environments*. Warrendale: SAE.

Oberg, J. E. (1981). *New Earths: Transforming Other Planets for Humanity*. Harrisburg : Stackpole Books.

Petranek, S. L. (2015). *How We'll Live on Mars*. New York : Simon & Schuster/TED Books.

Sagan, C. (2000 [1973]). Terraforming the Planets. Dans *The Cosmic Connection: An Extraterrestrial Perspective* (p. 148-154) Cambridge : Cambridge University Press.

e) Conférence TED

Petranek, S. L. (2015). Your Kids Might Live on Mars. Here's How They'll Survive. Dans *TED*.
Récupéré de
https://www.ted.com/talks/stephen_petranek_your_kids_might_live_on_mars_here_s_how_they_ll_survive/transcript.

f) Série télévisée de type docufiction

Gout, E. (réalis.). (2016). *Mars – Season 1* [série télévisée : DVD]. Beverly Hills : National Geographic.

Gout, E., Cragg, S. et Way, A. (réalis.). (2018). *Mars – Season 2* [série télévisée : DVD]. Beverly Hills : National Geographic.

ANNEXE C

EXEMPLES DE TABLEAUX UTILISÉS PAR LES TERRAFORMATEURS POUR DÉCRIRE
L'ENVIRONNEMENT

Exemple 1
(McKay et Marinova, 2001, p. 90)

TABLE 1. COMPARISON OF MARS AND EARTH

<i>Parameter</i>	<i>Mars</i>	<i>Earth</i>
Surface pressure	0.5–1 kPa	101.3 kPa
Average temperature	–60°C	15°C
Temperature range	–145°C to 20°C	–60°C to 50°C
Composition	95% CO ₂ 2.7% N ₂ 1.6% Ar	78% N ₂ 21% O ₂ 1% Ar
Normalized sunlight	0.43	1
UV light	>190 nm	>300 nm
Surface gravity	0.38 g	1 g
Rotation rate	24 h 37m	24 h
Obliquity	25.2°	23.5°
Orbital eccentricity	0.093	0.017
Year length	687 days	365.25 days

Exemple 2
(Fogg, 1993b, p. 10)

Table 2 Mars – Terraforming requirements.

Parameter	Present value	Modification required for:	
		Minimal ecopoiesis	Terraforming
Surface gravity:	0.38g	Not possible	
Rotation period:	24.6 h	Unnecessary	
Axial inclination:	25°12'	Unnecessary	
Insolation:	593 W m ⁻²	Increase up to 1,370 W m ⁻²	
Albedo:	0.17	Low as possible	
Mean surface temperature:	~ 220 K	~ 60 K increase	
Surface atmospheric pressure:	~ 7 mb	>10 mb	500–5,000 mb
CO ₂ partial pressure:	~ 7 mb	>0.15 mb	<10 mb
O ₂ partial pressure:	~ 0.006 mb	>1 mb	130–300 mb
N ₂ partial pressure:	~ 0.12 mb	>1–10 mb	>300 mb
Hydrosphere:	0%	>0%	>>0%
UV flux 0.2–0.3 μm	~ 60 W m ⁻²	Reduction	Zero

Exemples 3 et 4
(McKay, 1998, p. 47)

Table I. Inventory of Important Volatiles on Mars.

	CO ₂ (hPa)	N ₂ (hPa)	H ₂ O (meters)
Required for Terraforming	> 2000	> 300	> 500
Present Mars Atmosphere	10	0.2	7x10 ⁻⁶
Earth Scaling	27000	300	1200
Range of Current Estimates	200 - 20,000	2 - 300	6 - 1,000

Table II. Conditions Needed for Habitability.

Parameter	Limits	Note
Global Temperature	0 - 30°C	Earth 15 °C
Plants-only:		
Total Pressure	> 10 hPa	Water vapor pressure plus O ₂ , N ₂ , CO ₂
CO ₂	> 0.15 hPa	Lower limit set by photosynthesis; no clear upper limit
N ₂	> 1 - 10 hPa	Nitrogen fixation
O ₂	> 1 hPa	Plant respiration
Human breathable:		
Total Pressure		
Pure O ₂	> 250 hPa	Lung water vapor, CO ₂ , O ₂
Air mixture	> 500 hPa	Based upon high elevation
	< 5000 hPa	Buffer gas narcosis
CO ₂	< 10 hPa	Set by toxicity
N ₂	> 300 hPa	Buffer gas
O ₂	> 130 hPa	Lower limit set by hypoxia
	< 300 hPa	Upper limit set by flammability

Exemple 5
(McKay et Marinova, 2001, p. 92)

TABLE 2. HABITABILITY

<i>Parameter</i>	<i>Limits</i>	<i>Note</i>
Global temperature	0°C–30°C	Earth = 15°C
Composition for plants, algae, microorganisms		
Total pressure	>1 kPa	Water vapor pressure plus O ₂ , N ₂ , CO ₂
CO ₂	>0.015 kPa	Lower limit set by photosynthesis, no clear upper limit
N ₂	>0.1–1 kPa	Nitrogen fixation
O ₂	>0.1 kPa	Plant respiration
Composition for breathable air		
Total pressure		
Pure O ₂	>25 kPa	Lung water vapor plus CO ₂ , O ₂
Air mixture	>50 kPa	Based upon high elevation
	<500 kPa	Buffer gas narcosis
CO ₂	<1 kPa	Set by toxicity
N ₂	>30 kPa	Buffer gas
O ₂	>13 kPa	Lower limit set by hypoxia
	<30 kPa	Upper limit set by flammability

Exemple 6
(Fogg, 1995b, p. 205)

TABLE 5.2 MARS - ATMOSPHERIC COMPOSITION

Species	Abundance by volume
CO ₂	0.9532
N ₂	0.027
Ar	0.016
O ₂	0.0013
CO	0.0007
H ₂ O	0.0003
Ne	2.5 ppm
Kr	0.3 ppm
Xe	0.08 ppm
O ₃	0.04 to 0.2 ppm

Exemple 7
(Fogg, 1995b, p. 204)

TABLE 5.1 PHYSICAL PARAMETERS OF MARS

Parameter	Value
Age	4.6×10^9 years
Mean Distance from Sun	2.28×10^8 km
Sidereal Period	686.98 Earth days
Mean Orbital Velocity	24.13 km/s
Eccentricity	0.0934
Insolation	589 W/m ²
Mass	6.419×10^{23} kg
Mean Radius	3389.9 km
Mean Density	3934 kg/m ³
Surface Gravity	3.71 m/s ²
Escape Velocity	5.03 km/s
Sidereal Rotation Period	24.62 hr
Obliquity	25.19°
Albedo	0.25
Atmospheric Mass	2.18×10^{16} kg
Atmospheric Pressure	~ 6 mbar
Atmospheric Scale Height	10.8 km
Effective Temperature	-63 °C
Mean Surface Temperature	-56 °C
Magnetic Dipole Moment	$< 8 \times 10^{11}$ T·m ³
Surface Area	1.44×10^8 km ²
Area of perennial N polar cap	8.37×10^5 km ²
Area of perennial S polar cap	8.8×10^4 km ²

