

MARS



HUGO CARLIN – ADRIEN SAGRAFENA – MARGAUX ALLOUX – AYOUB BRIDAOU – ALEXANDRE CHERY

ANALYSE DES SYSTÈMES COMPLEXES

Table des matières

TABLE DES MATIERES.....	1
I. INTRODUCTION.....	2
II. VOYAGE ET INSTALLATION SUR MARS	3
III. CONDITIONS DE VIE	6
IV. RESSOURCES ET PRODUCTIONS.....	8
A. BESOINS VITAUX.....	8
B. ÉNERGIE	11
C. STOCKAGE	15
V. LA REPUBLIQUE EN MARS	17
VI. ANNEXES.....	22
A. REPRESENTATION DES FLUX D'EAU	22
B. REPRESENTATION DES FLUX D'ÉNERGIE.....	23
VII. BIBLIOGRAPHIE.....	24

I. Introduction

Actuellement, la survie de l'humanité n'est plus garantie sur notre planète Terre. Nous supposons que dans quelques années, il sera impossible pour les êtres vivants de se développer sur la Terre.

Nous devons trouver un autre endroit où déplacer une partie de la population, avec l'objectif de pouvoir se développer et pourquoi pas s'agrandir en continuant d'amener des personnes de la planète Terre au fur et à mesure. L'endroit qui nous a paru être le plus adapté pour une colonisation humaine est la planète Mars.

De plus, s'installer sur la planète rouge est quelque chose qui a toujours intéressé l'humanité, nous avons donc déjà un flux d'informations très complet sur la planète, son atmosphère, sa composition, etc. Cela nous permettra déjà de gagner un temps considérable quant aux conditions de notre installation.

Afin que notre colonie soit viable, il nous faut estimer ses besoins pour chaque ressource nécessaire, ainsi que prévoir des moyens de produire lesdites ressources.

Nous allons commencer par aborder la question du voyage et de l'installation sur Mars, puis nous détaillerons les conditions de vie sur cette planète. Par la suite, nous aborderons les besoins et productions de la colonie, en deux temps : premièrement en ce qui concerne les besoins vitaux (eau, nourriture, dioxygène), puis deuxièmement concernant l'énergie. Enfin, pour finir, nous détaillerons le système politique qui sera mis en place au sein de notre colonie.

De cette manière, nous espérons pouvoir mettre en place une colonie humaine sur la planète Mars, qui prospérera et pourra se développer avec le temps.

En ce qui concerne les schémas de flux entre les différents acteurs de notre système « colonie », trois sont disponibles en annexes : pour l'eau, la nourriture et le dioxygène, et l'énergie.

II. Voyage et installation sur Mars

Afin d'assurer un voyage en toute sérénité, quelques mesures ont été mises en place. En premier lieu, nous avons fixé le nombre de volontaires à 150 personnes, divisés à parts égales entre hommes et femmes, et venant de différents pays du monde.

Quant à savoir comment choisir le groupe qui va voyager, cela se fera par un vote mondial car nous avons la conviction que cette mission est la propriété de toute l'Humanité. Ce vote sera basé sur différents critères, notamment selon les différentes professions nécessaires au bon fonctionnement de la compagnie, qui sont :

- **Médecins** : pour le traitement des problèmes de santé
- **Physiciens et ingénieurs** : analyser les constituants fondamentaux de la colonie
- **Politiciens et juristes** : exercer une action politique publique et gérer le droit
- **Agriculteurs** : cultiver la terre
- **Techniciens** : la maintenance des machines
- **Cyclistes** : pour la production d'énergie
- **Astronautes** : pour l'exploration de la colonie
- **Forces de l'ordre** : faire régner l'ordre public et faire appliquer la loi

Le nombre relatif à chacune des professions est déterminé comme suit :

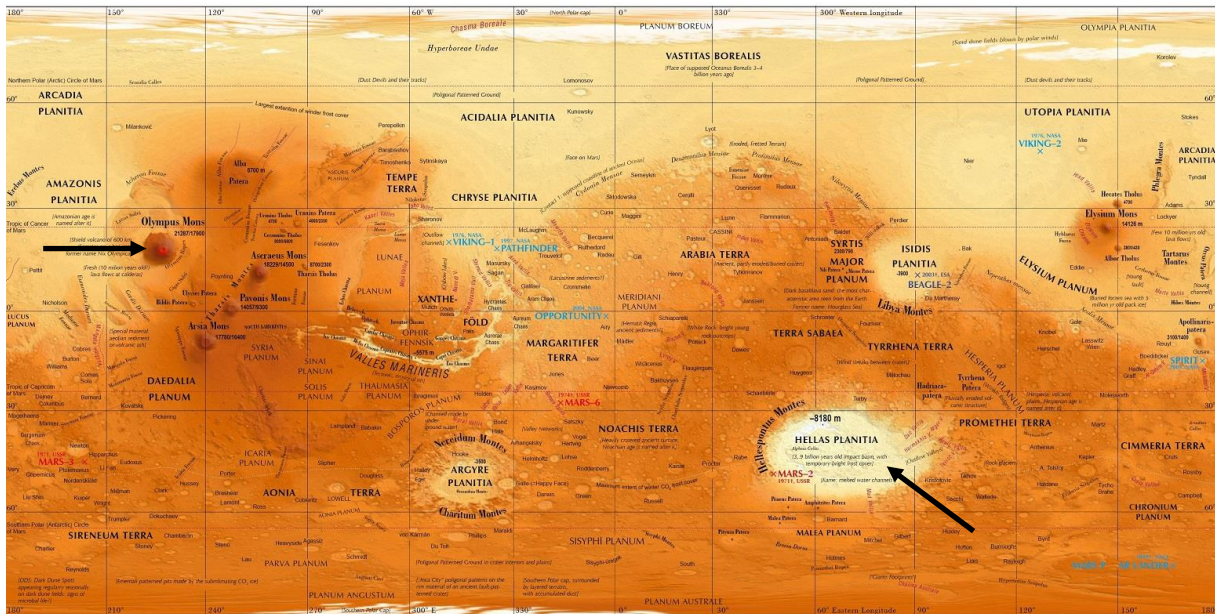
Métiers	Nombre
Médecin	5
Physicien	15
Ingénieur	20
Politicien, juriste	10
Agriculteur	20
Technicien	40
Cycliste	20
Astronaute	10
Force de l'ordre	10

Les participants à la mission sont des personnes sportives de moins de 40 ans, et en bonne santé. En effet, le fait de pratiquer régulièrement du sport augmente en moyenne l'espérance de vie mais permet également de mieux supporter les conditions de vies différentes. De plus, il serait important qu'il y ait certaines personnes qui participent en couple à la mission.

