

LA VIE SUR MARS

URCA REIMS

MISE EN PLACE
D'UN SYSTÈME
PERMETTANT LE
DÉVELOPPEMENT
DE LA VIE
HUMAINE SUR LA
PLANÈTE ROUGE



Brunet Alexandre
Lacroix Amélie
Marion Benoit
Sejdi Benjamin

M2 SEP | 2023-2024

SOMMAIRE

Introduction.....	4
Méthode	5
1. Contraintes, besoin et solutions techniques.....	6
1.1. Mars, un environnement hostile	6
1.2. Les ressources accessibles et les besoins humains.....	6
1.3. L'importance des synergies.....	10
1.4. Modélisation des flux de ressources.....	11
2. Mise en place et gestion de la vie politique, sociale et économique	14
2.1. Postulat de base : la physiocratie	14
2.2. Une économie de troc.....	15
2.3. La vie politique de la colonie	15
2.4. Modélisation, gestion de la population et des révoltes.....	18
2.5. Résultats	21
Conclusion	26
Bibliographie.....	27
Webographie	29
Table des annexes	31
Annexe 1. Recyclage et optimisation des matières organiques	32
Annexe 2. Recyclage et optimisation de la chaleur	33
Annexe 3. Système énergétique de la colonie.....	34
Annexe 4. Système hydraulique de la colonie	35
Annexe 5. Système de nourriture de la colonie.....	36
Annexe 6. Distribution des âges dans la population initiale au sein de la colonie.....	37
Annexe 7. Evolution de la population par âge sur le court terme à partir de 2028 selon le nombre d'enfant par femme autorisé.....	38

Annexe 8. Evolution de la population par âge sur le long terme à partir de 2028 selon le nombre d'enfant par femme autorisé.....	39
Annexe 9. Groupes d'acteurs au sein de la colonie (classe productive, propriétaires et Terre)	40
Annexe 10. Groupes d'acteurs au sein de la colonie (classe stérile).....	41
Annexe 11. Système socio-économique de la première phase.....	42
Annexe 12. Système socio-économique de la seconde phase.....	43
Table des matières.....	44

INTRODUCTION

Dans un avenir proche, l'avenir de l'humanité sera quasiment, voire totalement impensable. Les défis environnementaux, la surpopulation et l'épuisement des ressources ont réduit de plusieurs années la durée de vie de la Terre. Face à cette réalité alarmante, le seul espoir réside dans un projet ambitieux : coloniser Mars. La survie de l'humanité dépend désormais de notre capacité à établir une colonie autosuffisante sur la planète rouge, capable de prospérer de manière durable tout en repoussant les limites de notre compréhension et de notre technologie.

Nous devons donc concevoir un système permettant à une colonie martienne de répondre à tous ses besoins fondamentaux. Cela inclut la production de nourriture, la fourniture de chaleur, la fourniture de soins de santé, etc. Cependant, nous serons également confrontées à des défis importants, notamment gérer la croissance démographique de la colonie, limiter et prévenir les révoltes, surmonter les conditions climatiques difficiles et imprévisibles de Mars et la nécessité de trouver des solutions innovantes pour repousser les limites de notre système. Tout ceci en adoptant un point de vue systémique.

Notre analyse s'appuiera sur l'ingéniosité humaine, la résilience et la coopération. Nous sommes confrontés à un avenir où chaque décision peut avoir un impact sur la survie de l'humanité sur cette nouvelle frontière de l'espace. Grâce à la fusion de la science, de la technologie, de l'ingénierie et de l'innovation, nous aspirons à transformer une planète inhabitable en un nouveau foyer pour l'humanité. Le succès de cette entreprise sera donc une question de survie qui sera traitée sous une forme systémique d'interaction entre individus et sous une dimension temporelle qui modifiera ces interactions.

METHODE

Notre objectif est ici de créer un système permettant de concilier à la fois le développement de la population, mais aussi la stabilité de la société. Pour cela, nous nous sommes inspirés de la décomposition de la population semblable à celle de la théorie physiocratique. Cette théorie différencie trois classes au sein d'une société. D'abord, nous avons la classe productive qui regroupe la majorité de la population. Selon Claude Jessua (1991), cette classe exploite la terre pour en tirer de la valeur. Ensuite, il y a la classe des propriétaires, ceux qui possèdent les terres et qui les font mettre en valeur par la classe productive (Claude Jessua, 1991). Enfin, il y a la dernière classe, celle de la classe stérile dans laquelle les productions n'ont aucune réelle valeur, car elles ne viennent pas de la terre (Claude Jessua, 1991).

Nous allons également intégrer une dimension temporelle. En effet, une colonie comme celle-ci ne peut survivre seule dès le début de son implantation. C'est pour cela que le soutien de la Terre est indispensable. D'ailleurs, la Terre (y compris, l'humanité qui se trouve sur Terre) a intérêt à soutenir la colonie martienne sous quoi, l'humanité ne survivra pas. Nous avons défini deux périodes distinctes pour couvrir à la fois le court/moyen terme et le long terme. La première période s'étend de 2080 à 2120, que nous nommerons la « 1^{ère} phase », tandis que la seconde période débute en 2121, que nous désignerons comme la « 2^{nde} phase ».

Quant aux ressources que nous allons utiliser, elles auront différentes sources. En effet, nous allons puiser l'eau glacée du sous-sol de la planète, récolter l'énergie solaire à l'aide de panneaux photovoltaïques, et produire localement de l'électricité grâce à l'énergie cinétique générée par un groupe d'acteurs utilisant leur force musculaire. Enfin, la nourriture sera créée grâce à l'agriculture et fera l'objet d'une économie circulaire en utilisant les déchets et les corps des personnes décédées comme engrais.

En outre, l'objectif à long terme sera d'agrandir la colonie afin d'accueillir un nombre croissant d'individus, tout en acquérant une souveraineté et une indépendance durables par rapport à la Terre. Comment allons-nous faire cela ? Tout simplement, nous pensons installer un dôme (pour la première phase) à l'intérieur duquel les colons pourront vivre (presque) normalement. Et ce dôme s'agrandira au fur et à mesure que d'autres colons viendront de la Terre, jusqu'à un certain seuil maximal, où d'autres dômes seront créés pour finalement tous les réunir (seconde phase).

1. Contraintes, besoin et solutions techniques

1.1. Mars, un environnement hostile

La planète Mars est a priori loin d'être adaptée pour héberger l'humanité. Ce constat sévère, tiré de l'état actuel de la recherche scientifique sur la planète rouge, s'appuie sur différents arguments et considérations. Tout d'abord, son atmosphère est très peu dense (170 fois inférieure à la Terre) ce qui engendre une absence d'oxygène respirable directement, une température frigorigène (-6°C) et une forte exposition aux radiations solaires. Face à cela, un être humain ne peut vivre librement et son environnement doit être en permanence contrôlé (combinaison, fermeture hermétique des bâtiments et constructions...).

D'autre part, l'eau, élément essentiel à la vie, y est rare (principalement sous-terrain et gelée) et complètement absente à l'état liquide. L'irrigation de potentielles cultures sera donc limitée, tout comme l'hydratation et l'utilisation de l'eau à des fins domestiques. Enfin, Mars est très éloignée de la Terre : 9 mois de trajet possible uniquement tous les 1 ans et demi (quand les deux planètes sont alignées). Le ravitaillement et les voyages vers la Terre seront donc limités, complexes et nécessiteront une organisation approfondie.

1.2. Les ressources accessibles et les besoins humains

Face aux multiples défis organisationnels et technologiques que nous avons vus précédemment, notre colonie martienne devra mettre en pratique et développer de nouvelles technologies. L'aide de la Terre sera initialement fondamentale, mais nous devons nous placer dans un futur relativement lointain dans lequel l'humanité aura développé plusieurs technologies pour faire face à un tel environnement. Diverses solutions techniques pour assurer les besoins fondamentaux de la colonie vont être détaillées. Ces idées sont fortement inspirées des développements scientifiques les plus récents, disponibles dans la littérature.

1.2.1. Air, eau et nourriture

Un être humain moyen a besoin de 700g d'oxygène pur par jour pour vivre. Si la mince atmosphère martienne ne contient pas d'oxygène, elle est composée à plus de 95% de dioxyde de carbone ; ce dernier pourrait être transformé en oxygène respirable comme démontre le Mars Oxygen Experiment mené par la NASA, le MIT et CalTech. D'autres études tendent à indiquer que certaines bactéries pourraient transformer le CO_2 martien en d'autres composés facilitant la transformation de ce dernier en oxygène. Il est aussi nécessaire d'avoir des mécanismes de recyclage de l'air pour minimiser le gaspillage d'une ressource aussi précieuse. Enfin, pour de

potentiels travaux en extérieur, il est nécessaire de pouvoir conditionner cet air dans des bouteilles et combinaisons adaptées.

Ensuite, pour ses besoins purement physiologiques, un individu moyen consomme environ 1,8 litre d'eau ; à cela s'ajoutent les besoins agricoles, industriels et sanitaires (douches, nettoyage...). Si aucune eau liquide n'est présente à la surface de Mars, de l'eau solide existe de manière relativement abondante, bien que souterraine et saumâtre. Des dispositifs de forage, de collecte, de désalinisation (via des bactéries principalement) et d'épuration sont en cours de développement avec des résultats prometteurs. De l'eau pourrait aussi être obtenue par réaction entre de l'oxygène de l'hydrogène ou par du recyclage (plus de 80% de l'urine peut être transformée en eau par exemple).

Enfin, un être humain a besoin de 2000 kilocalories par jour, seuil minimal, ce qui équivaut à une quinzaine de pommes de terre. Par an, cela signifierait que notre colonie devrait avoir la capacité de produire environ 1000 pommes de terre par personne. En outre, afin d'assurer un fonctionnement sain du corps, cet apport doit être diversifié (lipides, glucides, protéines, vitamines...).

Rien de comestible n'est actuellement cultivable directement sur la planète rouge : le développement de notre colonie passera nécessairement par une mise en place d'un système agricole. La formation de zones cultivables repose avant tout sur l'irrigation et l'enrichissement des sols. Une des idées des scientifiques serait d'utiliser la luzerne (qui croît sans grande difficulté sur Mars) comme engrais afin de nourrir les sols. Le recyclage des déchets organiques (excréments, azote de l'urine, compost...) pourrait être une autre solution.

Au niveau des espèces cultivables, des légumes comme la laitue ou le navet semblent être les plus propices en raison de leur faible besoin en eau et de leur apport en vitamines et minéraux. Certaines espèces animales pourraient être aussi élevées dans l'optique de la consommation humaine, mais les espèces de grande taille (ovins, bovins...) semblent inadaptées selon les différentes études ; à l'inverse, les insectes (fourmis, termites, pucerons...) auraient un réel intérêt en termes d'apport protéique.

1.2.2. Sources d'énergie

Les différents processus cités précédemment reposent sur un approvisionnement constant en électricité. De fait, l'énergie, sous ses diverses formes, est un des éléments essentiels à la construction d'une colonie humaine solide et résiliente. Cela ne semble cependant pas être le problème principal sur Mars en raison de l'exposition solaire de la planète. Pour collecter cette

énergie lumineuse, la colonie pourrait construire d'énormes champs de panneaux photovoltaïques à l'aide du silicium, présent abondamment dans le sol martien.

La mise en place de petites centrales à fission nucléaire est une autre solution proposée par la NASA (projet Kilopower) qui pourrait assurer une indépendance sur le long terme à la colonie (bien que nécessitant un approvisionnement terrestre en matières fossiles). D'autre part, cette énergie électrique devra aussi être convertie en combustibles pour les fusées et autres vaisseaux permettant de connecter la colonie à son environnement proche. Deux options seraient possibles : collecter du dioxygène et du dihydrogène à l'aide des diverses transformations chimiques sur l'air martien et l'eau solide des sous-sols, ou se tourner vers les biotechnologies en utilisant des algues et des bactéries afin de décomposer le CO₂ atmosphérique en carburant utilisable par des engins spatiaux.

1.2.3. Matériaux et construction

Dans le cadre du développement d'une colonie viable sur Mars, la construction de foyers et d'infrastructures revêt une importance capitale. Cette étape cruciale implique non seulement la sélection de matériaux adaptés et la conception de structures résistantes, mais également la prise en compte de défis uniques tels que la gestion des ressources locales et la création d'environnements habitables dans un contexte extraterrestre hostile. Pour cela, plusieurs idées ont émergé pour pouvoir construire des foyers, la NASA a travaillé sur un projet dénommé « Mars Dune Alpha » dans lequel des constructions d'habitats ont vu le jour, il s'agit d'une maison de 160 mètres qui a été imprimée en 3D. Le projet Mycomars se distingue par l'utilisation du mycélium, le blanc de champignon, comme matériau de construction. Ce matériau présente des propriétés remarquables, notamment sa résistance supérieure au béton armé, sa légèreté, sa capacité à absorber les radiations et sa production énergétique efficace sur Mars. Les structures autonomes, basées sur la croissance fongique initiée par l'humidification et le chauffage des mycéliums avec de l'eau martienne, offrent un environnement habitable et protecteur pour les futurs colons.

Le projet Genesis v.2 propose une approche alternative en utilisant les cratères naturels de Mars pour construire des habitats de colonisation dans une logique souterraine. Ces habitations ajustables s'adaptent parfaitement à chaque cratère, offrant une protection contre les tempêtes de sable et les rayons cosmiques. Les aménagements intérieurs incluent des systèmes de récolte d'eau et de production alimentaire, assurant ainsi une autonomie fonctionnelle des unités habitables. Une recherche menée par l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT) a examiné la possibilité d'utiliser des techniques de fabrication additive, telles que l'impression 3D, pour transformer le sable martien en structures habitables. Les résultats préliminaires de cette étude sont encourageants, suggérant que l'impression 3D avec du sable martien pourrait offrir une méthode efficace et

économique pour construire des habitats sur Mars. Outre sa disponibilité locale, l'utilisation du sable martien présente plusieurs avantages significatifs pour la construction sur Mars. Tout d'abord, l'utilisation de ressources a réduit la dépendance vis-à-vis des fournitures terrestres coûteuses et complexes à transporter jusqu'à Mars. De plus, l'utilisation de matériaux locaux contribue à minimiser l'empreinte écologique des missions spatiales en réduisant la quantité de matériaux importés nécessaires.