TABLE 5.3 MARS - MATTER RESOURCES

Known

Atmosphere — CO₂, N₂, Ar, H₂O
Ices — H₂O, CO₂
Silicate Rocks
Clays
Salts

Possible Mineral Concentrations

Hydrothermal deposits
Evaporites
Sedimentary deposits
Layered igneous intrusions

Unlikely Mineral Concentrations

Organic deposits
Orogenic deposits

BIBLIOGRAPHIE

- Abney, K. (2019). Ethics of Colonization: Arguments from Existential Risk. *Futures*, 110, 60-63.
- Achenbach, J. (1999, 28 novembre). Mission Possible: Let's Only Go to Mars For the Right Reasons. *The Washington Post*, p. B01.
- Achenbach, J. (1998, 23 août). Life On Mars! No, Not Little Green Men - Humans Who Dare to Dream. *The Washington Post*. Récupéré de <https://www.washingtonpost.com/archive/lifestyle/1998/08/23/life-on-mars-no-not-little-green-men-humans-who-dare-to-dream/b3da2005-04d8-4d9f-bcd5-a18888ce5503/>.
- Adelman, S. J. (1982). Can Venus be Transformed into an Earth-like Planet? *Journal of the British Interplanetary Society*, 35(1), 3-8.
- Alexandrov, S. (2016). Planetary Protection for Mars: Time for Reconsideration. *Bangladesh Journal of Bioethics*, 7(2), 31-34.
- Alvarez, T., Clormann, M., Jones, C., Taylor, A., Tutton, R. et Vidmarm, M. (2019). Social Studies of Outer Space. Dans *Innovating STS Digital Exhibit*. Récupéré de <https://stsinfrastructures.org/content/social-studies-outer-space-1/essay>.
- Angel, R. (2006). Feasibility of Cooling the Earth with a Cloud of Small Spacecraft Near the Inner Lagrange Point (L1). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(46), 17184-17189.
- Audétat, M. (2015). Introduction. Sciences et technologies émergentes : pourquoi tant de promesses? Dans M. Audétat (dir.), *Sciences et technologies émergentes : Pourquoi tant de promesses?* (p. 5-27). Paris : Hermann.
- Auerbach, S. (1969, 10 août). Mars Beckons Earthlings: Scientists See Mars as a Colony for Earthlings. *The Washington Post*, p. B1 et B3.
- Averner, M. M. et MacElroy, R. D. (dir.). (1976). *On the Habitability of Mars : An Approach to Planetary Ecosynthesis*. Washington, D.C. : NASA.
- Beech, M. (2009). *Terraforming: The Creation of Habitable Worlds*. New York: Springer.
- Beech, M. (2008a). *Rejuvenating the Sun and Avoiding Other Global Catastrophes*. New York: Springer.
- Beech, M. (2008b). Terraformed Exoplanets and SETI. *Journal of the British Interplanetary Society*, 61(2), 43-46.

- Berlinguette-Auger, C. (2013). « *Vers l'infini et plus loin encore !* » : *La culture populaire comme agent promoteur du programme spatial américain* (Mémoire de maîtrise). Université du Québec à Montréal.
- Birch, P. (1993a). How to Move a Planet. *Journal of the British Interplanetary Society*, 46(8), 314-316.
- Birch, P. (1993b). How to Spin a Planet. *Journal of the British Interplanetary Society*, 46(8), 311-313.
- Birch, P. (1992). Terraforming Mars Quickly. *Journal of the British Interplanetary Society*, 45(8), 331-340.
- Birch, P. (1991). Terraforming Venus Quickly. *Journal British Interplanetary Society*, 44(4), 157-167.
- Blakeslee, S. (1998, 18 août). Society Organizes to Make a Case for Humans on Mars. *The New York Times*, section F, p. 3.
- Bonneuil, C. (2017). Capitalocène: Réflexions sur l'échange écologique inégal et le crime climatique à l'âge de l'Anthropocène. *EcoRev'*, (44), 52-60.
- Booth, W. (1990, 17 décembre). Why Not Implant Life on Mars? *The Washington Post*, p. A03.
- Borup, M., Brown, N., Konrad, K. et Van Lente, H. (2006). The Sociology of Expectations in Science and Technology. *Technology Analysis & Strategic Management*, 18(3/4), 285-298.
- Bostrom, N. (2013a). Existential Risk FAQ. Dans *Existential Risk, Threats to Humanity's Future*. Récupéré de <https://www.existential-risk.org/faq.html>.
- Bostrom, N. (2013b). Existential Risk Prevention as Global Priority. *Global Policy*, 4(1), 15-31.
- Bostrom, N. (2002). Existential Risks: Analyzing Human Extinction Scenarios and Related Hazards. *Journal of Evolution and Technology*, 9(1), récupéré de <https://www.jetpress.org/volume9/risks.html>.
- Bourg, D. (2000). Les origines religieuses de l'idée de progrès. Dans D. Bourg et J.-M. Besnier (dir.), *Peut-on encore croire au progrès?* (p. 21-39). Paris : PUF.
- Broad, W. J. (1991, 1 octobre). Can Mars Be Made Hospitable to Humans? *The New York Times*, section C, p. 1.
- Brown, N. et Michael, M. (2003). A Sociology of Expectations: "Retrospecting Prospects" and "Prospecting Retrospects". *Technology Analysis & Strategic Management*, 15(1), 3-18.
- Brown, N., Rappert, B. et Webster, A. (2000). Introducing Contested Futures: From Looking into the Future to Looking at the Future. Dans N. Brown, B. Rappert et A. Webster (dir.),