Une colonie préparatoire sera construite dans un endroit éloigné sur Terre, simulant une colonie martienne. Elle sera utilisée à des fins d'entraînement, ainsi que pour des formations hebdomadaires, dans le but de mieux se préparer à notre installation sur Mars.

La langue pratiquée au sein de la colonie doit être universelle, mais il faut également que les personnes fondant la colonie soient un minimum sociable pour qu'elles puissent s'entendre facilement et vivre en paix.

Un véhicule d'exploration sans pilote sera envoyé à la surface de Mars pour rechercher un endroit approprié pour installer la colonie. Nous avons sélectionné deux endroits où il serait possible de s'installer : l'Olympus Mons et l'Hellas Planitia.



Lorsque le lieu sera clairement identifié, nous pourrons annoncer une date de décollage qui sera déterminée en fonction de la position de la Terre et de Mars. Nous choisirons le moment où les deux planètes seront les plus proches, dans le but de minimiser au maximum la distance de vol. Cela nous laisse une fenêtre de départ tous les 26 mois, quand la Terre et Mars sont au plus proche, c'est-à-dire à environ 60 millions de kilomètres de distance l'une de l'autre. La durée du voyage sera alors comprise entre 6 et 8 mois.

Concernant la fusée, on sait que la plus grosse fusée prévue par Elon Musk ne pourra emporter que 100 tonnes à son bord, nous avons donc prévu de partir avec une fusée qui aura la même capacité.

Autre que les êtres humains, des animaux pour l'élevage seront également emmenés, à savoir des chèvres, des poules et des lapins.

Animaux	Nombre
Chèvres	50
Poules	100
Lapins	100

La colonie s'étendra sur une superficie estimée à 10 hectares. Ceci englobera notamment un espace habitable de deux hectares, soit l'équivalent de 75 habitations de 30 m² chacune, d'espaces agricoles, de lieu de stockage, etc.

Les logements seront reliés entre eux par des couloirs afin de faciliter la séparation et la fermeture en cas de dégradation de l'un d'entre eux, pour empêcher la contamination des autres compartiments.

L'objectif est donc de construire une colonie et d'en faire un endroit confortable pour vivre, comprenant entre autres la construction de serres pour l'agriculture ou la préparation des différents équipements nécessaire.

Autre que le travail d'un intérêt collectif, un temps sera consacré également aux loisirs. Cette initiative permettra de passer du temps de qualité dans la colonie, pratiquer du sport, lire, jouer, écrire, dessiner et communiquer entre les martiens.

III. Conditions de vie

Autrefois, la planète rouge abritait une atmosphère très épaisse, ainsi qu'une activité très importante. En effet, nous avons retrouvé de nombreux volcans éteints dont le Mont Olympus, le plus grand volcan du système solaire, qui culmine à plus de 21 000 mètres.

Nous avons même retrouvé sur Mars des traces d'anciens canyons et d'anciens rivages. Cela nous laisse penser que l'eau liquide a pu exister sur Mars il y a environ 1 milliard d'années.

En réalité, la planète Mars est située dans la zone habitable du système solaire avec la Terre. C'est la raison pour laquelle cette planète a toujours fasciné l'être humain, notamment dans la conquête spatiale et la recherche de la vie extraterrestre. Néanmoins, nous avons envoyé de nombreuses sondes spatiales et de rovers tel que le célèbre Curiosity, dans le but d'en apprendre plus sur la composition de cette planète.

Dans cette partie, nous allons donc étudier plus en profondeur les conditions de vie que la planète Mars pourrait proposer afin d'envoyer une colonie humaine sur celle-ci.

Tout d'abord, l'atmosphère martienne est bien plus fine que l'atmosphère terrestre. On estime qu'elle est environ 200 fois plus fine que celle de notre planète. Elle aurait perdu au cours des millions d'années sa densité.

Quelle est donc la pression atmosphérique de Mars et quelle est sa composition ?

	Mars	Terre
Pression atmosphérique moyenne	600 Pa	101325 Pa
Dioxygène (O_2)	0.15 %	20.95 %
Diazote (N_2)	1.89 %	78.08 %
Dioxyde de carbone (CO_2)	95.97 %	0.04 %

La pression atmosphérique est beaucoup plus faible sur Mars que sur Terre. De plus, là où la planète Terre est composée en quasi-totalité de dioxygène et de diazote, la planète Mars quant à elle ne contient quasiment que du dioxyde de carbone.

Quelques informations supplémentaires sur les conditions de vie sur Mars :

	Mars	Terre
Gravité	3,721 m/s ²	9,807 m/s ²
Température moyenne	-63°C	15°C
Durée d'une journée	24h 37min	23h 56min

Les conditions de vie sur Mars ne semblent absolument pas viables pour l'espèce humaine, il faudra donc vivre par le biais de combinaison spatiale lorsque nous explorerons la planète. En revanche, pour le développement de la colonie, il faudra reproduire des conditions de vie terrestre dans des endroits spécifiques à construire.

Le maintien en vie de notre colonie sur Mars, va également passer par leur nutrition. Nous nous sommes donc intéressés à la composition du sol sur Mars, afin de savoir s'il était possible de cultiver le sol. On peut voir sur le schéma suivant la différence entre la composition du sol sur Terre et sur Mars.

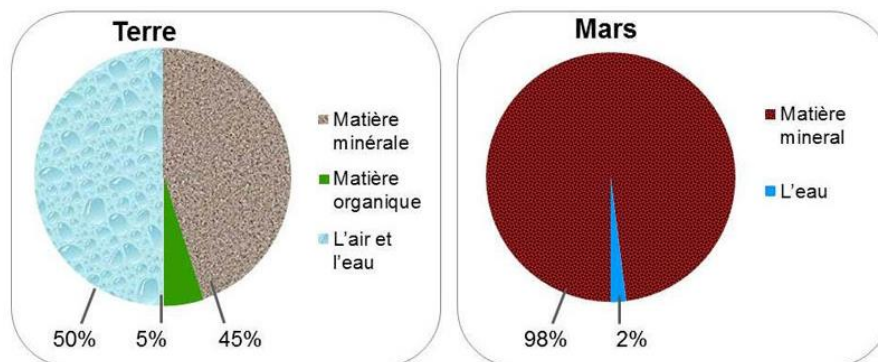


Figure 1 - Proportion des constituants du sol sur Terre et sur Mars.

Source : <http://tomatosphere.parlonssciences.ca>

On constate que le sol de Mars est constitué presque exclusivement de matière minérale, il faudra donc probablement ajouter un peu de matières organiques pour le développement des cultures. Cependant, le sol de Mars contient tout de même les nutriments essentiels aux plantes, ce qui va nous permettre de faire pousser nos récoltes sans trop de difficultés. Il faudra traiter légèrement le sol afin d'éliminer tous les composants qui pourraient s'avérer toxiques, mais une fois cela fait l'agriculture sera possible.