1.2.4. La santé

La télémédecine jouera un rôle essentiel dans la santé des colons sur Mars. Des études, telles que celles menées par l'Université de Californie à San Francisco (UCSF), ont montré que les technologies de communication avancées peuvent permettre une surveillance constante de la santé des astronautes, y compris leur taux d'oxygène dans le sang, leur hydratation, et d'autres paramètres vitaux. Ces systèmes permettront de surveiller à distance l'état de santé des colons, facilitant ainsi le diagnostic précoce et la prise en charge des problèmes de santé.

Les colonies martiennes nécessiteront des installations médicales avancées pour répondre aux besoins de santé des colons. Des études, comme celles menées par l'Université de l'Illinois à Chicago, ont examiné les exigences et les défis de la conception de systèmes hospitaliers dans des environnements extrêmes tels que Mars. Ces recherches soulignent l'importance de la conception d'installations médicales polyvalentes, capables de fournir des soins d'urgence ainsi que des traitements de routine dans des conditions isolées et à ressources limitées.

La santé mentale des colons sur Mars est tout aussi cruciale que leur santé physique. Des études, comme celles menées par l'Université de Californie à Irvine, ont examiné les effets de l'isolement sur la santé mentale des astronautes et ont recommandé des interventions pour promouvoir le bien-être psychologique, telles que des activités de loisirs, des interactions sociales planifiées et un soutien psychologique continu. Les défis liés à l'alimentation sur Mars sont multiples, notamment en ce qui concerne la disponibilité de certains nutriments essentiels. Des recherches, telles que celles menées par l'Agence Spatiale Européenne (ESA), ont examiné les carences nutritionnelles potentielles chez les astronautes et ont recommandé l'utilisation de compléments alimentaires pour prévenir les carences, ainsi que le développement de systèmes de culture hydroponique pour assurer une alimentation nutritive et équilibrée dans des environnements extraterrestres.

Ces divers éléments permettent de comprendre que l'organisation même d'une société martienne reposera matériellement sur d'importantes innovations techniques. Plusieurs principes

clef seront à l'œuvre dans notre système. Les modélisations dans la sous-partie suivante permettent de mieux percevoir ces enjeux et de penser les conditions d'existence dans notre colonie martienne.

1.3. L'importance des synergies

Comme nous pouvons le voir, le recyclage et la valorisation de la matière « perdue » sont des aspects centraux de notre système. En d'autres termes, il nous faut viser une conservation maximale de la matière et de l'énergie avec les pertes les plus réduites.

Le cas de Kalundborg est un exemple intéressant de réflexion autour des synergies pouvant exister dans le cas d'un écosystème industriel. En s'en inspirant, nous avons pensé à certaines idées pouvant être mises en place sur Mars afin de valoriser les pertes de notre système. Plus précisément, nous avons réfléchi autour de la valorisation de la chaleur, comme énergie à part entière, et des matières organiques.

1.3.1. Matières organiques et eau

Mars est un astre sans vie. Pour rendre cette planète vivable, notre colonie devra être capable de transformer son environnement. Dans cette perspective, la matière organique consubstantielle à la vie humaine devra être valorisée au mieux afin d'améliorer les rendements agricoles. Il en va de même pour l'utilisation de l'eau qui devra se faire le plus possible en boucle fermée entre consommation humaine et agricole.

Ainsi en détail, les humains sur Mars consomment des aliments et produisent des déchets sous forme d'excréments et d'urine. Ils transpirent aussi, produisant de la sueur et de la vapeur d'eau. Ces éléments sont essentiels dans le cycle, car ils sont à la fois une source de nutriments et une source d'eau à recycler. L'eau et les déchets sont recyclés pour soutenir la culture des plantes, qui à leur tour nourrissent la population. La luzerne joue un rôle double en tant que source de nourriture et d'amélioration de la qualité du sol.

Ces différents éléments devraient permettre à notre colonie de valoriser au mieux les déchets organiques en fertilisant les sols pour augmenter les rendements. L'eau aussi peut-être recyclée au maximum, a fortiori dans un environnement fermé comme celui de Mars (annexe 1).

1.3.2. La chaleur

Une autre perte importante de notre système est la chaleur. En effet, la fission nucléaire étant notre mode de production principal d'énergie, une importante chaîne de refroidissement de l'eau des différents circuits sera nécessaire. Si sur Terre, cette chaleur est perdue, il est important sur Mars de la valoriser, surtout à l'égard des températures frigorifiques sur la planète rouge. La chaleur

pourrait donc être récupérée à l'aide de circuits d'eau qui la transporteraient dans toute la colonie, tant aux habitations qu'aux zones agricoles. Cette logique est aussi applicable à l'industrie bien que de moindre ampleur. La chaleur ainsi récupérée et valorisée pourrait faciliter grandement le chauffage des infrastructures qui est un enjeu important sur Mars.

Ces différentes stratégies devraient nous permettre de valoriser au mieux les pertes et d'avoir une société martienne fonctionnant avec le moins d'apports extérieurs possibles (annexe 2). Pour finir cette partie sur les conditions matérielles, trois modélisations des flux ont été réalisées. En prenant en compte cette logique de « recyclage », elles permettent de mieux percevoir ces enjeux et de penser les conditions d'existence dans notre colonie martienne.

1.4. Modélisation des flux de ressources

Pour mieux penser la mise en place de notre futur système martien, il est important d'essayer de modéliser la façon dont les ressources seront utilisées au sein de notre système. Pour ce faire, nous avons décidé de faire différents diagrammes Sankey. Il s'agit d'une manière assez commune (principalement dans le domaine de l'énergie) de représenter la manière dont les différentes matières sont attribuées et consommées. Les chiffres sont le fruit d'extrapolation à partir de données objectives sur les besoins des sociétés humaines accessibles tant dans la littérature scientifique que dans la presse plus traditionnelle, et à partir des choix que nous avons fait sur notre système martien (population de 4 000 personnes...). Ces choix et calculs sont bien sûr discutables, mais permettent de poser un cadre pour appréhender la complexité de notre système.

1.4.1. Flux d'énergie

Tout d'abord, nous avons voulu nous intéresser à l'énergie centrale dans notre système où il nous faudra tout transformer (l'air, l'eau, les sols...). L'électricité sera donc produite et consommée par notre colonie. Différentes options s'offrent à nous, mais le nucléaire nous a semblé le plus adéquat : cette source d'énergie est puissante et peut être relativement compacte, ce qui est idéal pour les espaces limités et les conditions difficiles de Mars (annexe 3).

Pour entrer plus dans les détails de notre modélisation : la capacité productive de petits réacteurs modulaires comme ceux pensés par la NASA avoisinerait les 25 MWh, ce qui nous a servis de base pour nos extrapolations. Complémentée d'un léger apport solaire, l'énergie électrique produite par notre colonie sera principalement destinée aux usages industriels (surtout la production de combustible spatial) et assez peu à la consommation finale par les ménages. Les besoins pour les différents usages sont largement inspirés par les données ministérielles françaises sur l'énergie, mais aussi de données concernant la désalinisation et la production de combustibles. Ce dernier

poste est fortement consommateur, mais est fondamental dans notre colonie puisqu'il s'agit de l'unique manière de se connecter au reste du système solaire. Finalement, la déperdition en chaleur liée au nucléaire (niveau comparable à ceux dans les centrales actuelles) est importante et nous incite à chercher à la valoriser (voir partie synergies).

1.4.2. Flux d'eau

L'eau est aussi un élément central de notre système, en raison de son aspect essentiel pour l'homme, pour l'agriculture, mais aussi (dans une moindre mesure) pour l'industrie et surtout pour le nucléaire. Les flux sont ici exprimés en milliers de litres mensuels. À la suite de notre réflexion sur le recyclage et les synergies, nous pensons qu'il est possible de fonctionner en circuit quasi-fermé avec peu de forages (collecte d'eau dans le sous-sol martien) pour l'utilisation quotidienne de notre colonie. Grâce à des mécanismes bien pensés, il serait possible de recycler près de 90% de l'eau, un niveau comparable à celui de l'Israël aujourd'hui (annexe 4).

Le principal poste d'utilisation de l'eau est l'agriculture qui nécessite beaucoup d'irrigation, a fortiori dans le contexte martien. Une bonne partie de cette eau pourra être récupérée (dans le cadre de culture hors-sol par exemple), mais une partie sera perdue (bien qu'il y ait beaucoup d'incertitudes à l'égard des interrogations sur les avancées en agronomie spatiale). La consommation humaine est aussi un poste important, bien qu'elle doive être réduite au minimum (avec 120 milliers de litres sur 190 qui seraient destinées à l'hydratation). Cette forte contrainte sur l'eau pourrait être relâchée selon les résultats de la colonie sur le recyclage : cela ne pose pas de réel souci de consommer beaucoup d'eau si on est capable d'en recycler plus de 95%.

Le nucléaire est un poste aussi très important, mais il est possible de le faire fonctionner en circuit quasi fermé comme c'est le cas aujourd'hui sur les circuits primaires des centrales. Notre solution de synergie pour la dissipation de la chaleur répond à l'essentiel de la perte en eau du nucléaire. Finalement, l'industrie est un poste secondaire bien qu'il pourrait devenir très important dans le cadre de la production de combustible en récupérant l'hydrogène de l'eau (nous avons exclu ce poste à l'égard du peu d'informations disponibles sur la consommation).

1.4.3. Flux de nourriture

Pour finir, le dernier flux de matière que nous avons souhaité modéliser est la nourriture. Il s'agit en effet d'un défi fondamental pour notre colonie sachant que Mars est une planète stérile. En se basant sur les besoins humains d'environ 2 000 kcal par jour (possiblement plus sur Mars en raison du froid), nous avons estimé un stock de nourriture nécessaire pour la colonie. Ce stock ne peut être uniquement qu'en glucide d'où le recours aux insectes comme sources de protéines. Ces

derniers offrent différents avantages : leur fort rendement (peu de pertes de calories entre l'apport pour l'élevage et le produit final), le fort taux de protéine et la relative facilité d'élevage. Notre système agricole produit donc des légumes, des céréales (ou plus largement des féculents) et des végétaux. Une partie de cette production ira pour l'élevage d'insectes et le reste directement pour l'alimentation humaine. Certains végétaux devront être produits spécialement pour éviter les carences (vitamines, oligo-éléments, acides gras ou acides aminés). L'apport en lipides sera, quant à lui, assez faible.

L'objectif de notre système agricole est d'avoir la capacité de générer un surplus pour faciliter le développement de la colonie, augmenter potentiellement les rations et se prémunir de mauvaises récoltes. Cet aspect sera central pour la qualité de vie des habitants et passer d'une économie de survie à une situation plus stable et confortable.

Ces différentes modélisations soulignent toutes quelques aspects très importants. La nécessité de recycler le plus possible afin de passer d'une situation de survie à celle d'une société plus abondante. Il faut voir ces modélisations statiques dans une optique dynamique : pour l'eau par exemple, il serait possible d'augmenter les rations quotidiennes si les pertes sont minimales. Si notre société martienne a la capacité de fonctionner en autonomie en valorisant la majeure partie de ses pertes, une amélioration de la qualité de vie est imaginable. Cette promesse d'amélioration des conditions matérielles d'existence est fondamentale tant socialement et politiquement. La situation de survie initiale est difficilement tenable sur le long terme pour une population vivant dans un environnement hostile comme Mars et pour ce faire, tant la sobriété que la valorisation de tous les produits et déchets sont fondamentales. Cela illustre parfaitement le principe de récursion organisationnelle de la colonie : le système s'autorégule en réponse à l'environnement martien et à ses potentiels changements. Les actions individuelles des colons, telles que la gestion responsable des ressources, contribueront à l'auto-organisation et à l'autorégulation de l'ensemble de la colonie.

2. Mise en place et gestion de la vie politique, sociale et économique

Dans cette section, nous détaillerons nos choix stratégiques en ce qui concerne la politique, l'organisation de la vie sociale et économique au sein de la colonie. Notre objectif principal est d'optimiser le développement de la colonie en utilisant judicieusement les ressources disponibles, tout en minimisant les risques de révoltes. Tout au long de nos justifications, nous établirons un parallèle entre les deux phases et présenterons les résultats systémiques associés.

2.1. Postulat de base : la physiocratie

Premièrement, regardons comment s'organisera la colonie à partir de son implantation jusqu'à la fin. Pour rappel, lors de la 1^{ère} phase la colonie bénéficiera du soutien de la Terre (ou plus précisément, des personnes qui seront encore sur la Terre). La chose à savoir en priorité est la nature de son aide qui se décline en plusieurs éléments : eau, nourriture, progrès technique (dont la médecine), etc. La Terre se révèle donc être une vraie béquille pour la colonie pendant 40 ans. Cela signifie que la colonie dépend, en partie, de la Terre pour fonctionner, d'où le fait que nous allons intégrer la Terre dans notre analyse. Mais elle sera en dehors du système, qui lui se compose exclusivement de la colonie.

Si nous portons l'œil sur notre système. Nous avons mentionné précédemment que nous allons nous inspirer de la théorie physiocratique pour le construire. Cependant, cela peut sembler peu pertinent étant donné que sur la planète rouge, la création de cette valeur semble être improbable, du moins la conception des physiocrates. Certes, mais pour que cette vision et notre besoin soient conciles, nous allons devoir modifier légèrement cette vision, mais tout en restant cohérent, bien évidemment.

Pour la classe productive, la théorie physiocratique la caractérise majoritairement par les agriculteurs. Dans notre cas, nous les incluons en plus des autres activités qui permettront aux colons de vivre (ou survivre), c'est-à-dire ceux qui approvisionnent en eau, en nourriture et en plantes (pour la production d'air respirable), ce qui représente environ 85% des colons. Concernant la classe des propriétaires nous incluons toute la gouvernance. Autrement dit, cette classe regroupe seulement les membres du gouvernement qui possèdent toutes les terres et qui représentent 5% des colons. Nous reviendrons sur ce point à développer plus tard. Enfin, la classe stérile regroupe le reste de la population (10%) et se caractérise notamment par le monde de la technique et de la recherche (recherche et développement). Dans cette optique, nous allons classer les individus selon leurs contributions (leur classe) dans la colonie : agriculteurs, ingénieurs, gouverneurs, etc. Cette

classification, basée sur le postulat, restera inchangée lors de la 2nde phase, bien qu'à l'intérieur de ces classes, des acteurs disparaîtront et d'autres apparaîtront.