- Contested Futures: A Sociology of Prospective Techno-science* (p. 3-20). Burlington: Ashgate.
- Brunier, S. (2006). *Impasse de l'espace : À quoi servent les astronautes?* Paris : Seuil.
- Burns, E. M. et Studer, K. E. (1975). Reflections on Alvin M. Weinberg: A Case Study on the Social Foundations of Science Policy. *Research Policy*, 4(1), 28-44.
- Burns, J. A. et Harwit, M. (1973). Towards a More Habitable Mars – or – the Coming Martian Spring. *Icarus*, 19(1), 126-130.
- Burri, R.V. (2018). Envisioning Futures: Imagining Technoscientific Worlds in Film. *European Journal of Futures Research*, 6, récupéré de <https://link.springer.com/article/10.1186/s40309-018-0148-6>.
- Burton, K. M. (2004). NASA Presents Star-Studded Mars Debate. Dans *NASA*. Récupéré de https://www.nasa.gov/centers/ames/news/releases/2004/04_22AR.html.
- Burton, K. M. (2000). Ames to Host 2-Day Mars Terraforming Conference. Dans *NASA*. Récupéré de https://www.nasa.gov/centers/ames/news/releases/2000/00_68AR.html.
- Butler, C. D. (2018). Climate Change, Health and Existential Risks to Civilization: A Comprehensive Review (1989-2013). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(10), récupéré de <https://www.mdpi.com/1660-4601/15/10/2266>.
- Cathcart, R. B. (1998a). A Macro-Engineering Concept to Maintain Desirable Planetary Biospheres. *Speculations in Science and Technology*, 21(1), 53-62.
- Cathcart, R. B. (1998b). Taming Mars With a Tent and a Tunnel: Creation of a Biosphere City. *Speculations in Science and Technology*, 21(2), 117-131.
- Cathcart, R. B. (1991). Macroengineering and Terraforming: Building Modernised and Additional Functional Regions. *Speculations in Science and Technology*, 14(1), 34-40.
- Chow, D. (2018). Sorry, Elon Musk. New Study Says Terraforming Mars is Simply Impossible. Dans *NBC News*. Récupéré de <https://www.nbcnews.com/mach/science/sorry-elon-musk-new-study-says-terraforming-mars-simply-impossible-nca899021>.
- Clarke, A. C. (1994, 20 juillet). Apollo +50 : Looking Ahead. *The Washington Post*, p. A13 et A15.
- Clynes, M. E. et Kline, N. S. (1960). Cyborgs and Space. *Astronautics*, 5(9), 26-27 et 74-76.
- Compagnon, D. et Saint-Martin, A. (2019). La technique : promesse, mirage et fatalité. *Socio*, (12), 7-25.
- Convert, B. et Demailly, L. (2012). Effets collatéraux de la création littéraire. L'exemple de la science-fiction. *Sociologie de l'Art*, 21(3), 111-133.

- Crane, L. (2018). Plan to Terraform Mars is Out of Gas. *New Scientist*, (3189), 6.
- Crutzen, P. J. (2007). La géologie de l'humanité : l'Anthropocène. *Écologie & politique*, (34), 141-148.
- Daly, E. M. et Frodeman, R. (2008). Separated at Birth, Signs of Rapprochement: Environmental Ethics and Space Exploration. *Ethics and the Environment*, 13(1), 135-151.
- Davies, P. (2004, 15 janvier). Life (and Death) on Mars. *The New York Times*. Récupéré de <https://www.nytimes.com/2004/01/15/opinion/life-and-death-on-mars.html>.
- Dorthe, G. et Roduit, J. A. R. (2014). Modifier l'espèce humaine ou l'environnement ? Les transhumanistes face à la crise écologique. *Bioethica Forum*, 7(3), 79-86.
- Douthwaite, J. (1983). Commentary: The Terrible Temptation of the Technological Fix. *Science, technology, & human values*, 8(1), 31-32.
- Driscoll, R. W. (1963). *Engineering Man for Space: The Cyborg Study*. Washington, D.C. : NASA.
- Dubois, M. (1999). *Introduction à la sociologie des sciences*. Paris: PUF.
- Fleming, J. R. (2010). *Fixing the Sky : The Checkered History of Weather and Climate Control*. New York: Columbia University Press.
- Fogg, M. J. (2000). The Ethical Dimensions of Space Settlement. *Space policy*, 16(3), 205-211.
- Fogg, M. J. (dir.). (1997). Terraforming (Part VI) [numéro thématique]. *Journal of the British Interplanetary Society*, 50(3).
- Fogg, M. J. (1995a). Exploration of the Future Habitability of Mars. *Journal of the British Interplanetary Society*, 48(7), 301-310.
- Fogg, M. J. (1995b). *Terraforming: Engineering Planetary Environments*. Warrendale: SAE.
- Fogg, M. J. (dir.). (1995c). Terraforming (Part V) [numéro thématique]. *Journal of the British Interplanetary Society*, 48(10).
- Fogg, M. J. (1993a). Dynamics of a Terraformed Martian Biosphere. *Journal of the British Interplanetary Society*, 46(8), 293-304.
- Fogg, M. J. (1993b). Terraforming: A Review for Environmentalists. *The Environmentalist*, 13(1), 7-17.
- Fogg, M. J. (dir.). (1993c). Terraforming (Part IV) [numéro thématique]. *Journal of the British Interplanetary Society*, 46(8).
- Fogg, M. J. (1992a). A Synergic Approach to Terraforming Mars. *Journal of the British Interplanetary Society*, 45(8), 315-329.

- Fogg, M. J. (dir.). (1992b). Terraforming (Part III) [numéro thématique]. *Journal of the British Interplanetary Society*, 45(8).
- Fogg, M. J. (1991a). Terraforming, as Part of a Strategy for Interstellar Colonisation. *Journal of the British Interplanetary Society*, 44(4), 183-192.
- Fogg, M. J. (dir.). (1991b). Terraforming (Part II) [numéro thématique]. *Journal of the British Interplanetary Society*, 44(4).
- Fogg, M. J. (1990). Astrophysical Engineering and the Fate of the Earth. *Analog*, CX(6), 53-62.
- Fogg, M. J. (dir.). (1989a). Terraforming (Part I) [numéro thématique]. *Journal of the British Interplanetary Society*, 42(12).
- Fogg, M. J. (1989b). The Creation of an Artificial Dense Martian Atmosphere - A Major Obstacle to the Terraforming of Mars. *Journal of the British Interplanetary Society*, 42(12), 577-582.
- Fogg, M. J. (1989c). Stellifying Jupiter: A First Step to Terraforming the Galilean Satellites. *Journal of the British Interplanetary Society*, 42(12), 587-592.
- Fogg, M. J. (1987). The Terraforming of Venus. *Journal of the British Interplanetary Society*, 40(12), 551-564.
- Fogg, M. J., Meyer, T., Gillett, S. L., Haynes, R. H. et Cathcart, R. B. (2011). Planetary Engineering Bibliography. Dans *The Terraforming Information Pages*. Récupéré de <http://www.users.globalnet.co.uk/~mfogg/biblio.htm>.
- French, R. H. (2013). *Environmental Philosophy and the Ethics of Terraforming Mars: Adding the Voices of Environmental Justice and Ecofeminism to the Ongoing Debate* (Mémoire de maîtrise). University of North Texas.
- Gerstell, M. F., Francisco, J. S., Yung, Y. L., Boxe, C. et Aaltonen, E. T. (2001). Keeping Mars Warm With New Super Greenhouse Gases. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(5), 2154-2157.
- Gibney, E. (2021, 9 février). Elation as First Arab Mars Mission Reaches Orbit. *Nature*. Récupéré de <https://www.nature.com/articles/d41586-021-00347-x>.
- GIEC. (2021). *Climate Change 2021 : The Physical Science Basis*. Genève : l'auteur.
- GIEC. (2015). *Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse*. Genève : l'auteur.
- Gottlieb, J. (2019). Space Colonization and Existential Risk. *Journal of the American Philosophical Association*, 5(3), 306-320.
- Gout, E. (réalis.). (2016). *Mars – Season I* [série télévisée : DVD]. Beverly Hills : National Geographic.