Le dernier point à traiter ici, est le maintien en bonne santé de notre colonie. En effet, comme on a pu le voir plus haut, les conditions de vie sont bien différentes sur Mars. Il y a donc des répercussions sur l'organisme des êtres humains qu'il va falloir prendre en compte, notamment dues à l'absence de gravité :

- Atrophie musculaire
- Perte de densité osseuse
- Fonctionnement du système cardiovasculaire

Pour pallier cela, le meilleur moyen est une activité physique régulière. Si nous prenons la Station Spatiale Internationale comme référence, les astronautes pratiquent 2h d'activités physiques par jour pour se maintenir en forme. Dans notre cas, c'est ce que nous préconiserons également, avec éventuellement une prise de compléments alimentaire. De plus, obliger notre population à pratiquer 2h d'activités physiques par jour va s'avérer

indispensable pour la production de certaines ressources, comme nous allons le voir dans la partie suivante.

IV. Ressources et productions

Dans un premier temps, nous nous intéresserons aux ressources que l'on considère comme vitales. Puis, dans une seconde sous-partie, nous aborderons la question de l'énergie au sein de la colonie. Enfin, notre troisième et dernière sous-partie sera consacrée aux conditions de stockages des différentes ressources produites.

A. Besoins vitaux

Nous considérons comme des besoins vitaux tout ce qui touche à l'eau, la nourriture ainsi que le dioxygène pour permettre à notre colonie de respirer sans problèmes. Pour chacune de ces catégories de ressources, nous commencerons par estimer les besoins de la colonie, puis nous proposerons par la suite des moyens de production pour répondre à ces besoins.

En ce qui concerne l'eau, nous avons prévu de rationner la consommation d'eau par personne et selon l'utilisation qui en est faite. De cette manière, on a limité la quantité d'eau disponible par jour à 15 litres par personne, ce qui correspond à 2250 litres d'eau par jour pour les 150 personnes composant notre colonie. Le détail de la répartition en fonction de l'utilisation est visible dans le tableau ci-dessous.

Utilisation	Par personne (en L/jour)	Pour la colonie (en L/jour)
Hydratation	3	450
Hygiène	5	750
Cuisine	2	300
Extra	5	750
TOTAL	15	2250

En plus de satisfaire les besoins en eau de notre population, nous devons prévoir la quantité d'eau nécessaire pour la survie des animaux élevés au sein de la colonie ainsi que pour les cultures des différentes denrées. Il faut également prendre en compte l'eau que va nécessiter nos différentes méthodes d'alimentation énergétique, qui s'élève à 95425 litres par jour. Tout cela est résumé dans le tableau ci-dessous, de manière très simplifiée.

Utilisation	Quantités nécessaires (en L/jour)
Élevage	425
Agriculture	91500
Sources d'énergie	3500
TOTAL	95425

Afin de pouvoir fournir l'eau nécessaire à l'ensemble de la colonie, nous nous sommes concentrés sur quatre moyens permettant de produire ou bien de récupérer de l'eau : le recyclage des eaux usées, la récupération d'eau à partir de la glace d'eau présente sur Mars, la récupération de la sueur lors d'activités physiques, ainsi que deux générateurs d'eau utilisant l'humidité de l'air ambiant pour former de l'eau.

Il est important de préciser que les deux générateurs d'eau fonctionnent même pour des températures très élevées et un faible taux d'humidité ambiant.

En effet, ce sont les quatre méthodes qui nous ont paru les plus efficaces pour avoir de grandes quantités disponibles chaque jour. Il faut compter une perte estimée à 10% pour chacun des moyens de production, et nous arrivons alors à une production d'environ 98000 litres par jour. On peut observer le détail des estimations dans le tableau ci-dessous.

Moyen de production	Quantités (en L/jour)
Recyclage des eaux usées	87907,50
Récupération de la sueur	540
Générateur d'eau	10000
Glace d'eau	78,48
TOTAL	98525,98

Notre production en eau, principalement issue du recyclage des eaux usées, est suffisante pour subvenir aux besoins de notre colonie.

Pour la **nourriture**, nous avons tout d'abord cherché à estimer la quantité de kilocalories nécessaires pour une personne ainsi que les parts de protéines, glucides et lipides. L'apport nutritionnel est calculé en moyenne, en se basant sur les données de la Station Spatiale Internationale. Nous en sommes donc arrivés à une moyenne de 2300 kilocalories par jour et par personne, ce qui correspond à 345000 kilocalories pour l'ensemble de notre colonie.

De plus, sur une journée, l'alimentation doit comporter 55% de glucides, 15% de protéines et 30% de lipides. Nous avons voulu respecter ces besoins journaliers, et c'est donc à partir de ces besoins que nous avons déterminé quels aliments doivent être cultivés de façon essentielle sur Mars, pour la survie de notre population. Le tableau ci-dessous résume les besoins nutritionnels nécessaires à la colonie.

Besoins nutritionnels	Par personne (en kcal)	Pour la colonie (en kcal)
Apport journalier	2300	345000
Part de glucides	1265	189750
Part de protéines	345	51750
Part de lipides	690	103500

Nous avons converti les parts de glucides, lipides et protéines en kilogrammes afin de pouvoir plus facilement estimer quelles quantités de production sont nécessaires. On peut voir ci-dessous la conversion, sachant que la ligne de total correspond aux besoins totaux de la colonie.

Besoins journaliers	Glucides	Protéines	Lipides
En kcal/personne	1265	345	690
En g/personne	316,25	86,25	76,67
TOTAL	47,44 kg	12,94 kg	11,5 kg

Pour répondre à ces besoins, nous avons fait une sélection de denrées. Cette sélection est limitée au début, mais elle pourra bien sûr être plus variée avec l'expansion de la colonie. Nous avons préféré, dans un premier temps, nous limiter à un nombre minimal d'aliments qui sont suffisants en apport nutritionnel et qui peuvent se cultiver facilement. Cela permettra, une fois que nous aurons un peu de réserves de nourriture, de varier notre alimentation.

Nous avons également songé à emmener du bétail, afin de pouvoir nous fournir une part des denrées. Les animaux ont été choisis parce qu'ils sont plutôt petits et peu encombrants, mais également par leur mode de reproduction (notamment pour les lapins, qui se reproduisent très vite ce qui limite la possibilité de se retrouver à court de viande).