2.2. Une économie de troc

Dans la théorie physiocratique, il est question d'avances qui sont représentées sous forme de flux de produits (denrées alimentaires) et de flux de revenus (rentes foncières). Nous allons utiliser cette logique, mais en la modifiant légèrement. Étant donné le contexte, l'utilisation de la monnaie semble dérisoire. En effet, les ressources en elles-mêmes constituent la richesse de la colonie (idée principale des physiocrates). On distingue communément la valeur d'usage (valeur qu'on attribue à une chose selon l'utilité qu'elle en tire) et la valeur travail (valeur tirée du travail : plus une chose nécessite du travail, plus elle a de la valeur). Les ressources comme la nourriture et l'eau possèdent une valeur d'usage et de travail non négligeable.

C'est alors que considérer les ressources en nourriture et en eau comme « monnaie » est pertinent. Cela signifie en premier lieu que l'économie de la colonie est basée sur du troc. L'idée est que la gouvernance distribue des « tickets¹ » d'approvisionnement aux colons, ils donnent accès aux ressources et sont distribués une fois par mois, comme un salaire, en fonction des quantités produites et de la situation familiale des colons (si un enfant né ou si un membre de la famille meurt, par exemple).

L'économie de troc s'impose comme la solution optimale pour l'allocation des ressources dans les deux phases. En complément des salaires mensuels, nous prévoyons d'utiliser des tickets spécifiques pour octroyer des droits particuliers aux colons. Ces tickets, en réalité des biens de club, se révèlent être la méthode idéale pour exercer un contrôle efficace sur la population tout en atténuant le risque de révoltes, un sujet que nous explorerons plus en détail ultérieurement.

2.3. La vie politique de la colonie

2.3.1. La première phase caractérisée par une stratocratie

En ce qui concerne la gouvernance, la première phase s'axera sur une vision stratocratique. Une stratocratie est un gouvernement où l'armée et l'État sont une même entité. À savoir, les postes au sein du gouvernement sont occupés par les plus haut gradés militaires – tels que les officiers et les chefs militaires (qui sont dans le cas de la France, les maréchaux et les amiraux). En revanche,

¹ Ces tickets sont exprimés en quantité et qui donne donc accès aux ressources vitales. De ce fait, ces ressources constituent des biens de club. C'est la meilleure solution pour allouer les ressources compte tenu du contexte.

le pouvoir de l'armée au niveau politique ne peut être appliqué, et n'est pas soutenu par d'autres lois.

Comme une partie de la population est déplacée sur Mars, il est possible que celle-ci soit composée de personnes aux idéologies différentes. Cependant, la migration d'une partie des habitants de la Terre est pour toutes et tous un but commun : la survie de l'humanité à la suite de l'effondrement de la planète Terre. De ce fait, cela exige qu'au minimum tout le monde souhaite aider l'humanité à s'adapter à la vie sur la planète rouge, donc à suivre les mêmes règles et la même manière de vie, en dissociant leur manière respective d'être sur la planète bleue. Ajoutons à cela que pour pouvoir assister à ce projet de mutation sur une planète proche et potentiellement viable, la population terrienne doit suivre un entraînement d'initiation et sera donc plus ou moins familière avec la vie militaire.

Il y aura donc deux types de population dans la colonie martienne. D'un côté, nous aurons les civils qui seront divisés dans les différentes catégories de métiers (cf. la classe productive et la classe stérile). De l'autre, il y aura les militaires qui suivront une hiérarchie bien définie. En premier lieu et en bas de l'échelle, les militaires du rang, qui sont soit des soldats, soit des caporaux ou soit des caporaux-chef. Ensuite, il y a les sous-officiers qui sont soit des sergents, soit des sergents-chef, soit des adjudants, soit des adjudant-chef, ou soit des majors. En troisième lieu, les officiers. Et pour finir les chefs militaires.

Comme la partie militaire de la population ne doit pas imposer ses lois, elles seront égalitaires pour tout le monde. Parmi celles qui seront établies, il y aura l'obligation d'aller à l'école pour chaque enfant.

À la fin de leur temps de scolarité, ils auront un concours à passer pour choisir le métier qu'ils aimeraient faire, et ils auront aussi la possibilité de rejoindre les rangs de l'armée. Pour donner suite aux résultats des concours, ils seront apprentis pour apprendre les bases du métier qu'ils auront choisi. Dans une partie précédente, nous avons évoqué le salaire via des tickets pour des ressources essentielles. Une partie des militaires effectuera le rôle de banque à tickets, c'est-à-dire, certains d'entre eux distribueront les tickets à la population en guise de salaire mensuelle, et récupéreront quotidiennement auprès des marchands ceux donnés contre les ressources.

2.3.2. Une transition démocratique nécessaire pour éviter le choc gouvernemental

Comme il a été mentionné dans la partie Méthode, la première phase prendra fin en 2120, pour laisser place à une seconde phase, les années qui suivront. Le changement de phase implique un

changement dans le développement de la colonie, du fait qu'il n'y aura plus la Terre comme aide au développement. Et du fait qu'il y aura un nouveau régime politique qui s'installera : la démocratie.

Cependant, passer d'une stratocratie à une démocratie directement n'est, bien entendu, pas possible. Il faut avant cela une transition de régimes avec des conditions. Dans le cas présent, c'est ce qui s'appelle : une transition démocratique, qui est un changement au niveau politique désignant le passage d'un régime non-démocratique vers une démocratie.

D'après la politiste Alexandra Goujon (La Démocratie (2020), pages 99 à 106), dans les transitions démocratiques, il y a généralement trois périodes qui se distinguent, mais il peut y en avoir plus selon les régimes non-démocratiques les précédents. On a tout d'abord, une première période, appelée « de libéralisation », la libération des prisonniers politiques, mais aussi le début de droit d'expression à travers les médias (période libérée). Ensuite, pour la deuxième période, il y a des élections libres et justes (période élective). Finalement, pour la troisième et dernière, plus exactement celle qui mènera à la démocratie, on a la mise en place d'élections libres et justes sur une certaine régularité, mais aussi d'un système judiciaire protégeant les libertés individuelles, et le développement de la diversité en politique (période protectrice).

Dans le cas de la colonie, la première période sera modifiée. En effet, on est dans un cas de stratocratie, sans média, ni-même prisonniers politiques. Il pourrait seulement y avoir les prisonniers des potentiels cas de révoltes, mais ils ne le sont pas sur le long terme. En somme, la période libérée servirait à réduire la propagande installée au sein de la population, au profit d'une planification familiale et d'une éducation plus explicite que la propagande. En ce qui concerne la période élective et la période protectrice, elles seront gardées telles qu'elles ont été exposées plus haut.

2.3.3. La démocratie : la finalité gouvernementale

À la suite de la stratocratie lors de la première phase et de la transition démocratique, la deuxième phase sera gouvernée par une démocratie. Dans une démocratie, il y a tout d'abord trois types de pouvoirs : législatif, exécutif et judiciaire. Ils sont d'ailleurs soumis au principe de « la séparation des pouvoirs », où les trois doivent être indépendants. En plus de ce principe, il y a également la « souveraineté du peuple », et « l'état de droit », soit l'égalité démocratique. En plus de cela, un Parlement, un Gouvernement, et un Chef d'État sont au sommet de l'État. Dans le cas de la colonie martienne, l'idée de la Vème République française est reprise. Le Parlement sera donc composé d'une Assemblée et d'un Sénat.

La démocratie lors de la seconde phase reposera sur un processus qui donne aux citoyens la possibilité de faire entendre ce qu'ils ont à dire. Ils s'expriment publiquement. Leurs opinions et propositions sont alors étudiées par les pouvoirs publics, sans aucune obligation de considération. Les citoyens peuvent d'ailleurs être amenés à développer ultérieurement leur opinion sur le sujet abordé. L'exercice de la souveraineté, de son côté, se basera sur le mode de démocratie représentative. C'est-à-dire, un moyen où les citoyens sont représentés afin que des décisions publiques soient prises. Ce principe repose sur une confiance mutuelle entre les citoyens et ceux qui vont les représenter (tout le long de la durée de leur mandat). En ce qui concerne les élections, les citoyens éliront les membres du pouvoir législatif. Entre autres, les membres de l'Assemblée, ainsi que le Chef d'État. Mais en ce qui concerne le pouvoir exécutif, ça sera les représentants des citoyens qui les choisiront, sous la base de confiance mutuelle vue plus tôt.

2.4. Modélisation, gestion de la population et des révoltes

2.4.1. Modélisation de la population

L'objectif de cette modélisation est d'inférer le niveau de la population à court et à long terme pour pouvoir prendre des décisions en conséquence tout en limitant et stabilisant la croissance démographique dans un environnement pauvre en ressources. Nous devons également maximiser le dividende démographique² pour permettre un fonctionnement optimal de la colonie.

Pour modéliser au mieux notre population martienne, nous devons tout d'abord connaître le nombre de colons présents initialement. Salotti (2020) a calculé qu'un minimum de 110 colons doit être présent afin que la colonie puisse survivre. Fort heureusement, nous allons dépasser très largement ce seuil. En fait, nous avons décidé de fixer une superficie habitable dans le dôme à hauteur d'environ 19,6 km² (5 km de diamètre) à l'intérieur duquel on observerait une densité de population de 200 habitants/km² (que l'on conservera définitivement), soit une population de départ d'environ 3 928, ce qui est plus de 35.7 fois supérieur à la limite minimum fixée par Salotti. Les seuils que nous avons définis sont certes arbitraires, mais ils demeurent en accord avec l'objectif d'établissement de la colonie, à savoir assurer une superficie suffisante pour permettre l'épanouissement de toutes les activités, ainsi qu'une population assez importante pour garantir le bon fonctionnement du système, du moins en théorie.

² « Le dividende démographique représente la chance économique offerte par la situation dans laquelle un pays atteindrait son optimum dans le rapport entre la population « non-dépendante » (active) et la population « dépendante » (les plus jeunes et les plus âgés). » (Géoconfluences, 2018).

Pour notre population initiale, étant donné que toute la colonie doit être construite, nous avons choisi d'intégrer seulement des individus dynamiques et en âge de travailler, ce qui exclut les individus étant âgés de moins de 18 et de plus de 50 ans et où les principaux individus ont autour de 35 ans (annexe 6). La limite liée à notre population initiale, c'est le déséquilibre des âges qui ne s'équilibre qu'après quelques décennies (annexe 7). Ensuite, bien que nous manquions de données sur le taux de mortalité sur Mars, nous l'avons sur celui de la France en 2020 (INED, 2022), allant de 0,01% à 19,95%. Enfin, pour la fécondité, nous avons pensé à plusieurs scénarios, selon le nombre d'enfants par femme (de 0 à 4). Sur le court terme, décider que deux enfants par femme soient acceptés semble être le meilleur choix étant donné que la population se stabilise sur 100 ans (annexe 8).

2.4.2. Une croissance de la population contrôlée

Nous devons donc mettre en place des solutions pour gérer efficacement la population et à tout prix éviter une crise démographique (à la hausse ou à la baisse). Plusieurs solutions s'offrent à nous dans un contexte de stratocratie et de démocratie. Tout d'abord, nous ne fixerons pas de seuil de naissance fixe. En effet, nous avons vu précédemment que 2 enfants par femme semblaient stabiliser le nombre de colons, mais à long terme, cela conduirait à une crise démographique à la baisse (annexe 9). De plus, 3 enfants par femme engendreraient à court terme une crise démographique à la hausse (annexe 9). C'est pourquoi nous nous pencherons sur un système flexible. En effet, des bilans démographiques seront réalisés tous les ans. Deux scénarios sont possibles et chaque scénario, une solution : dans le cas où le nombre de colons baisserait en dessous de 3 000, l'administration et le gouvernement autoriseront un enfant en plus (ou deux si la situation est critique) par femme. Si au contraire, le nombre de colons dépasse 5 000, l'administration et le gouvernement n'autoriseront qu'un enfant (ou moins si la situation est critique) par femme.

Ces deux mesures peuvent être prises dans les deux phases. L'avantage de cette mesure repose sur le fait qu'une évaluation régulière est effectuée, ce qui permet de s'adapter au mieux à la situation démographique (maladie mortelle, période d'euphorie, etc.). Cette évaluation prend en compte à la fois sur la population totale dite « légale » faisant référence aux enfants procréés dans les limites légales, à la fois sur la population dite « annexe » faisant référence aux enfants engendrés en dehors des limites légales, mais aussi sur le dividende démographique qui doit être maximisé.

Une autre est celle qui présente une moindre probabilité de provoquer des révoltes. Elle consiste à convaincre les colons (comme le ferait la publicité). Plus précisément, notre première solution consiste à mettre en place des programmes poussés (comme de la propagande) pour encourager les colons au nombre d'enfants qu'ils doivent engendrer. L'objectif de ces programmes

est d'enseigner aux colons (jeunes ou moins jeunes) pourquoi il est important de faire des choix familiaux responsables, plutôt que de les forcer à le faire. Ces efforts visent à influencer les perceptions et les comportements à long terme, en utilisant des moyens tels que l'affichage public ou l'instauration de l'idéologie souhaitée (limiter la population) à l'école. La propagande, dans ce contexte, est un outil puissant pour transmettre des messages et des idées de manière persuasive, tout en promouvant des valeurs et des idéaux spécifiques. À l'avenir, cette forme de propagande s'inscrirait profondément dans la culture coloniale, avec pour objectif de modeler les mentalités en prévision de la seconde phase (ce qui en constitue une garantie), lorsque la démocratie n'autorisera plus cette propagande. Cette mesure ne peut être prise que lors de la phase 1.

La seconde solution réside dans les droits de propriété. En effet, cette solution sera prépondérante dans la première phase, car l'économie militaire serait en mesure de mener à bien cette solution. Le risque est cependant d'équilibrer l'efficacité avec le risque de révolte. C'est vrai que dans le cas d'une révolte, les forces militaires seront en mesure d'y remédier. Mais c'est encore mieux de ne pas avoir de révolte du tout. Pour ce faire, on applique la logique utilisée pour les droits d'émission de carbone pour les entreprises, c'est-à-dire à la logique du marché des quotas de Ronald Coase. Il propose que l'on attribue des droits de propriété aux entreprises, appelés "quotas", qui leur confèrent le droit de polluer jusqu'à un certain niveau prédéterminé. Et ces quotas peuvent être échangés (Coase, 1960).

