

ANALYSE DE LA DURABILITÉ DU CYCLE DE VIE DE MODES D'HABITATION ALTERNATIFS
DANS UN CONTEXTE QUÉBÉCOIS

Par Odier Robitaille

Essai présenté en vue de l'obtention du double diplôme
Maîtrise en environnement
Master en Ingénierie et Management de l'Environnement et du Développement Durable
(M. Env. - IMEDD)

Sous la direction de Monsieur Bertrand Laratte

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE (Québec, Canada)

UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE TROYES (France)

Janvier 2015

Il n'y a pas d'un côté l'homme, et de l'autre côté la nature. L'homme fait intégralement partie de la nature. Nous faisons partie d'un tout, et nous devons apprendre à coexister avec la diversité du vivant. En 30 ans, nous avons perdu près de 30% de tout ce qui vit sur Terre. Il est urgent de réagir.

— Yann Arthus-Bertrand (2009)

Nous n'avons pas hérité la Terre de nos ancêtres, mais l'empruntons à nos enfants.

— Antoine de Saint-Exupéry

Vous devez être le changement que vous voulez voir dans ce monde.

— Mahatma Gandhi

La seule chose qui soit durable dans l'histoire du vivant, c'est le changement et l'adaptation.

— Francesco Di Castri

L'éducation est l'arme la plus puissante pour changer le monde.

— Nelson Mandela

Bien que les problèmes du monde soient de plus en plus complexes, les solutions restent honteusement simples.

— Bill Mollison

On ne résout pas un problème avec les modes de pensée qui l'ont engendré.

— Albert Einstein

La compréhension des systèmes mécaniques pour la plupart des êtres humains est limitée à ce qui est à la portée de leurs doigts. Il est entendu que lorsque vous appuyez sur l'interrupteur, la lumière s'allume; lorsque vous ouvrez le robinet, l'eau chaude coule; lorsque vous appuyez sur le bouton, cela tire la chasse d'eau. Mais peu d'intérêt est porté à l'endroit d'où provient l'électricité ou au type de déchets nucléaires qui ont été produit pour la générer. Peu de gens se demandent quelle nappe phréatique s'épuise à leur fournir de l'eau et quels produits chimiques ont été ajoutés pour la traiter. Où vont nos eaux usées et quelles sont les rivières et les lacs quelles polluent? L'état de notre planète nous dit que nous devons maintenant commencer à prendre la responsabilité de ce qui se passe hors de portée de nos doigts.

— Michael Reynolds

SOMMAIRE

Mots clés : développement durable, analyse de la durabilité, habitation durable, habitation alternative, minimaison, micromaison, petite maison, géonef, approche cycle de vie, simplicité volontaire, autosuffisance

Un développement durable vise à satisfaire les besoins élémentaires (se nourrir, se vêtir, se loger) des présentes générations, sans compromettre la capacité des générations futures d'assouvir les leurs. Alors que ces besoins sont adéquatement satisfaits chez 95 % des Nord-Américains, l'équivalent de cinq planètes en termes de ressources naturelles serait requis si la population mondiale vivait selon leur mode de vie actuel. Cet état de surconsommation constitue, selon l'Organisation des Nations Unies, la principale cause de la détérioration de la planète.

Parmi les biens de consommation, le logement s'avère le besoin élémentaire qui génère le plus de gaz à effet de serre sur l'ensemble de son cycle de vie, en plus de constituer généralement la part la plus élevée des dépenses annuelles des ménages québécois. Afin de réduire l'empreinte environnementale des habitations et leurs répercussions économiques chez les ménages, des modèles d'habitation dits « alternatifs », tels une micromaison, une petite maison et un géonef, ont émergé dans les dernières décennies. Il importe toutefois de se questionner à propos du réel impact positif de ces modèles innovants. L'objectif de cet essai consiste donc à évaluer, à l'aide de l'approche cycle de vie, la performance en termes de durabilité de ces modes d'habitation alternatifs dans un contexte québécois. À cet effet, un outil d'analyse de la durabilité du cycle de vie d'une habitation a notamment été conçu dans le présent projet.

La comparaison des trois modes d'habitation alternatifs avec le modèle de référence, l'habitation conventionnelle québécoise, permet de conclure que les trois modèles alternatifs constituent des alternatives plus durables, mais que les dimensions sociale, économique et de gouvernance soulèvent des enjeux contrevenant à leur durabilité. Le cycle de vie du géonef s'est avéré être le plus performant en termes de durabilité en raison de son application du principe d'autosuffisance, suivi de près par la micromaison, en raison de son accessibilité financière et de ses petites dimensions. Par ailleurs, l'analyse a permis d'identifier les principaux leviers et freins à la durabilité d'un mode d'habitation, respectivement l'accessibilité financière à la propriété, l'autonomisation des personnes et les comportements responsables quant à la consommation d'énergie et d'eau; et la législation municipale restrictive. La réduction de la superficie de l'habitation s'avère être à la fois un levier et un frein. Des recommandations sont également présentées afin d'améliorer la durabilité des habitations de façon générale et de favoriser le développement et l'intégration des modes d'habitation alternatifs au Québec.

REMERCIEMENTS

La réalisation de cet essai a été possible grâce à la collaboration et au support de plusieurs personnes qui m'ont amené à grandir à différents degrés au cours de mes études.

Tout d'abord, sur le plan professionnel, je tiens vivement à remercier mon directeur d'essai, Bertrand Laratte, pour sa grande ouverture vis-à-vis mes nombreuses idées, sa disponibilité outre-mer, sa flexibilité, son expertise et ses judicieux conseils. Bertrand, depuis le début de mes études en France tu as été là pour moi et je t'en suis grandement reconnaissant. Je remercie Alessandra Zamagni pour la générosité de son temps lors d'un appel France-Italie. Je remercie Philippe Terrier qui a suscité chez moi un intérêt marqué pour l'approche cycle de vie et qui m'a accordé un long appel outre-mer par rapport à la vision d'un développement durable. Je remercie Marc Olivier pour l'opportunité de réalisation d'un projet, en collaboration avec le CTTÉI, qu'il m'a offert lors de mon stage de maîtrise. Je remercie Claude Maheux-Picard et Normand Gariépy pour les conseils professionnels qu'ils m'ont donnés lors de mon stage de maîtrise. Je remercie Carole Villeneuve et Marie-Chantale Vincent pour la générosité de leur temps vis-à-vis mes nombreuses questions hors cours par rapport au développement durable. Je remercie mes responsables pédagogiques Judith Vien de l'Université de Sherbrooke et Sabrina Brulot de l'Université de technologie de Troyes, pour avoir pris le temps de répondre à mes questions quant à mon cheminement professionnel et pour leur flexibilité. Je remercie mes collègues de maîtrise pour m'avoir fait grandir sur le plan humain et professionnel suite à nos nombreux projets collaboratifs. Je remercie Claude Trépanier d'Habitat Multi Générations, Gabriel Parent-Leblanc d'Habitations MicroÉvolution, Frédéric Wiper de Solution ERA et Benoit Deschamps pour avoir pris le temps de répondre à mes questions relatives aux modes d'habitation alternatifs.

Sur le plan personnel, Thierry et Victor, merci les gars pour votre présence, votre humour, nos discussions par rapport à mon essai, ainsi que vos encouragements. Pascale, une grande part de cet essai te revient, je pourrais t'écrire une page complète pour te remercier, mais je vais résumer en te remerciant pour ton écoute, ta compréhension, ta patience, ta générosité, tes nombreuses révisions et pour m'avoir fait écouter mon cœur. Je t'en suis énormément reconnaissant et j'espère que notre chemin va continuer de grandir. Mon frère, Pascal, merci d'avoir contribué à mon ouverture d'esprit et à ma soif de connaissances. Finalement, les plus importants pour moi, mes parents, Claire Quintal et André Robitaille, vous m'avez transmis de grandes valeurs, tel le courage, la détermination, la persévérance et plus que tout, l'amour. Merci infiniment ! Vous avez toujours été là pour moi et je serai toujours là pour vous. Je vous dédie cet essai.

PRÉFACE

Voulant appliquer mes convictions au quotidien dans le but de faire ma part dans la pérennisation des générations futures, j'ai décidé de réaliser, à la suite de mon baccalauréat en ingénierie, un double diplôme jumelant une maîtrise en gestion de l'environnement et un master en ingénierie et management de l'environnement et du développement durable. Ayant toujours été très curieux de nature et me posant des questions profondes et existentielles sur la vie, j'avais, avant même d'entreprendre ces études, une grande conscience envers la situation planétaire et un intérêt marqué envers l'environnement. Les études à la maîtrise m'ont permis de répondre à plusieurs de mes questionnements, également d'éveiller davantage ma soif de connaissance, ainsi que ma compréhension des enjeux mondiaux, afin de décroquer et de développer ma vision par rapport à la dimension environnementale, pour l'élargir vers la compréhension des dimensions socio-économiques devant nécessairement être considérées en symbiose avec l'environnement pour atteindre l'objectif d'un développement durable, soit la qualité de vie.

Ce sujet d'essai a donc vu le jour suite à une longue réflexion et à l'écoute de mon cœur. Je voulais faire un essai qui me permettrait d'allier le concept de développement durable, l'approche cycle de vie et un intérêt qui a grandi chez moi avec le temps, soit la simplicité volontaire, plus précisément par rapport à l'habitation.

Lors de mon année d'étude en France à l'Université de technologie de Troyes, j'ai séjourné dans un studio de superficie de 19 m². Ma première réaction lorsque je suis entré dans cet appartement, fût: « Comment vais-je vivre dans un si petit espace !? ». Finalement, je me suis vite adapté à ce petit espace qui devenait, avec le temps, amplement grand à mes yeux. Le constat de ce changement de perception m'a amené à en tirer un parallèle intéressant avec le concept de développement durable, à l'effet qu'il est fondamental, je crois, de considérer les notions de culture, d'adaptation et de vision du monde afin de changer le paradigme sociétal dans le but de viser un développement durable.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1 MISE EN CONTEXTE	4
1.1 Concept de développement durable	6
1.1.1 Notion de besoin	7
1.1.2 Notion de limite	8
1.2 Besoin élémentaire ciblé : se loger	8
2 PORTRAIT DE L'HABITATION AU QUÉBEC	11
3 MODES D'HABITATION ALTERNATIFS.....	14
3.1 Minimaison	14
3.2 Géonef	21
4 CONCEPTION DE L'OUTIL D'ANALYSE.....	29
4.1 Cadre conceptuel	29
4.1.1 Notion de durabilité	29
4.1.2 Notion de cycle de vie	30
4.2 Processus de sélection des indicateurs d'analyse	31
4.2.1 Ciblage des indicateurs potentiels.....	31
4.2.2 Critères de sélection des indicateurs.....	34
4.2.3 Indicateurs sélectionnés	35
4.3 Définition du système d'analyse.....	36
4.4 Avantages et limites de l'outil d'analyse	42
5 ANALYSE DE LA DURABILITÉ	44
5.1 Périmètre de l'analyse	44
5.1.1 Unité fonctionnelle	44
5.1.2 Cycle de vie d'une habitation	44
5.1.3 Limitations	45
5.1.4 Informations de référence et hypothèses	46
5.2 Analyse : dimension éthique.....	51
5.2.1 Lutte contre la pauvreté	51
5.2.2 Solidarité.....	53
5.2.3 Originalité et innovation.....	54
5.2.4 Synthèse du pointage pour la dimension éthique.....	55

5.3	Analyse : dimension écologique	56
5.3.1	Changements climatiques	57
5.3.2	Flux de ressources intrants.....	58
5.3.3	Flux de ressources extrants	60
5.3.4	Utilisation du territoire.....	61
5.3.5	Biodiversité.....	62
5.3.6	Synthèse du pointage pour la dimension écologique	63
5.4	Analyse : dimension sociale	64
5.4.1	Accessibilité spatiale et technique	64
5.4.2	Santé et confort.....	66
5.4.3	Impacts sur le voisinage.....	68
5.4.4	Maintenance.....	70
5.4.5	Sécurité.....	70
5.4.6	Adaptabilité	72
5.4.7	Liberté individuelle et responsabilité collective	73
5.4.8	Synthèse du pointage pour la dimension sociale	74
5.5	Analyse : dimension économique.....	75
5.5.1	Flux monétaires extrants	76
5.5.2	Flux monétaires intrants.....	78
5.5.3	Possession et usages des biens et des capitaux	79
5.5.4	Qualité et durabilité.....	79
5.5.5	Production et consommation responsable	80
5.5.6	Synthèse du pointage pour la dimension économique	81
5.6	Analyse : dimension culturelle.....	82
5.6.1	Transmission du patrimoine culturel.....	82
5.6.2	Pratiques culturelles et artistiques.....	83
5.6.3	Synthèse du pointage pour la dimension culturelle.....	83
5.7	Analyse : dimension gouvernance	84
5.7.1	Intégration	85
5.7.2	Subsidiarité	87
5.7.3	Gestion du risque.....	88
5.7.4	Synthèse du pointage pour la dimension gouvernance	88

5.8 Synthèse de l'analyse.....	89
5.8.1 Observations par rapport aux dimensions et aux indicateurs	90
5.8.2 Observations par rapport aux modes d'habitation	93
5.8.3 Répartition des performances.....	98
6 CONSTATS ET RECOMMANDATIONS.....	100
6.1 Constats	100
6.1.1 Leviers de la durabilité d'un mode d'habitation	100
6.1.2 Freins à la durabilité d'un mode d'habitation	103
6.2 Recommandations	104
6.2.1 Améliorer la durabilité du mode d'habitation conventionnel.....	104
6.2.2 Favoriser le développement et l'intégration de modes d'habitation alternatifs	106
CONCLUSION	108
RÉFÉRENCES	111
ANNEXE 1 LISTE DES INDICATEURS SÉLECTIONNÉS DE LA GRILLE D'ANALYSE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE DE L'UQAC.....	128
ANNEXE 2 PROCESSUS D'ÉLABORATION D'UNE NORME.....	134
ANNEXE 3 LISTE DES INDICATEURS SÉLECTIONNÉS DES NORMES	135
ANNEXE 4 PHASES DU CYCLE DE VIE D'UN BÂTIMENT SELON LES NORMES NF EN 15978, NF EN 16309+A1 ET PR NF EN 16627.....	139

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1.1	Concentration de CO ₂ sur 800 000 ans.....	4
Figure 1.2	Rythmes de l'activité humaine depuis le début de la révolution industrielle.....	5
Figure 1.3	Changements consécutifs à la croissance des activités humaines.....	5
Figure 1.4	Schéma du développement durable	7
Figure 1.5	Pyramide des besoins.....	7
Figure 1.6	Répartition sectorielle d'émissions de GES des ménages identifiés dans les différentes études	10
Figure 2.1	Distribution des ménages québécois selon le genre, 1981, 2006 et prévision 2031	11
Figure 2.2	Valeur marchande moyenne d'une maison unifamiliale et revenu moyen des ménages au Québec 1976–2010 (en \$ courants).....	12
Figure 2.3	Population totale observée et projetée, Québec, 1986 – 2056.....	12
Figure 2.4	Type de construction résidentielle au Québec en 2011 (%)......	13
Figure 3.1	Exemple d'une micromaison (vue extérieure)	15
Figure 3.2	Exemple d'une micromaison (vue plan)	15
Figure 3.4	Exemple d'une petite maison	16
Figure 3.3	Exemple d'une petite maison	16
Figure 3.5	Évolution de l'index Schiller.....	16
Figure 3.6	Superficies moyennes des maisons de différents pays (m ²)	18
Figure 3.7	Superficies moyennes par personne de différents pays (m ²).....	19
Figure 3.8	Tendance de recherche Google de l'expression « <i>small house movement</i> »......	20
Figure 3.9	Exemple d'un géonef.....	22
Figure 3.10	Construction d'un géonef.....	22
Figure 3.11	Construction d'un géonef en projet humanitaire.....	23
Figure 3.12	Démonstration du concept de masse thermique.....	25
Figure 3.13	Démonstration du concept solaire passif.....	27
Figure 3.14	Démonstration du système passif de ventilation.....	27
Figure 4.1	Schéma des différentes phases d'un cycle de vie	30
Figure 5.1	Cycle de vie d'une habitation	45
Figure 5.2	Synthèse des pointages des indicateurs de la dimension éthique.....	56
Figure 5.3	Synthèse des pointages des modes d'habitation de la dimension éthique	56
Figure 5.4	Synthèse des pointages des indicateurs de la dimension écologique.....	63
Figure 5.5	Synthèse des pointages des modes d'habitation de la dimension écologique.....	64

Figure 5.6	Synthèse des pointages des indicateurs de la dimension sociale	75
Figure 5.7	Synthèse des pointages des modes d'habitation de la dimension sociale.....	75
Figure 5.8	Synthèse des pointages des indicateurs de la dimension économique	81
Figure 5.9	Synthèse des pointages des modes d'habitation de la dimension économique	81
Figure 5.10	Synthèse des pointages des indicateurs de la dimension culturelle	84
Figure 5.11	Synthèse des pointages des modes d'habitation de la dimension culturelle	84
Figure 5.12	Synthèse des pointages des indicateurs de la dimension gouvernance	89
Figure 5.13	Synthèse des pointages des modes d'habitation de la dimension gouvernance.....	89
Figure 5.14	Synthèse de l'analyse des six dimensions	90
Figure 5.15	Synthèse de l'analyse des modes d'habitation	94
Figure 5.16	Répartition des performances des modes d'habitation.....	98
Figure 6.1	Importance des leviers par rapport à la durabilité d'un mode d'habitation.....	103
Tableau 3.1	Fondements idéologiques des géonefs	24
Tableau 3.2	Principes de conception des géonefs	24
Tableau 4.1	Critères de sélection des indicateurs.....	35
Tableau 4.2	Indicateurs composants l'outil d'analyse	35
Tableau 4.3	Échelle de performance.....	36
Tableau 4.4	Méthode de calcul de la performance relative pour les indicateurs quantitatifs.....	37
Tableau 4.5	Conception holistique de l'outil d'analyse	38
Tableau 5.1	Paramètres employés pour l'estimation du coût de la petite maison	47
Tableau 5.2	Estimation du coût de la petite maison.....	47
Tableau 5.3	Principales caractéristiques des modes d'habitation analysés	50
Tableau 5.4	Indicateurs de la dimension éthique	51
Tableau 5.5	Pointage de l'indicateur « Lutte contre la pauvreté ».....	52
Tableau 5.6	Pointage de l'indicateur « Solidarité ».....	53
Tableau 5.7	Pointage de l'indicateur « Originalité et innovation ».....	54
Tableau 5.8	Indicateurs de la dimension écologique.....	57
Tableau 5.9	Pointage de l'indicateur « Changements climatiques »	57
Tableau 5.10	Pointage de l'indicateur « Flux de ressources intrants ».....	58
Tableau 5.11	Pointage de l'indicateur « Flux de ressources extrants »	60
Tableau 5.12	Pointage de l'indicateur « Utilisation du territoire ».....	62

Tableau 5.13	Pointage de l'indicateur « Biodiversité ».....	63
Tableau 5.14	Indicateurs de la dimension sociale.....	64
Tableau 5.15	Pointage de l'indicateur « Accessibilité spatiale et technique »	65
Tableau 5.16	Pointage de l'indicateur « Santé et confort ».....	67
Tableau 5.17	Pointage de l'indicateur « Impacts sur le voisinage »	69
Tableau 5.18	Pointage de l'indicateur « Maintenance »	70
Tableau 5.19	Pointage de l'indicateur « Sécurité ».....	71
Tableau 5.20	Pointage de l'indicateur « Adaptabilité »	73
Tableau 5.21	Pointage de l'indicateur « Liberté individuelle et responsabilité collective ».....	74
Tableau 5.22	Indicateurs de la dimension économique	76
Tableau 5.23	Pointage de l'indicateur « Flux monétaires extrants ».....	76
Tableau 5.24	Pointage de l'indicateur « Flux monétaires intrants »	78
Tableau 5.25	Pointage de l'indicateur « Possession et usages des biens et des capitaux ».....	79
Tableau 5.26	Pointage de l'indicateur « Qualité et durabilité »	79
Tableau 5.27	Pointage de l'indicateur « Production et consommation responsable »	80
Tableau 5.28	Indicateurs de la dimension culturelle	82
Tableau 5.29	Pointage de l'indicateur « Transmission du patrimoine culturel »	82
Tableau 5.30	Pointage de l'indicateur « Pratiques culturelles et artistiques ».....	83
Tableau 5.31	Indicateurs de la dimension gouvernance.....	85
Tableau 5.32	Pointage de l'indicateur « Intégration »	85
Tableau 5.33	Pointage de l'indicateur « Subsidiarité ».....	87
Tableau 5.34	Pointage de l'indicateur « Gestion du risque »	88
Tableau 5.35	Synthèse de l'analyse des six dimensions	91
Tableau 5.36	Éléments les plus performants des modes d'habitation alternatifs.....	92
Tableau 5.37	Éléments les moins performants des modes d'habitation alternatifs	92
Tableau 5.38	Meilleurs pointages de l'analyse peu importe le mode d'habitation	93
Tableau 5.39	Pires pointages de l'analyse peu importe le mode d'habitation.....	93
Tableau 5.40	Forces du géonef	95
Tableau 5.41	Faiblesses du géonef.....	95
Tableau 5.42	Forces de la micromaison	96
Tableau 5.43	Faiblesses de la micromaison	97
Tableau 5.44	Forces de la petite maison.....	97

Tableau 5.45	Faiblesses de la petite maison.....	98
Tableau 5.46	Répartition des performances des modes d'habitation.....	99
Tableau 6.1	Détermination des leviers selon les pointages fortement supérieurs des sous-indicateurs.....	100
Tableau 6.2	Leviers à la durabilité d'un mode d'habitation.....	102
Tableau 6.3	Importance relative des leviers	102
Tableau 6.4	Détermination des leviers selon les pointages fortement supérieurs des sous-indicateurs.....	104
Tableau 6.5	Freins à la durabilité d'un mode d'habitation	104

LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

AFNOR	Association Française de Normalisation
APCHQ	Association des professionnels de la construction et de l'habitation du Québec
BLS	<i>Bureau of Labor Statistics</i>
CaGBC	<i>Canada Green Building Council</i>
CCHST	Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail
CEN	<i>European Committee for Standardization</i>
CIRANO	Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations
CMMTQ	Corporation des maîtres mécaniciens en tuyauterie du Québec
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
CO ₂	Dioxyde de carbone
CPD	Consommation et production durable
FEMA	Agence fédérale de gestion des situations d'urgence
GES	Gaz à effet de serre
IGBP	<i>International Geosphere-Biosphere Programme</i>
IISD	Institut international du développement durable
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IRIS	Institut de recherche et d'informations socio-économiques
ISQ	Institut de la statistique du Québec
LCI	<i>Life Cycle Initiative</i>
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
m ²	Mètre carré
MAMOT	Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire
MEEDDAT	Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
ONU	Organisation des Nations Unies
pi ²	Pied carré
PAD	<i>Portland Alternative Dwellings</i>
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
ppm	Parties par million
RNCan	Ressources naturelles Canada

SCHL	Société canadienne d'hypothèques et de logement
SHQ	Société d'habitation du Québec
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
UQAC	Université du Québec à Chicoutimi

TABLE DE CONVERSION

$$1 \text{ m}^2 = 10.764 \text{ pi}^2$$

INTRODUCTION

À la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement à Rio de Janeiro en 1992, il a été reconnu internationalement que les modes de consommation et production non durables (CPD) sont la principale cause de la détérioration de la planète (Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), 2012a). Dix ans plus tard, au Sommet mondial sur le développement durable de Johannesburg, un *Plan de mise en oeuvre* est adopté, soit le *Johannesburg Plan of Implementation*. Ce plan a déterminé trois objectifs fondamentaux et exigences essentielles du développement durable, soit :

« l'éradication de la pauvreté, la modification des modes de consommation et de production non durables, et la protection de la gestion des ressources naturelles indispensables au développement économique et social » (Organisation des Nations unies (ONU), 2002).