- Gout, E., Cragg, S. et Way, A. (réalis.). (2018). *Mars – Season 2* [série télévisée : DVD]. Beverly Hills : National Geographic.
- Green, B. P. (2019). Self-Preservation Should be Humankind’s First Ethical Priority and Therefore Rapid Space Settlement is Necessary. *Futures*, 110, 35-37.
- Guterres, A. (2021). Secretary-General Calls Latest IPCC Climate Report ‘Code Red for Humanity’, Stressing ‘Irrefutable’ Evidence of Human Influence. Dans *United Nations*. Récupéré de <https://www.un.org/press/en/2021/sgsm20847.doc.htm>.
- Halle, L. J. (1980). A Hopeful Future for Mankind. *Foreign Affairs*, 58(5), 1129-1136.
- Hallett, V. (2016, 13 décembre). Advocate of colonizing Mars is no longer an outlier. *The Washington Post*, p. E02.
- Hawking, S. (2010). Abandon Earth – Or Face Extinction. *Big Think*. Récupéré de <https://bigthink.com/videos/abandon-earth-or-face-extinction>.
- Haynes, R. H. (1995). Foreword. Dans M. J. Fogg (dir.), *Terraforming: Engineering Planetary Environments* (p. v-viii). Warrendale: SAE.
- Haynes, R. H. (1990). Ecce Ecopoiesis: Playing God on Mars. Dans D. MacNiven (dir.), *Moral Expertise: Studies in Practical and Professional Ethics* (p. 161-183). London: Routledge.
- Haynes, R. H et McKay, C. P. (1992). The Implantation of Life on Mars: Feasibility and Motivation. *Advances in Space Research*, 12(4), 133-140.
- Haynes, R. H et McKay, C. P. (1990). Should We Implant Life on Mars? *Scientific American*, 263(6), 144.
- Hoffman, C. (2011, 28 octobre). Shooting for the Stars. *The Wall Street Journal*. Récupéré de <https://www.wsj.com/articles/SB10001424052970204644504576653493609116516>.
- Höhler, S. (2010). The Environment as a Life Support System: The Case of Biosphere 2. *History and Technology*, 26(1), 39-58.
- Höhler, S. (2008). ‘Spaceship Earth’: Envisioning Human Habitats in the Environmental Age. *Bulletin of the German Historical Institute*, (42), 65-85.
- Howard, R. (2016). Foreword. Dans L. David (dir.), *Mars : Our Future on the Red Planet* (p. 16-17). Washington: National Geographic.
- Jakosky, B. M. et Edwards, C. S. (2018). Inventory of CO2 Available for Terraforming Mars. *Nature Astronomy*, 2(8), 634-639.
- Jasanoff, S. (2015a). Future Imperfect : Science, Technology, and the Imaginations of Modernity. Dans S. Jasanoff et S.-H. Kim (dir.), *Dreamscapes of Modernity: Sociotechnical Imaginaries and the Fabrication of Power* (p. 1-33). Chicago: University of Chicago Press.

- Jasanoff, S. (2015b). Imagined and Invented Worlds. Dans S. Jasanoff et S.-H. Kim (dir.), *Dreamscapes of Modernity: Sociotechnical Imaginaries and the Fabrication of Power* (p. 321-341). Chicago: University of Chicago Press.
- Jasanoff, S., Evans, S., Firestone, W., Hurlbut, B., Kim, S.-H. et Vinsel, L. (2012). The Sociotechnical Imaginaries Project. Dans *Research Platforms for Science and Technology Studies*. Récupéré de <http://sts.hks.harvard.edu/research/platforms/imaginaries/>.
- Jasanoff, S., Evans, S., Firestone, W., Hurlbut, B., Kim, S.-H. et Vinsel, L. (2011). Methodological Pointers. Dans *Research Platforms for Science and Technology Studies*. Récupéré de <http://sts.hks.harvard.edu/research/platforms/imaginaries/ii.methods/methodological-pointers/>.
- Jasanoff, S. et Kim, S.-H. (dir.). (2015). *Dreamscapes of Modernity: Sociotechnical Imaginaries and the Fabrication of Power*. Chicago: University of Chicago Press.
- Jasanoff, S. et Kim, S.-H. (2009). Containing the Atom: Sociotechnical Imaginaries and Nuclear Power in the United States and South Korea. *Minerva*, 47(2), 119-146.
- Johnston, S. F. (2020). *Techno-Fixers: Origins and Implications of Technological Faith*. Montréal: McGill-Queen's University Press.
- Johnston, S. F. (2018a). Alvin Weinberg and the Promotion of the Technological Fix. *Technology and Culture*, 59(3), 620-651.
- Johnston, S. F. (2018b). The Technological Fixes as Social Cure-All: Origins and Implications. *IEEE Technology and society magazine*, 37(1), 47-54.
- Johnston, S. F. (2017). Technological Parables and Iconic Imagery: American Technocracy and the Rhetoric of the Technological Fix. *History and Technology*, 33(2), 196-219.
- Joly, P.-B. (2015). Le régime des promesses technoscientifiques. Dans M. Audétat (dir.), *Sciences et technologies émergentes : Pourquoi tant de promesses?* (p. 31-47). Paris : Hermann.
- Jordan, G. (anim.), Jacobs, B. (invité), Ulrich, B. (invité) et Barry, B. (invité). (2018, 26 octobre). NASA in Hollywood [Webradio]. Dans NASA (prod.), *Houston We Have a Podcast*. Récupéré de <https://www.nasa.gov/johnson/HWHAP/nasa-in-hollywood>.
- Jouvenet, M., Lamy, J. et Saint-Martin, A. (2015). Les activités spatiales, objet sociologique. *Histoire de la recherche contemporaine*, IV(2), 171-179.
- Kaku, M. (2018a, 6 février). SpaceX Rocket Launch is Latest Step Toward the Moon, Mars and Beyond – A New Spirit of Exploration is Being Fueled by Tech Entrepreneurs, Big Plans at NASA and Worries About the Fate of the Earth. *The Wall Street Journal*. Récupéré de <https://www.wsj.com/articles/to-the-moon-mars-and-beyond-1517592270>.