Nous allons donc appliquer cette logique au contexte de la conception d'enfants. La décision a été prise d'attribuer des droits de propriété aux femmes en âge de procréer. Dans le cas où une femme préférerait ne pas procréer ou n'avoir qu'un enfant, elle aura le droit à des tickets de ressources essentielles supplémentaires. En revanche, si un enfant de plus de la limite a été engendré, un quart de leurs tickets sera retiré, et l'enfant supplémentaire sera élevé par des nourrices dans un orphelinat, suivra une scolarité normale et sera forcé d'entrer dans les rangs de l'armée ou de pédaler pour produire de l'électricité, au contraire des autres enfants qui auront ce choix.

Pour la 2nde phase, étant donné que nous serons dans un contexte politique démocratique, la propagande n'a plus lieu d'exister, contrairement aux droits de propriété. C'est pourquoi nous allons la remplacer par l'éducation, la sensibilisation et la planification familiale. L'avantage, c'est que les colons feront des choix en pleine conscience, ce qui réduit encore plus le risque de révolte. Ainsi, les nouvelles mesures sont en deux temps. D'abord, la mise en place de programmes éducatifs pour sensibiliser les jeunes aux défis liés à la croissance démographique dans un environnement limité, tels que la disponibilité des ressources, la durabilité environnementale et les conditions de vie (instauration cachée d'une peur chez les élèves en formation). Ensuite, la facilitation de l'accès aux

services de planification familiale, y compris la contraception, pour permettre aux colons de prendre des décisions éclairées sur le nombre d'enfants qu'ils souhaitent avoir.

2.4.3. Minimiser les risques de révoltes et moyens pour y remédier

Pour limiter les révoltes, il ne faut pas qu'il existe une raison pour y arriver. En somme, si quelque chose peut amener à ce point, il faut réétudier son fonctionnement pour éviter les révoltes. Néanmoins, les risques sont toujours mineurs. De ce fait, dans l'objectif d'une gestion militaire, il faut qu'il y ait des consignes plus ou moins strictes en cas de révoltes, aussi minime puisse-t-elle être. À noter que la population ne sera pas assez énorme pour que les forces militaires ne puissent pas contrer ce détail. D'autre part, les personnes parties sur Mars sont en quelque sorte les visionnaires qui veulent sauver la Terre, les militaires devraient jouer sur ce point pour rappeler qu'ils sont avant tout là pour la survie de l'humanité et non pour que tout soit parfait, car la perfection n'existe pas.

Avoir un encadrement militaire ne peut pas à 100 % empêcher les révoltes. En effet, avec le temps, il est plausible que des révoltes se soulèvent pour des raisons x ou y. Avec l'élaboration du système, nous avons plus ou moins regardé toutes les conditions qui pourraient mener à des révoltes, mais ne sait-on jamais ce qu'il pourrait arriver.

Pour ce faire, la partie militaire de la population, qui devra contrer les révoltes, aura la possibilité, et même l'obligation d'appliquer le dilemme du prisonnier. Pour qu'il y ait une révolte, il faut avant tout au moins deux personnes : en général le leader et la première personne qui a suivi l'idée. Les militaires auront pour ordre de passer à l'offensive. Leur méthode de faire se basera sur les menaces concernant les familles de chacun. En échange de rien faire subir aux familles respectives, l'armée tentera d'obtenir des informations sur les deux personnes les plus haut placées de la révolte. Puis les coupables seront enfermés et subiront le dilemme du prisonnier. De cette manière, il n'y aura aucun moyen de communication entre les deux, et le résultat se basera sur la confiance envers l'autre. Tout restera de leur choix respectif, qu'importe ce qui arrivera. Du côté des suiveurs, la tête de la révolte ayant été coupée, il n'y aurait plus d'intérêt à ce que cela continue, et si c'était de nouveau le cas, la confrontation tournerait en boucle. Et à part mener à une perte d'énergie, d'efficacité concernant le maintien en vie de la colonie, ..., l'abandon finira par arriver.

2.5. Résultats

Dans cette dernière partie, nous allons passer en revue les résultats obtenus à la suite de l'application des groupes d'acteurs de la colonie ainsi que les liens qu'ils entretiennent entre eux. Ainsi, grâce à ces interactions, nous allons comprendre comment le système fonctionne dans son

ensemble (principe hologrammatique). Nous mènerons cette analyse pour les deux phases étant donné que la structure du système a été modifiée lors de la transition entre les deux phases.

2.5.1. Une dépendance raisonnable pour implantation réussie

Tout d'abord, bien que notre analyse ait été basée sur la pensée physiocratique en divisant la société en 3 groupes, illustrant leur rôle au sein de la société, les interactions des uns avec les autres font que cette segmentation n'a plus vraiment de sens. En effet, trois clusters d'acteurs sont formés, indépendamment de leur rôle (annexe 11). Le premier cluster que l'on nommera la « Cohorte hydrique » rassemble tous les acteurs (ou du moins la majorité) qui sont concernés par les ressources en eau. Le second cluster, celui de « l'Unité de contrôle et de gestion spatiale » qui, comme son nom l'indique, rassemble les acteurs qui gèrent l'organisation de la colonie et de l'espace (géographique et voyages spatiaux). Enfin, le dernier cluster, « l'Ensemble primaire » regroupe tous les autres acteurs et, se caractérise par la production et la gestion des ressources alimentaires et énergétiques.

Ces trois clusters sont bien différents. En effet, la cohorte hydrique est le cluster qui regroupe les acteurs les plus proches les uns des autres et qui entretiennent les relations les plus fortes. Cela s'explique notamment par le fait qu'obtenir de l'eau sur Mars est une tâche extrêmement compliquée étant donné les conditions, d'où la nécessité d'une collaboration très poussée entre tous ces acteurs.

L'Unité de contrôle et de gestion spatiale est un cluster qui se caractérise par la faible proximité des acteurs. Dans ce cluster, nous trouvons de manière isolée les militaires, officiers, chefs militaires, etc. qui s'efforcent de faire respecter les lois de la colonie. Ce n'est pas étonnant que ces acteurs soient mis à l'écart, car il ne participe à rien qui fasse fonctionner la colonie, contrairement aux administrateurs et aux autres acteurs. En outre, nous trouvons la Terre qui semble assez proche du centre. Étant donné qu'elle n'est pas au centre de la société, signifie bien qu'elle joue un rôle important, mais pas au point que la société ne dépende que d'elle, ce qui lui serait fatal étant donné que la Terre intervient rarement en réalité. De plus, nous pouvons nous demander pourquoi elle n'entretient pas les liens/flux les plus importants. En fait, les acteurs de la colonie sont, malgré le soutien de la Terre, très dépendants des autres.

L'Ensemble primaire est sans doute le cluster le plus important. Il existe plusieurs raisons qui l'expliquent. D'abord, il regroupe environ 60% des acteurs de la colonie, ensuite, c'est le cluster qui comprend le plus grand nombre d'acteurs importants de la colonie : les instituteurs, les médecins/infirmiers, les producteurs d'énergie et surtout, les gestionnaires de produits alimentaires.

Et puis ce cluster regroupe aussi tous les acteurs concernés par la production d'énergie, de nourriture et de recyclage. Cependant, la situation du groupe des nourrices de ce cluster est spéciale, car il semble isolé de tous les autres membres du cluster. En fait, ce n'est pas très étonnant, car les nourrices n'interviennent que lorsque le nombre d'enfants dépasse le seuil fixé individuellement et n'a pas de lien très étroit avec les autres acteurs. Cela illustre déjà le principe dialogique de notre système : des acteurs semblent opposés étant donné leur domaine d'expertise différent, mais ils doivent travailler ensemble pour faire survivre la colonie.

Globalement, la phase 1 se caractérise par une modularité de 18,4%, suggérant une certaine division en communautés au sein de la colonie. Cependant, cette division n'est pas très forte, ce qui se traduit par une distance significative entre de nombreux membres d'un même groupe. Autrement dit, les communautés ne sont pas très distinctes les unes des autres. Malgré cette division relativement faible, la colonie présente une connectivité locale élevée avec un coefficient moyen de clustering de 58,3%. Les membres de la colonie ont ainsi tendance à former des groupes ou des clusters locaux relativement denses, démontrant une cohésion et une connectivité sociales significatives au niveau local. Nous pouvons également remarquer que les différents clusters qui se sont formés sont complètement différents des classes de la physiocratie. Cela signifie que la colonie est caractérisée par une cohésion sociale forte.

2.5.2. Un système indépendant et centralisé

Poursuivons avec la colonie de la phase 2, qui se caractérise, pour rappel, d'une gouvernance démocratique et de l'absence de la Terre pour soutenir la vie sur la planète Rouge. La première chose à dire, c'est qu'il n'y a aucun acteur hors du système, cela montre véritablement l'indépendance de la colonie et suggère l'existence de nombreux enjeux, au péril de la vie des colons (annexe 12). Notre objectif est donc de comparer le fonctionnement et les interactions des acteurs de la colonie de la phase 1 avec ceux de la phase 2. Et pour faciliter cette comparaison, nous les avons modélisés avec exactement les mêmes critères (modularité, couleurs, etc.). Nous pouvons donc affirmer qu'il existe de nombreuses différences, mais aussi des points communs.

Premièrement, nous conservons au sein de la colonie 3 groupes distincts : le premier groupe est la Cohorte hydrique, qui n'a pas été modifiée depuis la phase 1, même la proximité entre les acteurs de ce cluster. Ensuite, l'Unité de contrôle et de gestion spatiale, contrairement au groupe précédent s'est restreint : les ingénieurs énergétiques ont quitté l'Unité et quatre autres groupes d'acteurs (les « ex-gouverneurs ») ont cessé d'exister et c'est le Parlement qui occupe leur place. Comparés à la phase 1, les acteurs ont conservé leur proximité entre eux, sauf les biotechniciens qui se sont rapprochés. Le Parlement, en tant qu'acteur central et spécial, est intégré à l'Unité, mais

sa proximité réduite avec les autres membres suggère une transition entre les clusters. Cette situation découle de la faible proximité entre les acteurs centraux et ceux de l'Unité de contrôle et de gestion spatiale, entraînant une forte proximité entre ces deux clusters. Enfin, l'ensemble primaire est, certes le groupe le plus grand de la colonie, mais comprend également les acteurs qui ont le moins de proximité entre eux, en comparaison des deux autres groupes.

Plus globalement, la phase 2 se caractérise notamment par la centralité de neuf groupes d'acteurs : les propriétaires, mais aussi les producteurs d'énergie, les gestionnaires de produits alimentaires, les instituteurs et les médecins et infirmiers. Autrement dit, la société à partir de 2121 fonctionne autour de ces acteurs-là. La différence avec l'ancienne société, c'est que la colonie ne dépend plus de la Terre, mais dépend maintenant de son Gouvernement (entre autres), ce qui n'était pas le cas avant. De plus, cette société est caractérisée par une structure modulaire faible (à hauteur de 6,5%), ce qui signifie qu'elle n'est pas fortement segmentée en communautés distinctes, d'où le fait que beaucoup d'acteurs sont relativement éloignés entre eux, même s'ils font partie du même groupe (cf. ensemble primaire) : il existe une hétérogénéité au sein des clusters. Néanmoins, on observe des regroupements d'acteurs qui interagissent plus fréquemment entre eux qu'avec d'autres membres du réseau (cf. cohorte hydrique). Les interactions sociales ou professionnelles peuvent former des sous-groupes, mais ces sous-groupes ne sont pas nécessairement aussi distincts ou séparés que dans un réseau fortement modulaire. Pour finir, il existe une connectivité locale relativement élevée au sein de la communauté. En effet, nous observons un coefficient de clustering moyen de 58,3%. Cela pourrait indiquer que les membres de la colonie ont tendance à former des groupes ou des clusters locaux relativement denses, montrant une cohésion et une connectivité sociales significatives au niveau local.

Deuxièmement, nous observons une certaine centralisation des flux, ou plus particulièrement, les flux les plus importants se tournent vers le Gouvernement. Mais cela est à relativiser, car même si les plus gros flux se dirigent vers le Gouvernement, les gestionnaires de produits alimentaires représentent le groupe d'acteurs qui capte le plus grand nombre de flux, d'où le fait qu'il soit un des groupes d'acteurs majeurs de la colonie. De plus, étant donné que la colonie est désormais indépendante, tous les acteurs entretiennent des liens directs et indirects généralement plus homogènes. Autrement dit, tous les acteurs sont contraints d'échanger avec les autres à la même intensité. De plus, la cohorte hydrique était le groupe qui entretenait les liens les plus forts dans la phase 1, or ce n'est plus le cas, même si leurs liens restent tout de même solides. Cela peut s'expliquer par le fait que le cycle d'extraction et de purification de l'eau ne nécessite plus autant de considération dans la phase 2, contrairement à la phase 1 où tout devant se mettre en place pour

que le cycle fonctionne correctement. Enfin, nous arrivons à la même conclusion que lors de la phase 1 selon laquelle les classes physiocrates ne sont plus représentées dans notre système, ce qui traduit une cohésion sociale forte, ce qui est plus que nécessaire étant donné que chacun des acteurs dépendent des autres.

CONCLUSION

L'organisation de la vie au sein d'une colonie martienne est une tâche périlleuse qui nécessite la prise en compte de nombreux domaines tels que les sciences, la technique, la politique et la socio-économie. En cela, nous avons développé plusieurs systèmes pour répondre aux besoins des colons (eau, nourriture, énergie), nous avons également développé une approche d'économie circulaire, notamment grâce aux différentes synergies et, au recyclage de la chaleur et des déchets permettant ainsi de réduire au maximum les pertes.

Au niveau socio-économique, les deux phases ont permis de caractériser deux types de vie martienne différents : l'un basé sur la dépendance de la Terre en termes de ressources et une régulation autoritaire, et l'autre basé sur l'indépendance totale et une démocratie. Nous avons posé une première hypothèse en accord avec les idées physiocratiques : diviser la population en trois classes selon le rôle de chaque acteur au sein de la colonie. Néanmoins, d'autres classes (ou « clusters ») se sont formées dans une logique totalement différente que celle posée au préalable. Pour finir, nous avons déterminé quels acteurs étaient centraux pour la survie de la colonie.