En 2012, la Conférence des Nations Unies sur le développement durable (Rio+20) a réaffirmé que la CPD fait toujours partie des trois objectifs « premiers et préalables indispensables du développement durable » (ONU, 2012). Plus précisément, la CPD vise à minimiser les intrants requis, telle l'utilisation des ressources naturelles et de matériaux toxiques, et les extrants engendrés, telle l'émission de déchets et de polluants, sur l'ensemble du cycle de vie d'un produit ou d'un service destiné à répondre aux besoins élémentaires des personnes, tout en améliorant la qualité de vie de celles-ci et en assurant la pérennité des générations futures (Institut international du développement durable (IISD), s. d.).

Autrement dit, la CPD vise « à faire plus et mieux avec moins » (PNUE, 2012b). C'est dans cette optique que s'inscrit cet essai, qui évalue la possibilité de répondre aux besoins élémentaires des humains et d'améliorer leur qualité de vie par rapport à leur mode d'habitation, tout en diminuant les impacts de celui-ci, dans une perspective de développement durable. Le besoin élémentaire de se loger a été ciblé pour réaliser une analyse de la durabilité du cycle de vie de modes d'habitation, car celui-ci représente généralement le bien de consommation le plus important par rapport au budget d'un ménage québécois et constitue le besoin ayant le plus grand impact environnemental sur l'ensemble de son cycle de vie, en termes de génération de gaz à effet de serre (GES). En effet, la majorité des dépenses des ménages québécois est consacrée au logement, avec une proportion moyenne de 25 % (Institut de la statistique du Québec (ISQ), 2012). Alors que la superficie moyenne des maisons est passée de 116 à 129 m² de 1990 à 2009, le nombre de personnes par ménage est passé de 2,8 à 2,5 pour la même période (Ressources naturelles Canada (RNCAN), 2011). Cela laisse présupposer qu'il existe un désir d'acquérir une propriété plus grande que les besoins d'espace réels d'un ménage le requièrent. Ce désir pourrait constituer un facteur affectant la qualité de vie des personnes, en constatant le niveau d'endettement hypothécaire qui a augmenté d'environ 20 % de 2000 à 2011 (Journal de l'habitation, 2013), alors que les revenus totaux

moyens par ménage n'ont augmenté que de 12 % pour la même période (Institut de la statistique du Québec, 2014). Par ailleurs, l'habitation a un impact significatif sur l'environnement, en contribuant à environ un tiers des quantités de GES générés annuellement pour l'assouvissement des besoins essentiels des individus (PNUE, 2010).

Depuis quelques décennies, des modèles d'habitation alternatifs ont émergé dans l'optique d'améliorer la qualité de vie de leurs occupants, en constituant des habitations à moindre coût, qui permettent aussi de réduire significativement les impacts environnementaux reliés à la construction, à l'utilisation et à la fin de vie utile d'une maison. Toutefois, bien que ces modes d'habitation innovants semblent constituer une alternative intéressante dans une perspective de développement durable globale, il importe de se questionner à propos de leur réel impact.

L'objectif principal de cet essai est donc d'analyser la performance de la durabilité du cycle de vie de trois modes d'habitation alternatifs, une micromaison, une petite maison et un géonef, en comparaison d'un mode d'habitation conventionnel québécois. Pour ce faire, les modes d'habitation alternatifs sont préalablement définis et leurs différents concepts sont décrits. Par la suite, un outil d'analyse basé sur l'approche cycle de vie est conçu à partir d'indicateurs de normes en bâtiments et de la grille d'analyse de développement durable (Villeneuve et autres, 2014) de la Chaire de recherche et d'intervention en éco-conseil de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC). À l'aide de l'outil développé, les performances en termes de développement durable des modes d'habitation alternatifs, quant aux dimensions éthique, environnementale, sociale, économique, culturelle et de gouvernance, sont évalués par rapport au mode d'habitation conventionnel moyen des québécois. Ce qui permet de cibler des axes d'amélioration potentiels de la durabilité des modes d'habitation conventionnels et du développement et de l'intégration des modes d'habitation alternatifs, afin de proposer des recommandations en lien.

Allier le concept de développement durable, en constante évolution, à des modèles d'habitation alternatifs pour lesquels il existe peu, voire aucune littérature académique sur le sujet, constitue un défi. En effet, bien que le développement durable fasse l'objet d'une définition officielle via le *Rapport Brundtland* (Brundtland, 1987) et que plusieurs politiques, lois, normes, etc., ont été créées pour sa mise en œuvre à divers niveaux de la société, le développement durable demeure un sujet complexe, vaste et polysémique, faisant l'objet d'une diversité d'interprétations, de définitions et d'indicateurs. Également, bien que les concepts de minimaison et de géonef existent depuis quelques décennies déjà, ceux-ci suscitent l'intérêt dans le domaine de l'habitation depuis moins de trois ans au Québec. Les informations disponibles à leur sujet relèvent principalement de blogues d'autoconstructeurs et d'articles de presse.

Toutefois, quelques individus américains ont développé toute une littérature sur ces modèles dans les dernières années, dont Jay Shafer (Shafer, 2009; Shafer, 2013) concernant les minimaisons et Michael Reynolds (*Earthship Bioteecture*, s. d.a) concernant le géonef. Des firmes ayant bâti une expertise au Québec et aux États-Unis mettent également à disposition des données pertinentes et fiables.

Par conséquent, il s'est avéré primordial de s'assurer de la pertinence et de la validité des références pour réaliser un travail de qualité. Ainsi, un processus rigoureux d'analyse de sources diversifiées, via la définition de critères de recherche, a donc été effectué lors de la collecte des informations. Des critères tels la crédibilité de l'auteur et de l'origine, l'objectivité, la qualité, la quantité, la pertinence et l'actualité de l'information ont été employés pour sélectionner les références. Le niveau auquel celles-ci permettent de répondre à l'objectif principal de l'essai a également été évalué.

L'atout de l'essai réside ainsi dans la création d'un outil d'analyse de durabilité qui a su marier des indicateurs pertinents relatifs au développement durable et aux bâtiments résidentiels, permettant d'évaluer la performance de modèles d'habitation alternatifs.

Le présent essai est divisé en cinq chapitres assurant l'atteinte de sa finalité, soit l'analyse de la durabilité du cycle de vie de modes d'habitation alternatifs par rapport au modèle d'habitation conventionnelle québécois. En premier lieu, la mise en contexte définit le concept de développement durable, ainsi que les notions de besoin et de limite liés à sa définition. Le besoin ciblé pour la réalisation de l'analyse de durabilité, soit le logement, y est également présenté. Ensuite, un bref portrait de la situation de l'habitation au Québec est dressé au chapitre deux, suivi d'une explication au chapitre trois des deux différents concepts de mode d'habitation alternatif analysés, les minimaisons, incluant la micromaison et la petite maison, et le géonef. Le chapitre quatre détaille la conception de l'outil d'analyse, notamment le cadre conceptuel sur lequel celui-ci se base, le processus de sélection des indicateurs d'analyse et la définition du système d'analyse. Par la suite, l'analyse complète de la durabilité du cycle de vie des modes d'habitation selon les six dimensions d'un développement durable est exposée au chapitre cinq, suivi d'une synthèse des résultats obtenus. Finalement, le chapitre six dénombre des axes pour améliorer la durabilité des habitations conventionnelles et pour favoriser le développement et l'intégration des habitations alternatives, découlant de l'analyse, pouvant répondre au besoin de logement du plus grand nombre tout en respectant les limites planétaires, et ce, dans une perspective de durabilité à l'échelle mondiale.

1 MISE EN CONTEXTE

Le *U.S. Global Change Research Program* a démontré en 2009 qu'au cours des 800 000 dernières années, la planète Terre n'a pas subi de perturbations aussi élevées que celles engendrées par les êtres humains, en observant l'augmentation constante des concentrations de CO₂ au cours des deux derniers siècles. Les analyses de bulles d'air emprisonnées dans les carottes glaciaires de l'Antarctique depuis 800 000 ans retracent l'évolution de la concentration de dioxyde de carbone (CO₂) de la planète, démontrant que celle-ci a toujours varié naturellement dans une plage d'environ 170 à 300 parties par million (ppm), avant que l'Homme n'en modifie drastiquement les cycles, comme il est possible de le constater à la figure 1.1. La dernière concentration enregistrée en juillet 2014 se situe à 399.00 ppm, soit environ 30 % au-dessus de son niveau le plus élevé depuis les 800 000 dernières années (Tans et Keeling, 2014).

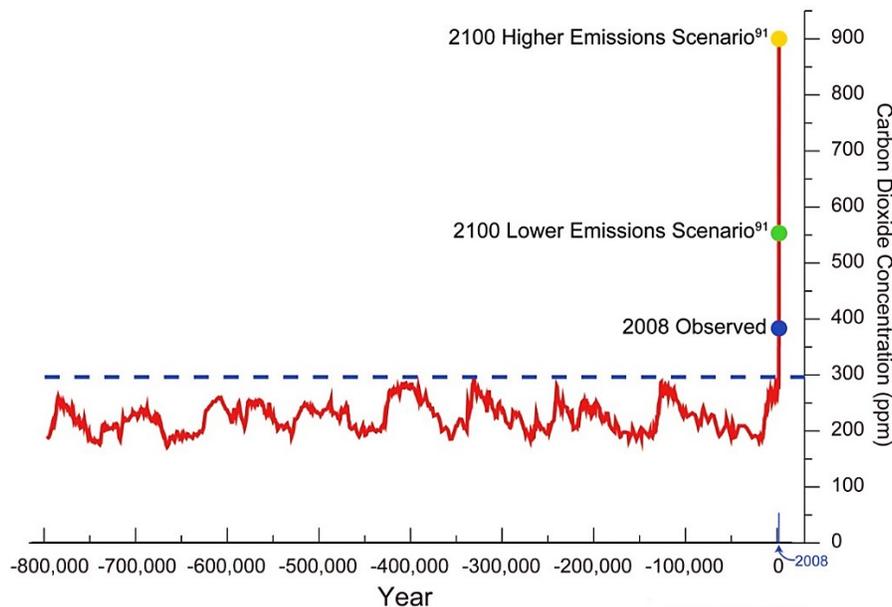


Figure 1.1 Concentration de CO₂ sur 800 000 ans (tiré de : *U.S. Global Change Research Program*, 2009)

En 200 000 ans d'histoire, l'Homme moderne n'a jamais eu autant d'impact sur la planète Terre que dans l'ère géologique actuelle, l'anthropocène. Le début de celle-ci daterait de la fin du 18^e siècle, lorsque les analyses de concentration de CO₂ ont démontré une tendance à la hausse (Crutzen, 2002). Cette période coïncide avec l'invention de la machine à vapeur par James Watt en 1784, caractérisant notamment la révolution industrielle. Depuis 1950, soit la période de la Grande Accélération, l'Homme a modifié la Terre plus rapidement que tous ses prédécesseurs (Home, 2009). Cette constatation provient de la corrélation observée entre l'augmentation de l'activité humaine (figure 1.2) et le taux croissant d'altération de l'atmosphère, de l'hydrosphère, de la lithosphère et de la biosphère (figure 1.3).

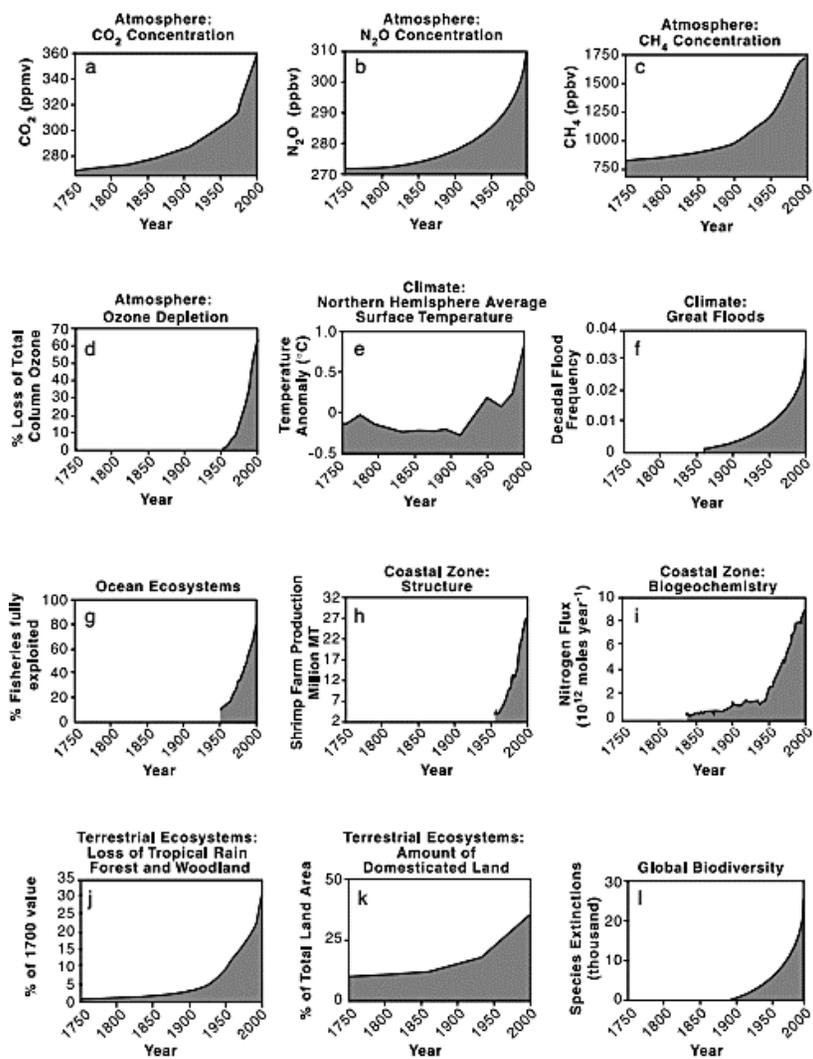


Figure 1.2 Rythmes de l'activité humaine depuis le début de la révolution industrielle (tiré de : *International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), 2004*)

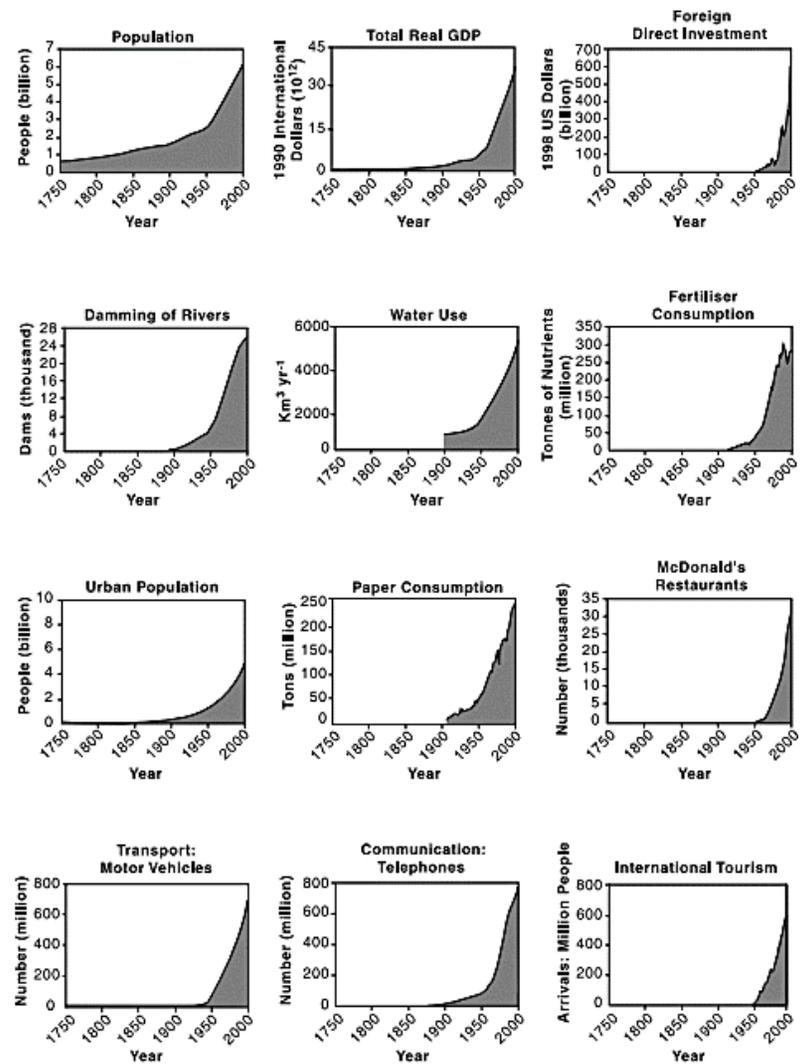


Figure 1.3 Changements consécutifs à la croissance des activités humaines (tiré de : *IGBP, 2004*)

L'enjeu est bien réel. La mesure de l'empreinte écologique de l'Homme, autrement dit le niveau de pression qu'exerce l'Homme sur les ressources naturelles, pression entraînée par la croissance incessante de la population humaine et de la consommation individuelle, démontre que l'utilisation des ressources naturelles dépasse d'environ 30 % la capacité de la planète à se régénérer. Si l'Homme maintient le rythme de son mode de vie actuel, nous aurons besoin de l'équivalent de deux planètes vers le milieu des années 2030 (*World Wildlife Fund, 2008*). Puisque la planète est une ressource finie, qui ne peut produire davantage que ce qu'elle contient, il est donc impossible de soutenir à long terme cette croissance exponentielle. C'est le bien-être des populations et l'avenir de l'humanité qui est en jeu.

1.1 Concept de développement durable

Le constat, qu'il est impossible de soutenir à long terme la croissance maintenue et exponentielle de sollicitation des ressources naturelles de la planète, a également été fait par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'ONU en 1987 (ONU, 1987a). La Commission publia le *Rapport Brundtland* (officiellement intitulé *Notre avenir à tous*), qui jetait les prémices d'un autre modèle de développement, le développement durable, afin de « répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs » (ONU, 1987b). Le concept de développement durable a engendré un consensus international sur l'importance d'adopter une nouvelle façon de penser et de réaliser le développement économique, afin que celui-ci permette de garantir une qualité de vie aux générations actuelles et futures. Cette qualité de vie dépend de l'interrelation de trois dimensions, environnementale, sociale et économique, soit :

« la capacité de pouvoir vivre dans un milieu sain (dimension environnementale), selon un niveau de vie adéquat (dimension économique) et un mode de vie physiquement, intellectuellement et moralement satisfaisant (dimension sociale) » (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), 2002a).

Bien que le concept de développement durable considère généralement ces trois dimensions de façon systémique, il est à noter qu'elles n'ont pas, fondamentalement, le même niveau d'importance. En effet, un développement humain viable ne serait pas possible sans la dimension environnementale, puisque l'environnement fournit les services écosystémiques et les ressources naturelles nécessaires à la subsistance de l'Homme. La dimension économique, quant à elle, est un sous-produit de la société et constitue le moyen par lequel un développement viable est possible. Par conséquent, les dimensions économique et sociale dépendent ultimement de la dimension environnementale, tel qu'illustré à la figure 1.4.

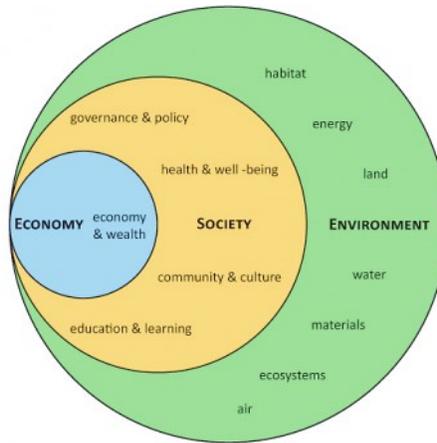


Figure 1.4 Schéma du développement durable (tiré de : *Sustainability Solutions Group*, 2011)

Par ailleurs, la définition d'un développement durable, telle que préalablement citée, contient deux notions inhérentes : celle de besoin et celle de limite.

1.1.1 Notion de besoin

La notion de besoin réfère aux besoins essentiels de tout individu, ou besoins élémentaires, soit ceux physiologiques (ex. : boire, manger, dormir, etc.) et de sécurité (ex. : se loger) (ONU, 1987b). On retrouve ces besoins à la base de la pyramide de Maslow, élaborée en 1943 par le célèbre psychologue du même nom, suite à ses observations sur la motivation (ONU, 1987c; Maslow, 1943). La pyramide de Maslow, qui hiérarchise les besoins humains en cinq catégories, sous-tend que l'Homme cherche d'abord à satisfaire chacun des besoins d'un niveau donné avant de penser à satisfaire les besoins situés au niveau supérieur immédiat, tel que schématisé à la figure 1.5. Le concept de développement durable vise à assurer que chaque être humain puisse répondre à ses besoins élémentaires, car ce sont ceux-ci qui permettent d'assurer la survie de l'espèce humaine.

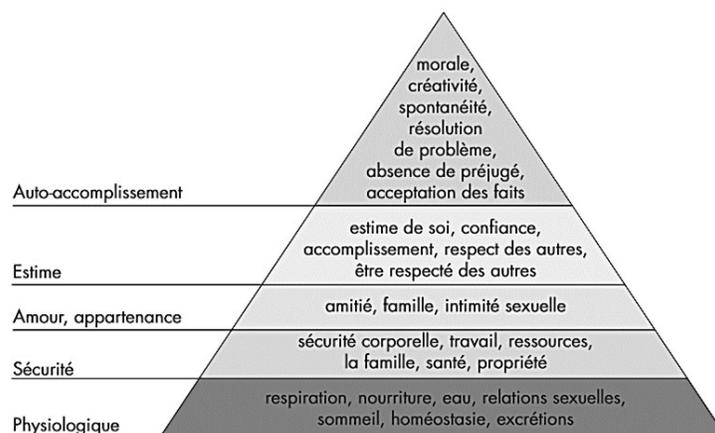


Figure 1.5 Pyramide des besoins (tiré de : Yannou, 2014)

1.1.2 Notion de limite

La notion de limite réfère aux contraintes imposées par le niveau technologique et d'organisation sociale, ainsi qu'à la capacité de la planète à répondre aux besoins de la présente et des futures générations (ONU, 1987b). Actuellement, il n'existe pas de limites fixées en termes de population ou d'utilisation des ressources naturelles au-delà desquelles se trouve un désastre écologique. Toutefois, il existe des limitations que l'on retrouve sous forme de raréfaction des ressources, telles que l'argent métal et le pétrole, respectivement menacés d'épuisement pour 2021 et 2050 (ConsoGlobe, 2011). Également, le transfert peu efficace des technologies vertes des pays du Nord vers les pays du Sud peut représenter une limitation en termes d'accès à des technologies à faibles impacts environnementaux. Par ailleurs, si l'humanité vient à épuiser les ressources non renouvelables et à dépasser entièrement la capacité de régénération des ressources renouvelables, on peut admettre qu'il existe des limites planétaires ultimes. Ainsi, un développement durable exige qu'un accès équitable aux ressources et que des efforts pour préserver celles-ci soient assurés bien avant que les limites ultimes ne soient atteintes (ONU, 1987d).