- Kaku, M. (2018b). *The Future of Humanity: Terraforming Mars, Interstellar Travel, Immortality, and Our Destiny Beyond Earth*. New York: Doubleday.
- Kaufman, M. (2010, 4 juin). One giant leap for privatization? : Successful launch of Falcon 9 rocket could give boost to commercial spaceflight. *The Washington Post*, p. A02.
- Keach, S. (2018, 19 novembre). Melting Ice on Mars Using ‘Solar Satellites’ Could Save Us From ‘Dinosaur’ Extinction, Top Physicist Says. *The Sun*. Récupéré de <https://www.thesun.co.uk/tech/7775001/human-live-mars-extinction-dinosaurs-earth/>.
- Kirby, D. A. (2014). Le futur au présent: Les prototypes diégétiques et le rôle du cinéma dans le développement scientifique et technique. *Poli*, (8), 1-30.
- Konrad, K. et Böhle, K. (2019). Socio-technical Futures and the Governance of Innovation Processes – An Introduction to the Special Issue. *Futures*, 109, 101-107.
- Konrad, K., Van Lente, H., Groves, C. et Selin, C. (2017). Performing and Governing the Future in Science and Technology. Dans U. Felt, R. Fouché, C. A. Miller et L. Smith-Doerr (dir.), *The Handbook of Science and Technology Studies* (4e éd., p. 465-493). Cambridge: MIT Press.
- Larrère, C. (2010). Les éthiques environnementales. *Natures Sciences Sociétés*, 18(4), 405-413.
- Lee, K. (1994). Awe and Humility: Intrinsic Value in Nature. Beyond an Earthbound Environmental Ethics. Dans R. Attfield et A. Belsey (dir.), *Philosophy and the Natural Environment: Royal Institute of Philosophy Supplement 36* (p. 89-101). Cambridge: Cambridge University Press.
- Lehoucq, R. (2017). Science et science-fiction, un duo détonant. *Futuribles*, (416), 39-54.
- Lehoucq, R. (2004). Demain, des colonies sur Mars. *Le Monde diplomatique*, 51(609), récupéré de <https://www.monde-diplomatique.fr/2004/12/LEHOUCQ/11733>.
- Lelièvre-Botton, S. (1997). *L'essor technologique et l'idée de progrès*. Paris : Ellipses
- Levine, J. S. (1976). Planetary Modeling. Dans J. E. Duberg et J. L. Whitesides (dir.), *Advances in Engineering Science : 13th Annual Meeting Society of Engineering Science, Hampton, VA, November 1-3, 1976* (vol. 3, p. 1191-1224). Washington, D.C. : NASA.
- Liao, S. M., Sandberg, A. et Roache, R. (2012). Human Engineering and Climate Change. *Ethics, Policy and Environment*, 15(2), 206-221.
- Life. (1991, mai). *Mars: Our Next Home. Bringing a Dead World to Life*. New York: Time.
- Lopez, J. V., Peixoto, R. S. et Rosado, A. S. (2019). Inevitable Future: Space Colonization Beyond Earth with Microbes First. *FEMS Microbiology Ecology*, 95(10), 1-9.
- Lovelock, J. E. (1979). *Gaia: A new look at life on earth*. Oxford: Oxford University Press.

- Luke, T. W. (1997). Environmental Emulations : Terraforming Technologies and the Tourist Trade at Biosphere 2. Dans *Ecocritique: Contesting the Politics of Nature, Economy and Culture* (p. 95-114). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- MacNiven, D. (1995). Environmental Ethics and Planetary Engineering. *Journal of the British Interplanetary Society*, 48(10), 441-443.
- Mallapaty, S. (2021, 10 février). China's First Mars Explorer Arrives at the Red Planet. *Nature*. Récupéré de <https://www.nature.com/articles/d41586-021-00361-z>.
- Mallove, E. F. (1986, 30 novembre). Do We Control the Universe's Fate? *The Washington Post*, p. C03.
- Mallove, E. F. (1984, 16 décembre). Mars : A Great Planet, But it Needs a Little Work. *The Washington Post*, p. F1-F2.
- Mansfield, K. (2018). Terraforming Mars in a Climate of Existential Risk. *Journal of the British Interplanetary Society*, 71(9), 348-354.
- Marinova, M. M., McKay, C. P. et Hashimoto, H. (2005). Radiative-Convective Model of Warming Mars using Artificial Super-Greenhouse Gases. *Journal of Geophysical Research*, 110, E03002.
- Marinova, M. M., McKay, C. P. et Hashimoto, H. (2000). Warming Mars using Artificial Super-Greenhouse Gases. *Journal of the British Interplanetary Society*, 53(7-8), 235-240.
- Markley, R. (2005). *Dying Planet: Mars in Science and the Imagination*. Durham: Duke University Press.
- McCurdy, H. E. (1997). *Space and the American Imagination*. Washington: Smithsonian Institution Press.
- McKay, C. P. (2019). Prerequisites to Human Activity on Mars: Scientific and Ethical Aspects. *Theology and science*, 17(3), 317-323.
- McKay, C. P. (2018). Astroethics and the Terraforming of Mars. Dans T. Peters (dir.), *Astrotheology: science and theology meet extraterrestrial life* (p. 381-390). Eugene: Cascade Books.
- Mckay, C. P. (1998). Past, Present, and Future Life on Mars. *Gravitational and Space Biology Bulletin*, 11(2), 41-50.
- McKay, C. P. (1993). Restoring Mars to Habitable Conditions: Can We? Should We? Will We? *Journal of the Irish Colleges of Physicians and Surgeons*, 22(1), 17-19.
- McKay, C. P. (1990). Does Mars have rights? An approach to environmental ethics of planetary engineering. Dans D. MacNiven (dir.), *Moral Expertise: Studies in Practical and Professional Ethics* (p. 184-197). London: Routledge.