BIBLIOGRAPHIE

- Banegas, Richard. « Les transitions démocratiques : mobilisations collectives et fluidité politique ». *Cultures & Conflits*, n° 12 (15 décembre 1993). <https://doi.org/10.4000/conflits.443>.
- Blondel, Vincent D., Jean-Loup Guillaume, Renaud Lambiotte, et Etienne Lefebvre. « Fast Unfolding of Communities in Large Networks ». *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment* 2008, n° 10 (octobre 2008): P10008. <https://doi.org/10.1088/1742-5468/2008/10/P10008>.
- Castoriadis, Cornelius. « Vers la stratocratie »: *Le Débat* n° 12, n° 5 (1 mai 1981): 5-17. <https://doi.org/10.3917/deba.012.0005>.
- Coase, R. H. « The Problem of Social Cost ». *The Journal of Law and Economics* 3 (octobre 1960): 1-44. <https://doi.org/10.1086/466560>.
- Du Gay, Paul, et Alan Scott. « Transformation de l'État ou changement de régime ? De quelques confusions en théorie et sociologie de l'État ». *Revue française de sociologie* 52, n° 3 (2011): 537-57. <https://doi.org/10.3917/rfs.523.0537>.
- Gibson, Marc A., Steven R. Oleson, David I. Poston, et Patrick McClure. « NASA's Kilopower reactor development and the path to higher power missions ». In *2017 IEEE Aerospace Conference*, 1-14, 2017. <https://doi.org/10.1109/AERO.2017.7943946>.
- Hecht, M., J. Hoffman, D. Rapp, J. McClean, J. SooHoo, R. Schaefer, A. Aboobaker, et al. « Mars Oxygen ISRU Experiment (MOXIE) ». *Space Science Reviews* 217, n° 1 (6 janvier 2021): 9. <https://doi.org/10.1007/s11214-020-00782-8>.
- Herman, Michael. « Assessment on Food and Water Collection on Mars vs. Human Survival ». *Missouri S&T's Peer to Peer* 1, n° 2 (30 août 2017). <https://scholarsmine.mst.edu/peer2peer/vol1/iss2/9>.
- Jessua, Claude. « 2. Les Physiocrates ». In *Histoire de la théorie économique*, 61-116. Economie. Paris cedex 14: Presses Universitaires de France, 1991. <https://www.cairn.info/histoire-de-la-theorie-economique--9782130437734-p-61.htm>.
- Kruyer, Nicholas S., Matthew J. Realff, Wenting Sun, Caroline L. Genzale, et Pamela Peralta-Yahya. « Designing the Bioproduction of Martian Rocket Propellant via a Biotechnology-Enabled in Situ Resource Utilization Strategy ». *Nature Communications* 12, n° 1 (25 octobre 2021): 6166. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26393-7>.
- Navarre, Maud. « La transition démocratique ». In *La Démocratie*, 99-106. Petite bibliothèque. Auxerre: Éditions Sciences Humaines, 2020. <https://doi.org/10.3917/sh.holei.2020.01.0099>.

Salotti, Jean-Marc. « Minimum Number of Settlers for Survival on Another Planet ». *Scientific Reports* 10, n° 1 (16 juin 2020): 9700. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66740-0>.

« Stratocratie ». In *Wikipédia*, 14 octobre 2022. <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Stratocratie&oldid=197786109>.

Wiens, J., F. Bommarito, E. Blumenstein, M. Ellsworth, T. Cisar, B. McKinney, et B. Knecht. *Water Extraction from Martian Soil*, 2001. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2001heds.conf...11W>.

WEBOGRAPHIE

- BBC News Afrique*. « Quelle est la protéine qui produit le moins d’empreinte carbone ? » Consulté le 22 janvier 2024. <https://www.bbc.com/afrique/region-63990822>.
- Démocurieux. « Types de démocraties », 18 décembre 2021. <https://democurieux.fr/types-de-democraties/>.
- durable, Commissariat général au développement. « Bilan énergétique de la France ». Chiffres clés de l’énergie - Édition 2021. Consulté le 22 janvier 2024. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-energie-2021/6-bilan-energetique-de-la-france.php>.
- « Eau et agriculture | INRAE ». Consulté le 24 février 2024. <https://www.inrae.fr/dossiers/gestion-ressource-eau/eau-agriculture>.
- Franceinfo. « INFOGRAPHIES. Huit milliards d’habitants sur Terre, et après? Huit graphiques pour comprendre les projections démographiques de l’ONU », 16 novembre 2022. https://www.francetvinfo.fr/monde/infographies-huit-milliards-d-habitants-sur-terre-et-apres-huit-graphiques-pour-comprendre-les-projections-demographiques-de-l-onu_5476527.html.
- Géoconfluences. « Dividende démographique ». Terme. École normale supérieure de Lyon, janvier 2022. ISSN : 2492-7775. <https://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/dividende-demographique>.
- Ined - Institut national d’études démographiques. « Taux de mortalité par sexe et âge - Mortalité, cause de décès - France - Les chiffres ». Consulté le 13 janvier 2024. <https://www.ined.fr/fr/tout-savoir-population/chiffres/france/mortalite-cause-deces/taux-mortalite-sexe-age/>.
- INRAE Institutionnel. « Europe et international ». Consulté le 22 janvier 2024. <https://www.inrae.fr/europe-international>.
- « La démocratie | Conseil constitutionnel ». Consulté le 23 janvier 2024. <https://www.conseil-constitutionnel.fr/la-constitution/la-democratie>.
- Les Echos. « Comment la France est devenue pionnière dans l’élevage d’insectes », 17 janvier 2020. <https://www.lesechos.fr/industrie-services/conso-distribution/comment-la-france-est-devenue-pionniere-dans-lelevage-dinsectes-1163807>.
- Les Echos*. « Pénurie d’eau : le recyclage progresse au compte-gouttes ». 16 juin 2022, sect. PME Régions. <https://www.lesechos.fr/pme-regions/actualite-pme/penurie-deau-le-recyclage-progresse-au-compte-gouttes-1413765>.

NDIONGUE, Mouhamet. « Hassane Saoudi : « La recette de la stratocratie algérienne a inhibé la résilience du système tunisien » ». Maroc Diplomatique, 3 octobre 2022. <https://maroc-diplomatique.net/hassane-saoudi-la-recette-de-la-stratocratie/>.

notre-environnement. « Prélèvement ou consommée : comment compter (sur) l'eau ? » notre-environnement, 18 janvier 2024. <http://www.notre-environnement.gouv.fr/actualites/breves/article/prelevee-ou-consommee-comment-compter-sur-l-eau>.

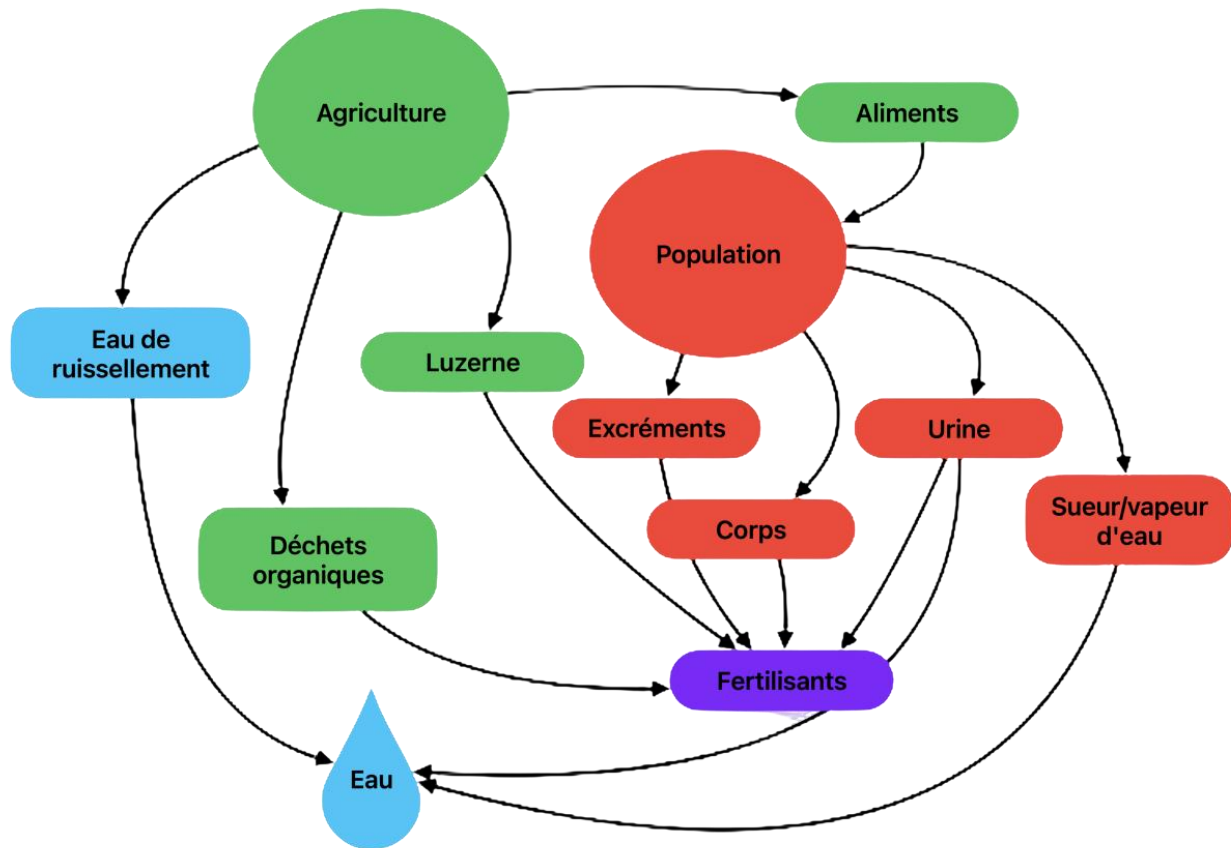
« Qu'est-ce que la démocratie ? - Par ici la démocratie ». Consulté le 23 janvier 2024. <https://www.paricilademocratie.com/approfondir/pouvoirs-et-democratie/1433-qu-est-ce-que-la-democratie->.

Youmatter. « La démocratie, c'est quoi ? Définition, histoire, principes et enjeux ». Consulté le 23 janvier 2024. <https://youmatter.world/fr/definition/democratie-definition-histoire-principes-enjeux/>.

TABLE DES ANNEXES

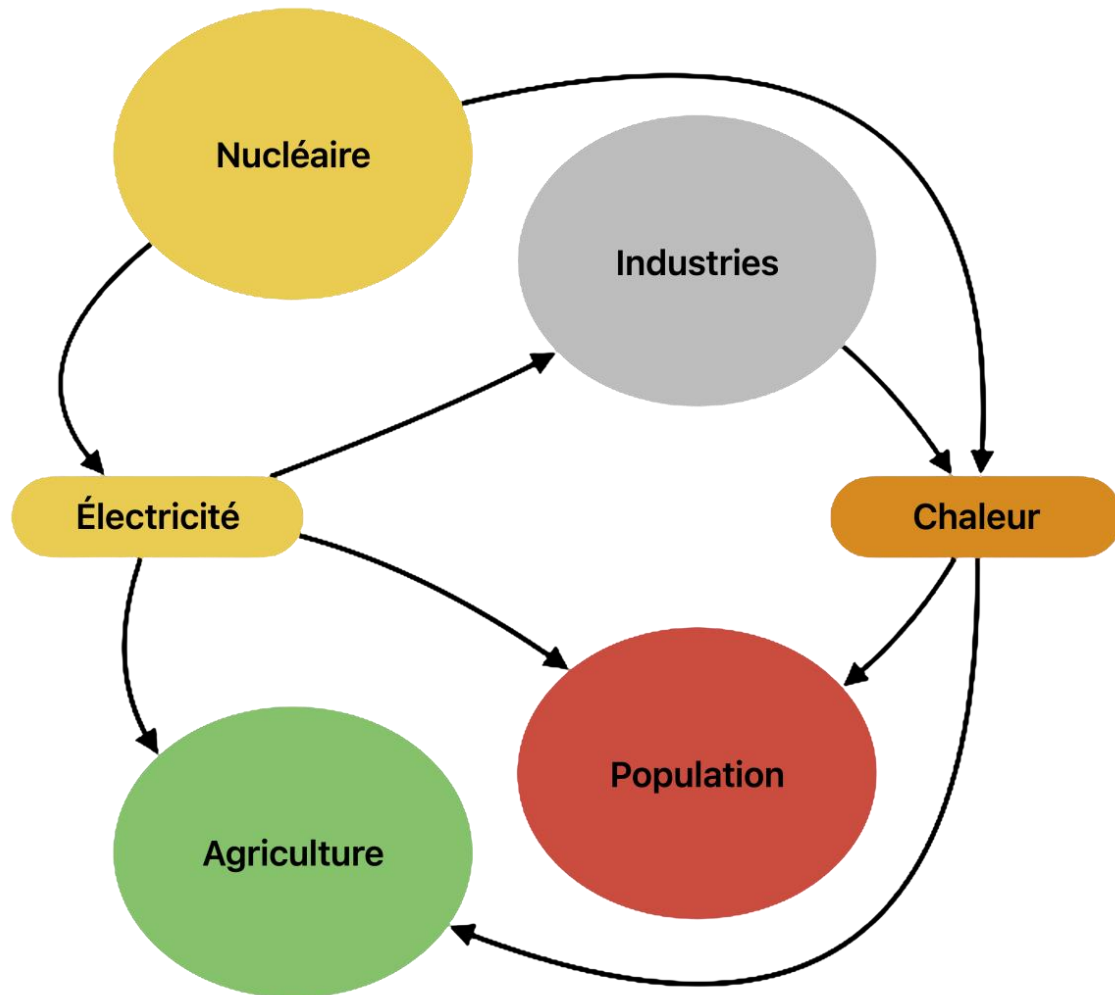
Annexe 1. Recyclage et optimisation des matières organiques.....	32
Annexe 2. Recyclage et optimisation de la chaleur.....	33
Annexe 3. Système énergétique de la colonie	34
Annexe 4. Système hydraulique de la colonie.....	35
Annexe 5. Système de nourriture de la colonie	36
Annexe 6. Distribution des âges dans la population initiale au sein de la colonie	37
Annexe 7. Evolution de la population par âge sur le court terme à partir de 2028 selon le nombre d'enfant par femme autorisé	38
Annexe 8. Evolution de la population par âge sur le long terme à partir de 2028 selon le nombre d'enfant par femme autorisé	39
Annexe 9. Groupes d'acteurs au sein de la colonie (classe productive, propriétaires et Terre)	40
Annexe 10. Groupes d'acteurs au sein de la colonie (classe stérile).....	41
Annexe 11. Système socio-économique de la première phase.....	42
Annexe 12. Système socio-économique de la seconde phase	43