Or, tandis que les besoins élémentaires des Nord-Américains sont adéquatement assouvis chez plus de 95 % de la population (Banque mondiale, 2008; Henry et autres, 2013; Gaetz et autres, 2013) et que ces besoins ne comptent que pour 50 % de leur budget en moyenne (*Bureau of Labor Statistics* (BLS), 2014; Statistique Canada, 2014), on note que le taux d'endettement est d'environ 150 % (Services économiques TD, 2013). Il a été démontré que l'équivalent de cinq planètes serait requis en termes de ressources naturelles si la population mondiale entière vivait selon le mode de vie actuel d'un Nord-Américain (*Global Footprint Network*, 2010). Il est donc possible de conclure que la plupart des ménages nord-américains consomment au-delà de leurs besoins élémentaires et des limites planétaires. Cette surconsommation représente un enjeu international, puisqu'elle engendre un déséquilibre mondial au niveau de la pression appliquée sur les ressources naturelles, ce qui va à l'encontre d'un développement durable permettant d'assurer la pérennité des générations futures.

1.2 Besoin élémentaire ciblé : se loger

Le besoin élémentaire de se loger a été ciblé pour réaliser une analyse de la durabilité du cycle de vie, car celui-ci représente généralement le bien de consommation le plus important par rapport au budget d'un ménage et engendre des impacts négatifs significatifs sur l'objectif ultime d'un développement durable, soit la qualité de vie (Lauzon, 2007).

En effet, la majorité des dépenses des ménages québécois est consacrée au logement, avec une proportion moyenne de 25 % (Institut de la statistique du Québec, 2012). Par ailleurs, la superficie moyenne des maisons est passée de 116 à 129 m² de 1990 à 2009, alors que le nombre de personnes par ménage est passé de 2,8 à 2,5 pour la même période (RNCan, 2011). Cela laisse présupposer qu'il existe un désir d'acquérir une propriété plus grande que les besoins réels d'un ménage le requièrent. Or, ce désir pourrait constituer un facteur affectant la qualité de vie des personnes, en constatant le niveau d'endettement hypothécaire qui a augmenté d'environ 20 % de 2000 à 2011 (Journal de l'habitation, 2013), alors que les revenus totaux moyens par ménage n'ont augmenté que de 12 % pour la même période (Institut de la statistique du Québec, 2014). Ce phénomène d'endettement croissant impose un stress financier chez les individus, d'autant plus que le prix moyen des maisons a doublé de 2000 à 2011 (Société d'habitation du Québec (SHQ), 2012). Ce stress peut engendrer des répercussions négatives sur la santé psychologique et physique, telles des réactions biologiques drainant le corps et rendant les personnes plus vulnérables à plusieurs maladies graves comme des problèmes cardiovasculaires, immunitaires et de diabète de type 2. Également, des habitudes malsaines compensatoires peuvent être employées tel le tabagisme, une trop grande absorption de glucides et l'abus d'alcool et de drogues (Mikkonen et Raphael, 2010), en plus du risque accru de souffrir de dépression ou autre maladie mentale causée par le stress (Blackburn-Munro, 2001).

Par ailleurs, parmi les besoins élémentaires nécessitant une consommation de produits, tels que se nourrir, se loger et se vêtir, le besoin de se loger est celui qui a le plus grand impact environnemental en tenant compte du cycle de vie des produits de consommation nécessaires à l'assouvissement de ces besoins. Par ordre d'importance d'impact environnemental total sur l'ensemble des produits de consommation privée en termes de proportion, on retrouve:

- L'habitation, avec une proportion de 20 % à 35 %, incluant le bâtiment, les fournitures, les électroménagers et l'énergie (pour la climatisation/chauffage de l'air et le chauffage de l'eau);
- L'alimentation, avec une proportion de 20 % à 30 %;
- L'habillement, avec une proportion de 2 % à 10 % (Tukker et autres, 2006).

La figure 1.6 illustre les proportions de contribution aux GES annuels de différents pays selon la catégorie de produit de consommation privée. On remarque que l'habitation a un impact significatif sur l'environnement, en contribuant à environ un tiers des quantités de GES générés annuellement. Il est à noter que l'habillement entre dans la catégorie *Other*.

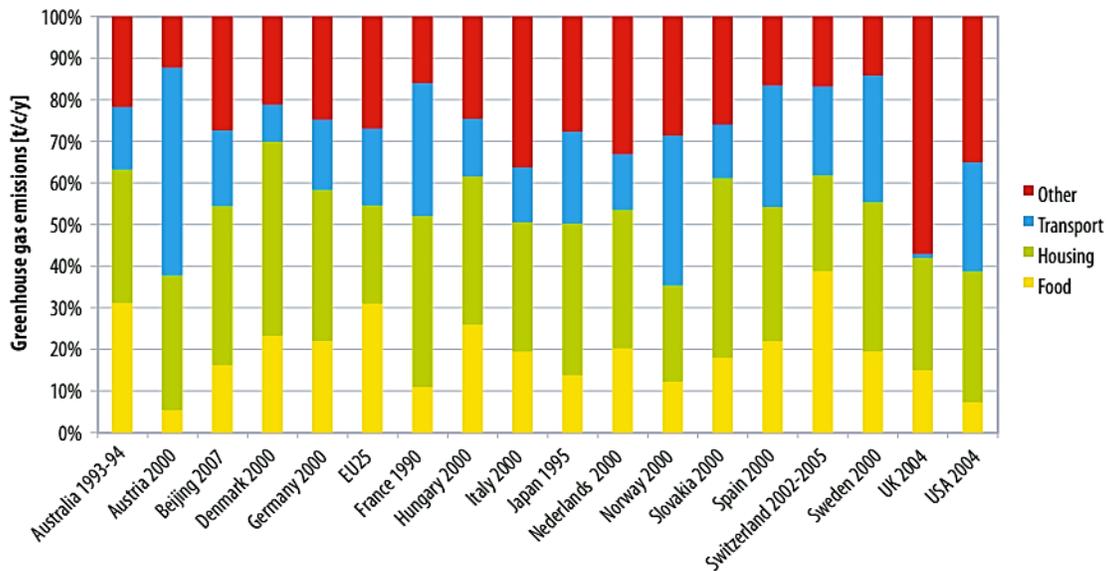


Figure 1.6 Répartition sectorielle d'émissions de GES des ménages identifiés dans les différentes études (tiré de : PNUE, 2010)

Afin de démontrer les gains en termes de développement durable qui pourraient être obtenus en reconsidérant le choix d'habitation d'un ménage, trois modes d'habitation dits alternatifs seront analysés selon l'approche cycle de vie, par rapport au mode d'habitation québécois conventionnel. L'analyse de ces modes d'habitation permettra de suggérer des axes d'amélioration de la durabilité des habitations conventionnelles pouvant répondre au besoin de logement du plus grand nombre, tout en respectant les limites planétaires (quantité finie de ressources non renouvelables et capacité limitée de régénération des ressources renouvelables), et ce, dans une perspective de durabilité à l'échelle mondiale.

2 PORTRAIT DE L'HABITATION AU QUÉBEC

Bien que le nombre de personnes par ménage soit passé de 2,8 à 2,5 au Canada entre 1990 et 2009, un désir de grandeur s'apparentant au rêve américain est observable à travers la tendance croissante de la superficie des habitations, alors que celle-ci est passée de 116 à 129 m², de 1990 à 2009 (RNCan, 2011). Cette augmentation de superficie apparaît opposée à la prévision de distribution des ménages québécois, qui indique un déclin des couples avec enfants (figure 2.1).

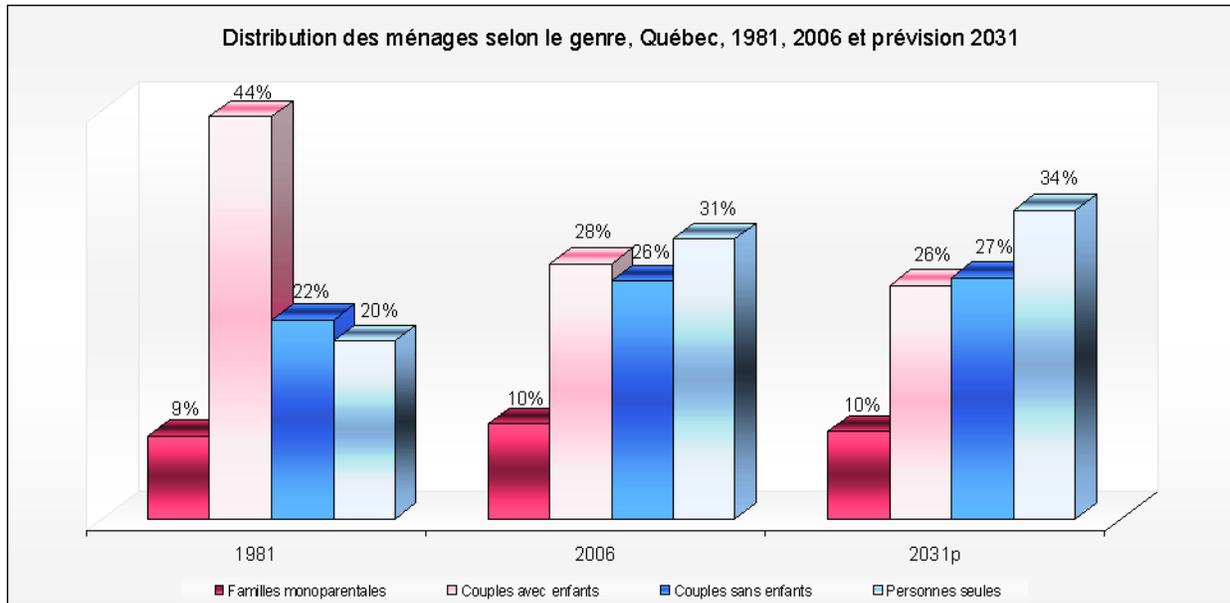


Figure 2.1 Distribution des ménages québécois selon le genre, 1981, 2006 et prévision 2031 (tiré de : SHQ, 2014)

Bien qu'il semble logique de penser que le coût des maisons soit proportionnel à leur superficie, l'analyse de la valeur marchande moyenne des maisons unifamiliales au Québec démontre que ce n'est pas le cas, le coût d'achat ayant pratiquement quadruplé de 1996 à 2005 pour des maisons de même superficie, alors que le revenu des ménages est relativement stagnant depuis les années 70 (figure 2.2).

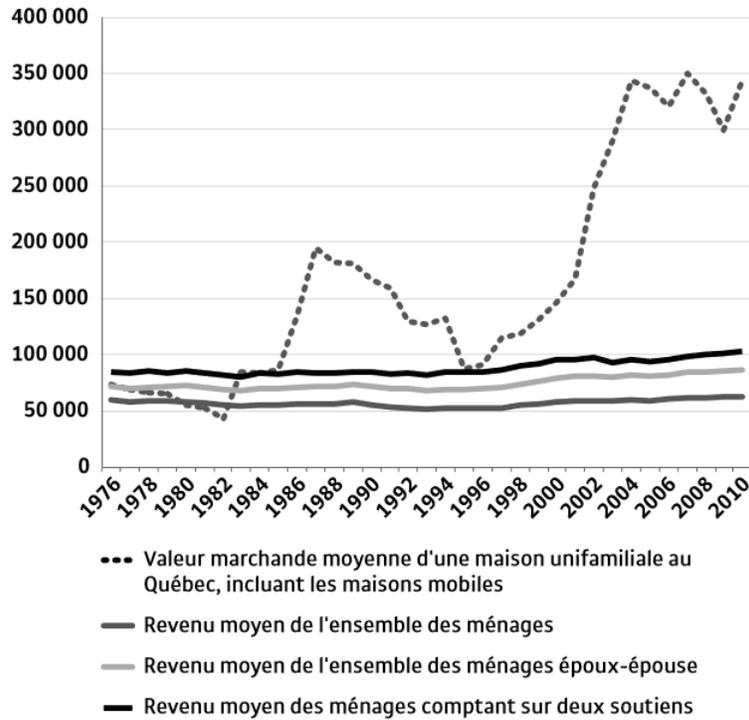


Figure 2.2 Valeur marchande moyenne d'une maison unifamiliale et revenu moyen des ménages au Québec 1976–2010 (en \$ courants) (tiré de : Institut de recherche et d'informations socio-économiques (IRIS), 2013)

Cette hausse des coûts relatifs à l'achat d'une maison peut être expliquée par la bulle immobilière américaine qui a commencé vers la fin des années 2000, mais aussi par d'autres facteurs tels l'accroissement du coût des terrains (Association des professionnels de la construction et de l'habitation du Québec (APCHQ), 2013). De plus, en raison de l'augmentation de la population au Québec (figure 2.3), il apparaît peu probable que le prix des terrains puisse diminuer, dû au fait de la réduction de l'offre de terrains habitables versus la demande croissante.

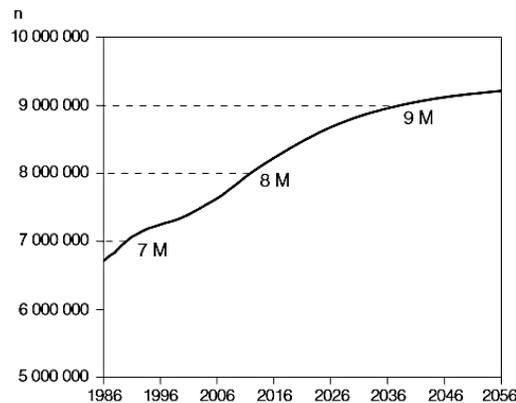


Figure 2.3 Population totale observée et projetée, Québec, 1986 – 2056 (tiré de : Institut de la statistique du Québec, 2013a)

Cette situation d'élévation constante des coûts des maisons et des terrains ne favorise pas l'accès à la propriété. Le nombre de premiers acheteurs a diminué de 11 % entre 2011 et 2013 (Argent, 2014). De plus, l'APCHQ estime que la réduction de la période d'amortissement maximale des prêts hypothécaires de 30 à 25 ans a potentiellement restreint l'accès à la propriété de 38 700 ménages (APCHQ s. d.a). Le taux de propriété au Québec était de 61,2 % en 2011, ce qui est inférieur à la moyenne canadienne de 69 % (Statistique Canada, 2013).

Le logement est la dépense la plus importante des ménages québécois, avec une proportion moyenne de 23,4 % (Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO), 2014a). On note également que 19 % des ménages (593 910 ménages en 2006) devaient consacrer plus de 30 % de leur revenu brut à leur logement et que le niveau d'endettement hypothécaire a augmenté d'environ 20 % de 2000 à 2011 (SHQ, 2012; Journal de l'habitation, 2013).

Du côté de l'énergie, la majorité des habitations québécoises emploie l'électricité comme principale source d'énergie (Statistique Canada, 2012). On peut admettre que l'énergie employée dans les habitations est un autre facteur contribuant à la hausse des dépenses des ménages relatives au logement, car le prix de l'électricité a augmenté de 275 % de 1980 à 2013 (CIRANO, 2014b).

Concernant le type de construction résidentielle au Québec, on note à la figure 2.4 qu'approximativement la moitié était des maisons individuelles en 2011.

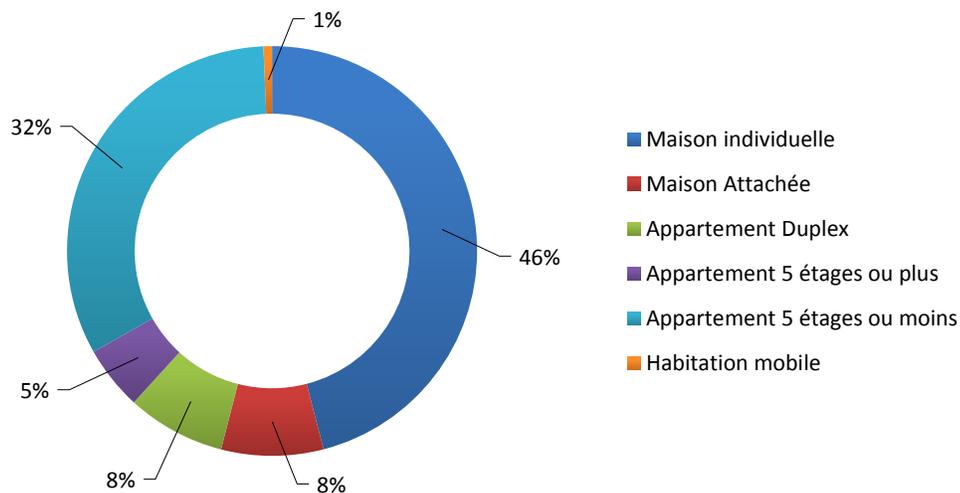


Figure 2.4 Type de construction résidentielle au Québec en 2011 (%) (adapté de : Institut de la statistique du Québec, 2013b)

3 MODES D'HABITATION ALTERNATIFS

Depuis plusieurs années, le domaine de la construction immobilière résidentielle s'est bonifié de l'intégration de principes visant à réduire l'impact environnemental et économique de la construction ou la rénovation d'habitation, tels que l'efficacité énergétique, la réduction de la consommation d'eau, l'utilisation de matériaux recyclés et certifiés écologiques, l'utilisation de produits sans composantes nocives pour la santé et l'environnement (peinture, vernis, etc.), etc. (Friedman, 2014). De plus en plus, des projets immobiliers dirigés par des professionnels du milieu visent à atteindre des niveaux de certification telle *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), l'une des plus importantes certifications dans le domaine de l'habitation en Amérique du Nord.

Dans cette foulée, des modèles d'habitation alternatifs ont émergé dans une perspective de réduction des impacts environnementaux et économiques liés à la construction, à l'utilisation et à la fin de vie utile d'une maison, ainsi qu'à l'amélioration de la qualité de vie globale de ses occupants. Parmi ces modèles se trouvent les minimaisons et les géonefs.

Toutefois, bien que de nouvelles innovations voient le jour afin de rendre plus durable les modes d'habitation dans les pays développés, il importe de s'interroger à propos de leur impact positif réel pour un développement durable. L'analyse de la durabilité de leur cycle de vie réalisée dans cet essai servira notamment à élucider cette question.

3.1 Minimaison

Le concept de minimaison, mieux connu sous l'expression de « *small houses* », est un mouvement social et architectural valorisant la simplification du mode d'habitation par la réduction de la surface habitée. Bien qu'il n'existe pas de lignes directrices ou de normes pour déterminer la superficie à laquelle une maison peut être considérée comme une minimaison, la littérature décrit en général les minimaisons comme étant des structures habitables de moins de 1000 pi² (93 m²) (Shafer, 2009; Lidz, 1979; Walker, 1987).

Le concept de minimaison inclut celui des micromaisons, connu également sous l'expression de « *tiny houses* », des structures habitables généralement de moins de 400 pi² (37 m²) et bâties sur des remorques la plupart du temps, donc mobiles (figures 3.1 et 3.2).



Figure 3.1 Exemple d'une micromaison (vue extérieure) (tiré de : *Tumbleweed Tiny House Company*, 2014b)



Figure 3.2 Exemple d'une micromaison (vue plan) (tiré de : *Tiny House Talk*, 2010)

Les habitations se trouvant entre 400 et 1000 pi² peuvent être nommées « petite maison » (figures 3.3 et 3.4).



Figure 3.4 Exemple d'une petite maison (vue extérieure) (tiré de : *Tumbleweed Tiny House Company, 2014a*)



Figure 3.3 Exemple d'une petite maison (vue intérieure) (tiré de : *Tumbleweed Tiny House Company, 2014a*)

Bien que l'intérêt pour les minimaisons ait véritablement pris son envol vers la fin des années 1990 avec le début de la bulle immobilière aux États-Unis (figure 3.5) et de la hausse rapide du prix des maisons, ce concept avait déjà été évoqué par certains précurseurs, tel Henry David Thoreau, dès le 19^e siècle.

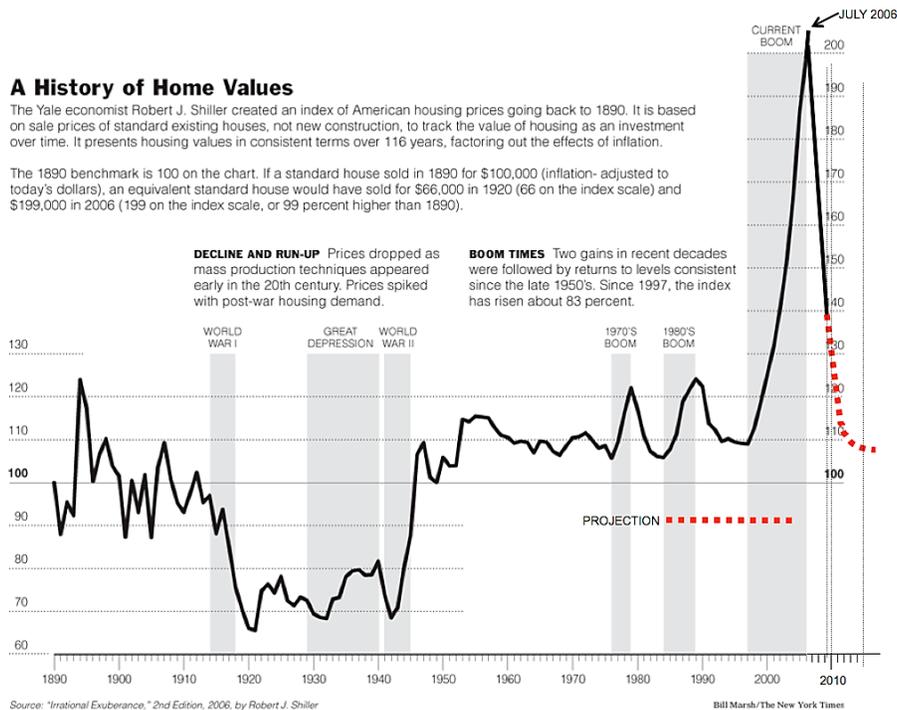


Figure 3.5 Évolution de l'index Schiller (tiré de : Ritholtz, 2009)

S'en suit, plus récemment, Lloyd Kahn qui publiait en 1973 le livre *Shelter* se voulant être un guide présentant les différents types de petites habitations à travers le monde. Kahn a été influencé par le renommé architecte visionnaire Richard Buckminster Fuller, qui prônait des maisons préfabriquées peu coûteuses et durables (Kahn, 1989). Un exemple en est la maison Dymaxion conçue par Buckminster Fuller et construite vers la fin des années 1920, un prototype pionnier de petite maison complètement autonome avec une superficie d'environ 1100 pi² (102 m²) (Merin, 2013; Baldwin, s. d.).

En 1979, l'artiste Jane Lidz publiait le livre *Rolling Homes: Handmade Houses on Wheels*, qui examine les maisons mobiles des années 70, dans lequel on peut retrouver, par exemple, un autobus scolaire complètement modifié ou bien une remorque tsigane.

Un autre précurseur du mouvement des minimaisons est l'architecte Lester R. Walker, qui publia en 1987 le livre *Tiny Tiny Houses: or How to Get Away From It All*, présentant des modèles de petites maisons qui se veulent le plus largement accessible financièrement et en terme de construction.

En 1997, Jay Shafer, considéré comme étant la référence en matière de micromaisons, s'intéressait beaucoup au concept de petit espace d'habitation et déménageait lui-même dans une caravane *Airstream*. Peu de temps après, il conçut et construit une petite maison de moins de 100 pi² (9,3 m²). Sa passion pour les minimaisons l'amena à fonder ensuite l'entreprise *Tumbleweed*, qui est devenue depuis bien établie et reconnue dans le domaine de la construction de minimaisons. Shafer soutient qu'un design supérieur d'habitation, via une superficie minimale de logement, peut permettre de tendre vers une plus grande justice sociale (Shafer, 2009).