Regardons les denrées choisies, ainsi que leurs apports nutritionnels évalués en fonction de ce que l'on pourrait produire en une journée :

Production journalière	Apport en glucides (g)	Apport en protéines (g)	Apport en lipides (g)
Œufs de poule	48	756	594
Lait de chèvre	5625	4125	1875
Viande de lapin	0	39600	4200
Pomme de terre	12988	1271,6	149,6
Salade	8610	4080	450
Spiruline	12000	28500	4000
Bananes	460	22	6
Lentilles	1800	810	36
TOTAL	41,53 kg	79,16 kg	11,31 kg

On remarque que notre production est légèrement inférieure pour les glucides et les lipides, cependant, cela pourra être compensés au début par l'apport en protéines. Ce n'est pas une solution sur le long terme, mais étant donné que l'alimentation va se diversifier rapidement par la suite, nous pourrons donc ajuster ce manque et régler le problème.

Enfin, pour le **dioxygène** nécessaire à la respiration, une estimation des besoins journaliers en dioxygène a été effectuée pour la colonie (comprenant les besoins de la population, mais aussi pour tout ce qui est agriculture). Les informations sont réunies dans le tableau suivant:

Utilisation	Par être-vivant (g/jour)	Pour la colonie (g/jour)
Respiration de la population	4120,2	618030
Oxygène pour le bétail	1750	437500
TOTAL	5870,2	1055530

Afin de produire la quantité de dioxygène nécessaire, nous avons opté pour trois moyens de productions ou recyclage, que l'on peut voir ci-dessous accompagnés de la quantité produite.

Moyen de production	Quantités (en g/jour)
Spiruline	230136,99
Recyclage de l'air des habitations	417170,25
Recyclage de l'air des zones d'élevage	415625
TOTAL	1062932,24

La spiruline permet de convertir le dioxyde de carbone (CO_2) en dioxygène (O_2) et ainsi produire de l'oxygène. Nous avons également opté pour le recyclage de l'air, notamment des habitations et des zones d'élevages, afin de ne pas avoir à produire entièrement la quantité de dioxygène nécessaire au maintien de la colonie.

Nous avons considéré que le recyclage de l'air des zones d'élevage comprenait des pertes moins importantes que le recyclage de l'air des habitations car il y a moins de passages et donc moins de pertes vers l'extérieur lorsque que l'on entre ou sort.

Finalement, en ce qui concerne les besoins vitaux, nous avons réussi à estimer les besoins de la colonie ainsi que les moyens de production que nous pourrions mettre en place une fois arrivé sur Mars. Nous devrions pouvoir subvenir à tous les besoins vitaux de notre population.

B. Énergie

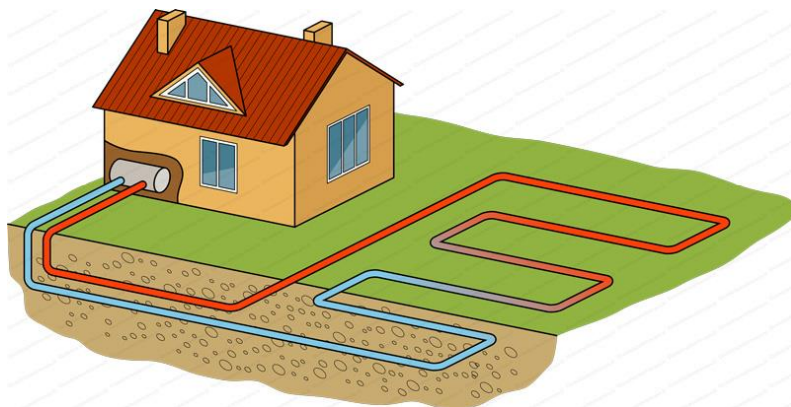
L'énergie est un des facteurs principaux du bon fonctionnement de notre colonie, à travers l'électricité que nous avons choisie, il est indispensable d'en produire. L'électricité va apporter tout ce qui est besoins en chauffage et en éclairage aux habitants. Deux points doivent être pris en compte : les besoins selon le nombre d'habitants et d'habitations, et la production qui doit être égale ou supérieure aux besoins pour assurer l'autonomie énergétique de la colonie.

En ce qui concerne les **besoins en énergie**, nous nous sommes basés sur la consommation moyenne des Français pour une habitation de 100m^2 , représentée dans le tableau suivant, puis avons pris en considération certaines données.

Besoins journaliers	Consommation (kWh)
Chauffage	28.9
Eau chaude (toilette)	5.6
Cuisine	3.2
Éclairage, électronique, électroménager	8.7
TOTAL	46.4 kWh

On peut voir qu'en moyenne, pour une habitation de 100m² en France, la consommation électrique journalière est de 46.4 kWh. Cependant certaines variables, qui diffèrent sur Mars, doivent être prises en compte et l'objectif est de consommer un minimum pour avoir à produire un minimum.

La production de chauffage sur Mars se fait grâce à un système de géothermie représenté sur le schéma suivant, simplifié à une maison. Nous n'avons donc pas besoin de créer d'électricité pour tout ce qui est chauffage.



Des tuyaux souterrains contenant de l'eau sont mis en place, l'eau est chauffée par la géothermie martienne et circule jusque dans les habitations pour apporter de l'eau chaude dans les radiateurs et ainsi chauffer ces dernières. Nous avons donc un circuit d'eau fermé, qui ne consomme donc pas excessivement d'eau et qui permet d'économiser de l'électricité car le chauffage est la plus grande source de consommation d'énergie.

Maintenant que l'on a trouvé une solution pour le chauffage, le second point est l'eau chaude pour ce qui est de la toilette. Pour une habitation de 100m², les Français consomment en moyenne 5.6 kWh par jour, comme précisé dans la partie précédente évoquant les besoins en eau on sait que l'eau est restreinte à chaque habitant. La consommation n'étant pas restreinte en France, il est logique que sur Mars, les besoins doivent être moins conséquents ; par ailleurs les habitations sur Mars sont toutes de 30m² et non pas de 100m². Si on ramène les chiffres à 30m², on obtient une consommation de 1.7 kWh par jour, la restriction ramène ce chiffre à 0.7 kWh par habitation par jour selon nos estimations. On sait que notre colonie est composée

de 75 habitations de 30m², ce qui nous donne un total de 52.5 kWh par jour pour l'ensemble de la colonie.

Le point suivant est la cuisine : pour cuisiner il est indispensable d'utiliser de l'énergie, ici de l'électricité. Pour une habitation de 100m² les Français consomment en moyenne 3.2 kWh d'électricité, si on ramène ceci à 30m² on obtient 1 kWh par jour. Selon notre estimation, comme une nouvelle fois la nourriture est restreinte contrairement à en France, on aura besoin de 0.5 kWh d'électricité par habitation par jour pour la cuisine. Ce qui fait un total de 37.5 kWh par jour pour l'ensemble de la colonie.