Annexe 1. Recyclage et optimisation des matières organiques



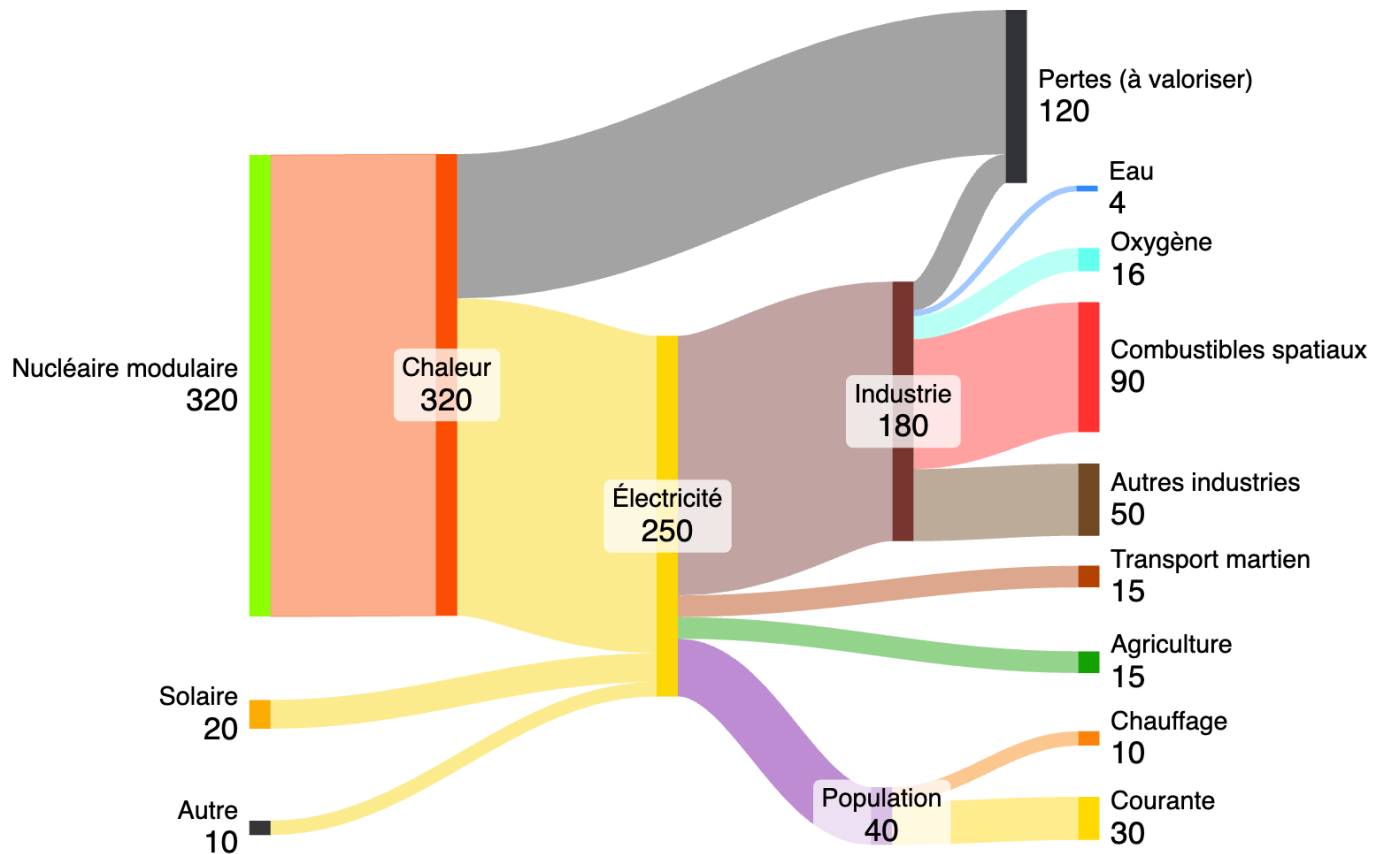
Nous pouvons voir le cycle de vie des ressources dans un système de survie sur Mars, en mettant l'accent sur l'agriculture, le recyclage de l'eau et la réutilisation des déchets organiques. Les humains sur Mars consomment des aliments et produisent des déchets sous forme d'excréments et d'urine. Ils transpirent aussi, produisant de la sueur et de la vapeur d'eau. Ces éléments sont essentiels dans le cycle, car ils sont à la fois une source de nutriments et une source d'eau à recycler. L'eau et les déchets sont recyclés pour soutenir la culture des plantes, qui à leur tour nourrissent la population. La luzerne joue un rôle double en tant que source de nourriture et d'amélioration de la qualité du sol.

Annexe 2. Recyclage et optimisation de la chaleur



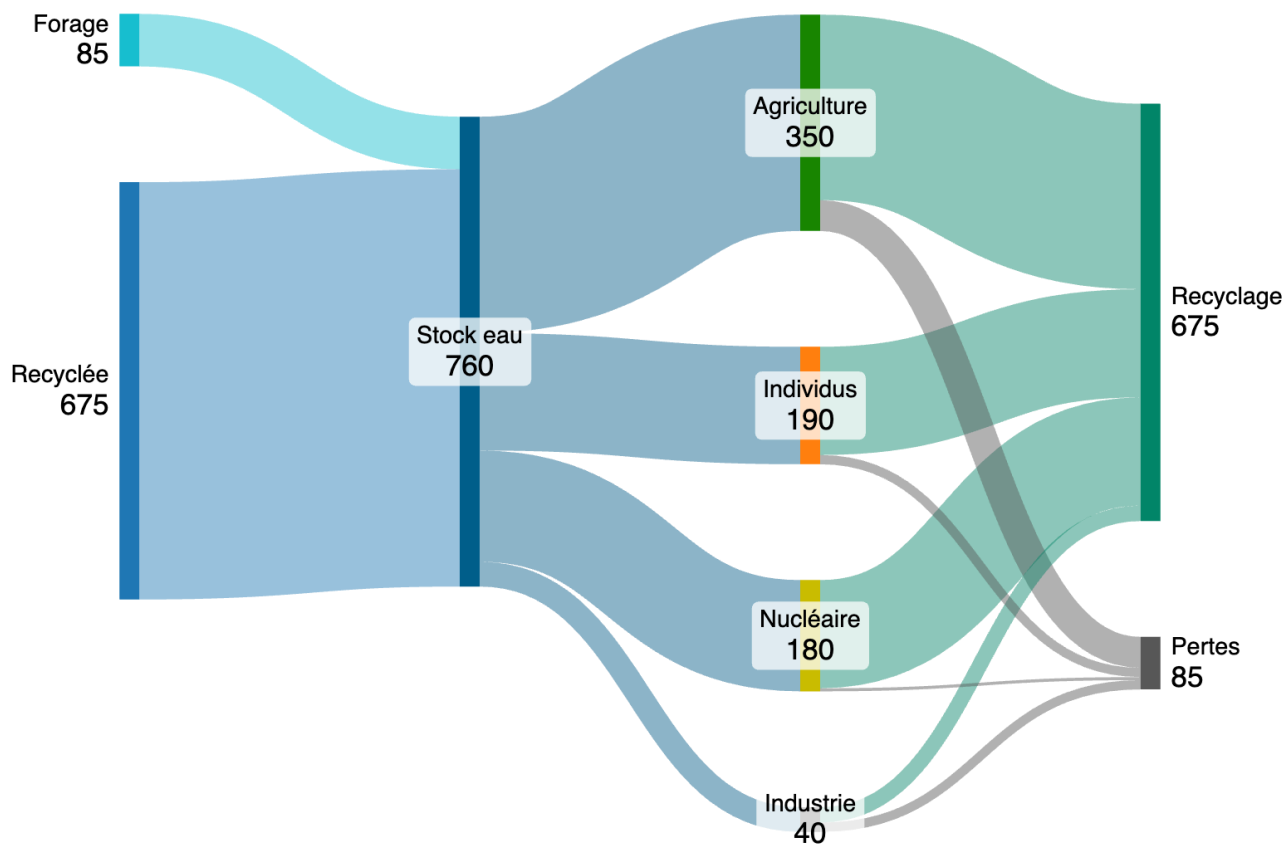
Ce schéma décrit un système de gestion énergétique pour une colonie sur Mars, en intégrant la production d'énergie nucléaire, l'industrie, l'agriculture et les besoins de la population. La colonie martienne pourrait s'appuyer sur l'énergie nucléaire pour générer de l'électricité. Cette source d'énergie est puissante et peut être relativement compacte, ce qui est idéal pour les espaces limités et les conditions difficiles de Mars. L'énergie produite par la centrale nucléaire est convertie en électricité. L'agriculture sur Mars utilise l'électricité pour l'éclairage des plantes et le contrôle du climat dans les serres. La chaleur récupérée peut également être utilisée pour maintenir des températures optimales pour la croissance des plantes. Habituellement, la chaleur générée par les réactions nucléaires est considérée comme une perte. Toutefois, dans l'environnement froid de Mars, cette chaleur est précieuse. Elle peut être récupérée à l'aide de circuits d'eau qui transportent la chaleur dans toute la colonie.

Annexe 3. Système énergétique de la colonie



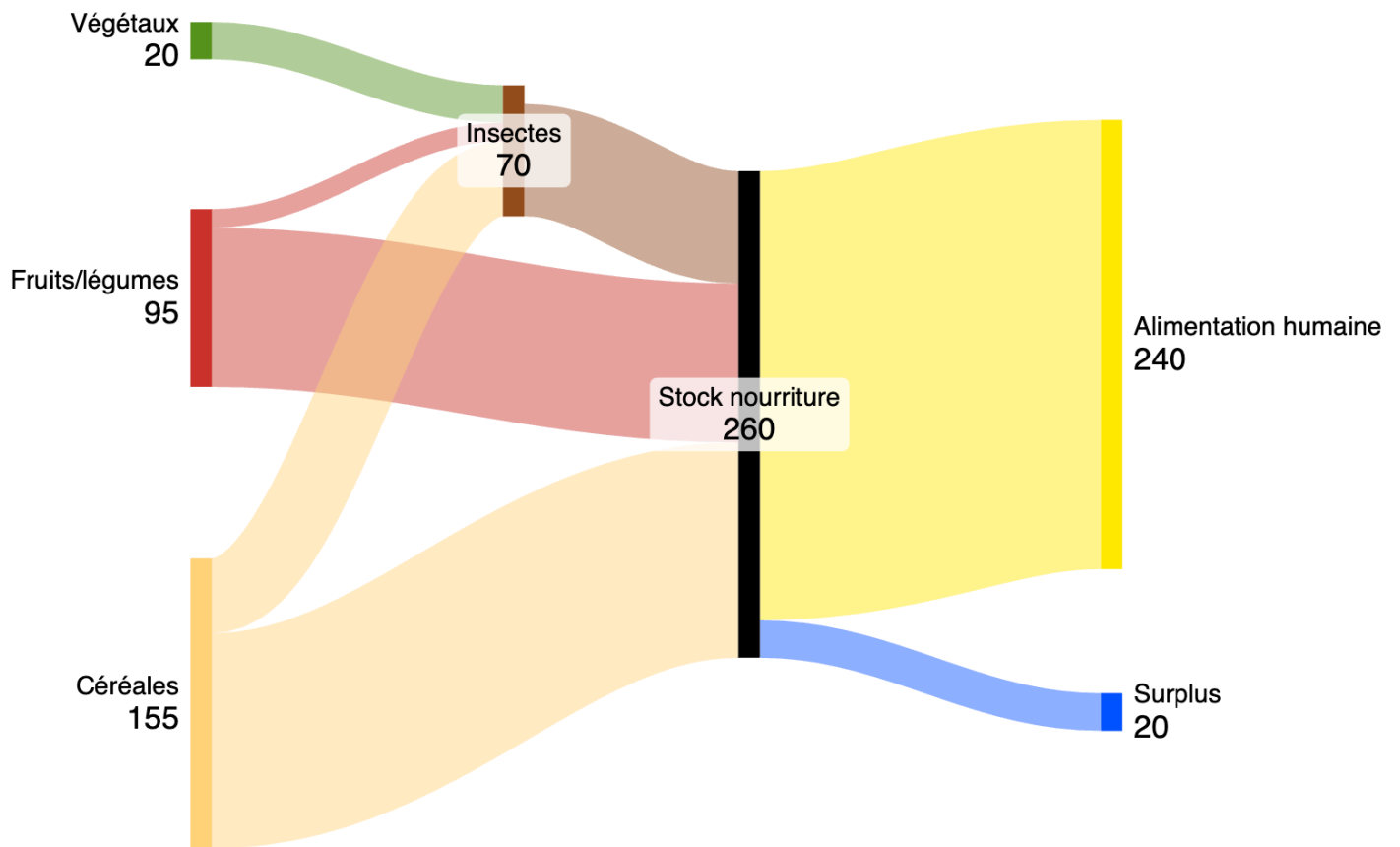
En gigawattheure par an, extrapolations faites à l'aides de données sur la consommation énergétique en France, celle d'infrastructures (centrales de dessalement, unités de production d'hydrocarbures de synthèse...) et les informations sur les pertes énergétiques (nucléaire et industrielles).