Pionnière de l'actuel « *small house movement* », Sarah Susanka publia en 1998 son premier livre, *The Not So Big House: A Blueprint For the Way We Really Live*, devenu un best-seller. La philosophie de Susanka est de valoriser la qualité plutôt que la quantité, soit de mieux vivre en optimisant la construction par la réduction des effectifs d'une maison (Susanka Studios, 2014).

En 2002, les micromaisons sur roues sont popularisées par Jay Shafer, Shay Salomon, Nigel Valdez et Gregory Paul Johnson qui fondent la *Small House Society*, ayant pour mission de :

« soutenir la recherche, le développement et l'utilisation de petits espaces de vie qui favorisent une vie durable pour les individus, les familles et les communautés à travers le monde » (*Small House Society*, s. d.b).

Une autre initiatrice réputée des micromaisons est Dee Williams qui, avec Joan Grimm, dirige l'entreprise *Portland Alternative Dwellings* (PAD), à travers laquelle des ateliers relatifs aux micromaisons sont offerts

au public. En 2004, Williams a vendu sa maison conventionnelle à Portland pour déménager dans une maison de 84 pi² (7,8 m²) qu'elle a elle-même construite (PAD, 2012a).

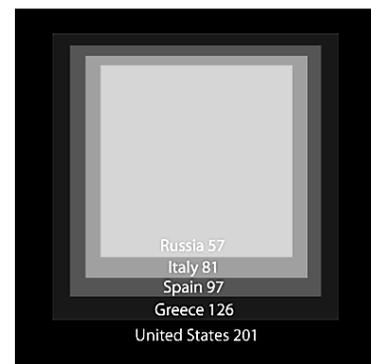
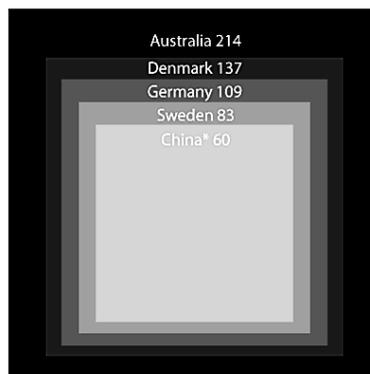
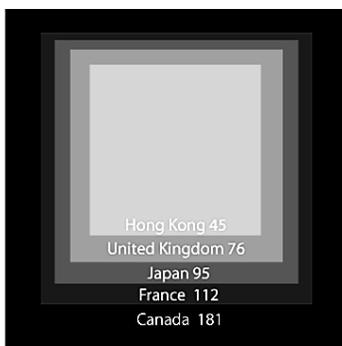
C'est dans de tristes circonstances que le concept de minimaisons fût davantage popularisé en 2005, lorsque l'Agence fédérale de gestion des situations d'urgence (FEMA) des États-Unis a dû trouver rapidement un grand nombre de logements pour des milliers de citoyens sans-abris à la suite de l'ouragan Katrina, en Nouvelle-Orléans. En premier lieu, la FEMA avait acheté 120 000 caravanes pour pallier à ce problème, mais ces caravanes ne se sont pas révélées être une bonne solution : à la suite de nombreuses plaintes de maux de tête et de troubles respiratoires de leurs occupants, les autorités sanitaires ont décelé des niveaux élevés d'émissions de formaldéhyde contenu dans les matériaux utilisés pour construire les caravanes (Sabot, 2010). En réponse à cette situation, des architectes tels que Marianne Cusato ont été embauchés pour concevoir des petites maisons. Les plans de ces petites maisons ont connu un tel succès qu'ils sont toujours en vente aujourd'hui et continuent à croître en popularité (Cusato, 2014).

Avec la crise financière de 2007-2010 ayant mené à plusieurs saisies de propriétés et de faillites personnelles en raison de prêts et de conditions hypothécaires trop élevées (*Earthship Bioteecture, s. d.b*), le mouvement des « *small houses* » a vraiment attiré l'attention, puisque les minimaisons constituent des logements plus abordables que les maisons conventionnelles.

Même si le concept de vivre dans de petits espaces ne soit pas nouveau à travers le monde, celui-ci apparaît presque comme étant radical aux États-Unis et au Canada, où la superficie moyenne des maisons et celle utilisée en moyenne par personne était respectivement de 2056 pi² (191 m²) (figure 3.6) et 806 pi² (75 m²) (figure 3.7) en 2009.

How big is a house?

Average new home size around the globe in m²



Note: data for 2009 builds, * China figures urban only

Sources: CommSec, RBA, UN, US Census
shrinkthatfootprint.com

Figure 3.6 Superficies moyennes des maisons de différents pays (m²) (tiré de : *Shrink That Footprint, s. d.a*)

How much space is enough?

Average residential floor space per capita in m²



Note: data for 2009 builds. * China figures urban only, assumes average national household size
Sources: CommSec, RBA, UN, US Census
shrinkthatfootprint.com

Figure 3.7 Superficies moyennes par personne de différents pays (m²) (tiré de : *Shrink That Footprint*, s. d.b)

Toutefois, au-delà de la superficie habitable, il y a une nuance à apporter : une maison considérée petite pour une famille de quatre personnes peut être grande pour une personne vivant seule (*Small House Society*, s. d.a). Le mouvement des minimaisons prône que les maisons aient une taille appropriée permettant de répondre aux besoins de ses occupants, tout en maximisant leur qualité de vie et en minimisant leur impact sur l'environnement. Dans cette optique, plusieurs critères ont été élaborés pour aider les individus à déterminer la taille appropriée de leur maison :

- Combien de personnes vivront dans la maison?
- Est-ce qu'il y aura fréquemment des invités?
- Avez-vous ou prévoyez-vous avoir des enfants? Si oui, combien et quand?
- Est-ce qu'une ou plusieurs personnes prévoient exploiter une entreprise à la maison?
- Y a-t-il des besoins spéciaux comme l'accessibilité en fauteuil roulant ou une chambre pour un studio d'art ou un piano à queue? (*ResourcesForLife.com*, 2008)

La notion de maison de taille appropriée est d'ailleurs prise en compte dans la certification LEED. Son système d'évaluation des maisons possède une méthode d'ajustement du pointage obtenu pour compenser l'effet global sur l'environnement qu'ont de trop grandes maisons, en termes de consommation d'énergie et de matériaux (*Canada Green Building Council (CaGBC)*, 2010).

Le message qui sous-tend le mouvement des minimaisons est d'être davantage conscient de son mode de vie. Cela implique de reconsidérer les décisions d'achat et de consommation au quotidien, puisque l'espace de l'habitation est restreint (*Tiny House Talk*, 2014).

Actuellement, le marché des minimaisons aux États-Unis est estimé à seulement 1 % (*National Association of Realtors*, 2013). Il est toutefois possible que ce pourcentage soit plus élevé, puisqu'en raison de la législation présentement en vigueur, il est possible que plusieurs minimaisons ne figurent pas dans les registres gouvernementaux. En effet, la législation autant états-unienne que québécoise n'apparaît pas

favorable aux minimaisons. Étant donné que la majeure différence entre les minimaisons et la plupart des maisons conventionnelles réside dans la dimension, plus précisément dans la superficie d'implantation au sol, il faut se référer à la réglementation relative au zonage. Au Québec, cette réglementation relève de la compétence municipale selon la *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme* (Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire, 2010; *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme*, L.R.Q., c. A-19.1, art. 113, par. 5). Or, la majorité des municipalités ne permettent pas la construction de maisons de superficie inférieure à 750 pi² (Lachapelle, 2014).

Cela dit, la proportion de minimaisons pourrait augmenter dans les prochaines années en observant la tendance à la hausse de l'intérêt porté à ce mouvement. De juillet 2004 à juillet 2014, le nombre de recherches *Google* comportant l'expression « *small house movement* » a augmenté de 625 % (figure 3.8). Il est à noter que le graphique ne présente pas de chiffres en ordonnée (axe vertical du graphique), due à une normalisation des données.



Figure 3.8 Tendence de recherche Google de l'expression « *small house movement* » (tiré de : *Google Trends*, 2014)

En 2014, une série télévisée, *Tiny House Nation*, a même vu le jour aux États-Unis. Des experts en rénovation aident les gens à concevoir et à construire leur minimaison de rêve, en misant sur la créativité et l'innovation pour aménager des espaces de maximum 500 pi² (46,5 m²) en milieux de vie agréables (*Tiny House Nation*, 2014).

Le mouvement des minimaisons attire l'intérêt de façon croissante en raison des bénéfices sociaux, économiques et environnementaux que ce mode d'habitation apporte. Les minimaisons tendent à améliorer la qualité de vie : étant de dimension plus petite que des maisons conventionnelles, les occupants consacrent moins de temps aux tâches ménagères et à l'entretien de leur habitation. Vivre dans une plus petite maison amène aussi les occupants à se désencombrer au niveau matériel en raison de

l'espace restreint, ce qui allège les préoccupations reliées à la possession de biens matériels (Hill, 2013). En ce qui a trait à la collectivité, les minimaisons peuvent permettre une plus grande densification des municipalités puisqu'elles ne requièrent que de petites surfaces d'implantation au sol, pouvant ainsi augmenter la population et justifier l'offre de services de proximité. Être propriétaire d'une minimaison peut également favoriser le sentiment d'inclusion sociale au sein d'une communauté en incitant à recourir davantage au partage de biens (ex. : outils), aux services communautaires (ex. : buanderie) et aux espaces publics (ex. : parcs, cafés, etc.), du fait que l'espace restreint de la maison contraint la possession de biens et encourage les occupants à jouir de l'espace extérieur à leur habitation.

Les micromaisons, quant à elles, apportent une plus grande flexibilité dans le mode de vie puisqu'elles sont faciles à déplacer grâce à leur implantation sur roue. Au niveau économique, le coût à l'achat des minimaisons est approximativement de deux à cinq fois plus petit qu'une maison conventionnelle (Labbé, 2014; Lachapelle, 2014). L'endettement relié à un prêt hypothécaire s'en trouve alors diminué. Le volume de l'habitation réduit aussi les coûts d'utilisation de l'énergie et d'entretien. Les taxes municipales sont également plus faibles. Ainsi, une plus grande portion du budget familial peut être consacrée à d'autres besoins. La construction de celles-ci nécessitant moins de matériel et d'énergie, on peut supposer que les minimaisons génèrent moins d'impact environnemental qu'une maison conventionnelle. Généralement, les minimaisons incluent aussi des mesures visant l'économie de ressources (ex. : toilette sèche pour réduire la consommation d'eau).

Ultimement, une réduction des dimensions dans le choix d'une maison tend à augmenter la proportion disponible de temps et d'argent. Ainsi, une telle situation peut contribuer positivement à atteindre une meilleure qualité de vie, davantage équilibrée et centrée sur ce qui importe vraiment aux individus, et ceci, tout en diminuant l'empreinte écologique des habitations.

3.2 Géonef

Ce type d'habitation unique, rappelant quelque peu les habitats troglodytiques existant depuis la Préhistoire, emploie les principes dits « passifs » de chauffage et de climatisation (masse thermique, géothermie passive et solaire passif) et se construit à partir d'un amalgame stratégique de matériaux naturels (terre, sable, argile, chaux éteinte et bois) et de matériaux récupérés (pneus usagés, bouteilles de verre et de plastique, boîtes de conserve et canettes d'aluminium) (figure 3.9). Le géonef est conçu pour s'aligner avec les quatre éléments naturels, soit le feu (soleil), la terre, l'eau et l'air, afin de créer une maison qui offre à ses occupants tout ce dont ils ont besoin pour vivre, et ce, tout en minimisant leurs

impacts environnementaux. Le but ultime visé par le géonef est l'autosuffisance en énergie, en eau, ainsi que partiellement en nourriture (*Earthship Bioteecture*, s. d.b).



Figure 3.9 Exemple d'un géonef (tiré de : *Building Opinions*, 2008)

La construction d'un géonef consiste principalement à ériger la structure externe à l'aide de pneus remplis de terre entassée (figure 3.10), formant des murs de plus d'un mètre d'épaisseur qui isolent parfaitement la maison (ConsoGlobe, 2009). Cette structure de pneus est ensuite recouverte de torchis/adobe, composé d'argile, de chaux et d'eau. Les murs internes sont construits de la même façon que les murs externes, à la différence qu'ils sont plus minces et se composent de bouteilles et de cannettes au lieu de pneus (*Earthship Bioteecture*, s. d.d) (figure 3.11).



Figure 3.10 Construction d'un géonef (tiré de : Nardone, 2013)



Figure 3.11 Construction d'un géonef en projet humanitaire (tiré de : *Earthship Bioteecture*, 2013)

Ce concept de maison a été développé dans les années 1970 par Michael Reynolds, un architecte américain établi au Nouveau-Mexique, qui nomma ces habitations *earthship*. L'idée de ces habitations a émergé du constat suivant :

« tandis que d'un côté nous épuisons les ressources naturelles de notre planète, de l'autre nous produisons des déchets en quantité importante. Il faut donc casser ce système sans fin » (L'habitat éco-responsable, 2012).

Ainsi, plus de 3000 géonefs ont vus le jour à travers le monde, dont environ 500 ont été construits par l'entreprise de Michael Reynolds, *Earthship Bioteecture* (Shirber, 2007). La mission de ce dernier à travers les géonefs est de :

- « Faire évoluer la façon dont les humains vivent sur cette planète par l'évolution des méthodes existantes de vivre, maison par maison;
- Dans le but de faire des petits pas crédibles vers un ralentissement et ultimement un renversement de l'impact négatif du développement humain en ce qui concerne la capacité de la Terre à continuer de soutenir la vie;
- En présentant ces étapes d'une manière aisément compréhensible et qui inspire les gens à agir;
- Pour donner le pouvoir aux personnes de faire des changements positifs dans leur vie afin de réduire leur impact en termes de réchauffement climatique. » (*Earthship Bioteecture*, s. d.a).

Afin de remplir cette mission, le géonef prône six fondements idéologiques, présentés au tableau 3.1.

Tableau 3.1 Fondements idéologiques des géonefs (adapté de : Earthship : introduction, 2013)

Fondement idéologique	Définition
Simplicité	L'habitation doit être accessible à tous du point de vue économique, facile à construire et à entretenir.
Indépendance	L'habitation doit viser l'autonomie (énergétique, eau et nourriture).
Santé	L'habitation doit favoriser une bonne santé et une plus grande connexion avec l'environnement.
Écologie	L'habitation doit maximiser son impact positif sur l'environnement.
Responsabilisation	L'habitation doit inciter ses occupants à être responsable par rapport à leur propre consommation. Ex.: Puisque le géonef est indépendant des systèmes externes, si les occupants exagèrent en gaspillant l'eau ou l'énergie, c'est eux qui en subiront les conséquences et non l'environnement.
Sécurité	L'habitation doit permettre d'assurer la sécurité de ses occupants face aux instabilités de l'économie et des désastres naturels potentiels.

Pour mettre en œuvre les six fondements idéologiques, six principes de conception sont intégrés au géonef, tel que présenté au tableau 3.2.

Tableau 3.2 Principes de conception des géonefs (adapté de : Earthship : introduction, 2013; *Earthship Bioteecture*, s. d.b)

Principe de conception	Précision
Construire avec des matériaux naturels et récupérés	Matériaux naturels (terre, sable, argile, chaux éteinte et bois) et de matériaux récupérés (pneus usagés, bouteilles de verre et de plastique, boîtes de conserve et canettes d'aluminium).
Chauffage et climatisation passive (Masse thermique, géothermie passive et solaire passif)	Pour répondre à tous les besoins en chauffage et en climatisation.
Collecte des eaux de pluie	Pour répondre à tous les besoins en eau.
Traitement des eaux grises et noires	De façon responsable sur place.
Production de nourriture	Sur place dans la serre annexée à la maison.
Utilisation de l'énergie renouvelable	Énergie solaire, thermique et éolienne.

Les principes « passifs » sont la masse thermique, la géothermie passive et le solaire passif.

- Masse thermique

Afin de conserver une température stable, les murs et le plancher d'un géonef utilisent le principe de masse thermique. Ce principe, également nommé inertie thermique, est « le potentiel de stockage thermique d'une maison » (Morneau et Gongga-Saholiariliva, 2005) retrouvé à travers différents matériaux (murs composés de pneus remplis de terre et plancher en pierre ou béton), et qui permettent d'emmagasiner, comme une batterie thermique, la chaleur pour la restituer en période froide et la fraîcheur pour la restituer en période chaude (telle l'application de la deuxième loi de la thermodynamique) (Écohabitation, s. d.a). La figure 3.12 présente le principe de masse thermique utilisé pour les murs d'un géonef. Les rayons du soleil pénètrent à l'intérieur du géonef via la façade sud qui agit comme un immense capteur vitré, réchauffent ensuite la masse thermique qui conserve la chaleur (ex. : le jour), pour finalement la relâcher en période plus froide (ex. : la nuit).

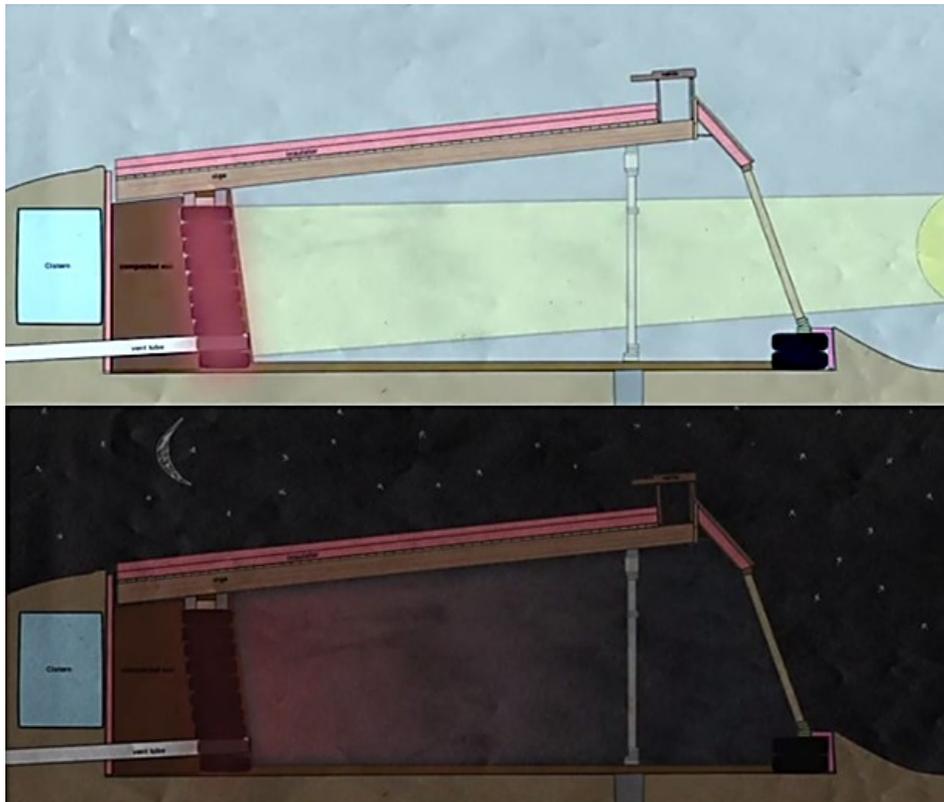


Figure 3.12 Démonstration du concept de masse thermique (tiré de : Earthship : chauffage passif, 2014)

- Géothermie passive

Un autre principe employé dans la conception passive d'un géonef pour stabiliser la température intérieure est la géothermie. Ce principe est mis en pratique en semi-enterrant le géonef dans la terre et en le couvrant de celle-ci jusqu'à son toit sur ses façades nord, est et ouest. Le côté sud n'est pas couvert, car il est employé pour faire pénétrer les rayons du soleil à l'intérieur de l'habitation via la fenestration. Cette conception architecturale permet d'obtenir une température stable d'environ 8 à 10 degrés Celsius à l'année (Earthship : chauffage passif, 2014). Ceci est dû au fait que la terre est plus chaude que l'air ambiant et se réchauffe de façon croissante en profondeur sous la surface terrestre. De plus, la terre a une inertie thermique plus élevée que l'air, ce qui permet de conserver la chaleur plus facilement qu'une maison non couverte de terre. La géothermie passive fera en sorte que l'habitation ne puisse pas geler en hiver, même si celle-ci n'est pas habitée sur une longue période de temps (Earthship : chauffage passif, 2014).

- Solaire passif

Une habitation solaire passive est un bâtiment qui utilise pratiquement uniquement les rayons du soleil pour assouvir les besoins en chauffage et en climatisation de ses occupants, et ce, peu importe la saison, sans recourir à des moyens mécaniques ou autres qui consomment de l'énergie (Écohabitation, s. d.a). Ce principe permet de réduire jusqu'à 90 % la consommation d'énergie requise pour le chauffage et la climatisation (Écohabitation, s. d.a). Ceci est possible en optimisant simplement la conception architecturale et l'orientation du bâtiment, telle une bonne isolation, une inclinaison et une épaisseur de fenêtres adaptées selon la latitude pour faire entrer ou non les rayonnements solaires à l'intérieur de la maison en fonction des saisons (pour un maximum de rayonnement intérieur en hiver et un minimum de rayonnement intérieur en été) et une orientation sud de la façade vitrée de la maison afin de recueillir un maximum de rayonnement (Écohabitation, s. d.b). La climatisation passive est réalisée à l'aide d'un système très simple d'ouvertures manuelles situées sur les façades orientées vers le nord et le sud. Par effet de succion, l'air est tiré de la façade nord pour ensuite être évacué à la façade sud. La figure 3.13 illustre le fait que le soleil ne réchauffe en été que la serre située à l'avant du géonef, car le soleil est très haut à cette saison. La figure 3.14 illustre l'effet de succion de l'air frais qui entre dans le géonef par la façade nord et qui est évacué par les ouvertures au sud de la maison. Cette climatisation est similaire à un système d'échangeur de chaleur air-sol, aussi connu sous le nom de puits canadien.