Le dernier point est les besoins en énergie pour tout ce qui est éclairage, électronique ou encore l'électroménager. On va prendre en compte ici uniquement les éclairages, ce qui représente les besoins en lumière. L'électronique, c'est-à-dire les télévisions, téléphones, tablettes et toutes nouvelles technologies ne seront pas utiles sur Mars et donc pas disponibles, ce qui nous permet de faire une économie non négligeable de l'électricité. L'électroménager ne sera pas présent non plus, l'objectif est de dépenser un minimum d'énergie, on va donc au plus simple niveau technologies. L'éclairage quant à lui, présent dans chacune des habitations, lorsqu'il est ramené à 30m² pour le système martien nous donne 1 kWh par jour et par habitation. Au total, sur l'ensemble de la colonie, les besoins en électricité pour l'éclairage sont de 75 kWh.

Pour résumé, l'ensemble des besoins énergétiques sont résumés dans le tableau suivant. Cela nous apporte ce qu'on va devoir produire pour le bon fonctionnement de notre système. On rappelle que l'on a 75 habitations de 30m².

Besoins journaliers	Consommation par habitation (kWh)	Consommation pour l'ensemble de la colonie (kWh)
Chauffage	Géré par la géothermie	Géré par la géothermie
Eau chaude (toilette)	0.7	52.5
Cuisine	0.5	37.5
Éclairage, électronique, électroménager	1	75
TOTAL	2.2 kWh	165 kWh

Grâce aux restrictions mise en place sur Mars et aux différents moyens de gérer notre énergie, on obtient un besoin journalier par habitation de 30m² de 2.2 kWh, un chiffre bien plus faible que la moyenne française. Pour l'ensemble de la colonie, on a donc besoin de 165 kWh par jour pour le bon fonctionnement de celle-ci. On va donc maintenant chercher à déterminer comment produire cette énergie tout en prenant en compte les différentes variables martiennes.

En ce qui concerne la **production d'énergie**, nous savons combien nous devons produire, voyons maintenant comment le faire. Il est indispensable de sélectionner différentes méthodes de production d'électricité, celles qui sont les plus faciles à mettre en places sur Mars, ainsi que celles qui produisent le plus d'énergie.

Certaines méthodes de production d'énergie ne sont pas possibles à mettre en place sur la planète rouge. Par exemple, l'éolien est impossible sur Mars à cause du faible volume atmosphérique et de gravité sur Mars qui réduit énormément la force du vent. Un vent de 300 km/h sur Terre est ressenti à 50 km/h sur Mars, ce qui réduit énormément la production d'énergie. On élimine également la plupart des énergies fossiles, le charbon n'étant pas présent dans le sol martien inutile d'envisager ce type de production.

La première énergie que l'on va utiliser est la géothermie déjà évoquée lors des paragraphes précédents : elle nous sera utile pour apporter le chauffage dans nos habitations, seule énergie qui est déjà présente sur Mars et que l'on n'apporte pas de Terre.

Les panneaux solaires seront notre deuxième source d'énergie. Sur Terre, un panneau solaire rapporte en moyenne 430 kWh d'énergie à l'année. Sur Mars la luminosité est plus faible particulièrement l'hiver, on va donc réduire de 30% la capacité de production des panneaux, ce qui donne une production de 301 kWh par panneau à l'année. Les tableaux suivants résument la production d'énergie des panneaux solaires.

Planète	Production journalière (kWh)	Production annuelle (kWh)
Terre	1.18	430
Mars	0.82	301

Nombre d'habitations sur Mars	Production journalière totale sur Mars (kWh)	Production annuelle totale sur Mars (kWh)
75	61.5	22447.5

On obtient donc une production journalière de 61.5 kWh en ce qui concerne les panneaux solaires, présents au nombre de 75, c'est-à-dire un par habitation.

Des vélos capables de produire de l'énergie seront amenés de la Terre et utilisés sur Mars. Chaque individu a son propre vélo, c'est-à-dire 2 par domicile, et un total de 150 vélos produisant en moyenne 0.11 kWh par heure de pédalage. Une obligation de 2 heures de pédalages par personne par jour sera mise en place, cela vaudra pour 130 individus ce qui donne 28.6 kWh d'électricité produite par jour. Pour les 20 autres, cyclistes professionnels, l'énergie produite sera triplée par rapport à la moyenne, ce qui représente 0.33 kWh par heure de pédalage pour un individu. Ces cyclistes auront pour obligation de pédaler 7 heures par jour, ce sera leur métier. On obtient donc 46.2 kWh d'énergie produite par jour pour ces 20 cyclistes. Le tableau suivant résume ces informations.

Type d'individu	Nombre	Production journalière (kWh)
Basique	130	28.6
Cycliste	20	46.2
TOTAL	150	74.8 kWh

On obtient donc, grâce aux vélos producteurs d'électricité, un total de 74.8 kWh d'électricité par jour.

Enfin, la dernière énergie utilisée, sûrement celle qui nous apportera beaucoup d'énergie le plus rapidement sera l'énergie nucléaire. Les SMR, « small modular reactor », sont des centrales nucléaires miniatures pouvant être déplacées facilement, ici c'est ce système que nous allons utiliser. Celle que nous allons amener depuis la Terre vers Mars est une centrale mesurant 7 mètres par 3.3 mètres et pesant 5 tonnes, elle est capable de produire 110 kWh par jour, ce qui représente notre plus grosse production d'énergie.

Pour résumer nous avons donc quatre sources de production d'énergie différentes, une première, la géothermie, qui va s'occuper du chauffage de l'eau pour chauffer les habitations et trois autres qui vont produire l'énergie dont nous avons besoin. Le tableau suivant résume les différentes productions et le total d'électricité produite :

Production d'énergie	Production journalière (kWh)
Géothermie	S'occupe du chauffage
Panneaux solaires	61.5
Vélos	74.8
Nucléaire	110
TOTAL	246.3 kWh

Les différentes productions d'énergie produisent donc au total 246.3 kWh d'électricité par jour. Cependant, il faut prendre en compte qu'entre la production et l'utilisation de l'électricité, on constate une perte moyenne de 8%, ce qui nous donne donc une production de 226.6 kWh journalier. Nous rappelons que les besoins sont de 165 kWh par jour, nous respectons donc ces derniers et assurons le bon fonctionnement de la colonie. Le surplus pourra être utilisé pour les parties communes et les urgences.

C. Stockage

En ce qui concerne le stockage des ressources, nous avons prévu de garder en réserves uniquement les ressources que nous considérons comme essentielles, c'est-à-dire :

- Eau
- Énergie
- Nourriture
- Dioxygène

Une unité de stockage sera créée pour chaque ressources, de sorte à ce que les unités de stockages soient indépendantes les unes des autres. Ainsi, si nous avons un problème au niveau d'un stock, nous pourrons éviter de nuire à l'ensemble des stocks.

V. La République en Mars¹

Pour s'implanter, la colonie doit déployer des moyens considérables, dont l'agrégation ne peut être que le fruit d'une coopération internationale.

Mais quid du droit ?