Annexe 4. Système hydraulique de la colonie



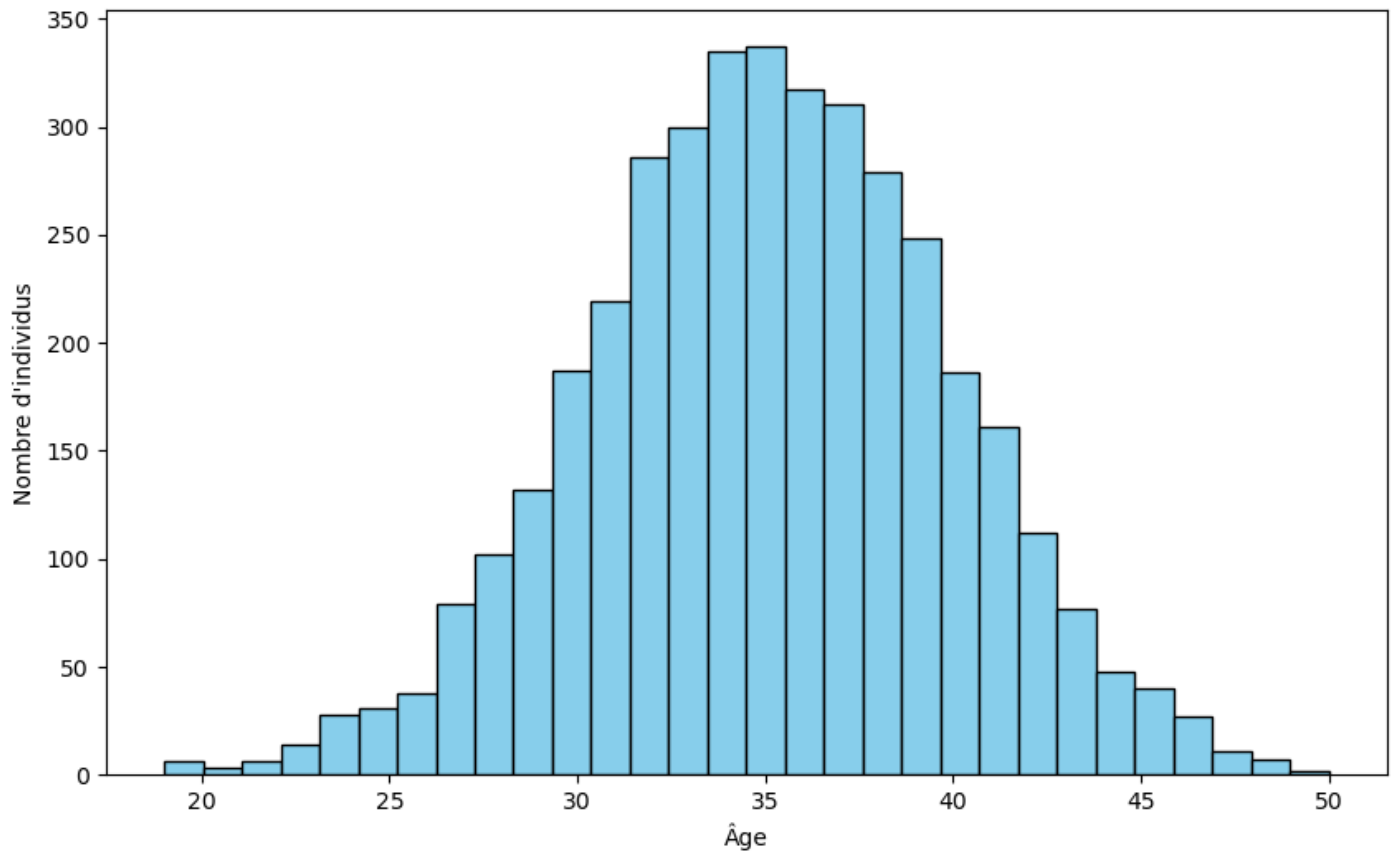
En milliers de litres par mois, extrapolations faites à partir de données françaises (gouvernement et INRAE) et israéliennes.

Annexe 5. Système de nourriture de la colonie



En millions de kcal par mois, extrapolations faites à l'aides de données sur les besoins alimentaires et la nourriture à base d'insectes.

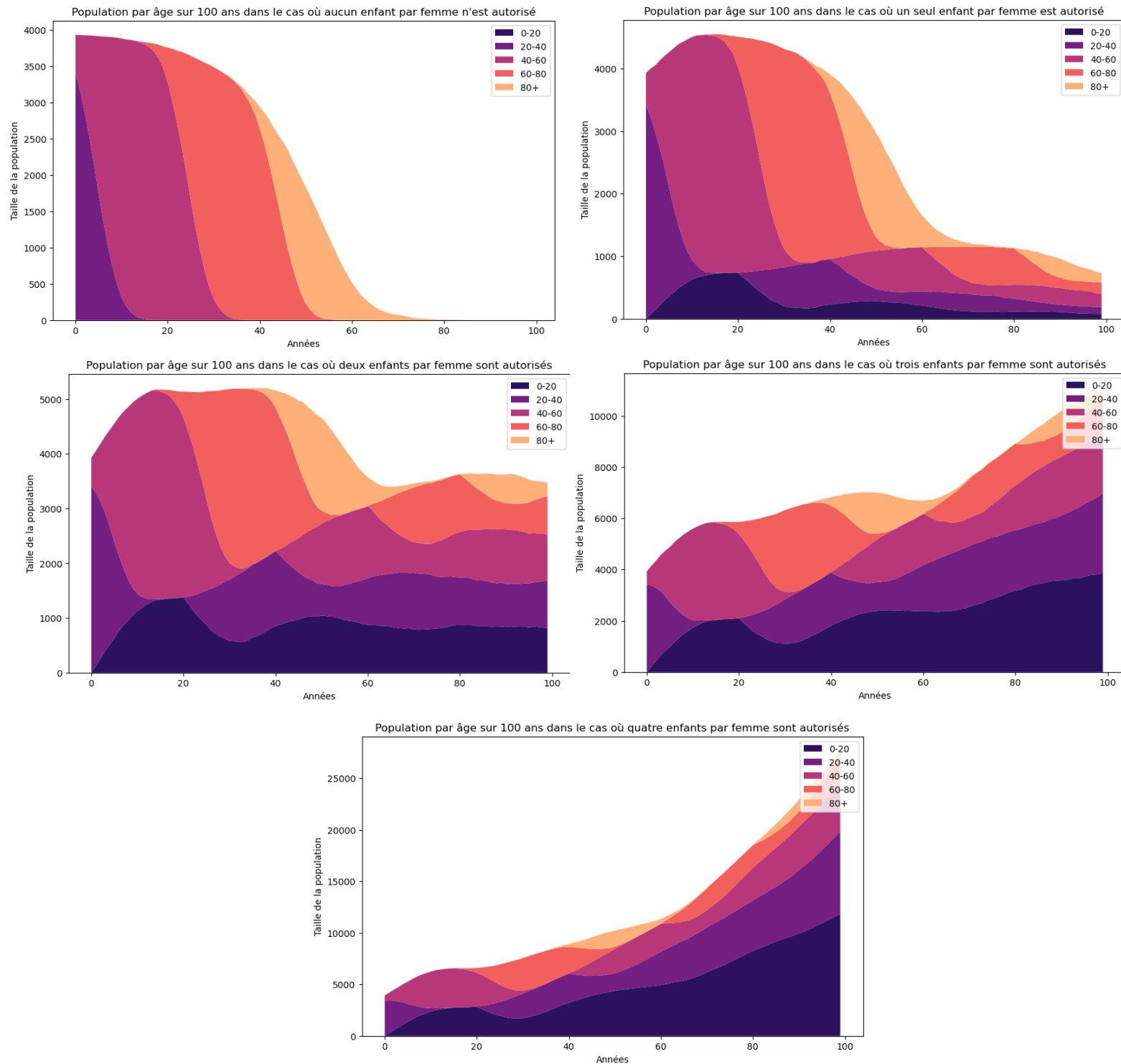
Annexe 6. Distribution des âges dans la population initiale au sein de la colonie



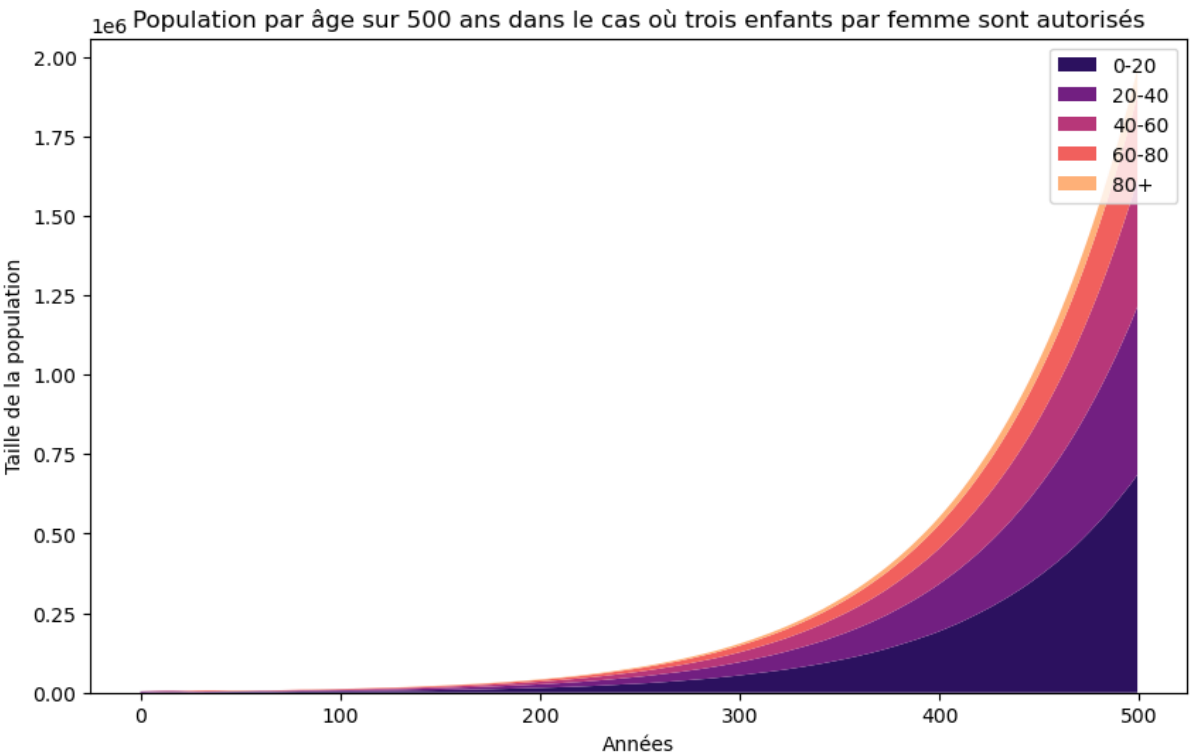
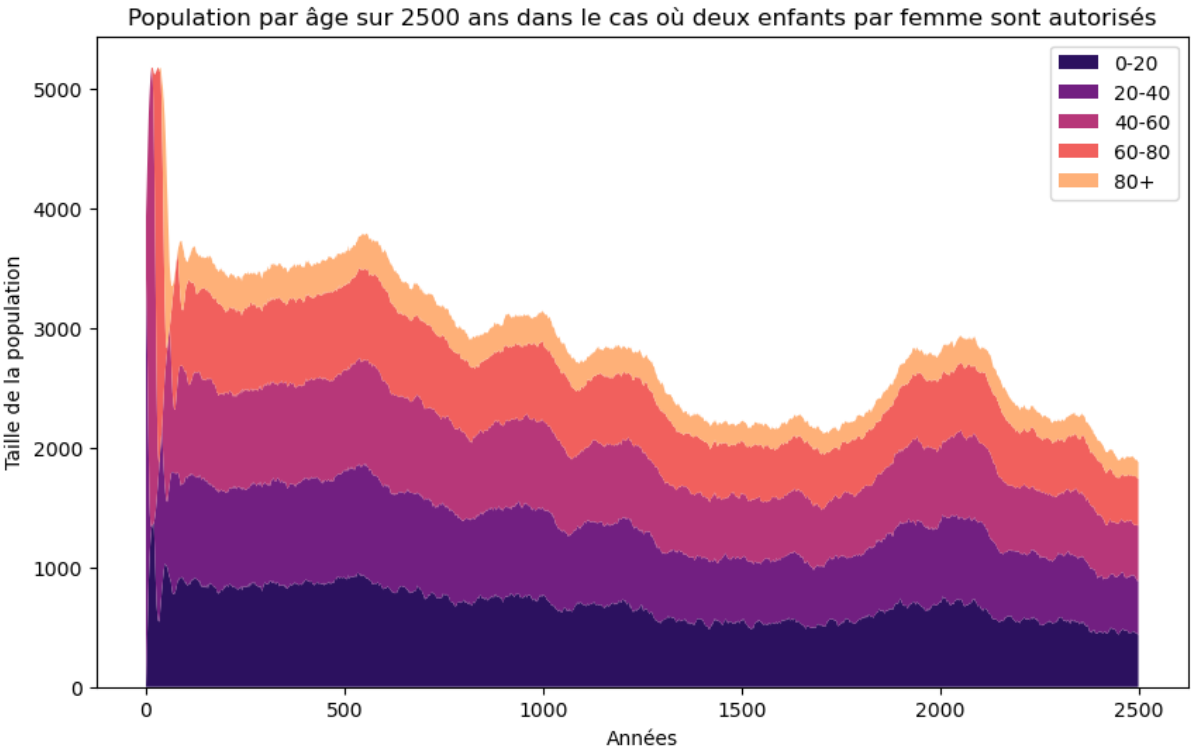
La distribution suit une loi normale d'espérance 35 (l'âge moyen) et un écart-type de 4.6 (la dispersion ou la variabilité des âges autour de la moyenne). Soit P la variable de l'âge de la population :

$$P \sim N(35, 4.6^2)$$

Annexe 7. Evolution de la population par âge sur le court terme à partir de 2028 selon le nombre d'enfant par femme autorisé



Annexe 8. Evolution de la population par âge sur le long terme à partir de 2028 selon le nombre d'enfant par femme autorisé