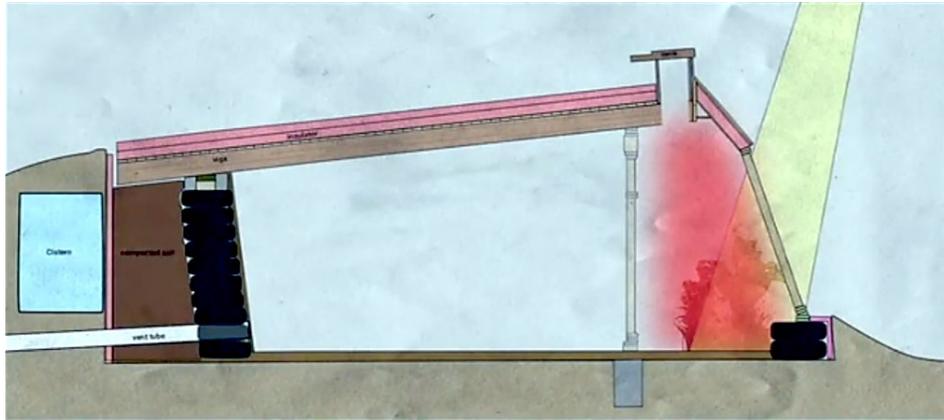


Figure 3.13 Démonstration du concept solaire passif (tiré de : Earthship : chauffage passif, 2014)

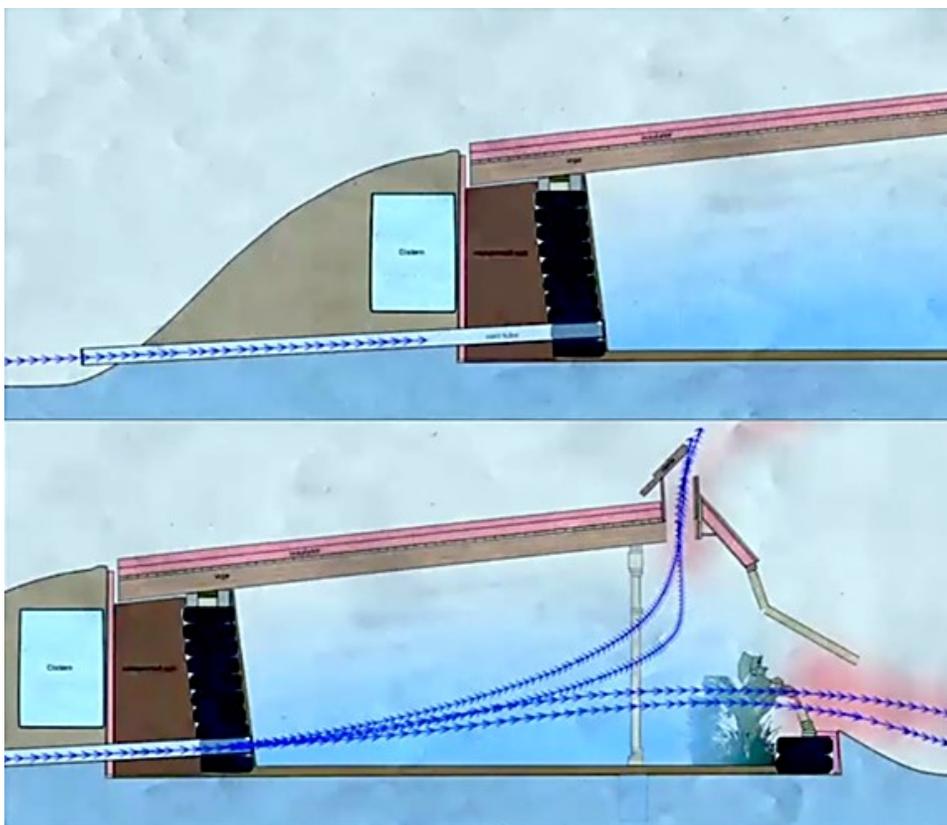


Figure 3.14 Démonstration du système passif de ventilation (tiré de : Earthship : chauffage passif, 2014)

Également, le géonef tend à l'autosuffisance en eau, en énergie et en nourriture.

- Autonomie en eau

L'eau utilisée dans un géonef provient uniquement d'un système de récupération de l'eau de pluie et de la fonte des neiges. L'eau récupérée à partir du toit de la maison est d'abord filtrée par un lit de pierre ponce pour enlever les plus grosses impuretés et est ensuite stockée temporairement dans un réservoir.

Par la suite, cette eau est filtrée selon l'utilisation (un type de filtration pour les eaux de lavage, douche et vaisselle, et un autre type de filtration pour l'eau de consommation), pompée et pressurisée pour l'utilisation. Une fois utilisée, l'eau devient une eau dite « grise » et peut être réutilisée pour irriguer des bacs à plante dans la serre intérieure de la maison. Cette même eau grise peut également servir pour la toilette. L'eau utilisée pour la toilette devient une eau dite « noire » et est acheminée et disposée dans une fosse septique (*Earthship Biotecture*, s. d.e.; Ékopédia, 2013).

- Autonomie en énergie

Différents systèmes tels des panneaux solaires et/ou des éoliennes sont utilisés par les géonefs afin de produire leur propre électricité (*Earthship Biotecture*, s. d.f). Toutefois, dans un contexte québécois où l'électricité est relativement abordable, l'autonomie en énergie électrique peut être questionnable selon le budget et le désir d'autonomie d'un ménage.

- Autonomie en nourriture

Les géonefs sont généralement équipés d'une serre intérieure située à proximité de la façade sud (façade fenêtrée). Bien qu'elles ne permettent pas nécessairement d'atteindre une autonomie alimentaire complète, elles fournissent cependant sur place une variété de fruits et de légumes en toute saison (*Earthship Biotecture*, s. d.g).

4 CONCEPTION DE L'OUTIL D'ANALYSE

Afin de réaliser une analyse de durabilité du cycle de vie efficace et crédible, un outil d'analyse doit être adéquatement conçu. Le présent chapitre expose, en premier lieu, le cadre conceptuel situe les notions de durabilité et de cycle de vie sur lesquelles s'appuie l'analyse. Ensuite, la méthodologie employée pour créer l'outil est présentée, du processus de sélection des indicateurs à l'élaboration du système d'analyse. Les avantages et les limites de l'outil sont également présentés.

4.1 Cadre conceptuel

L'objectif principal de l'essai étant d'analyser la performance en durabilité de modes d'habitation, et ce, dans une perspective de cycle de vie, il est essentiel de bien définir au préalable les notions de durabilité et de cycle de vie.

4.1.1 Notion de durabilité

Par définition, la durabilité est la qualité de ce qui est durable, c'est-à-dire de nature à durer longtemps, à présenter une certaine stabilité et résistance. Or, une question se pose : combien de temps est longtemps? D'emblée, nous sommes portés à répondre que le temps est infini. Cependant, penser et agir en termes d'éternité serait erroné dans un monde « fini » tel que la planète Terre, pour les raisons suivantes :

- Les lois de l'évolution font en sorte que l'espèce humaine aura une fin, car « la durée de vie moyenne d'une espèce est de 10 millions d'années » avant d'être supplantée par une autre (Association Française des Petits Débrouillards et Centre national de la recherche scientifique (CNRS), 2010).
- La possibilité de vie sur Terre est dépendante du Soleil et celui-ci devrait s'éteindre d'ici cinq milliards d'années selon les estimations (Saby, 2014).
- La Terre possède une quantité finie de ressources non renouvelables et une capacité limitée de régénération des ressources renouvelables. Par conséquent, il ne peut y avoir de prélèvement infini dans un monde aux ressources finies.

De ce fait, il apparaît davantage crédible de réfléchir en termes de durabilité relative plutôt que de durabilité absolue. Ainsi, pour analyser la durabilité relative, des indicateurs doivent être définis en permettant de mesurer l'impact d'un produit, d'un service ou autre, selon les facteurs de durée et d'intensité de l'impact par rapport aux dimensions environnementale, sociale et économique du concept de développement durable. Il est à noter que le facteur de durée n'est pas considéré dans le cadre de la

présente analyse, étant donné la complexité de réaliser une analyse dynamique. Concernant le facteur d'intensité, il s'agit d'établir un modèle référentiel (maison type au Québec) et de comparer les performances de trois modèles « alternatifs » proposés (une micromaison, une petite maison et un géonef) avec celui-ci. La durabilité peut être définie comme étant une mesure de performance quant à la capacité de maintenir l'intégrité de l'environnement et d'assurer l'équité sociale, tout en visant l'efficacité économique (MDDELCC, 2002b). Le modèle présentant les meilleures performances sera qualifié comme étant celui qui est le plus durable.

4.1.2 Notion de cycle de vie

L'approche cycle de vie est pertinente dans une perspective de développement durable, car elle vise l'adoption d'une vision systémique, spatiale et temporelle, ainsi que globale, en tenant compte de l'ensemble des impacts environnementaux, sociaux et économiques potentiels sur la vie entière d'un produit ou d'un service (Institut international du développement durable, 2013).

Cette approche consiste donc à adopter une vision holistique par rapport à la « vie » d'un produit ou d'un service, en considérant différentes phases de leur cycle de vie : l'extraction et la transformation de matières premières, la fabrication, l'emballage et la distribution, l'utilisation et le traitement en fin de vie (figure 4.1).

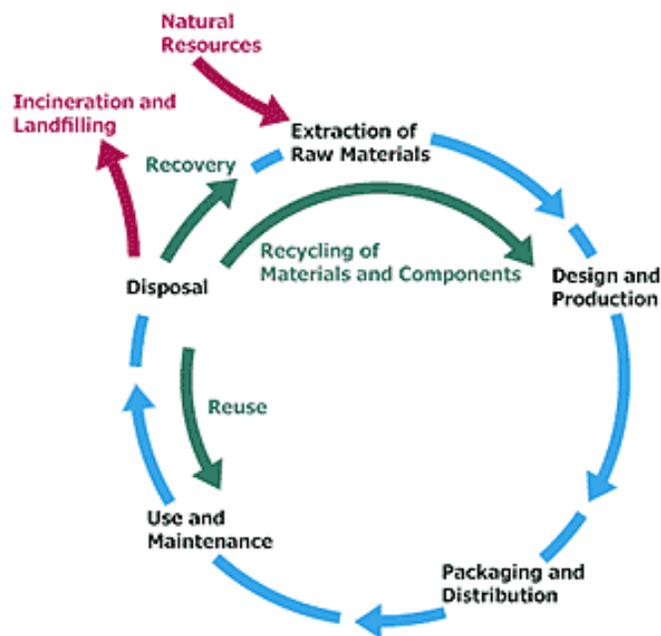


Figure 4.1 Schéma des différentes phases d'un cycle de vie (tiré de : *Life Cycle Initiative (LCI)*, 2013a)

L'objectif de l'approche cycle de vie est de réduire les quantités d'intrants (consommation de ressources) et d'extrants (émissions dans l'environnement) d'un produit ou d'un service, ainsi que d'en améliorer les performances socio-économiques, et ce, pour chacune de leurs phases de cycle de vie. Ceci permet de raisonner de façon circulaire, « du berceau au berceau », plutôt que linéaire, « du berceau au tombeau », puisque l'approche mesure les intrants relatifs à la phase d'extraction de matières premières et les extrants relatifs à la fin de vie du produit ou du service. L'approche cycle de vie permet également d'identifier les transferts d'impacts potentiels entre les différentes phases du cycle de vie pour ainsi les éviter (LCI, 2013b).

Le recours à cette approche constitue une stratégie efficace pour déterminer l'endroit où les efforts d'amélioration doivent être concentrés en priorité, ce qui représente un mode de pensée décisionnelle avantageux pour les citoyens, les entreprises et les gouvernements lorsque vient le temps d'effectuer des choix éclairés dans une optique de développement durable, que ce soit au niveau du mode de consommation et de production, des stratégies de gestion ou des politiques (LCI, 2013b; PNUE, 2004).

4.2 Processus de sélection des indicateurs d'analyse

Le développement durable est un concept complexe, non exact, systémique, évolutif et dépendant de la vision du monde. Par conséquent, afin de pouvoir mesurer la performance en durabilité d'un produit, processus, service ou autre, il est indispensable de définir des indicateurs appropriés permettant de simplifier, de quantifier et de communiquer objectivement leur performance.

La sélection des indicateurs s'est déroulée en deux phases : la première a consisté en une revue de littérature afin de repérer les indicateurs potentiels en vue d'une analyse jumelant deux principaux thèmes, soit le développement durable et les bâtiments résidentiels; la seconde phase a permis de déterminer les indicateurs les plus appropriés pour l'analyse selon des critères de sélection.

4.2.1 Ciblage des indicateurs potentiels

Une revue de littérature exhaustive des outils d'analyse comportant des indicateurs liés au concept de développement durable et aux bâtiments résidentiels a mené à la rétention d'outils jugés comme étant les plus crédibles. Cette crédibilité a été déterminée par la notoriété démontrée des outils, de l'échelle spatiale de leur utilisation et de la reconnaissance obtenue par le milieu.

Indicateurs de développement durable

Au cours des dernières années, plusieurs outils ont été développés pour tenter de mesurer le concept polysémique et évolutif qu'est le développement durable. Le défi étant de taille, il n'existe pas d'outils universels jusqu'à présent (Riffon, 2012). De plus, ce concept ne fait pas exclusivement référence à des données quantitatives exactes et précises. En effet, la plupart des analyses de développement durable contiennent des indicateurs qualitatifs, ce qui fait place à la relativité et à la subjectivité.

Ainsi, pour obtenir une analyse pertinente en termes de durabilité, la grille d'analyse de développement durable (Villeneuve et autres, 2014) de la Chaire de recherche et d'intervention en éco-conseil de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) a été sélectionnée pour concevoir les indicateurs de développement durable de l'outil d'analyse, car cette grille propose une approche holistique et a été élaborée à partir de grands travaux sur le développement durable à l'échelle internationale (Stratégie mondiale de la Conservation, Commission Brundtland, Stratégie pour l'avenir de la Vie, Agenda 21, Objectifs du millénaire, etc.). Perfectionnée depuis 1991 sous la direction de monsieur Claude Villeneuve, cette grille d'analyse est référencée dans l'Encyclopédie du développement durable et a notamment été utilisée pour l'analyse de projets, politiques et programme québécois et internationaux, par sa flexibilité d'application (Synapse, 2012; Synapse, 2014). L'objectif général de la grille d'analyse est, par une démarche rigoureuse prenant en compte les diverses parties prenantes, d'évaluer si un projet respecte les principes de base d'un développement durable (Villeneuve et autres, 2014).

La philosophie derrière la grille de l'UQAC se base sur plusieurs éléments essentiels pour assurer la mise en œuvre d'un développement durable, soit :

- « Se préoccuper des besoins fondamentaux d'abord (logement, éducation, nourriture), ce qui signifie aussi réduire la précarité des populations marginalisées;
- Ne pas prendre à la nature plus que ce qu'elle peut donner et éviter d'y rejeter plus de déchets qu'elle ne peut en absorber;
- Répartir équitablement les bénéfices du progrès scientifique, technique et social;
- Agir avec précaution et garder des marges de manœuvre pour les générations futures;
- Assurer une gestion optimale de ressources pour qu'elles profitent au plus grand nombre » (Villeneuve et autres, 2014).

Les concepteurs spécifient également que le concept de développement durable « ne peut pas être conçu de manière seulement technique, économique ou matérielle » (Villeneuve et autres, 2014). Ainsi, ils suggèrent, à travers leur outil, un développement qui :

- « Intègre des dimensions intellectuelles, affectives, morales et éthiques;
- Considère plusieurs échelles d'action, du local au global;
- Inclut des objectifs à court et à long terme;
- Cherche à maximiser les avantages locaux et à minimiser les impacts négatifs locaux, régionaux et globaux;
- Se soucie de culture et d'équité » (Villeneuve et autres, 2014).

Cette vision holistique représente une valeur ajoutée importante justifiant l'utilisation de la grille de l'UQAC pour la conception de l'outil d'analyse, puisque celle-ci intègre des dimensions allant au-delà des trois dimensions écologique, sociale et économique généralement employées pour décrire un développement durable, soit la dimension éthique, culturelle et de gouvernance (Villeneuve et autres, 2014).

De plus, la grille d'analyse de l'UQAC a été construite en adéquation avec les 16 principes énoncés par la *Loi sur le développement durable* dont le gouvernement du Québec s'est doté en 2006 (Villeneuve et Riffon, 2011).

Les indicateurs de la grille d'analyse de l'UQAC ont donc été utilisés dans une proportion approximative de 55 % (21 indicateurs retenus sur un total de 39 indicateurs) dans la définition des indicateurs de développement durable de l'outil d'analyse. La liste complète des indicateurs de la grille d'analyse de l'UQAC et la sélection de ceux-ci peut être consultée à l'annexe 1.

Indicateurs relatifs aux bâtiments résidentiels

Plusieurs études proposent des indicateurs relatifs à l'application des principes de développement durable dans le domaine du bâtiment. Cependant, la sélection d'indicateurs varie souvent d'une étude à l'autre. Afin d'éviter l'effet de subjectivité dans la sélection des indicateurs, l'outil d'analyse est basé sur des normes reconnues. La décision de recourir à des normes assure ainsi la création d'un outil d'analyse fiable, car celles-ci sont soumises à un processus d'élaboration consensuel et rigoureux, tel que présenté à l'annexe 2. Créée par accord des parties prenantes et du public (*European Committee for Standardization* (CEN), 2014a), une norme est un document technique dont le processus d'élaboration est « régi par les principes de consensus, d'ouverture, de transparence, d'engagement national et de cohérence technique » (CEN, 2014b). Les normes sont réparties sur trois échelles spatiales, soit nationale (ex. : normes NF, DIN), régionale (ex. : normes européennes EN) et internationale (normes ISO). Bien que le niveau international ait été ciblé en premier pour le choix d'indicateur en raison de leur degré

d'importance en termes de couverture géographique, les normes liées au développement durable et à la construction existent seulement au niveau régional et national à l'heure actuelle.

Ainsi, les indicateurs des normes NF EN 15978 *Évaluation de la performance environnementale des bâtiments - Méthodes de calcul* (Association Française de Normalisation (AFNOR), 2012), NF EN 16309+A1 *Évaluation de la performance sociale des bâtiments - Méthodes de calcul* (AFNOR, 2014) et PR NF EN 16627 *Évaluation de la performance économique des bâtiments - Méthodes de calcul* (AFNOR, 2013) ont été retenus pour la définition des indicateurs de l'outil d'analyse. Ces trois normes fournissent les méthodes et exigences spécifiques pour l'évaluation des performances des bâtiments, à la fois neufs et existants, en prenant compte de leur fonctionnalité et de leurs caractéristiques techniques. Il est à noter que pour cette présente analyse, il sera question de bâtiments résidentiels neufs seulement. La liste complète des indicateurs des trois normes utilisées et la sélection de ceux-ci peut être consultée à l'annexe 3.

L'approche cycle de vie fait notamment partie intégrante des trois normes ciblées, alors que leurs indicateurs respectifs prennent en considération les différentes phases du cycle de vie d'un bâtiment, tel que présenté à l'annexe 4. La notion de cycle de vie est donc automatiquement incluse à travers les indicateurs de l'outil d'analyse provenant de ces normes.

Le choix de ces normes pour la conception de l'outil d'analyse permet également d'obtenir des indicateurs plus quantitatifs que ceux provenant de la grille d'analyse de l'UQAC (Villeneuve et autres, 2014), majoritairement qualitatifs. L'évaluation de ces indicateurs étant entièrement objective, ils soutiennent la crédibilité de l'analyse.

4.2.2 Critères de sélection des indicateurs

Étant donné que les indicateurs contenus dans la grille de l'UQAC ne sont pas tous applicables au domaine du bâtiment et que les indicateurs des normes choisies ne font pas exclusivement référence aux bâtiments résidentiels, l'ensemble des indicateurs potentiels ont fait l'objet d'une sélection via des critères préétablis (tableau 4.1).

Tableau 4.1 Critères de sélection des indicateurs (compilation d'après : *Sustainable Measures*, 2010; Agora 21, s. d.)

Critère	Définition
Pertinence	L'indicateur est en lien direct avec le sujet d'analyse et permet une mesure de celui-ci. Il existe également un consensus des parties intéressées quant à la validité de l'indicateur.
Compréhensibilité	L'indicateur est simple et facilement interprétable.
Fiabilité	L'indicateur est construit sur une base scientifique et technique vérifiable et reproductible. Il est objectif et permet une non-ambiguïté des résultats.
Accessibilité des données	L'indicateur est relié à des données disponibles et facilement accessibles dans le temps.

Les indicateurs de la grille d'analyse de l'UQAC et des trois normes retenues ont dû répondre aux quatre critères du tableau 4.1 afin d'être sélectionnés pour la composition de l'outil d'analyse.

4.2.3 Indicateurs sélectionnés

Les 25 indicateurs composant l'outil d'analyse ont été regroupés sous six dimensions : éthique, écologique, sociale, économique, culturelle et gouvernance, tels que présenté au tableau 4.2.

Tableau 4.2 Indicateurs composants l'outil d'analyse

Indicateurs dimension éthique	Indicateurs dimension économique
Lutte contre la pauvreté	Flux monétaires extrants
Solidarité	Flux monétaires intrants
Originalité et innovation	Possession et usages des biens et des capitaux
Indicateurs dimension écologique	Qualité et durabilité
Changements climatiques	Production et consommation responsable
Flux de ressources intrants	Indicateurs dimension culturelle
Flux de ressources extrants	Transmission du patrimoine culturel
Utilisation du territoire	Pratiques culturelles et artistiques
Biodiversité	Indicateurs dimension gouvernance
Indicateurs dimension sociale	Intégration
Accessibilité	Subsidiarité
Santé et confort	Gestion du risque
Impacts sur le voisinage	
Maintenance	
Sécurité	
Adaptabilité	
Liberté individuelle et responsabilité collective	

4.3 Définition du système d'analyse

L'objectif principal de l'analyse étant d'évaluer les performances en termes de durabilité de modes d'habitation, il est essentiel d'élaborer un système d'analyse qui définit convenablement ce que représente la performance de la durabilité et comment celle-ci est calculée à partir des indicateurs prédéterminés.

La performance fait référence au résultat obtenu par un mode d'habitation vis-à-vis un indicateur. La notion de durabilité relève quant à elle du concept de développement durable. Par conséquent, la performance de la durabilité est le pointage qu'un mode d'habitation obtient par rapport au degré de considération des principes de développement durable. Ainsi, plus un mode d'habitation répondra aux critères favorisant un développement durable, plus celui-ci sera performant en termes de durabilité. Il est à noter que la performance de la durabilité d'un mode d'habitation sera évaluée de façon relative. Le référentiel utilisé est le mode d'habitation conventionnel québécois, basé sur des données et des informations représentatives de la moyenne pour chaque indicateur analysé.

L'analyse de la durabilité se veut donc une analyse multicritères relative, dont les critères représentent les différents indicateurs sélectionnés. Ceux-ci étant quantitatifs et qualitatifs, un système d'évaluation permettant leur comparaison sur une même échelle a dû être conçu, soit l'échelle de performance présentée au tableau 4.3. La performance des modèles alternatifs étant évaluées de façon relative à celle du mode d'habitation conventionnel québécois, ce dernier représentera toujours la performance référence, soit un pointage de zéro. Une plage de pointage allant de -10 à +10 a été employée, car celle-ci permet d'obtenir un bon niveau de résolution dans l'évaluation. En effet, ce degré de précision permet de bien distinguer les niveaux de performances entre les différents modes d'habitation évalués.

Tableau 4.3 Échelle de performance

Pointage	Niveau de performance
] 7 à 10	Fortement supérieure
] 3 à 7]	Moyennement supérieure
] 0 à 3]	Légèrement supérieure
0	Neutre
] 0 à -3]	Légèrement inférieure
] -3 à -7]	Moyennement inférieure
] -7 à -10	Fortement inférieure

Lorsqu'un indicateur est qualitatif, celui-ci est évalué selon les informations disponibles permettant de juger de la performance du mode d'habitation alternatif par rapport au mode d'habitation conventionnel.

Lorsqu'un indicateur est quantitatif, un calcul doit être réalisé. Un exemple présenté au tableau 4.4 illustre les deux scénarios potentiels, soit lorsque c'est la valeur la plus petite qui est la plus performante et inversement. Pour simplifier les équations de la démonstration, le modèle d'habitation alternatif figurant en exemple, la micromaison, est représenté par la variable « y » et le modèle d'habitation conventionnelle est représenté par la variable « z ».