La pérennité de la colonie ne peut s'envisager qu'avec un système politique pensé en amont de la colonisation et adapté aux conditions hostiles, ce d'autant qu'il paraît impossible de régenter les activités depuis la Terre du fait du temps de voyage mais aussi de communication.

1. Le cadre existant et ses limites

La référence en termes de droit spatial est l'antique « Outer Space Treaty » du 27 janvier 1967 dont le but était en particulier de « définir les contours de l'exploration spatiale, la non-militarisation des corps célestes en particulier sur le plan des armes nucléaires et l'interdiction de s'arroger une ressource stellaire ».

De nombreux autres textes internationaux ou nationaux sont venus par la suite compléter ou s'ajouter à ce traité, sans être forcément ratifiés par toutes les nations de la Terre, ou -bien pire- pour tenter de contourner les grands principes humanistes de l'« Outer Space Treaty ».

Les deux exemples suivants méritent d'être mis en exergue afin de bien comprendre pourquoi une colonisation aiguise les plus féroces appétits :

- le « Space Act » de novembre 2015 voté par le Congrès américain qui autorise « les entreprises américaines à s'emparer des ressources extraites dans l'espace », en violation apparent du traité de 1967 ;
- les « accords d'Artémis » d'octobre 2020 sur l'exploration de notre satellite la Lune, qui n'ont été ratifiés ni par la Russie, ni par la Chine ;

La situation a donc été et est encore d'une extrême complexité, de multiples intérêts entrant en conflit au cours d'une nouvelle course spatiale qui continue de ne pas dire son nom.

Il est clair que parallèle entre la situation de la Lune par le passé et celle de Mars présentement est saisissant.

L'enchevêtrement des règles de droit, les modifications que l'Homme apportera à la planète elle-même semblent inéluctablement aboutir à des blocages et autres situations ubuesques.

¹ Notre groupe remercie chaleureusement le toujours séillant Yohan De Finance pour cette suggestion de patronyme pour le régime martien.

Les initiatives isolées et fortement médiatisées de quelques mégalomanes tels qu'Elon Musk dans le cadre de son projet « Space X » ne font qu'ajouter à la confusion et semblent peu en phase avec une gestion rationnelle et la survie à long terme.

Qui peut penser une seconde comme M. Musk que « les différends seront réglés par des principes d'autogestion, établis de bonne foi, au moment de l'installation » ?

En effet, on peut penser que des conflits vont fatalement naître et comme le fait remarquer à juste titre Elsbeth Magilton, directrice exécutive du programme de droit de l'espace à l'Université du Nebraska, dans un article du journal *The Atlantic* en 2018 : « techniquement, votre juridiction vous suit. D'où êtes-vous le citoyen ? Ce sont ces lois que vous emportez avec vous ».

Si le projet « Space X » aboutit, ce sera donc surtout le droit américain qui sera utilisé, sans doute remodelé au passage par son fantasque créateur et ses associés, ce qui ne sera pas forcément du goût des autres puissances spatiales, ni dans l'intérêt des colons.

Une organisation purement locale, indépendante et autonome, entièrement repensée et libérée des influences plus ou moins bien intentionnées est donc à privilégier absolument de façon à éviter les écueils précédemment cités. La survie de l'Humanité en dépend !

2. Notre proposition

Il découle des observations précédentes que le cadre actuel est inadapté à la survie en milieu hostile et très éloigné, et amènerait inéluctablement à des situations inextricables.

Ceci est peu compatible avec une prise de décision rapide, efficace et qui aurait l'assentiment de toute la population martienne.

Sur le plan de l'organisation à proprement parler, le gouvernement sera organisé selon les préceptes suivants :

- un pouvoir exécutif très fort, de type bicéphale ou triumvirat, avec d'égales prérogatives pour chacun des membres, étant bien entendu que concentrer les pouvoirs entre les mains d'une seule et unique personne est bien trop dangereux. La responsabilité des secteurs vitaux (eau, nourriture, énergie, base spatiale, ...) est partagée de façon égale et disjointe ;
- il consulte les différents corps de métier et experts présents sur Mars pour prendre ses décisions et de fait, chaque membre de la colonie peut être associé à la gouvernance directement ou indirectement ;

- il possède également la gestion des moyens de communication au sein de la base martienne et avec la planète Terre ;
- il est élu tous les 5 ans par vote direct de l'ensemble des citoyens de la colonie, à l'exception de ceux éventuellement privés de leurs droits civiques en raison de leur comportement antérieur.

Ce gouvernement s'appuiera sur un code juridique préalablement défini et qui ne s'appliquera qu'à la colonie.

Le pouvoir exécutif bénéficiera de pouvoirs très étendus comme nous allons le voir.

Ces pouvoirs s'appliqueront également pendant le trajet initial vers la planète rouge et tout autre trajet ultérieur.

Nous listons les points fondamentaux de la gestion d'abord :

- le pouvoir exécutif contrôle seul les centres névralgiques indispensables à la survie, en particulier l'eau, l'énergie et la nourriture ;
- il décide de l'allocation des ressources à tous les niveaux et de la gestion de la production ;
- il gère seul les stocks et leur déblocage éventuel et doit garantir leur maintien à un niveau suffisant ;
- il décide de façon unilatérale de la politique familiale, du contrôle des naissances, la politique de l'enfant unique étant la règle absolue tant que le milieu n'est pas suffisamment apprivoisé ;
- il veille à mettre en place les conditions propices à l'inévitable nécessité d'étendre la colonie, établit une cartographie martienne des ressources et prépare l'avenir via un plan de prospection des régions encore mal connues et du sous-sol ;

Il bénéficie en outre d'importants leviers en termes de police et de justice visant à maintenir l'équilibre au sein de la colonie.

Il contrôle les forces de l'ordre de façon à s'assurer du strict respect des règles qui s'appliquent dans l'intérêt de tous :

- la politique de l'enfant unique ;
- l'obligation de l'utilisation rationnée des ressources vitales et la participation au processus de recyclage ;

- l'obligation de participer aux activités physiques quotidiennes et à la production électrique cycliste ;
- l'obligation pour une personne d'assumer une fonction de conseil auprès des autorités suprêmes si celles-ci l'estiment nécessaire (réquisition) ;
- l'obligation de se soumettre à des évaluations médicales et psychologiques régulières, de façon à détecter tout problème physiologique ou comportemental qui pourrait mettre en danger la survie de l'individu ou de la totalité du groupe ;
- l'interdiction de la notion d'appropriation dans la droite lignée de l'« Outer Space Treaty », de façon à ce que les intérêts matériels et financiers ne mettent pas en danger l'avenir de la colonie ; bien entendu, les biens personnels des colons ne sont pas concernés et l'on ne confondra pas avec la notion de propriété privée ;
- l'absence de droit de grève ;
- ne pas compromettre l'intégrité de la structure de la colonie et la production des ressources vitales, ne rien faire qui puisse porter préjudice à la planète d'origine ;