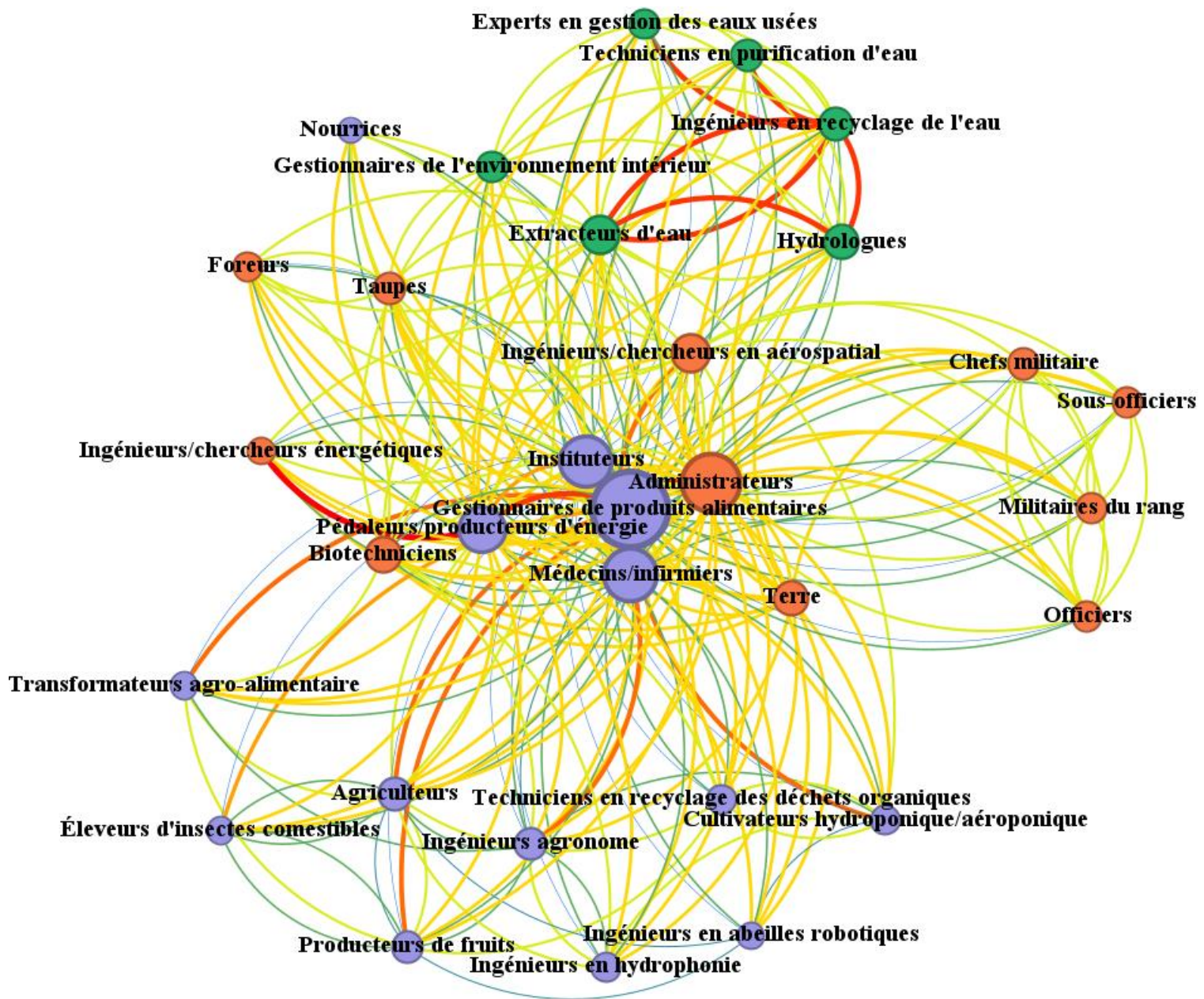
Annexe 9. Groupes d'acteurs au sein de la colonie (classe productive, propriétaires et Terre)

Groupes	Place dans le système	Rôle
Terre	Hors-système (phase 1)	Approvisionnement de la colonie en ressources alimentaires et en progrès technique et médical
Agriculteurs	Classe productive	Cultiver des cultures alimentaires
Transformateurs agro-alimentaire	Classe productive	Transformer les produits agricoles bruts en produits alimentaires consommables
Producteurs de fruits	Classe productive	Cultiver des fruits en serre
Cultivateurs hydroponique	Classe productive	Créer et gérer les systèmes de culture sans sol
Éleveurs d'insectes comestibles	Classe productive	Élever des insectes comme source alternative de protéines
Extracteurs d'eau	Classe productive	Extraire et fournir de l'eau provenant des réserves souterraines
Militaires du rang	Propriétaires (phase 1)	Police de la colonie
Sous-officiers	Propriétaires (phase 1)	Police haut gradée de la colonie
Officiers	Propriétaires (phase 1)	Haut gradés militaires en charge du gouvernement
Chefs militaire	Propriétaires (phase 1)	Haut gradés militaires en charge du gouvernement
Administrateurs	Propriétaires (phase 1)	Gérer les salaires, récupérer les tickets ressources, réguler la population, etc.
Président	Propriétaires (phase 2)	Représentant de l'Etat garantissant le bon fonctionnement des institutions
Premier ministre	Propriétaires (phase 2)	Chef du gouvernement
Gouvernement	Propriétaires (phase 2)	Ministres mettant les lois en application grâce à une réglementation, un budget et une administration
Parlement	Propriétaires (phase 2)	Voter et édicter les lois
Justice	Propriétaires (phase 2)	Faire régner la paix, l'égalité, faire respecter les lois

Annexe 10. Groupes d'acteurs au sein de la colonie (classe stérile)

Groupes	Rôle
Ingénieurs agronome	Concevoir et superviser les pratiques agricoles pour maximiser les rendements et la durabilité
Ingénieurs en hydroponie	Concevoir et maintenir des systèmes de culture hydroponiques, qui utilisent des solutions nutritives pour faire pousser des plantes sans sol
Techniciens en recyclage des déchets organiques	Responsables de la transformation des déchets organiques de la colonie en matière première pour la culture des plantes
Ingénieurs en recyclage de l'eau	Purifier et réutiliser efficacement l'eau
Ingénieurs en abeilles robotiques	Concevoir et maintenir d'abeilles robotiques chargés de polliniser les plantes et les cultures
Gestionnaire de produits alimentaires	Superviser la distribution des produits alimentaires et gérer les stocks
Techniciens en purification d'eau	Assurer la qualité de l'eau potable en utilisant des technologies de purification
Expert en gestion des eaux usées	Gérer le recyclage des eaux usées, pour conserver les ressources en eau et à la réduction des déchets liquides produits par la colonie
Hydrologue	Purifier l'eau brute provenant de sources martiennes pour la rendre propre à la consommation humaine
Gestionnaire de l'environnement intérieur	Etudieraient les ressources en eau locales pour déterminer les meilleures sources d'eau
Médecins/infirmiers	Assurer la santé des colons
Les ingénieurs/chercheurs en aérospatial	Concevoir et maintenir les installations aérospatiales et les systèmes vitaux
Foreur	Extraire des ressources souterraines
Pédaleurs/producteurs d'énergie	Produire de l'électricité grâce à l'énergie cinétique produite par la pratique quotidienne de vélo.
Les ingénieurs/chercheurs énergétiques	Développer et maintenir des systèmes énergétiques durables
Biotechniciens	Appliquer des connaissances en biotechnologie pour diverses applications
Taupes	Création de tunnels pour les déplacements souterrains
Instituteurs	Eduquer les nouvelles générations
Nourrices	Eduquer les enfants en trop et abandonnés

Annexe 11. Système socio-économique de la première phase

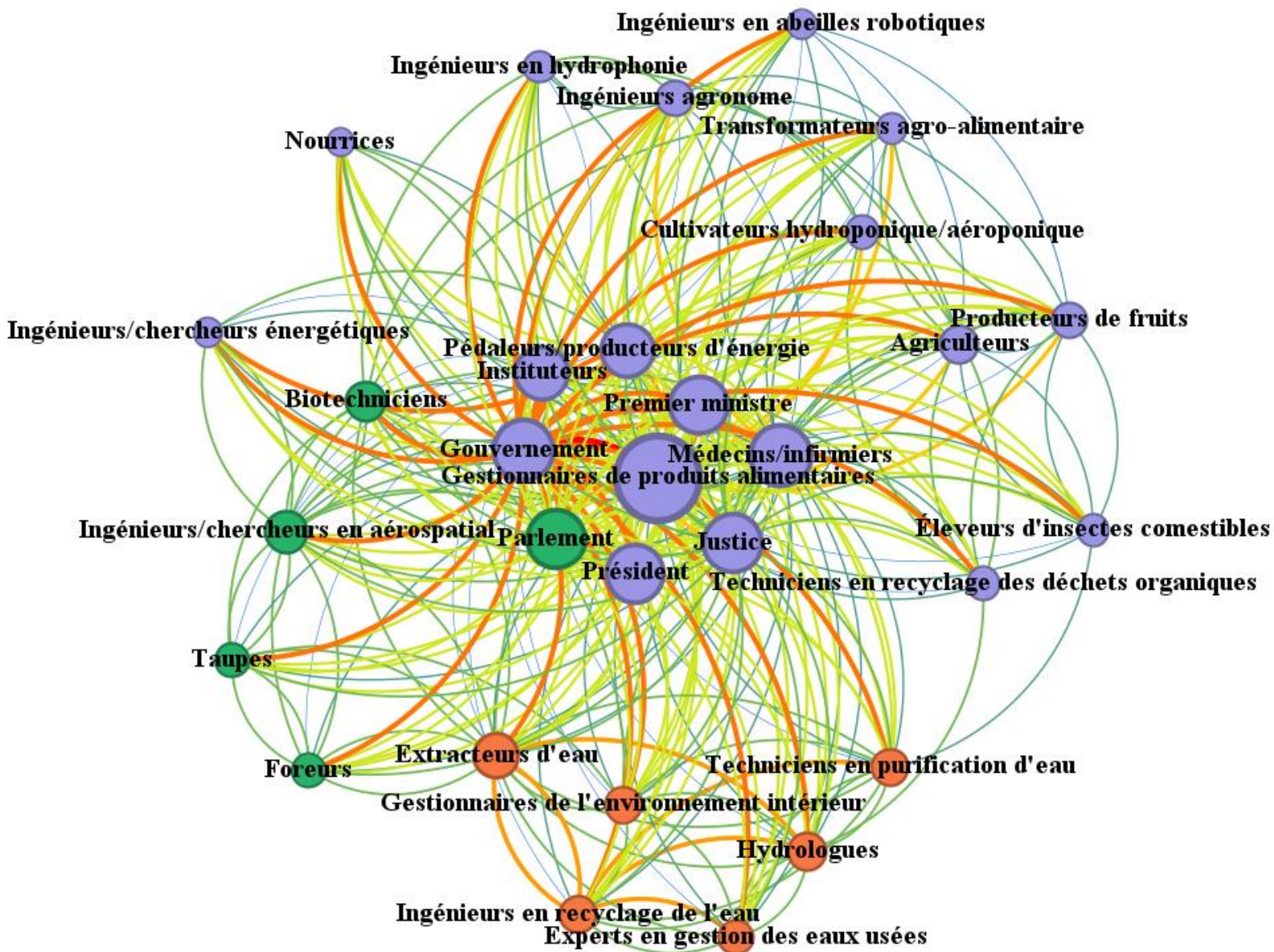


Spatialisation : Yifan Hu.

Modularité : 18,4%. **Source :** Vincent D Blondel, Jean-Loup Guillaume, Renaud Lambiotte, Etienne Lefebvre, Fast unfolding of communities in large networks, in Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment 2008 (10), P1000.

Coefficient de clustering moyen : 58,4%.

Annexe 12. Système socio-économique de la seconde phase



Spatialisation : Yifan Hu.

Modularité : 6,5%. **Source :** Vincent D Blondel, Jean-Loup Guillaume, Renaud Lambiotte, Etienne Lefebvre, Fast unfolding of communities in large networks, in Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment 2008 (10), P1000.

Coefficient de clustering moyen : 58,4%.

TABLE DES MATIERES

Introduction.....	4
Méthode	5
1. Contraintes, besoin et solutions techniques.....	6
1.1. Mars, un environnement hostile	6
1.2. Les ressources accessibles et les besoins humains.....	6
1.2.1. Air, eau et nourriture.....	6
1.2.2. Sources d'énergie.....	7
1.2.3. Matériaux et construction.....	8
1.2.4. La santé	9
1.3. L'importance des synergies.....	10
1.3.1. Matières organiques et eau.....	10
1.3.2. La chaleur.....	10
1.4. Modélisation des flux de ressources.....	11
1.4.1. Flux d'énergie	11
1.4.2. Flux d'eau	12
1.4.3. Flux de nourriture.....	12
2. Mise en place et gestion de la vie politique, sociale et économique	14
2.1. Postulat de base : la physiocratie	14
2.2. Une économie de troc.....	15
2.3. La vie politique de la colonie	15
2.3.1. La première phase caractérisée par une stratocratie.....	15
2.3.2. Une transition démocratique nécessaire pour éviter le choc gouvernemental	16
2.3.3. La démocratie : la finalité gouvernementale.....	17
2.4. Modélisation, gestion de la population et des révoltes.....	18

2.4.1.	Modélisation de la population.....	18
2.4.2.	Une croissance de la population contrôlée.....	19
2.4.3.	Minimiser les risques de révoltes et moyens pour y remédier	21
2.5.	Résultats	21
2.5.1.	Une dépendance raisonnable pour implantation réussie	22
2.5.2.	Un système indépendant et centralisé	23
Conclusion		26
Bibliographie.....		27
Webographie.....		29
Table des annexes		31
Annexe 1. Recyclage et optimisation des matières organiques		32
Annexe 2. Recyclage et optimisation de la chaleur		33
Annexe 3. Système énergétique de la colonie.....		34
Annexe 4. Système hydraulique de la colonie		35
Annexe 5. Système de nourriture de la colonie.....		36
Annexe 6. Distribution des âges dans la population initiale au sein de la colonie.....		37
Annexe 7. Evolution de la population par âge sur le court terme à partir de 2028 selon le nombre d'enfant par femme autorisé.....		38
Annexe 8. Evolution de la population par âge sur le long terme à partir de 2028 selon le nombre d'enfant par femme autorisé.....		39
Annexe 9. Groupes d'acteurs au sein de la colonie (classe productive, propriétaires et Terre)		40
Annexe 10. Groupes d'acteurs au sein de la colonie (classe stérile).....		41
Annexe 11. Système socio-économique de la première phase.....		42
Annexe 12. Système socio-économique de la seconde phase		43
Table des matières.....		44