Tableau 4.4 Méthode de calcul de la performance relative pour les indicateurs quantitatifs

Scénario	Modèle d'habitation		Équation pour obtenir le pointage (P) du modèle alternatif (y)	Pointage (P) (Arrondi à la valeur entière)	
	Alternatif (y)	Conventionnel (z)			
1	La valeur <u>la plus petite</u> est la plus performante. Ex. : L'habitation affichant le coût d'achat le plus petit sera la plus performante par rapport au sous-indicateur « Coût initial ».	50 000 \$	270 000 \$	$\text{Si } y < z \rightarrow P = (1 - y/z) \times 10$ $\text{Si } y > z \rightarrow P = (z/y - 1) \times 10$	8
2	La valeur <u>la plus grande</u> est la plus performante. Ex. : L'habitation ayant la plus grande superficie intérieure sera la plus performante par rapport au sous-indicateur « Confort spatial ».	250 pi ² (23,23 m ²)	1500 pi ² (139,35 m ²)	$\text{Si } y < z \rightarrow P = (y/z - 1) \times 10$ $\text{Si } y > z \rightarrow P = (1 - z/y) \times 10$	-8

L'exemple présenté au tableau 4.4 démontre que la performance du modèle alternatif est fortement supérieure au modèle conventionnel par rapport à son coût d'achat (scénario 1). Toutefois, en ce qui a trait au confort spatial (scénario 2) du modèle alternatif, la performance de celui-ci est fortement inférieure au modèle conventionnel.

Il s'avère essentiel de spécifier qu'un système de pondération n'a pas été utilisé, contrairement à la méthodologie généralement employée pour une analyse multicritères, puisque les informations disponibles en regard des indicateurs sélectionnés ne permettent pas de justifier adéquatement leur

importance relative par rapport au concept de développement durable (Commission européenne, s. d). Ainsi, tous les indicateurs seront considérés égaux en importance dans le cadre de la présente analyse.

L'évaluation de la durabilité des trois modes d'habitation alternatifs sera réalisée pour chaque indicateur à l'aide de l'échelle de performance. Ensuite, chacune des dimensions se verra octroyer un pointage général représentant la moyenne des résultats obtenus des indicateurs qui la compose. Enfin, une évaluation globale de la durabilité sera déterminée pour chaque mode d'habitation alternatif à partir du calcul de la moyenne des six dimensions.

Le système a été élaboré dans une vision holistique illustrée au tableau 4.5, démontrant la provenance des indicateurs de l'outil d'analyse conçu, de même que leur classification quantitative ou qualitative, leur échelle spatiale d'application et la ou les phases du cycle de vie de l'habitation qu'ils affectent.

Tableau 4.5 Conception holistique de l'outil d'analyse

	Outils		Méthode d'évaluation		Échelle spatiale				Phase du cycle de vie		
	Grille UQAC	Normes	Quantitative	Qualitative	Locale (Habitation, voisinage)	Régionale (Village, ville)	Nationale (Province, pays)	Global (planète)	Pré-utilisation	Utilisation	Post-utilisation
ÉTHIQUE	✓		✓	✓	✓	✓					N/A
Lutte contre la pauvreté	✓		✓	✓	✓	✓					N/A
Réduction de la pauvreté	✓		✓	✓	✓	✓					N/A
Solidarité	✓			✓	✓	✓					N/A
Autonomie des personnes	✓			✓	✓	✓					N/A
Équité	✓			✓			N/A				N/A
Originalité et innovation	✓			✓			N/A				N/A
Diversification des options	✓			✓			N/A				N/A
Potentiel d'innovation	✓			✓			N/A				N/A
Recherche et développement	✓			✓			N/A				N/A
ÉCOLOGIQUE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Changements climatiques	✓	✓	✓	✓				✓		✓	
Potentiel de génération de GES	✓	✓	✓	✓				✓		✓	
Flux de ressources intrants	✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓	✓
Énergie	✓	✓		✓			N/A			✓	
<i>Favorise l'utilisation de ressources renouvelables (solaire, éolienne, hydraulique, géothermique et de la biomasse)</i>	✓	✓		✓			N/A			✓	

Tableau 4.5 Conception holistique de l'outil d'analyse (suite)

	Outils		Méthode d'évaluation		Échelle spatiale				Phase du cycle de vie		
	Grille UQAC	Normes	Quantitative	Qualitative	Locale (Habitation, voisinage)	Régionale (Village, ville)	Nationale (Province, pays)	Global (planète)	Pré-utilisation	Utilisation	Post-utilisation
<i>Consommation</i>	✓	✓		✓	N/A					✓	
Matière	✓	✓	✓	✓	N/A				✓	✓	✓
<i>Matière première</i>	✓	✓	✓		N/A				✓	✓	✓
<i>Matière secondaire</i>	✓	✓		✓	N/A				✓		
Eau	✓	✓	✓			✓				✓	
Flux de ressources extrants	✓	✓		✓	✓				✓	✓	✓
Quantité de matières sortantes	✓	✓		✓	N/A				✓	✓	✓
Proportion de matières sortantes réutilisée et/ou recyclée et/ou valorisée	✓	✓		✓	✓				✓		✓
Utilisation du territoire	✓			✓	✓	✓			✓	✓	
Impacts sur les sols	✓			✓	✓				✓	✓	
Utilisation du territoire	✓			✓	✓	✓				✓	
Biodiversité	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Protection des espèces	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SOCIALE	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
Accessibilité	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	
Accessibilité aux installations de l'habitation		✓		✓	✓	✓				✓	
<i>Proximité des services et transports en commun</i>		✓		✓	✓	✓				✓	
<i>Aisance de circulation à l'intérieur de l'habitation</i>		✓	✓		✓					✓	
<i>Facilité d'utilisation pour des personnes ayant des besoins spécifiques (personnes handicapées, âgées, etc.)</i>		✓		✓	✓					✓	
Accès aux équipements techniques		✓		✓	✓					✓	
<i>Opérabilité des installations sanitaires et des systèmes (pour le chauffage/climatisation, éclairage, etc.)</i>		✓		✓	✓					✓	
Santé et confort	✓	✓	✓	✓	✓					✓	
Confort thermique		✓		✓	✓					✓	
Confort spatial		✓	✓		✓					✓	
Qualité de l'air à l'intérieur de l'habitation		✓		✓	✓					✓	

Tableau 4.5 Conception holistique de l'outil d'analyse (suite)

	Outils		Méthode d'évaluation		Échelle spatiale				Phase du cycle de vie		
	Grille UQAC	Normes	Quantitative	Qualitative	Locale (Habitation, voisinage)	Régionale (Village, ville)	Nationale (Province, pays)	Global (planète)	Pré-utilisation	Utilisation	Post-utilisation
Impacts sur le voisinage	✓	✓		✓	✓				✓	✓	✓
Bruit		✓		✓	✓				✓		✓
Éblouissement/Occultation		✓		✓	✓					✓	
Chocs/vibrations		✓		✓	✓				✓		✓
Maintenance		✓	✓	✓	✓					✓	
Fréquence et durée des opérations de maintenance (y compris le nettoyage), de réparation, de remplacement et/ou de rénovation		✓	✓	✓	✓					✓	
Sécurité	✓	✓		✓	✓					✓	
Résistance aux conséquences des perturbations climatiques		✓		✓	✓					✓	
<i>Résistance à la pluie</i>		✓		✓	✓					✓	
<i>Résistance au vent</i>		✓		✓	✓					✓	
<i>Résistance à la neige</i>		✓		✓	✓					✓	
<i>Résistance aux inondations</i>		✓		✓	✓					✓	
<i>Résistance aux rayonnements solaires</i>		✓		✓	✓					✓	
Résistance aux actions accidentelles		✓		✓	✓					✓	
<i>Résistance aux tremblements de terre</i>		✓		✓	✓					✓	
<i>Résistance aux explosions</i>		✓		✓	✓					✓	
<i>Performance au feu</i>		✓		✓	✓					✓	
Sécurité contre les coupures d'alimentation		✓		✓	✓					✓	
Adaptabilité		✓	✓	✓	✓					✓	
Aptitude de l'habitation à répondre aux exigences de chaque utilisateur		✓	✓	✓	✓					✓	
Aptitude de l'habitation à répondre aux changements d'exigences techniques et d'utilisation		✓		✓	✓					✓	
Liberté individuelle et responsabilité collective	✓			✓	✓				✓	✓	
Connectivité, mobilité et échanges	✓			✓	✓				✓	✓	

Tableau 4.5 Conception holistique de l'outil d'analyse (suite)

	Outils		Méthode d'évaluation		Échelle spatiale				Phase du cycle de vie		
	Grille UQAC	Normes	Quantitative	Qualitative	Locale (Habitation, voisinage)	Régionale (Village, ville)	Nationale (Province, pays)	Global (planète)	Pré-utilisation	Utilisation	Post-utilisation
ÉCONOMIQUE	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓
Flux monétaires extrants		✓	✓		✓				✓	✓	✓
Coût initial		✓	✓		✓				✓		
<i>Achat de l'habitation</i>		✓	✓		✓				✓		
Coûts en cours d'utilisation		✓	✓		✓					✓	
<i>Frais résultant des conditions d'utilisation</i>		✓	✓		✓					✓	
<i>Consommation d'énergie</i>		✓	✓		✓					✓	
<i>Maintenance/entretien</i>		✓	✓		✓					✓	
Coûts en fin de vie		✓	✓		✓						✓
<i>Déconstruction, démantèlement et/ou démolition</i>		✓	✓		✓						✓
Flux monétaires intrants		✓		✓	✓						✓
Valeur/facilité de revente		✓		✓	✓						✓
Possession et usages des biens et des capitaux	✓		✓		✓				N/A		
Possibilité d'accumuler des biens et des capitaux	✓		✓		✓				N/A		
Qualité et durabilité	✓			✓	✓				N/A		
Qualité et durabilité du produit	✓			✓	✓				N/A		
Production et consommation responsable	✓			✓	✓					✓	
Achat et consommation responsables	✓			✓	✓					✓	
CULTURELLE	✓			✓	✓	✓			N/A		
Transmission du patrimoine culturel	✓			✓	✓				N/A		
Reconnaît la représentation culturelle de l'environnement	✓			✓	✓				N/A		
Pratiques culturelles et artistiques	✓			✓	✓	✓			N/A		
Encourage l'expression culturelle	✓			✓	✓	✓			N/A		
Affirme le caractère pluriel et évolutif de la culture	✓			✓	✓				N/A		

Tableau 4.5 Conception holistique de l’outil d’analyse (suite)

	Outils		Méthode d'évaluation		Échelle spatiale				Phase du cycle de vie		
	Grille UQAC	Normes	Quantitative	Qualitative	Locale (Habitation, voisinage)	Régionale (Village, ville)	Nationale (Province, pays)	Global (planète)	Pré-utilisation	Utilisation	Post-utilisation
GOUVERNANCE	✓			✓	✓	✓	✓	✓			N/A
Intégration	✓			✓		✓					N/A
Considération du contexte légal	✓			✓		✓					N/A
Réalisme et adaptabilité	✓			✓		✓					N/A
Subsidiarité	✓			✓	✓						N/A
Favorise la responsabilisation des acteurs	✓			✓	✓						N/A
Gestion du risque	✓			✓	✓	✓	✓	✓			N/A
Applique le principe de prévention	✓			✓	✓	✓	✓	✓			N/A

4.4 Avantages et limites de l’outil d’analyse

L’outil d’analyse développé permet d’obtenir le portrait global de la performance en durabilité d’un mode d’habitation alternatif par rapport au mode d’habitation conventionnel québécois. Cet outil comparatif permet ainsi de relever et de prioriser les éléments favorisant la durabilité d’un mode d’habitation, ainsi que les points d’amélioration potentielle.

L’outil a l’avantage d’être exhaustif par rapport au concept de développement durable, car il est conçu à partir des six dimensions d’un développement durable de la grille d’analyse de l’UQAC (Villeneuve et autres, 2014), reconnue internationalement par les acteurs du développement durable.

De plus, l’outil d’analyse de la durabilité comprend des indicateurs rigoureux et consensuels provenant du secteur du bâtiment, grâce à l’utilisation de normes liant les différentes dimensions d’un développement durable aux bâtiments. L’emploi de normes permet également d’obtenir des indicateurs basés sur des valeurs quantitatives, ce qui favorise l’objectivité de l’analyse. S’appuyant sur une approche cycle de vie, les normes sélectionnées procurent aussi l’avantage de concevoir un outil systémique et global, qui intègre l’ensemble des impacts négatifs potentiels sur la vie entière d’un bâtiment résidentiel, tel que prescrit par un développement durable.

La conception holistique des indicateurs de performance tient compte des échelles spatiales d'impacts et des phases du cycle de vie de l'habitation, ainsi que de l'ensemble des dimensions d'un développement durable. Ces indicateurs permettent de comparer des données qualitatives et quantitatives à travers le système d'analyse développé, l'une des forces de l'outil. Également, les indicateurs tiennent compte des différentes parties prenantes (ex. : occupants de l'habitation, voisinage et institutions législatives). D'ailleurs, bien qu'il ait été employé dans un contexte québécois, l'outil d'analyse est applicable internationalement de par son appui sur des principes universels de développement durable et des normes reconnues à l'échelle mondiale.

Bien que l'outil présente de multiples avantages, il comporte également certaines limites. En effet, pour des besoins de simplification due au temps disponible pour la réalisation de l'essai, l'outil tient uniquement compte des principaux flux matériels, énergétiques et monétaires relatifs à un bâtiment résidentiel. Des analyses environnementales du cycle de vie des modes d'habitation, réalisées via l'utilisation de logiciels tels *Athena*, *SimapPro* et *GaBi* et de bases de données tel *Ecolnvent*, permettraient d'augmenter la résolution de l'outil quant à son niveau de précision par rapport aux indicateurs de la dimension environnementale. Toutefois, un certain budget est requis pour utiliser ces logiciels et ces bases de données. L'aspect temporel n'a pas non plus été pris en compte à travers l'outil, étant donné la complexité et le temps requis pour la réalisation d'un outil d'analyse de cycle de vie dynamique.

En outre, certains indicateurs relatifs aux dimensions environnementale, sociale et économique n'ont pas été retenus en raison de l'indisponibilité ou de la trop grande variabilité des données. Toutefois, l'outil d'analyse pourrait contenir davantage d'indicateurs représentatifs des dimensions liées au développement durable si les données manquantes devenaient disponibles ultérieurement.

Une autre limite réside dans la subjectivité relative de la sélection des indicateurs, ayant été effectuée uniquement par l'auteur de l'essai. L'emploi de la méthode *Delphi*, qui consiste à obtenir l'avis de plusieurs experts, permettrait d'augmenter l'objectivité dans le processus de sélection des indicateurs. Toutefois, les deux principaux éléments sur lesquels s'appuient les indicateurs sélectionnés, soient la grille d'analyse de développement durable de l'UQAC et les normes relatives aux bâtiments, ont été élaborés par consensus d'experts et du public. Cela dit, la méthode *Delphi* aurait également favorisé la définition consensuelle et objective de pondérations pour les indicateurs et les dimensions d'analyse.

5 ANALYSE DE LA DURABILITÉ

Le périmètre de l'analyse sera tout d'abord défini, suivi de l'analyse, basée sur l'approche cycle de vie, réalisée en regard des dimensions éthique, écologique, sociale, économique, culturelle et de gouvernance, qui regroupent un total de 25 indicateurs. L'objectif de l'analyse consiste à comparer la performance en durabilité d'une micromaison, d'une petite maison et d'un géonef, trois modes d'habitation alternatifs en émergence, par rapport au mode d'habitation conventionnel québécois. Une synthèse de l'analyse clos ensuite le présent chapitre.

5.1 Périmètre de l'analyse

Le périmètre de l'analyse comprend la présentation de l'unité fonctionnelle, du cycle de vie de l'habitation, des limites considérées, des informations de références utilisées et des hypothèses posées pour l'analyse.

5.1.1 Unité fonctionnelle

Pour être en mesure de comparer les différents modes d'habitation, il est nécessaire de définir une base commune de comparaison. La base commune identifiée pour l'analyse est exprimée sous forme de fonction comparative, généralement nommée « unité fonctionnelle ». Dans le cadre de cet essai, l'unité fonctionnelle est de loger deux personnes dans une maison individuelle au Québec. Une quantité de deux personnes a été déterminée, car ceci représente adéquatement la situation québécoise. En effet, le nombre moyen de personnes par ménage privé québécois était de 2,3 personnes en 2011 (Institut de la statistique du Québec, 2013c). Également, les ménages de deux personnes et moins représentaient 67 % des ménages québécois en 2011, soit l'équivalent de 2 ménages sur 3 (Institut de la statistique du Québec, 2013c).

Le type d'habitation visé pour l'analyse est une maison individuelle, car celle-ci représente la majorité des types de construction résidentielle avec une proportion de 46 % des logements au Québec en 2011 (Institut de la statistique du Québec, 2013b). Il est important de noter que l'aspect temporel, c'est-à-dire la durée de vie de la maison, n'a pas été considéré dans l'analyse, car les informations disponibles à ce sujet varient significativement en fonction de critères intangibles, tels la maintenance et l'entretien de la maison par les occupants. Par conséquent, une durée n'a pas été attribuée à l'unité fonctionnelle.

5.1.2 Cycle de vie d'une habitation

L'analyse de la durabilité étant basée sur l'approche cycle de vie, la figure 5.1 illustre le diagramme du cycle de vie d'une habitation.

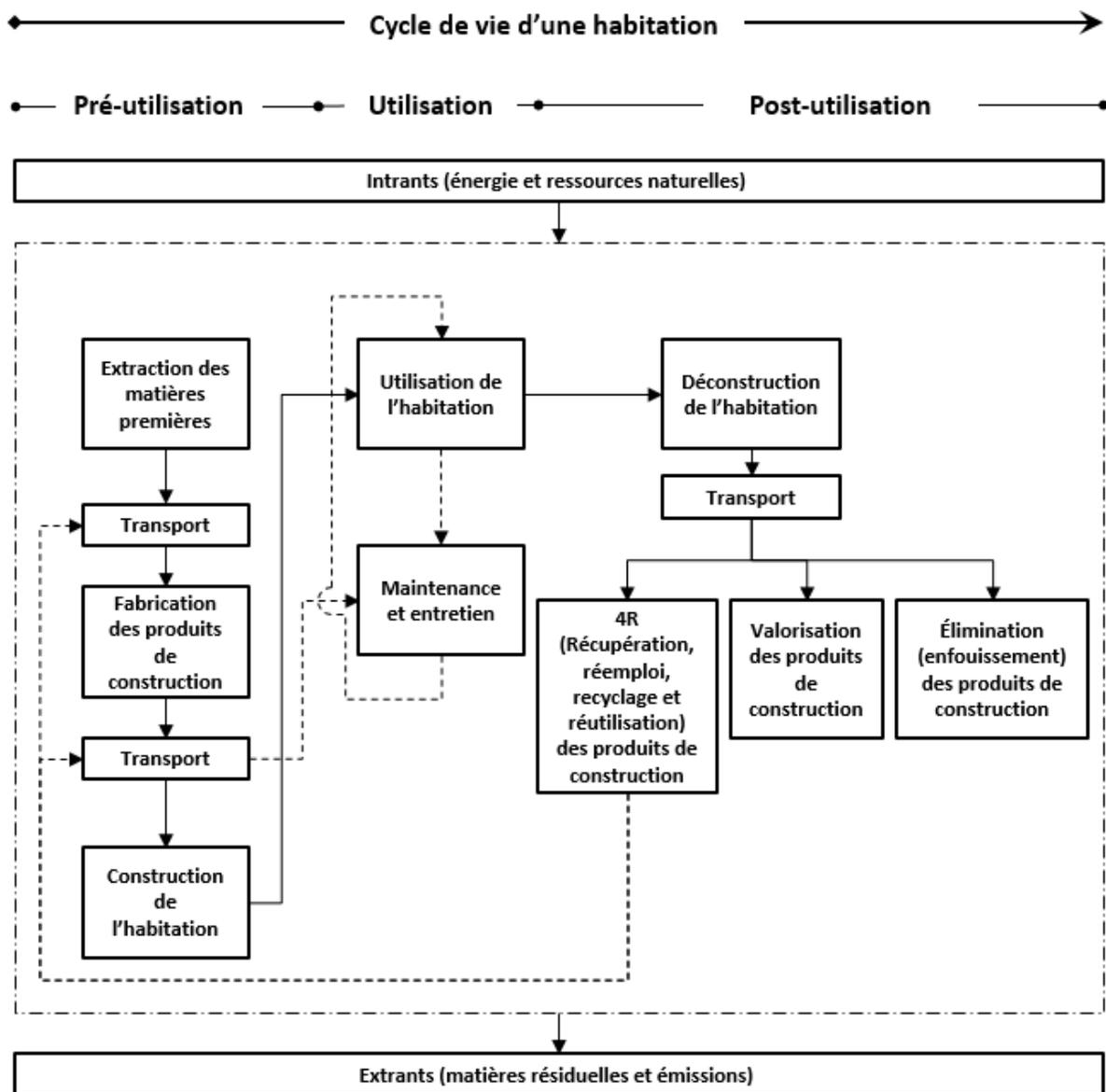


Figure 5.1 Cycle de vie d'une habitation (inspiré de : Optis, 2005)

Dans le but de simplifier l'analyse, le cycle de vie des modes d'habitation a été regroupé sous trois principales phases : la phase pré-utilisation (extraction des matières premières, fabrication des produits de construction et construction de l'habitation), la phase utilisation (utilisation de l'habitation, maintenance et entretien) et la phase post-utilisation (déconstruction de l'habitation, 4R, valorisation des produits de construction et élimination).

5.1.3 Limitations

Les données d'analyse proviennent uniquement de moyennes et non de modèles spécifiquement situés géographiquement. Ainsi, les données analysées représentent la moyenne pour l'ensemble de la province

québécoise. De plus, pour des raisons de fiabilité, de disponibilité et de variabilité des informations, certains éléments d'analyse potentiellement pertinents ont dû être retirés de la portée de l'étude, dont :

- Les transports entre les différentes phases du cycle de vie de l'habitation;
- Les matériaux destinés à la récupération d'énergie;
- Le confort acoustique et visuel;
- Les émissions potentielles provenant de l'habitation et émises à l'extérieur de celle-ci (particules, odeurs, eau et chaleur);
- Le niveau de sécurité et sûreté des occupants de l'habitation par rapport aux intrusions et au vandalisme.

5.1.4 Informations de référence et hypothèses

Puisque l'analyse se base sur des données moyennes, déterminées à partir de données trouvées lors du processus de recherche, des hypothèses ont été formulées concernant la superficie, le coût d'achat, le système d'alimentation en énergie, la consommation d'eau, l'isolation thermique et le système sanitaire pour chacun des différents modes d'habitation analysés.

Superficie

- Habitation conventionnelle québécoise : 1500 pi² (140 m²)

Cette superficie est estimée à partir de la superficie d'une maison type, déterminée comme étant représentative d'une résidence au Québec par des spécialistes du secteur de l'habitation (Environnement Canada, 2011a).

- Micromaison : 250 pi² (23 m²)

Cette superficie est estimée via une moyenne obtenue par une plage de superficie variant de 100 pi² à 400 pi², déterminée par un site en ligne spécialisé sur les micromaisons (*The Tiny Life*, 2014).

- Petite maison : 700 pi² (65 m²)

Cette superficie est estimée par une moyenne entre 400 pi², la superficie maximale pour une micromaison, et 1000 pi², qui représente la superficie maximale pour une minimaison.

- Géonef : 1800 pi² (167 m²)

Cette superficie est estimée à partir de la superficie moyenne déterminée par Benoit Deschamps, un spécialiste québécois des géonefs (Deschamps, 2013a).

Coût d'achat

- Habitation conventionnelle québécoise : 270 000 \$

Ce coût est estimé à partir des prévisions de la Société canadienne d'hypothèque et de logement pour le prix moyen de vente des habitations québécoises en 2015 (Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), 2014a).

- Micromaison : 50 000 \$

Ce coût est estimé par une moyenne de la plage de variation des coûts d'achat de micromaison, mentionnée par une entreprise états-unienne pionnière dans le domaine, et qui tient compte du taux de conversion du dollar américain en dollar canadien (PAD, 2012b). Le coût d'une micromaison conçue et fabriquée par une entreprise québécoise a également été considéré dans ce calcul (Labbé, 2014).