Sur le plan juridique, il convient de distinguer selon le type de problème :

- pour les litiges matériels, le gouvernement peut gérer directement les conflits avec les parties concernées sans avoir à en référer ;
- en général, en cas de manquement aux règles de vie commune susnommées, le gouvernement pourra prendre toute mesure jugée pertinente pour juguler la menace et en particulier, des mesures d'isolement de courte ou moyenne durée peuvent être décidées à tout moment, sans avoir à en référer à quiconque ;
- en revanche, si le *corpus delicti* est la violence dans son acception la plus large, physique ou psychologique, et encore plus s'il s'agit de crimes, le recours à un tribunal populaire est obligatoire et 5 membres tirés au sort seront amenés à statuer ;
- dans les situations les plus critiques et insolubles, une procédure définitive d'ostracisme est également prévue sous réserve de sa compatibilité avec la vie martienne et l'évolution de la taille de la colonie. Si cela n'est pas possible, le citoyen peut être, sous réserve de faisabilité, renvoyé sur Terre par voie spatiale au prochain passage d'un vaisseau, où, déchu de tous ses droits, il réintégrera son pays d'origine et y purgera sa peine. C'est en particulier le sort réservé aux criminels condamnés sans aucune possibilité de retour ;

- une procédure d'« impeachment » peut être lancée contre le gouvernement exécutif une fois tous les 26 mois et doit être votée avec une majorité de 90% des suffrages exprimés ;
- le cas échéant, les dirigeants doivent remettre leur pouvoir et une nouvelle élection a lieu immédiatement, de façon à ce que le pouvoir ne soit pas laissé vacant ;
- toute évolution ou tout ajout réglementaire dans ce qui précède doit être dûment approuvé par un vote direct et majoritaire à 90%.

Il s'agit bien évidemment ici de grandes lignes directrices. Elles devront être adaptées aux nouvelles problématiques qui se feront jour au fil du temps et de l'évolution de la colonie.

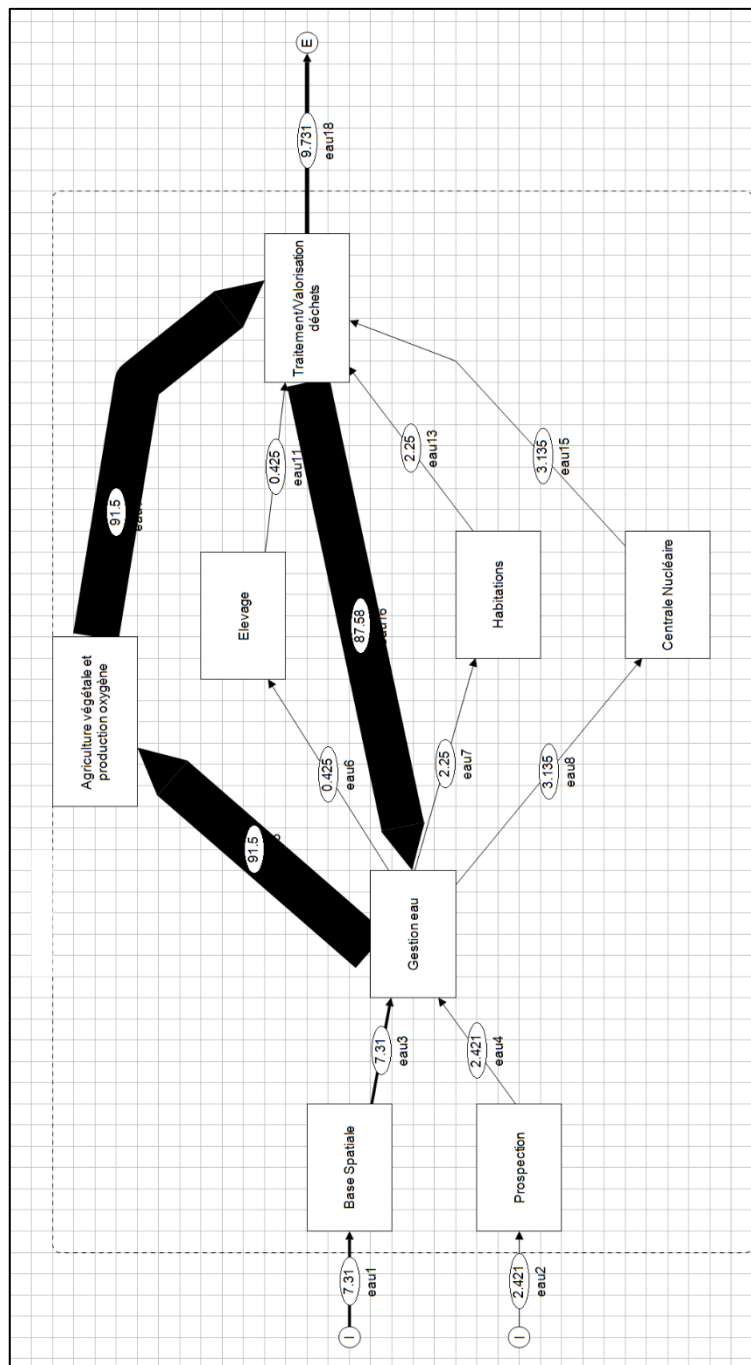
On signalera en particulier à l'adaptation de la politique de l'enfant unique : si un couple a des jumeaux, cela rejaillira inévitablement sur un autre couple à qui il sera interdit de procréer en compensation, ou bien qui se verra accorder le droit d'élever un des deux enfants du couple premièrement cité, en particulier si ce second couple est stérile.

Il conviendra également de statuer rapidement sur les extensions éventuelles de la colonie, leur localisation, le rythme de cette expansion et la création d'un système et de règles de transport entre les différentes localités nouvellement créées.

Le quotidien sera notre plus grand défi. L'aventure ne fait que commencer !