- McKay, C. P. (1982a). On Terraforming Mars. *Extrapolation*, 23(4), 309-314.
- McKay, C. P. (1982b). Terraforming Mars. *Journal of the British Interplanetary Society*, 35(10), 427-433.
- McKay, C. P. et Marinova, M. M. (2001). The Physics, Biology and Environmental Ethics of Making Mars Habitable. *Astrobiology*, 1(1), 89-109.
- McKay, C. P., Toon, O. B. et Kasting, J. F. (1991). Making Mars habitable. *Nature*, 352(6335), 489-496.
- McMahon, S. (2016). The Aesthetic Objection to Terraforming Mars. Dans J. S. J. Schwartz et T. Milligan (dir.), *The Ethics of Space Exploration* (p. 209-218). Switzerland: Springer.
- McMillen, K. R. (dir.). (2000). *The Case for Mars VI : Making Mars an Affordable Destination. Proceedings of the Sixth Case for Mars Conference, University of Colorado, Boulder, July 17-20, 1996*. San Diego: Univelt.
- McNeil, M., Arribas-Ayllon, M., Haran, J., Mackenzie, A. et Tutton, R. (2017). Conceptualizing Imaginaries of Science, Technology, and Society. Dans U. Felt, R. Fouché, C. A. Miller et L. Smith-Doerr (dir.), *The Handbook of Science and Technology Studies* (4^e éd., p. 435-464). Cambridge: MIT Press.
- Merton, R. K. (1968). XIII. The Self-Fulfilling Prophecy. Dans *Social Theory and Social Structure* (p. 475-490). New York: The Free Press.
- Messeri, L. (2016). Introduction: From Outer Space to Outer Place. Dans *Placing Outer Space: An Earthly Ethnography of Other Worlds* (p. 1-23). Durham: Duke University Press.
- Messeri, L. et Vertesi, J. (2015). The Greatest Missions Never Flown: Anticipatory Discourse and the Projectory in Technological Communities. *Technology and Culture*, 56(1), 54-85.
- Meyer, M. et Molyneux-Hodgson, S. (2011). « Communautés épistémiques » : Une notion utile pour théoriser les collectifs en sciences ? *Terrains & travaux*, (18), 141-154.
- Michaud, T. (2019a). La science-fiction, imaginaire des ingénieurs et des innovateurs. *Technologie et innovation*, 4(3), récupéré de <https://www.openscience.fr/La-science-fiction-imaginaire-des-ingenieurs-et-des-innovateurs>.
- Michaud, T. (2019b). L'apport de la science-fiction aux discours technoscientifiques sur la conquête de Mars. *Technologie et innovation*, 4(3), récupéré de <https://www.openscience.fr/L-apport-de-la-science-fiction-aux-discours-technoscientifiques-sur-la-conquete>.
- Michaud, T. (2017a). *Innovation, Between Science and Science Fiction*. London: ISTE.
- Michaud, T. (2017b). Science-fiction et innovation. *Futuribles*, (416), 55-66

- Miller, R. W. (2000). Terraforming: An Ethical Perspective. Dans K. R. McMillen (dir.), *The Case for Mars VI : Making Mars an Affordable Destination. Proceedings of the Sixth Case for Mars Conference, University of Colorado, Boulder, July 17-20, 1996* (p. 407-440). San Diego: Univelt.
- Mulkay, M. (1993). Rhetorics of Hope and Fear in the Great Embryo Debate. *Social Studies of Science*, 23(4), 721-742.
- Munévar, G. (2019). An Obligation to Colonize Outer Space. *Futures*, 110, 38-40.
- Munévar, G. (2014). Space Exploration and Human Survival. *Space Policy*, 30(4), 197-201.
- Musk, E. (2018). Making Life Multi-Planetary. *New Space*, 6(1), 2-11.
- Musk, E. (2017). Making Humans a Multi-Planetary Species. *New Space*, 5(2), 46-61.
- Musso, P. (2015). « Progrès technoscientifiques » et fin du récit du Progrès. *Raison présente*, 194(2), 9-17.
- NASA. (2019). Crazy Engineering: Making Oxygen on Mars with MOXIE. Dans *NASA*. Récupéré de <https://mars.nasa.gov/resources/22532/crazy-engineering-making-oxygen-on-mars-with-moxie/>.
- NASA. (2014). NASA's Journey to Mars. Dans *NASA*. Récupéré de <https://www.nasa.gov/content/nasas-journey-to-mars>.
- Nelson, M., Allen, J. P. et Dempster, W. F. (1992). Biosphere 2 : A Prototype Project for a Permanent and Evolving Life System for Mars Base. *Advances in Space Research*, 12(5), 211-217.
- Nerlich, B. et Morris, C. (2015). Imagining Imaginaries. Dans *Making Science Public*. Récupéré de <https://blogs.nottingham.ac.uk/makingsciencepublic/2015/04/23/imagining-imaginaries/>.
- Oberg, J. E. (1981). *New Earths : Transforming Other Planets for Humanity*. Harrisburg : Stackpole Books.
- Oelschlaeger, M. (1979). The Myth of the Technological Fix. *Southwestern Journal of Philosophy*, 10(1), 43-53.
- O'Meara, S. et Dasch, E. J. (2018). Terraforming. Dans *A Dictionary of Space Exploration* (3^e éd.). Récupéré de <https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/acref/9780191842764.001.0001/acref-9780191842764-e-1979?rskey=fjcyLL&result=2194>.
- Ormrod, J. (2013). Beyond World Risk Society? A Critique of Ulrich Beck's World Risk Society Thesis as a Framework for Understanding Risk Associated with Human Activity in Outer Space. *Environment and Planning D: Society and Space*, 31(4), 727-744.

- Paillé, P. et Mucchielli, A. (2003). L'analyse thématique. Dans *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales* (p. 123-145). Paris : Armand Colin.
- Pak, C. (2019). Planetary Climates: Terraforming in Science Fiction. Dans A. Johns-Putra (dir.), *Climate and Literature* (p. 196-211). Cambridge : Cambridge University Press.
- Pak, C. (2018). Terraforming and Geoengineering in Luna: New Moon, 2312, and Aurora. *Science fiction studies*, 45(3), 500-514.
- Pak, C. (2017). "Then Came Pantropy": Grotesque Bodies, Multispecies Flourishing and Human-Animal Relationships in Joan Slonczewski's A Door Into Ocean. *Science Fiction Studies*, 44(1), 122-136.
- Pak, C. (2016a). Terraforming and Geoengineering in Science Fiction. *Strange Horizon*, récupéré de <http://strangehorizons.com/non-fiction/articles/terraforming-and-geoengineering-in-science-fiction/>.
- Pak, C. (2016b). Terraforming and the City. *Ecozon@*, 7(2), 65-84.
- Pak, C. (2016c). *Terraforming: Ecopolitical Transformations and Environmentalism in Science Fiction*. Liverpool: Liverpool University Press.
- Pak, C. (2015). The Independent Entrepreneur and the Terraforming of Mars. Dans J. Galliot (dir.), *Commercial Space Exploration: Ethics, Policy and Governance* (p. 273-285). Surrey: Ashgate.
- Pak, C. (2014). "All Energy is Borrowed" – Terraforming: A Master Motif for Physical and Cultural Re(up)cycling in Kim Stanley Robinson's Mars Trilogy. *Green Letters: Studies in Ecocriticism*, 18(1), 91-103.
- Pak, C. (2013). Terraforming and Proto-Gaian Narratives in American Pulp SF of the 1930s–1940s. *The Eaton Journal of Archival Research*, 1(1), 38-55.
- Pak, C. (2012a). "A Creature Alive But Tranced and Obscurely Yearning to Wake": Gaian Anticipations and Terraforming in the European Science Fiction of H.G. Wells, Olaf Stapledon and Stanislaw Lem. *Revista Hélice: Reflexiones Criticas Sobre Ficción Especulativa*, 2(1), 12-19.
- Pak, C. (2012b). Terraforming 101. *SFRA Review*, 302, 6-15.
- Pak, C. (2011). "A Fantastic Reflex of Itself, An Echo, A Symbol, A Myth, A Crazy Dream": Terraforming as Landscaping Nature's Otherness in H.G. Wells's The Shape of Things to Come and Olaf Stapledon's Last and First Men and Star Maker. *Foundation: The International Review of Science Fiction*, 40(111), 14-31.
- Pak, C. (2010). Ecocriticism and Terraforming: Building Critical Spaces. *FORUM: University of Edinburgh Postgraduate Journal of Culture & The Arts*, 10, récupéré de <http://www.forumjournal.org/article/view/644>.