- Petite maison : 150 000 \$

Ce coût est estimé à partir d'une multiplication entre le coût moyen par pied carré d'une petite maison, calculé pour une petite maison conçue et fabriquée par une entreprise québécoise, et la superficie estimée d'une petite maison (700 pi²). La démarche complète du calcul est présentée aux tableaux 5.1 et 5.2.

Tableau 5.1 Paramètres employés pour l'estimation du coût de la petite maison

Variables de l'estimation
A) Coût moyen des petites maisons (incluant le terrain) proposées par l'entreprise
B) Pourcentage du coût d'une maison généralement attribué au terrain
C) Coût moyen des petites maisons (sans terrain) → Équation : $A \times (1 - B) = C$
D) Superficie moyenne des petites maisons proposées par l'entreprise (modèle évolutive)
E) Coût moyen par pi ² d'une petite maison → Équation : $C / D = E$
Estimation : Coût pour la petite maison d'une superficie moyenne de 700 pi ² → Équation : $E * 700 = F$

Tableau 5.2 Estimation du coût de la petite maison

Résultat
A) 115000 (moy. entre 80 000 \$ et 150 000 \$)
B) 13%
C) 100050
D) 472 pi ² (44 m ²) (moy. entre 352 pi ² et 592 pi ²)
E) 212 \$/pi ²
Estimation : 150000 (arrondi de 148 400 \$)

A) Lachapelle, 2014

B) APCHQ, s. d.b

D) HMG, s. d.

- Géonef : 200 000 \$

Ce coût est estimé à partir du coût moyen des géonefs (moyenne entre 135 000 \$ et 270 000 \$), déterminé par Benoit Deschamps, un spécialiste québécois des géonefs (Deschamps, 2013a).

Alimentation en énergie

- Habitation conventionnelle québécoise

L'énergie consommée provient à 85 % de sources renouvelables [électricité (69,1 %) et bois de chauffage (15,4 %)] mais aussi à 15 % de sources non renouvelables [mazout de chauffage (8,2%) et gaz naturel (7 %)] (RNCan, 2014b).

- Micromaison

La micromaison est alimentée principalement par l'énergie hydroélectrique, comme le modèle conventionnel, ainsi que par un système auxiliaire de panneaux photovoltaïques.

- Petite maison

La petite maison est alimentée de la même façon que l'habitation conventionnelle.

- Géonef

Le géonef comble près de 90 % de ses besoins en chauffage et en climatisation par la conception solaire passive de sa construction (Écohabitation, s. d.a). Comme le chauffage et la climatisation représentent 65 % de la consommation énergétique d'un bâtiment résidentiel (Écohabitation, s.d.c), le principe solaire passif d'un géonef couvre ainsi l'équivalent de 60 % de l'énergie nécessaire pour opérer l'habitation. Le 40 % restant est comblé par l'emploi de systèmes indépendants des fournisseurs externes en énergie, tels des panneaux photovoltaïques et des éoliennes installés à même le bâtiment (*Earthship Biotecture*, s. d.f).

Consommation d'eau

La consommation d'eau pour une habitation varie grandement en fonction des habitudes de consommation des occupants. Des statistiques et informations relatives aux systèmes de consommation d'eau selon le type d'habitation permettent cependant d'estimer des quantités moyennes d'eau consommées par celles-ci.

- Habitation conventionnelle québécoise : 772 litres / jour

Cette consommation est estimée à partir d'une statistique relevée par Environnement Canada (Environnement Canada, 2011b) relative à la consommation d'eau résidentielle par habitant au Québec

(de 386 litres par habitant, par jour) et du nombre de deux occupants par habitation, tel que déterminé précédemment pour l'unité fonctionnelle.

- Micromaison : 540 litres / jour

La différence notable entre la micromaison et l'habitation conventionnelle quant à la consommation d'eau consiste en des équipements sanitaires différents, la micromaison étant généralement équipée d'une toilette sèche (Menard, 2014; *Tumbleweed Tiny House Company*, s. d.). Cette toilette sèche, nommée également toilette à compost, permet d'éliminer complètement la consommation employée par la chasse d'eau, ce qui constitue une réduction de 30 % de la consommation d'eau de l'habitation (Environnement Canada, 2013). Ainsi, cette proportion représente une réduction de 232 litres / jour par rapport à l'habitation conventionnelle.

- Petite maison : 772 litres / jour

La consommation d'eau est considérée comme étant la même pour la petite maison que pour l'habitation conventionnelle.

- Géonef : 0 litre / jour

L'autosuffisance en eau étant l'un des principes de base du géonef, l'alimentation en eau nécessaire par les infrastructures externes s'avère nulle. Cette autonomie en eau est rendue possible grâce à un système de récupération des eaux de pluie intégré lors de la construction du géonef (*Earthship Bioteecture*, s. d.e.; Deschamps, 2013f).

Isolation thermique

Pour des besoins de simplification et de disponibilité de données, l'évaluation de l'isolation thermique se fera uniquement à partir de la performance des matériaux d'isolation, déterminée par leur valeur de résistance thermique R (RSI, dans le système métrique), un coefficient de transfert de chaleur (Énergie et Ressources naturelles Québec, 2013). Plus la valeur de résistance thermique d'un matériau est élevée, plus celui-ci constitue un bon isolant et plus l'habitation sera donc performante en termes de confort thermique.

- Habitation conventionnelle québécoise : R-20

Cette résistance thermique est estimée à partir de celle d'une maison type déterminée comme étant représentative d'une résidence au Québec par des spécialistes du secteur de l'habitation (Environnement Canada, 2011a).

- Micromaison : R-20

Cette résistance thermique est estimée à partir de la résistance thermique des micromaisons conçues et fabriquées par une entreprise pionnière dans ce type d'habitation (Richman, 2014).

- Petite maison : R-20

Étant située entre la micromaison et la maison conventionnelle en termes de superficie, et ne disposant pas de données précises concernant le niveau d'isolation de ce type d'habitation, la résistance thermique de celle-ci a été considérée comme étant la même que celle de la micromaison et de la maison conventionnelle.

- Géonef : R-20

La résistance thermique du géonef est estimée à partir du niveau d'isolation des murs pour ce type d'habitation, déterminé par Benoit Deschamps, un spécialiste québécois des géonefs (Deschamps, 2013e).

Système sanitaire (toilette)

- Habitation conventionnelle québécoise : toilette standard.
- Micromaison : toilette sèche.
- Petite maison : toilette standard.
- Géonef : toilette utilisant les eaux grises pour la chasse d'eau.

Récapitulatif des informations de référence et hypothèses

Le tableau 5.3 regroupe les principales caractéristiques de l'habitation québécoise conventionnelle, d'une micromaison, une petite maison et d'un géonef. Ces quatre types d'habitation constituent les modèles utilisés pour l'analyse de durabilité du cycle de vie subséquente.

Tableau 5.3 Principales caractéristiques des modes d'habitation analysés

Modes d'habitation / Caractéristiques	Superficie	Coût d'achat	Alimentation en énergie	Consommation d'eau	Isolation thermique	Système sanitaire
Modèle québécois conventionnel	1500 pi ² (140 m ²)	270 000 \$	85 % provient de sources renouvelables [électricité (69,1 %) et bois de chauffage (15,4 %)]. 15 % provient de sources non-renouvelables [mazout de chauffage (8,2%) et gaz naturel (7 %)].	772 litres / jour	R-20	Toilette standard

Tableau 5.3 Principales caractéristiques des modes d'habitation analysés (suite)

Modes d'habitation / Caractéristiques	Superficie	Coût d'achat	Alimentation en énergie	Consommation d'eau	Isolation thermique	Système sanitaire
Micro-maison	250 pi2 (23 m2)	50 000 \$	Alimentation hydroélectrique comme le modèle conventionnelle + Système auxiliaire d'énergie de panneaux photovoltaïques.	540 litres / jour	R-20	Toilette sèche
Petite maison	700 pi2 (65 m2)	150 000 \$	Même alimentation en énergie que le l'habitation conventionnelle.	772 litres / jour	R-20	Toilette standard
Géonef	1800 pi2 (167 m2)	200 000 \$	60 % provient du principe de conception solaire passive. 40 % provient de systèmes tels des panneaux photovoltaïques et des éoliennes installés à même le bâtiment.	0 litre / jour	R-20	Toilette utilisant les eaux grises pour sa chasse

5.2 Analyse : dimension éthique

L'éthique de l'habitation vise à répondre aux aspirations collectives et sociétales, aux besoins de paix et de sécurité, à l'amélioration de la qualité de vie et à la cohésion des sociétés (Villeneuve et autres, 2014). Les indicateurs de la dimension éthique, présentés au tableau 5.4, concernent donc la lutte contre la pauvreté, la solidarité sociale et l'originalité et l'innovation de l'habitation, des facteurs qui contribuent à une meilleure justice sociale et au renforcement des capacités des individus.

Tableau 5.4 Indicateurs de la dimension éthique

Indicateurs dimension éthique
Lutte contre la pauvreté
Solidarité
Originalité et innovation

5.2.1 Lutte contre la pauvreté

La lutte contre la pauvreté vise à assurer la satisfaction des besoins essentiels du plus grand nombre, tel le logement, afin de réduire les iniquités et l'exclusion sociale. Par conséquent, le mode d'habitation qui permet d'assurer l'accès à la propriété du plus grand nombre et qui facilite la construction d'habitations à faible coût pour les plus démunis, constitue le mode le plus performant à lutter contre la pauvreté.

L'accessibilité à la propriété étant la capacité financière des personnes à acquérir une habitation, le type d'habitation présentant le coût d'achat le plus faible sera celui qui favorisera le plus l'accès à la propriété.

Tableau 5.5 Pointage de l'indicateur « Lutte contre la pauvreté »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Lutte contre la pauvreté	8,0	5,0	5,0
Réduction de la pauvreté	8	5	5

Réduction de la pauvreté

Le coût d'achat d'une micromaison est en moyenne cinq fois inférieur au modèle conventionnel (PAD, 2012b; SCHL, 2014a), ce qui signifie qu'elle permet davantage l'accès à la propriété pour les personnes à faibles revenus. De plus, des initiatives de construction volontaire de micromaisons pour les sans-abris ont vu le jour à de multiples endroits aux États-Unis, similairement aux projets de l'organisme international sans but lucratif « Habitat pour l'humanité », dédié à la construction de logements simples et abordables (Couch, 2014; Marohn, 2014; Federico-O'Murchu, 2014; *Tiny House Talk*, 2013).

Le coût d'achat du géonef est en moyenne une fois et demie inférieur par rapport au modèle conventionnel, ce qui le rend plus accessible comparativement à celui-ci. Cependant, les géonefs sont significativement moins accessibles, en général, que les micromaisons. Bien que leur coût moyen d'achat n'apparaisse pas significativement avantageux par rapport au modèle d'habitation conventionnelle (SCHL, 2014a; Deschamps, 2013a), les géonefs peuvent néanmoins être construits avec des moyens financiers limités. Les coûts de construction peuvent varier considérablement en fonction des matériaux utilisés : les matériaux naturels facilement accessibles, telle la terre, et des objets courants récupérés, tels des pneus, des cannettes et des bouteilles, représentent des matériaux peu coûteux, voire gratuits. Des missions humanitaires en font la démonstration par la construction d'habitations de type géonef de faibles coûts avec les communautés de milieux défavorisés (Laylin, 2013; *Biotope Planet Earth*, s. d.; *Garbage Warrior*, 2007).

Le coût d'achat de la petite maison, quant à lui, est en moyenne deux fois inférieur par rapport au modèle conventionnel. La petite maison favorise donc un plus grand accès à la propriété que le modèle conventionnel; toutefois, elle demeure sensiblement moins accessible que la micromaison, avec un écart de prix moyen de l'ordre de 100 000 \$.

5.2.2 Solidarité

La solidarité vise à augmenter la résilience entre les individus et entre les peuples, afin de leur permettre de s'adapter adéquatement aux changements et aux imprévus de la vie, tels qu'une crise économique, par exemple. Pour accroître la faculté d'adaptation des individus, ceux-ci doivent pouvoir acquérir ou développer leur autonomie. Parce que le développement et la transmission des connaissances par rapport à la construction d'une maison favorisent globalement l'autonomie des personnes et que la capacité d'accès au logement, peu importe la classe sociale, assure une meilleure équité entre les individus, la performance du mode d'habitation en regard de la solidarité est évaluée en fonction de ces deux facteurs.

Tableau 5.6 Pointage de l'indicateur « Solidarité »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Solidarité	5,5	2,0	5,0
Autonomie des personnes	4	0	8
Équité	7	4	2

Autonomie des personnes

Puisque l'autonomie constitue l'un des principes clés du géonef, celui-ci est fortement performant sur le plan de l'autonomisation des personnes. En effet, les géonefs bénéficient d'une grande autonomie vis-à-vis les systèmes externes, en visant l'autosuffisance en énergie, en eau et en nourriture pour pallier aux crises économiques, politiques et alimentaires potentielles, ce qui les rend ainsi beaucoup plus résilientes que les habitations conventionnelles en termes d'adaptation aux différentes fluctuations possibles. Il est aussi possible d'assister à des séminaires pour autoconstruire son propre géonef. Comme l'apprentissage pour construire ce type d'habitation est relativement simple, il est possible de transmettre rapidement ces connaissances au sein d'une communauté, pour donner le pouvoir de participation au plus large éventail de personnes possible (*Earthship Bioteecture*, s. d.d; Villeneuve et autres, 2014). Le pouvoir de participation se traduit par une favorisation de l'entraide lors de la construction d'un géonef, telle que démontré lors de missions humanitaires, ou simplement lors de la création d'évènements « party de pneus » visant à solliciter l'aide de sa communauté pour construire son habitation, en échange de connaissances liées aux techniques de construction.

La micromaison étant de plus petite dimension que l'habitation conventionnelle, son autoconstruction s'en trouve facilitée, et par conséquent, l'autonomisation des personnes aussi. De nombreux séminaires d'autoconstruction de micromaisons, abordables, sont disponibles à travers l'Amérique du Nord.

Équité

La micromaison prône le principe de l'équité, car elle est plus accessible financièrement que l'habitation conventionnelle en raison de son coût d'achat inférieur. Cela contribue à l'égalité des chances, et ce, peu importe la classe sociale. C'est la même situation pour la petite maison, bien que sa performance soit inférieure à la micromaison en raison de son coût d'achat plus élevé. Le coût d'achat du géonef étant plus élevé que la micromaison et la petite maison, cela le rend moins performant que les modèles de minimaisons par rapport à la capacité d'accès au logement.

5.2.3 Originalité et innovation

L'originalité et l'innovation permettent d'élargir le potentiel d'adaptabilité de l'habitation afin de satisfaire les besoins actuels et futurs des individus. Ainsi, un mode d'habitation qui permet de diversifier les options de construction ou de modification ultérieure du bâtiment, et qui favorise le potentiel d'innovation et de recherche et développement, sera performant en termes d'originalité et d'innovation. La diversification des options permet d'accroître la capacité d'adaptation aux changements en augmentant le nombre de choix possibles pour réduire la pression sur les ressources ou en utilisant de nouvelles ressources pour satisfaire les besoins humains. La diversification des options est donc évaluée par l'aptitude du mode d'habitation à stimuler la créativité et la multifonctionnalité. Le potentiel d'innovation est évalué, quant à lui, par la capacité du mode d'habitation à influencer le changement, à rejeter les normes sociales existantes et à en proposer de nouvelles. La recherche et développement, qui permet d'accroître les connaissances afin de développer de nouvelles solutions, est évalué par la capacité du mode d'habitation à favoriser l'acquisition de connaissances permettant de répondre aux besoins humains tout en diminuant les pressions sur les ressources.

Tableau 5.7 Pointage de l'indicateur « Originalité et innovation »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Originalité et innovation	5,0	0,7	8,0
Diversification des options	6	0	8
Potentiel d'innovation	5	0	9
Recherche et développement	4	2	7

Diversification des options

Le géonef offre plusieurs solutions innovantes pour faire face aux changements potentiels pouvant survenir suite à une crise économique, politique ou écologique, comme l'augmentation considérable des taux hypothécaires, une guerre ou un désastre écologique menant à la délocalisation de certaines

d'individus, etc. En effet, étant très flexible en fonction des besoins de ses résidents en ce qui a trait aux systèmes d'alimentations externes en eau et en énergie, le géonef propose plusieurs solutions techniques permettant d'accéder à l'autosuffisance. De son côté, la micromaison offre plusieurs options d'adaptation aux changements pour ses occupants, que ce soit par sa mobilité ou sa grande multifonctionnalité due à ses espaces restreints.

Potentiel d'innovation

Le géonef possède un potentiel d'innovation fortement élevé, car les principes techniques utilisés font preuve d'ingéniosité (ex. : systèmes d'autonomie en eau et en énergie). Il possède également un grand potentiel d'expérimentation dû à son caractère généralement plus artisanal que la micromaison. Toutefois, cette dernière représente une solution d'habitation innovante, car elle permet de répondre à un besoin de logement tout en optimisant la quantité de ressources matérielles employées pour sa construction. De plus, ce type d'habitation laisse place à beaucoup de créativité dans la conception de l'aménagement de ses espaces internes en raison de ses contraintes ergonomiques.

Recherche et développement

Le géonef stimule beaucoup la recherche et le développement, car ce type d'habitation est plutôt expérimental et constamment en évolution au niveau de l'adaptation de ses systèmes techniques relatifs au chauffage, à la climatisation, au traitement de l'eau, etc. (*Earthship Bioteecture*, s. d.f; Earthship Europe, 2012). La micromaison nécessite un certain besoin de recherche et développement pour l'ergonomie de l'espace interne de l'habitation (Shafer, 2009), tout en étant moins élevé que le géonef. Tout comme la micromaison, la petite maison nécessite un léger besoin de recherche et développement pour l'ergonomie de ses espaces internes.

5.2.4 Synthèse du pointage pour la dimension éthique

Les figures 5.2 et 5.3 illustrent que les trois modèles d'habitation alternatifs répondent positivement à l'amélioration de la qualité de vie individuelle et collective et à la cohésion des sociétés, bien que le géonef et la micromaison obtiennent davantage de points à cet effet. La petite maison s'approche du modèle conventionnel québécois en regard de la dimension éthique du développement durable.

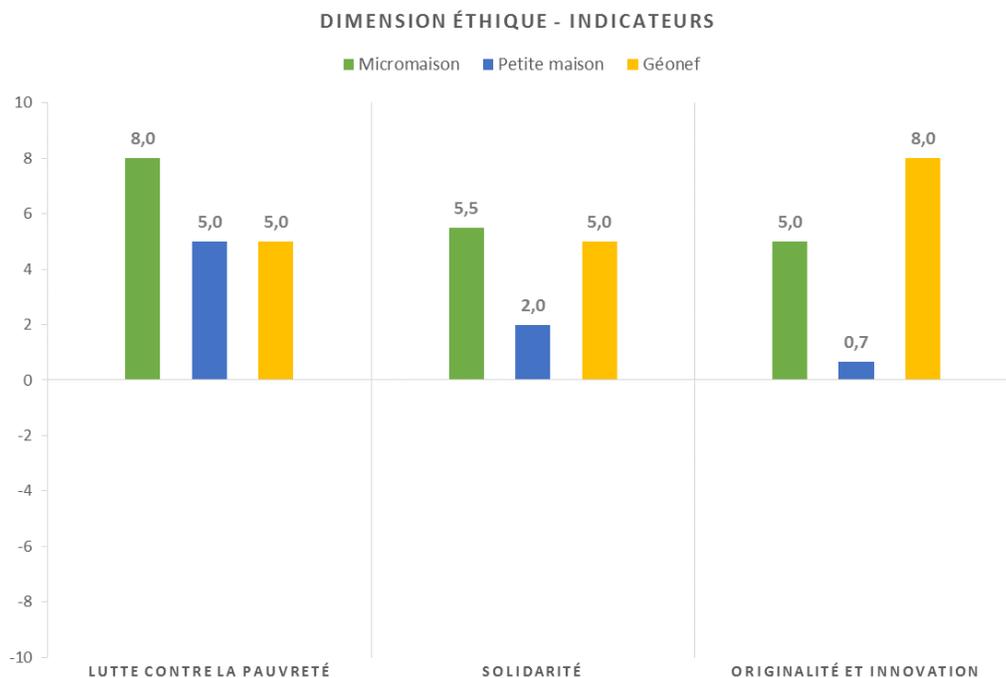


Figure 5.2 Synthèse des pointages des indicateurs de la dimension éthique

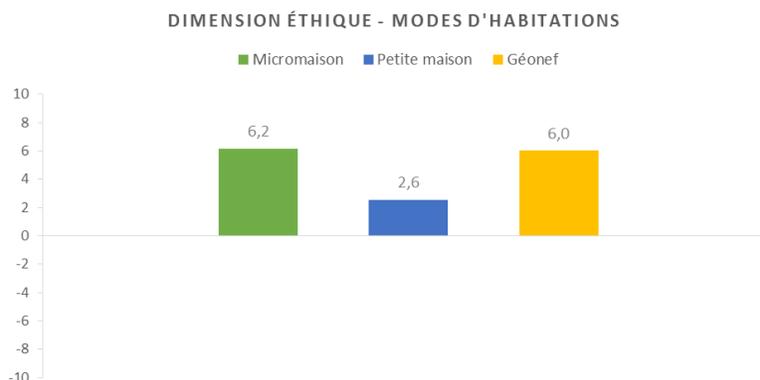


Figure 5.3 Synthèse des pointages des modes d'habitation de la dimension éthique

5.3 Analyse : dimension écologique

La dimension écologique concernant l'habitation réfère au besoin de préserver la qualité des écosystèmes, de la biodiversité, etc., ainsi que de pérenniser les ressources naturelles (Villeneuve et autres, 2014). Parce que l'ensemble des cycles de vie d'une habitation affecte l'environnement, les indicateurs de la dimension écologique, présentés au tableau 5.8, évaluent l'impact externe de l'habitation sur celui-ci.

Tableau 5.8 Indicateurs de la dimension écologique

Indicateurs dimension écologique
Changements climatiques
Flux de ressources intrants
Flux de ressources extrants
Utilisation du territoire
Biodiversité

5.3.1 Changements climatiques

Les changements climatiques affectent la vie humaine sur plusieurs points dont l'eau, les écosystèmes, l'alimentation, les zones côtières et ultimement, la santé (*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), 2014). La principale cause de ces changements, selon les experts, est l'augmentation de la pollution suite à une augmentation notable des GES liés à l'activité humaine croissante (Changement-climatique, 2010). Dans le milieu résidentiel, le chauffage des bâtiments constitue la principale activité génératrice d'émissions de GES (MDDELCC, 2013). Étant donné la difficulté à obtenir des résultats précis en termes de consommation d'énergie dédiée au chauffage, et pour des fins de simplification, l'indicateur « changements climatiques » est évalué en fonction de la superficie et de l'isolation thermique de l'habitation, car ce sont les principales variables liées à la fonction de chauffage (Corporation des maîtres mécaniciens en tuyauterie du Québec (CMMTQ), 2012). De plus, le type d'énergie employé, renouvelable (solaire, éolienne, hydraulique, géothermique et biomasse) ou non renouvelable (charbon, gaz naturel, pétrole et nucléaire), influence respectivement positivement ou négativement la performance de cet indicateur. Tenant pour acquis que le niveau d'isolation thermique soit le même pour les quatre modèles d'habitation, soit le R-20, la performance en besoin de chauffage résulte d'une moyenne entre la superficie de l'habitation et le type d'énergie employé.