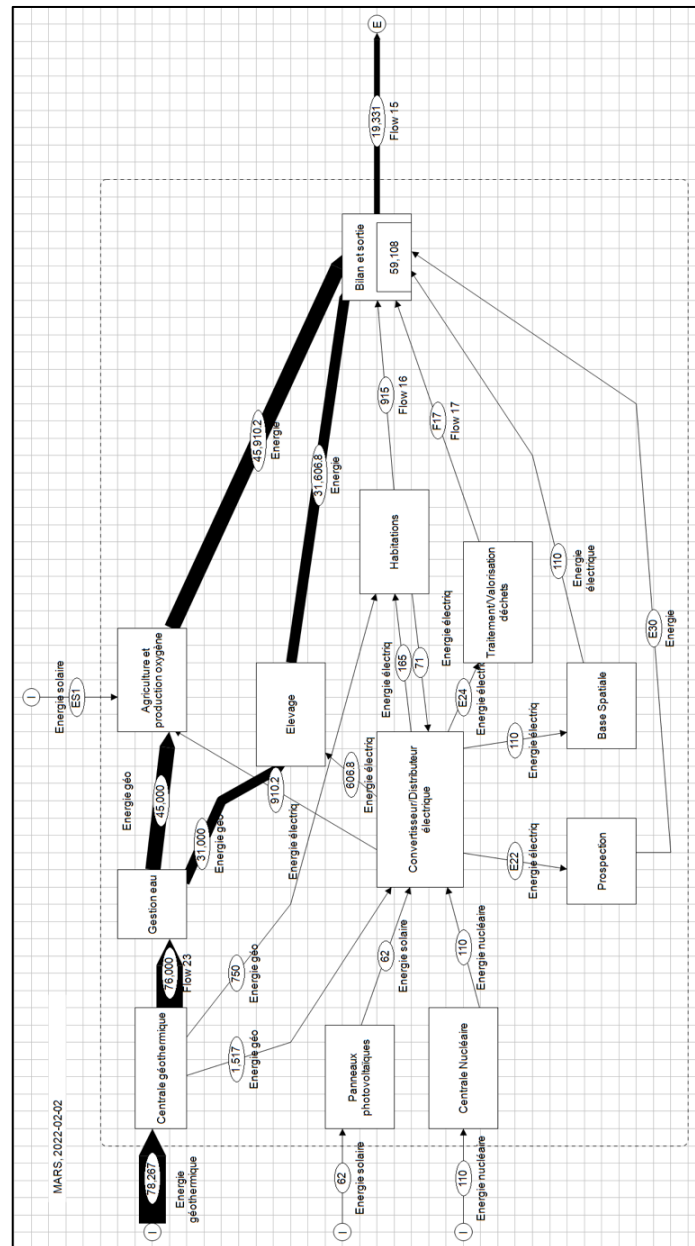
VI. Annexes

A. Représentation des flux d'eau



Commentaire : le système considéré est la colonie dont les frontières sont tracées ; les flux d'eau sont exprimés ici en mètres cubes par jour. Les pertes doivent obligatoirement être compensées par des apports extérieurs (prospection et livraison spatiale) avec comme bilan : somme des flux entrants=somme des flux sortants. L'activité agricole végétale est sans conteste l'acteur qui consomme le plus d'eau. Tous les acteurs n'interviennent pas dans la consommation effective d'eau et ne sont pas représentés ici.

B. Représentation des flux d'énergie



Commentaire : le système considéré est la colonie dont les frontières sont tracées ; la totalité des acteurs est concernée et ils sont tous représentés ; les flux d'énergie sont exprimés ici en KWh par jour. Nous présentons ici le système au début de son fonctionnement énergétique à minima, sans la partie spatiale et exploratrice, difficile à estimer et très changeante au cours du développement de la colonie. On retiendra que : Quantité entrante = Quantité sortante + Stock. On sait qu'il est pratiquement impossible de stocker l'énergie en tant que telle ou en tout cas pas longtemps. L'acteur Stock est ici pour figurer l'énergie qui reste dans le système afin d'être transformée en énergie d'une autre sorte (notamment biologique) afin d'avoir un bilan équilibré. En outre, tout ceci repose sur la présence de géothermie (ou plutôt de "marsothermie") effective avec une base de production suffisante. Nos calculs montrent que s'il est besoin, à l'instar de la production géothermique industrielle en Guadeloupe (12 GWh/an), la production peut être montée à 300 000 KWh jour et pourra subvenir aux besoins, notamment avec le circuit d'eau fermé qui améliore spectaculairement le rendement.

VII. Bibliographie

- [Station Spatiale Internationale \(Wikipédia\)](#)
- [ESA \(European Space Agency\)](#)

VOYAGE ET INSTALLATION SUR MARS

- [Nombre de personnes pour former la colonie](#)
- [Installation sur Mars](#)
- [Habitation : Hellas Planitia](#)
- [Olympus Mons](#)

CONDITIONS DE VIE

- [Mars foundation](#)
- [Informations générales sur Mars](#)
- [Composition du sol sur Mars](#)
- [Le méthane sur Mars](#)
- [Gravité artificielle](#)
- [Activités physiques dans l'espace](#)

BESOINS ET PRODUCTIONS

- [Ressources locales](#)

EAU

- [Besoin en eau en situation urgente](#)
- [Consommation d'eau moyenne par ménage](#)
- [Consommation d'eau à travers le monde](#)
- [Générateur d'eau atmosphérique](#)
- [Consommation d'eau pour la culture de spiruline](#)
- [Arrosage des pommes de terre](#)
- [Recyclage de l'eau](#)

NOURRITURE

- [Besoins énergétiques](#)
- [Besoins d'un lapin](#)
- [Besoins d'une chèvre](#)
- [Besoins d'une poule pondeuse](#)
- [Agriculture martienne](#)
- [Se nourrir sur Mars](#)
- [Bienfait du resvératrol](#)

ÉNERGIE

- [Priorité : Production d'énergie](#)
- [Nucléaire et eau](#)
- [Accès à l'eau pour le nucléaire](#)
- [Centrale nucléaire](#)
- [Panneaux solaires](#)
- [La géothermie en chiffres](#)
- [Géothermie haute température](#)
- [Centrale géothermique](#)

- [Énergie géothermique – Une ressource cachée](#)
- [Corps humain comme source d'énergie](#)
- [Pédaler pour fournir de l'électricité](#)
- [Système énergétique pour bases martiennes](#)
- [Calcul de la consommation moyenne selon la superficie](#)
- [Pertes d'électricité](#)

DIOXYGENE

- [Composition de l'air et litres respirés chaque jour](#)
- [Propriétés physiques du dioxygène](#)
- [Production à partir de spiruline](#)

STOCKAGE

- [Produits à stocker en cas de crise](#)

SYSTEME POLITIQUE

- [Outer Space Treaty](#)
- [Space Act de 2015](#)
- [Accords d'Artémis](#)
- [Faire de la politique sur Mars](#)
- [Organisation de la politique des colonies martiennes](#)
- [SpaceX veut faire sa loi sur Mars](#)
- [Qui fera la loi sur Mars ?](#)
- [Statut de la planète Mars](#)
- [Mars une utopie juridique contrastée \(Partie 1, à lire absolument\)](#)
- [Mars une utopie juridique contrastée \(Partie 2, à lire absolument\)](#)
- [Article The Atlantic](#)
- [Elsbeth Magilton](#)
- [Blue Marble Space – Institute of Science: éthique de la reproduction humaine sur Mars](#)