- Petranek, S. L. (2015a). *How We'll Live on Mars*. New York : Simon & Schuster/TED Books.
- Petranek, S. L. (2015b, 24 octobre). What We'll Eat, Drink and Breathe on Mars. *The Wall Street Journal*. Récupéré de <https://www.wsj.com/articles/what-well-eat-drink-and-breathe-on-mars-1445612207>.
- Petranek, S. L. (2015c). Your Kids Might Live on Mars. Here's How They'll Survive. Dans *TED*. Récupéré de https://www.ted.com/talks/stephen_petranek_your_kids_might_live_on_mars_here_s_how_they_ll_survive/transcript.
- Petranek, S. L. (2002). 10 Ways the World Could End. Dans *TED*. Récupéré de https://www.ted.com/talks/stephen_petranek_10_ways_the_world_could_end/transcript.
- Pinson, R. D. (2002). Ethical Considerations for Terraforming Mars. *Environmental Law Reporter*, 32(11), 11333-11341.
- Potter, J. F. (2001). The Present and the Longer-Term Trends in Planetary Environmental Engineering. *Journal of the British Interplanetary Society*, 54(7-8), 250-254.
- Potter, J. F. (2000). Seeking a New Home: Some Thoughts on the Longer Term Trends in Planetary Environmental Engineering. *The Environmentalist*, 20(3), 191-194.
- Potter, J. F. (1994). The Ultimate Technological Option. *The Environmentalist*, 14(1), 1-2.
- Prucher, J. (2007). Pantropy. Dans *Brave New Worlds : The Oxford Dictionary of Science Fiction*. Récupéré de <https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/acref/9780195305678.001.0001/acref-9780195305678-e-453>.
- Robinson, A. L. (1977). Colonizing Mars: The Age of Planetary Engineering Begins. *Science*, 195(4279), 668.
- Rosental, C. (2019). Formuler des promesses technologiques à l'aide de démos. *Socio*, (12), 27-47.
- Sagan, C. (2000 [1973]). Terraforming the Planets. Dans *The Cosmic Connection: An Extraterrestrial Perspective* (p. 148-154). Cambridge : Cambridge University Press.
- Sagan, C. (1994). *Pale Blue Dot: A Vision of the Human Future in Space*. New York : Random House.
- Sagan, C. (1985, 6 janvier). The Terraformers are Coming. *The New York Times*, section BR, p. 6.
- Sagan, C. (1973). Planetary Engineering on Mars. *Icarus*, 20(4), 513-514.
- Sagan, C. (1971). The long winter model of Martian biology: A speculation. *Icarus*, 15(3), 511-514.

- Sagan, C. (1961). The Planet Venus. *Science*, 133(3456), 849-858.
- Saint-Martin, A. (2019). Science-fiction et futurologie de la colonisation martienne. Espaces des possibles, régimes de croyances et entrecroisements. *Socio*, (13), 45-69.
- Salazar, F. J. T. et Winter, O. C. (2019). Sun-Synchronous Solar Reflector Orbits Designed to Warm Mars. *Astrophysics and Space Science*, 364(9), 1-10.
- Schmidt, Jr., P. A. (2014). Real Science Imagined Through Fiction: The Development of Terraforming during the Twentieth Century. *Zeteo*. Récupéré de <http://zeteojournal.com/2014/11/17/terraforming/>.
- Schmidt, Jr., P. A. (2010). *Terraforming: An Investigation of the Boundaries Between Science and Hard Science Fiction* (Thèse de doctorat). University of Minnesota.
- Schwartz, J. S. J. (2013). On the Moral Permissibility of Terraforming. *Ethics and the Environment*, 18(2), 1-31.
- Schwartz, J. S. J. (2011). Our Moral Obligation to Support Space Exploration. *Environmental Ethics*, 33(1), 67-88.
- Sleator, R. D. et Smith, N. (2019). Terraforming: Synthetic Biology's Final Frontier. *Archives of Microbiology*, 201(6), 855-862.
- Sleator, R. D., et Smith, N. (2017). Directed Panspermia: A 21st Century Perspective. *Science Progress*, 100(2), 187-193.
- Smith, A. G. (1999). Ethics of Terraforming: A Practical System. Dans R. M. Zubrin et M. Zubrin (dir.), *Proceedings of the Founding Convention of the Mars Society, Part III*, University of Colorado, Boulder, August 13-16, 1998 (p. 985-1001). San Diego: Univelt.
- Smith, A. G. (1993). Time, Ice and Terraforming. *Journal of the British Interplanetary Society*, 46(8), 305-310.
- Smith, A. G. (1992). Terraforming – A clear view. *Terra Nova*, 4(5), 611-612.
- SpaceX. (2020a). About SpaceX – Company. Dans *SpaceX*. Récupéré de <https://www.spacex.com/about>.
- SpaceX. (2020b). Careers – Road to the Red Planet. Dans *SpaceX*. Récupéré de <https://www.spacex.com/careers>.
- SpaceX. (2020c). Men's Nuke Mars T-Shirt. Dans *SpaceX*. Récupéré de https://shop.spacex.com/products/nuke-mars-t-shirt?_pos=1&_sid=c8d6e18b9&_ss=r.
- SpaceX. (2020d). Occupy Mars "Heat Sensitive" Terraforming Mug. Dans *SpaceX*. Récupéré de <https://shop.spacex.com/products/occupy-mars-heat-sensitive-terraforming-mug>.

- Sparrow, R. (2015). Terraforming, Vandalism and Virtue Ethics. Dans J. Gallioth (dir.), *Commercial Space Exploration* (p.161-180). London: Ashgate.
- Sparrow, R. (1999). The Ethics of Terraforming. *Environmental Ethics*, 21(3), 227-245.
- Szocik, K. (2020) Is Human Enhancement in Space a Moral Duty? Missions to Mars, Advanced AI and Genome Editing in Space. *Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics*, 29(1), 122-130.
- Szocik, K. et Braddock, M. (2019). Why Human Enhancement is Necessary for Successful Human Deep-space Missions. *The New Bioethics*, 25(4), 295-317.
- Szocik, K., Campa, R., Rappaport, M. B. et Corbally, C. (2018). Changing the Paradigm on Human Enhancements: The Special Case of Modifications to Counter Bone Loss for Manned Mars Missions. *Space Policy*, (48), 68-75.
- Szocik, K., Wójtowicz, T., Rappaport, M. B. et Corbally, C. (2020). Ethical Issues of Human Enhancements for Space Missions to Mars and Beyond. *Futures*, 115, récupéré de <https://doi.org/10.1016/j.futures.2019.102489>.
- Taylor, R. L. S. (2001). The Mars Atmosphere Problem: Paraterraforming - The Worldhouse Solution. *Journal of the British Interplanetary Society*, 54(7-8), 236-249.
- Taylor, R. L. S. (1998). Why Mars? - Even Under the Condition of Critical Factor Constraint Engineering Technology May Permit the Establishment and Maintenance of an Inhabitable Ecosystem on Mars. *Advances in Space Research*, 22(3), 421-432.
- TED. (n/a). Our Organisation. Dans *Ted*. Récupéré de <https://www.ted.com/about/our-organization>.
- The Late Show with Stephen Colbert (2015, 10 septembre). *Elon Musk Might Be A Super Villain* [Vidéo en ligne]. Récupéré de <https://www.youtube.com/watch?v=gV6hP9wpMW8>.
- The Mars Society. (2020a). About the Mars Society. Dans *The Mars Society*. Récupéré de <https://www.marssociety.org/about/>.
- The Mars Society. (2020b). Papers. Dans *MarsPapers: The Official Library for the Mars Society*. Récupéré de <http://www.marspapers.org/#/papers>.
- The Mars Society. (2020c). 2020 Mars Society Convention Schedule. Dans *The Mars Society*. Récupéré de <https://www.marssociety.org/wp-content/uploads/2020/09/Mars-Society-2020-Convention-Schedule.pdf>.
- Tutton, R. (2020). Sociotechnical Imaginaries and Techno-Optimism: Examining outer Space Utopias of Silicon Valley. *Science as Culture*. Récupéré de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09505431.2020.1841151>.

- Tutton, R. (2018). Multiplanetary Imaginaries and Utopias : The Case of Mars One. *Science, Technology, & Human Values*, 43(3), 518-539.
- Ulrich, B. (2008). NASA on the Screen (Big and Small). Dans *NASA*. Récupéré de https://www.nasa.gov/50th/50th_magazine/movies.html.
- Valentine, D. (2012). Exit Strategy: Profit, Cosmology, and the Future of Humans in Space. *Anthropological Quarterly*, 85(4), 1045-1067.
- Van Lente, H. (2012). Navigating Foresight in a Sea of Expectations: Lessons from the Sociology of Expectations. *Technology Analysis & Strategic Management*, 24(8), 769-782.
- Van Lente, H. (2000). Forceful Futures: From Promise to Requirement. Dans N. Brown, B. Rappert et A. Webster (dir.), *Contested Futures: A Sociology of Prospective Technoscience* (p. 43-63). Burlington: Ashgate.
- Vasileva, I., Ivanova, A. et Alexandrov, S. (2019). Terraforming Mars is Not Out of the Question Yet - and Microscopic Algae Could Help. *Trakia Journal of Sciences*, 17(1), 8-12.
- Vaz, E. et Penfound, E. (2020). Mars Terraforming: A Geographic Information Systems Framework. *Life Sciences in Space Research*, 24, 50-63.
- Wacquez, J. (2019). « Welcome to the Real World! » : Champ libre à la science-fiction. *Socio*, (13), 7-21.
- Walkowicz, L. (2015). Let's Not Use Mars as a Backup Planet. Dans *TED*. Récupéré de https://www.ted.com/talks/lucianne_walkowicz_let_s_not_use_mars_as_a_backup_planet.
- Wallace, R., Liebman, A., Chaves, L. F. et Wallace, R. (2020). COVID-19 and Circuits of Capital : New York to China and Back. *Monthly Review*, 72(1), 1-15.
- Weinberg, A. M. (1978). *Beyond the Technological Fix* (ORAU/IEA 78-5(0)). Oak Ridge: Institute for Energy Analysis.
- Weinberg, A. M. (1966). Can Technology Replace Social Engineering? *Bulletin of the Atomic Scientists*, 22(10), 4-8.
- Williamson, J. (1981). Foreword. Dans J. E. Oberg (dir.), *New Earths : Transforming Other Planets for humanity* (p. 9-11). Harrisburg : Stackpole Books.
- Williamson, J. [Stewart, W.]. (1942). Collision Orbit. *Astounding Science-Fiction*, 29(5), 80-106.
- Witze, A. (2021, 16 février). The Hunt for Life on Mars: A Visual Guide to NASA's Latest Mission. *Nature*. Récupéré de <https://www.nature.com/immersive/d41586-021-00321-7/index.html>.
- Wordsworth, R., Kerber, L. et Cockell, C. (2019). Enabling Martian Habitability with Silica Aerogel Via the Solid-state Greenhouse Effect. *Nature Astronomy*, 3(10), 898-903.

- York, P. F. (2002). The Ethics of Terraforming. *Philosophy now*, (38), 6-9.
- York, P. F. (2005). *Respect for the World: Universal Ethics and the Morality of Terraforming* (Thèse de doctorat). University of Queensland.
- Zubrin, R. M. (2019a). Detecting Extraterrestrial Civilizations: Utilizing Artificial Singularity Power Systems. *Journal of the British Interplanetary Society*, 72(8), 287-292.
- Zubrin, R. M. (2019b). Why We Earthlings Should Colonize Mars! *Theology and Science*, 17(3), 305-316.
- Zubrin, R. M. (2004). Terraforming Mars, the Noble Experiment? *Astrobiology Magazine*.
Récupéré de <http://www.astrobio.net/interview/1074/terraforming-mars-the-noble-experiment>.
- Zubrin, R. M. (1995). The Economic Viability of Mars Colonization. *Journal of the British Interplanetary Society*, 48(10), 407-414.
- Zubrin, R. M. et McKay, C. P. (1997). Technological Requirements for Terraforming Mars. *Journal of the British Interplanetary Society*, 50(3), 83-92.
- Zubrin, R. M. et Wagner, R. (2011). *The Case for Mars: The Plan to Settle the Red Planet and Why We Must*. New York: Free Press.
- Zubrin, R. M. et Zubrin, M. (dir.). (1999a). *Proceedings of the Founding Convention of the Mars Society, Part I, University of Colorado, Boulder, August 13-16, 1998*. San Diego: Univelt.
- Zubrin, R. M. et Zubrin, M. (dir.). (1999b). *Proceedings of the Founding Convention of the Mars Society, Part II, University of Colorado, Boulder, August 13-16, 1998*. San Diego: Univelt.
- Zubrin, R. M. et Zubrin, M. (dir.). (1999c). *Proceedings of the Founding Convention of the Mars Society, Part III, University of Colorado, Boulder, August 13-16, 1998*. San Diego: Univelt.