Tableau 5.9 Pointage de l'indicateur « Changements climatiques »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Changements climatiques	4,0	3,0	10,0
Potentiel de génération de GES	4	3	10

Potentiel de génération de GES

Bien que le géonef possède la plus grande superficie habitable, l'énergie employée provient uniquement de sources renouvelables, de sorte qu'il a une performance élevée par rapport au modèle d'habitation conventionnelle, qui tire 85 % de son énergie de sources renouvelables [électricité (69,1 %) et bois de chauffage (15,4 %)], mais aussi 15 % de sources non renouvelables [mazout de chauffage (8,2%) et gaz

naturel (7 %)] (RNCan, 2014b). La micromaison obtient une performance moyenne, car bien que sa superficie réduise les besoins énergétiques, elle utilise dans la plupart des cas le même type d'énergie que le modèle conventionnel. La petite maison utilise également le même type d'énergie et obtient un score légèrement inférieur à la micromaison, car sa superficie est plus grande que cette dernière.

5.3.2 Flux de ressources intrants

Les flux de ressources intrants constituent l'utilisation des ressources requises pour l'ensemble du cycle de vie de l'habitation. Cet indicateur permet d'évaluer le niveau de pression sur les ressources qu'engendre la construction, l'utilisation et la fin de vie utile d'une habitation, par rapport à la quantité d'énergie, aux matières et à l'eau consommée.

Le sous-indicateur « énergie » est évalué en fonction de la superficie devant être chauffée, climatisée et éclairée, représentant près de 70 % de la consommation d'énergie d'un bâtiment résidentiel (RNCan, 2014a), ainsi qu'au potentiel de ce dernier à favoriser l'utilisation de ressources renouvelables (solaire, éolien, hydraulique, géothermique et biomasse).

Le sous-indicateur « matière » s'évalue en fonction de la superficie de l'habitation, car plus celle-ci est de grande dimension, plus des matières premières auront été consommées pour sa construction. Les modes d'habitation sont également évalués selon leur potentiel à favoriser le réemploi de matières secondaires.

Le sous-indicateur « eau » est évalué seulement par rapport à la consommation d'eau requise lors de l'utilisation de l'habitation.

Tableau 5.10 Pointage de l'indicateur « Flux de ressources intrants »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Flux de ressources intrants	4,0	1,7	8,0
Énergie	5	2,5	10
<i>Favorise l'utilisation de ressources renouvelables (solaire, éolienne, hydraulique, géothermique et de la biomasse)</i>	2	0	10
<i>Consommation</i>	8	5	10
Matière	4	2,5	4
<i>Matière première</i>	8	5	3
<i>Matière secondaire</i>	0	0	5
Eau	3	0	10

Énergie

Conçue selon le principe solaire passif, pratiquement toute l'énergie employée par le géonef provient du soleil, soit 60 % des besoins énergétiques couverts par le principe solaire passif, tel qu'énoncé dans les

hypothèses. Le 40 % restant est généralement comblé par l'utilisation de systèmes indépendants des fournisseurs externes en énergie, tels des panneaux photovoltaïques et des éoliennes installés à même le bâtiment (*Earthship Biotecture*, s. d.h). La micromaison est davantage portée que le modèle conventionnel à employer des sources d'énergie provenant de ressources renouvelables, puisque son aspect mobile facilitant les déplacements sur la route peut engendrer le besoin de se doter de systèmes auxiliaires d'alimentation en énergie pour être plus autonome, tels des panneaux solaires. Bien sûr, une autre source d'énergie auxiliaire souvent employée est le propane. Cependant, ce type d'énergie ne permet pas d'être en autonomie énergétique complète. Comparativement au soleil disponible, peu importe l'endroit où l'on se trouve, le propane nécessite une recharge à certains moments (*Tumbleweed Tiny House Company*, s. d.).

La petite maison a, tout comme la micromaison, une demande énergétique inférieure au modèle d'habitation conventionnelle en raison de sa superficie plus petite. Cependant, la petite maison demeure moins performante que la micromaison en raison de sa superficie plus élevée que cette dernière.

Matière

La superficie de la micromaison étant très inférieure au modèle conventionnel, sa performance s'avère élevée, car elle nécessitera beaucoup moins de matières premières lors de sa construction. Sa superficie oblige aussi ses résidents à consommer modérément en raison de l'espace de stockage limité.

Similairement à la micromaison, la petite maison est plus performante que le modèle conventionnel. Toutefois, sa superficie plus élevée que celle de la micromaison justifie un pointage moins performant par rapport à cette dernière.

La superficie moyenne du géonef, plus élevée que le modèle conventionnel, justifierait un pointage négatif dû à un besoin potentiellement plus grand de matériaux (ex. : grande surface de vitrage), mais puisque la majorité des matières premières utilisées pour sa construction n'ont pas subi de procédés industriels de transformation, la performance écologique du géonef s'en trouve positivement affectée, si l'on tient compte de l'impact potentiel de procédés de transformation des matières premières sur le cycle de vie d'une habitation. Le fait qu'un géonef se construit généralement à partir de matières secondaires (pneus, bouteilles et cannettes récupérées) contribue également à sa performance (*Earthship Biotecture*, s. d.e).

Eau

Le géonef est très performant en termes de consommation d'eau, car il n'emploie que de l'eau de pluie et possède son propre système naturel de traitement de l'eau (*Earthship Biotecture*, s. d.g). Les deux modèles de minimaisons, quant à eux, ne modifient pas nécessairement les habitudes de consommation d'eau de

leur résident, de sorte que le seul élément d’infrastructure pouvant modifier la performance de ces modèles en termes de consommation d’eau est la toilette. Puisque la plupart des micromaisons sont dotées de toilettes sèches, elles permettent d’éliminer la consommation d’eau pour les besoins sanitaires (Écohabitation (s. d.d), ce qui se traduit par une réduction de 30 % de la consommation d’eau pour les micromaisons comparativement au modèle conventionnel (Environnement Canada, 2013).

5.3.3 Flux de ressources extrants

L’indicateur de flux de ressources extrants permet, tout comme l’indicateur de flux intrants, d’évaluer le niveau de pression sur les ressources de l’habitation sur l’ensemble de son cycle de vie. Dans ce cas-ci, le niveau de pression sur les ressources est évalué par rapport aux déchets et aux émissions générées par l’habitation. Plus la quantité de matières sortantes est faible, plus la performance de l’habitation s’élève. Afin de simplifier l’évaluation de l’indicateur, la quantité de déchet est évaluée en fonction de la superficie de l’habitation, puisque les quantités de matières sortantes peuvent varier grandement selon les habitudes de consommation des résidents (ex. : un ménage compostant ses matières résiduelles organiques aura un flux de matière extrants inférieurs à un ménage n’effectuant aucun compostage). Des spécialistes du domaine de l’habitation emploient d’ailleurs cette simplification (Lecomte, 2014).

En outre, plus la proportion potentielle de matières sortantes réutilisées et/ou recyclées et/ou valorisées est élevée par rapport à la quantité totale de matières sortantes, plus grande est la performance de l’habitation.

Tableau 5.11 Pointage de l’indicateur « Flux de ressources extrants »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Flux de ressources extrants	4,0	2,5	4,0
Quantité de matières sortantes	7	5	6
Proportion de matières sortantes réutilisée et/ou recyclée et/ou valorisée	1	0	2

Quantité de matières sortantes

La micromaison génère beaucoup moins de déchets que le modèle conventionnel sur l’ensemble de son cycle de vie, que ce soit lors de la construction ou de la fin de vie de l’habitation, en raison de sa petite dimension. De plus, ses occupants sont portés à avoir une consommation matérielle significativement inférieure due à l’espace de stockage plus restreint.

Le géonef, bien que sa superficie soit supérieure au modèle conventionnel, prône l'autosuffisance alimentaire, ce qui permet de réduire la consommation d'aliments provenant des supermarchés, diminuant implicitement la consommation d'emballages. De plus, son concept d'agriculture résidentielle favorise la réutilisation des matières organiques (constituant en moyenne 55 % des matières résiduelles résidentielles annuelles du Québec) sous forme de compost, ce qui a pour effet de réduire la quantité globale de matières résiduelles générées par les occupants (Éco entreprises Québec et RECYC-QUÉBEC, 2014).

La performance de la petite maison est similaire à celle de la micromaison en raison de ses dimensions inférieures au modèle conventionnel. Cependant, étant plus grande que la micromaison, la petite maison obtient un pointage inférieur à cette dernière.

Proportion de matières sortantes réutilisée et/ou recyclée et/ou valorisée

Le géonef utilise une grande proportion de matières secondaires pour sa construction, tels que des pneus, des bouteilles de plastique et de verre, et des cannettes de métal, non altérées lors de l'utilisation de l'habitation. Par conséquent, le géonef possède une certaine proportion de matières sortantes pouvant être réutilisées. De son côté, la micromaison possède une remorque en guise de fondation pouvant être facilement réutilisée en fin de vie de l'habitation. La petite maison obtient un pointage nul, puisque la proportion potentielle de matières sortantes réutilisées et/ou recyclées et/ou valorisées est jugée identique à une habitation conventionnelle.

5.3.4 Utilisation du territoire

L'utilisation du territoire est un indicateur essentiel pour subvenir aux besoins du plus grand nombre dans le contexte de croissance de la population mondiale et de territoire exploitable limité. Directement en lien avec l'utilisation du territoire se trouve les sols (Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire (MAMOT), 2010a). Ceux-ci sont très importants pour l'être humain, car leur formation sert d'appui pour les services écosystémiques d'approvisionnement (ex. : aliments), de régulation (ex. : protection contre l'érosion) et culturels (ex. : récréatifs) (PNUE, 2005). Ainsi, plus le mode d'habitation permet de limiter les impacts bio-physico-chimiques sur les sols, tels l'acidification, l'érosion, le compactage ou la dégradation suite à l'urbanisation, plus celui-ci est performant. Par ailleurs, étant donné qu'il est nécessaire de répartir adéquatement la population afin d'assurer la capacité de support des écosystèmes, le mode d'habitation qui optimise son espace en terme de superficie nécessaire sur un territoire devient le plus performant pour cet indicateur.

Tableau 5.12 Pointage de l'indicateur « Utilisation du territoire »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Utilisation du territoire	5,5	4,0	0,5
Impacts sur les sols	3	3	3
Utilisation du territoire	8	5	-2

Impacts sur les sols

Les modèles alternatifs ne possèdent pas de sous-sol, ce qui allège la modification physique des sols en minimisant leur impact. De plus, l'impact sur les sols causé par l'extraction de matières premières nécessaires à leur construction s'en voit diminué en raison de leur consommation de ressources inférieures au modèle conventionnel.

Utilisation du territoire

Par sa superficie significativement inférieure au modèle conventionnel, la micromaison permet de loger plusieurs résidents sur un territoire restreint, ayant donc un impact réduit quant à l'utilisation du territoire. La performance de la petite maison se trouve entre celle de la micromaison et du modèle conventionnel, en raison de ses dimensions. Le géonef obtient une performance négative, car sa superficie est plus grande que le modèle conventionnel.

5.3.5 Biodiversité

La biodiversité est le fruit de plus de trois milliards d'années d'évolution et ne peut être remplacée (Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEEDDAT), 2012a). Celle-ci est vitale pour les êtres humains, que ce soit de garantir l'adaptation aux changements de par la flexibilité et la résilience des organismes vivants, ou par les services qu'elle lui rend, dont celui d'approvisionnement (nourriture, eau douce, médicaments, etc.) et de régulation (traitement de l'eau, production d'oxygène, stockage du carbone, etc.), et de services à caractère social (milieux naturels utilisés pour des activités de tourisme, par exemple) (MEEDDAT, 2012b). Plus le mode d'habitation permet de protéger les espèces, plus celui-ci est performant sur le plan de la biodiversité. Pour évaluer le niveau de protection des espèces, l'habitation est jugée selon les indicateurs liés au domaine de l'habitation causant leurs pertes, soient les changements d'utilisation des sols, les changements climatiques, la surexploitation des ressources naturelles et la pollution (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)*, s. d.). Ainsi, l'évaluation s'établit selon une moyenne des résultats obtenus pour les indicateurs changements climatiques, utilisation du territoire, flux de ressources intrants et flux de ressources extrants.

Tableau 5.13 Pointage de l'indicateur « Biodiversité »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Biodiversité	4,4	2,8	5,6
Protection des espèces	4,4	2,8	5,6

Protection des espèces

Le calcul de la moyenne des quatre indicateurs que sont changements climatiques, utilisation du territoire, flux intrants et flux extrants entraîne une performance sensiblement similaire pour la micromaison et le géonef. Moyennement supérieur par rapport au modèle conventionnel, leur pointage positif est justifiable par leur bonne performance écologique. La superficie étant encore une fois un facteur important dans l'équation de la performance au niveau de la biodiversité, il apparaît sensé que la performance de la petite maison soit moins élevée que les deux autres modèles alternatifs évalués.

5.3.6 Synthèse du pointage pour la dimension écologique

Les figures 5.4 et 5.5 démontrent que les trois modes d'habitation alternatifs tendent à préserver la qualité des écosystèmes et de la biodiversité par un impact écologique réduit, en comparaison du modèle conventionnel québécois. La micromaison et le géonef obtiennent toutefois un avantage marqué à cet effet.

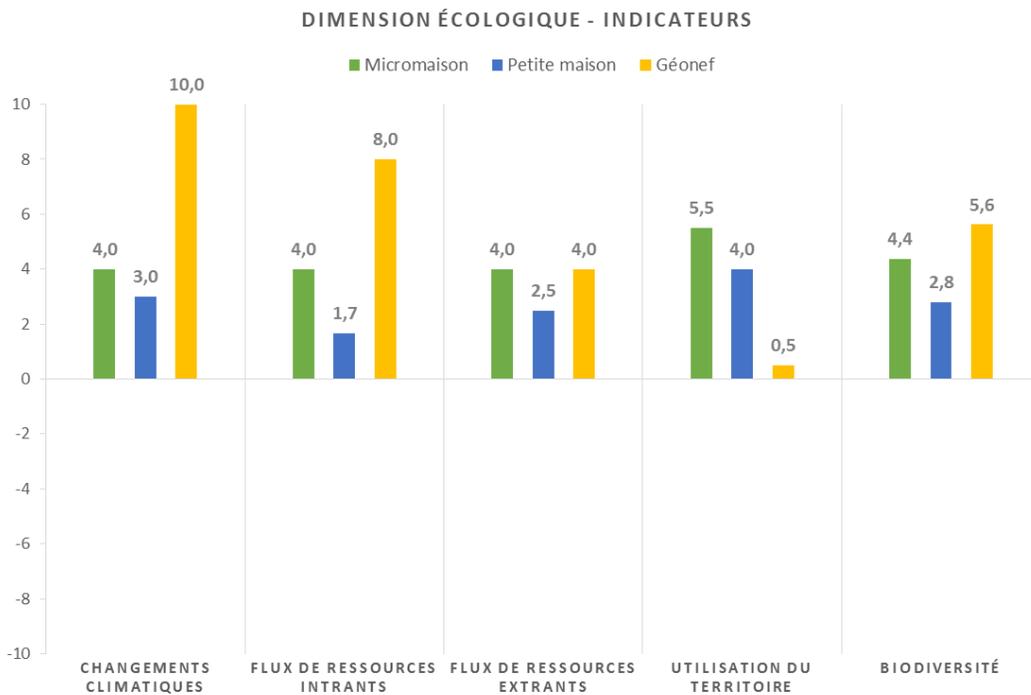


Figure 5.4 Synthèse des pointages des indicateurs de la dimension écologique

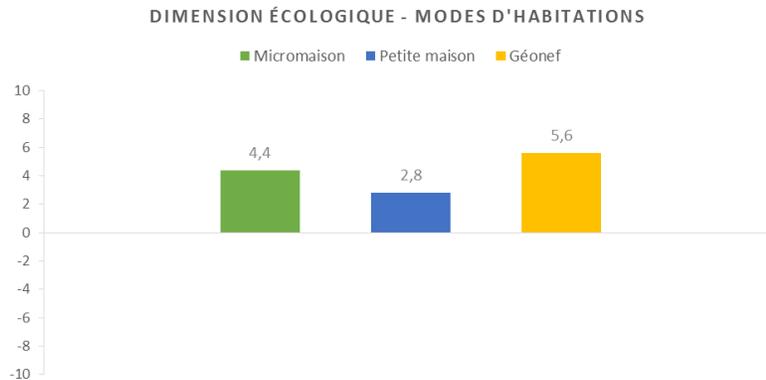


Figure 5.5 Synthèse des pointages des modes d'habitation de la dimension écologique

5.4 Analyse : dimension sociale

La dimension sociale comprend des indicateurs reliés aux besoins et aux aspirations individuelles des occupants, tels que présenté au tableau 5.14. Elle concerne la notion de confort, de sécurité, d'accessibilité spatiale et technique, etc., qui favorise le bien-être physique, psychologique et social des individus, des facteurs importants reliés à la qualité de vie (Villeneuve et autres, 2014).

Tableau 5.14 Indicateurs de la dimension sociale

Indicateurs dimension sociale
Accessibilité
Santé et confort
Impacts sur le voisinage
Maintenance
Sécurité
Adaptabilité
Liberté individuelle et responsabilité collective

5.4.1 Accessibilité spatiale et technique

L'accessibilité spatiale et technique de l'habitation est évaluée en considérant la proximité des services essentiels (épicerie, pharmacie, etc.) et des transports en commun, l'aisance de circulation à l'intérieur de l'habitation et la facilité d'utilisation pour les personnes ayant des besoins spécifiques (personnes handicapées, âgées, etc.). L'opérabilité des installations sanitaires et des systèmes de chauffage, de climatisation, d'éclairage, etc., est également prise en compte, puisque l'accessibilité aux équipements techniques constitue une composante de l'indicateur.

Tableau 5.15 Pointage de l'indicateur « Accessibilité spatiale et technique »

	Micro-maison	Petite maison	Géonef
Accessibilité spatiale et technique	-4,7	-2,2	-2,5
Accessibilité aux installations de l'habitation	-6,3	-4,3	-1
<i>Proximité des services et transports en commun</i>	-2	-4	-5
<i>Aisance de circulation à l'intérieur de l'habitation</i>	-8	-5	2
<i>Facilité d'utilisation pour des personnes ayant des besoins spécifiques (personnes handicapées, âgées, etc.)</i>	-9	-4	0
Accès aux équipements techniques	-3	0	-4

Accessibilité aux installations de l'habitation

Étant considérablement différent du modèle conventionnel sur plusieurs aspects, tels son principe d'autosuffisance et sa construction plutôt artisanale, le géonef est généralement construit en milieu éloigné des grands centres urbains. Puisqu'il est de superficie plus élevée que le modèle conventionnel, le géonef s'est vu attribuer une performance positive au niveau de l'aisance de circulation à l'intérieur de l'habitation. Concernant sa facilité d'utilisation pour des personnes ayant des besoins spécifiques, un pointage neutre lui a été attribué, car ses performances sont similaires au modèle conventionnel. Bien que le géonef soit généralement construit en un seul étage comparativement au modèle conventionnel, souvent construit sur deux étages, ce qui constitue un avantage pour les personnes ayant des capacités physiques limitées, cet avantage se trouve neutralisé par le fait qu'un géonef requiert plus de manipulations pour opérer ses différents systèmes, par conséquent, plus d'efforts physiques.

La performance de la petite maison est similaire à la micromaison quant à l'accessibilité des installations de l'habitation. Cependant, la petite maison obtient un pointage légèrement inférieur par rapport à la proximité des services municipaux, car elle n'est pas mobile et que la majorité des législations municipales en vigueur n'autorisent pas les constructions résidentielles de moins de 750 pi² (Lachapelle, 2014). Néanmoins, la petite maison obtient un pointage supérieur à la micromaison par rapport à l'aisance de circulation intérieure de celle-ci et sa facilité d'utilisation pour des personnes ayant des besoins spécifiques, en raison de sa superficie supérieure.

La mobilité de la micromaison permet de se déplacer aisément à proximité des services municipaux, si elle loge sur un terrain déjà occupé par une maison conventionnelle, en raison du flou législatif existant qui la considère à l'heure actuelle comme une roulotte (Turgeon, 2014). Cela dit, étant donné que sa superficie est plus petite que le minimum requis dans les règlements de zonage municipaux, il apparaît plus probable

de la retrouver en milieu éloigné des grands centres urbains. La micromaison est peu performante par rapport au modèle conventionnel en regard de l'aisance de circulation intérieure et de sa facilité d'utilisation pour les personnes ayant des besoins spécifiques (personnes handicapées, âgées, etc.), car sa superficie limite l'aisance de déplacement dans le cas où plusieurs personnes seraient au même moment à l'intérieur de celle-ci et dans le cas de personnes en chaise roulante, par exemple. En outre, sa superficie restreinte fait en sorte que l'espace en hauteur tend à être optimisé; c'est pourquoi l'on retrouve dans la majorité des micromaisons un *loft* formant la chambre à coucher. Ce *loft*, bas de plafond et accessible par un escalier étroit, peut être difficile d'accès pour une personne aux capacités physiques limitées.

Accès aux équipements techniques

L'opérabilité des installations sanitaires de la micromaison requiert plus de manipulations que le modèle conventionnel, car ce type d'habitation est généralement équipé d'une toilette sèche qui demande un plus grand effort à opérer qu'une toilette conventionnelle, par la vidange du réceptacle septique.

La performance du géonef est inférieure à la micromaison, car l'opérabilité de ses systèmes d'ajustement de la température intérieure requiert plus d'efforts. En effet, une certaine attention doit être portée au niveau de l'ajustement des rideaux pour conserver la chaleur pendant la nuit et de l'ajustement des événements pour assurer une ventilation adéquate (L'habitat éco-responsable, 2012).

5.4.2 Santé et confort

La capacité de l'habitation à assurer la santé et le confort des résidents est un indicateur important à considérer, car il contribue directement à la qualité de vie de ces derniers. Par conséquent, le confort thermique et spatial, ainsi que la qualité de l'air intérieur de l'habitation sont évalués.

Il existe six paramètres relatifs au confort thermique, soit le métabolisme et l'habillement de l'individu, la température ambiante de l'air, la température moyenne des parois, l'humidité relative de l'air et la vitesse de l'air (Université catholique de Louvain, s. d.). Pour évaluer le confort thermique, seuls les paramètres dépendants de l'habitation sont évalués, soit la température ambiante de l'air, la température moyenne des parois, l'humidité relative de l'air et la vitesse de l'air. Étant donné que la température moyenne des parois et l'humidité relative dépendent de l'isolation thermique, ces critères sont évalués en fonction du niveau d'isolation thermique pour des fins de simplification. La température ambiante de l'air et la vitesse de l'air sont évaluées selon la présence de dispositifs de contrôle qui permettent d'en assurer l'ajustement adéquat à l'intérieur de l'habitation. Il est à noter que le volume de l'habitation est également pris en compte dans l'évaluation, puisque considérant les six paramètres de confort thermique constants et égaux

pour différents modèles, il est possible d'atteindre un confort thermique plus rapidement dans une petite habitation, car un petit volume d'habitation nécessite moins de temps à chauffer ou à climatiser.

Le confort spatial est évalué uniquement en fonction de la superficie de l'habitation dans le but de simplifier l'analyse. Plus la superficie de l'habitation est grande, plus celle-ci se voit performante.

Pour évaluer la performance de la qualité de l'air intérieur, il s'agit d'évaluer le potentiel de l'habitation à éviter la génération de particules toxiques pour la santé des utilisateurs et la formation de moisissure, ainsi qu'à favoriser une ventilation adéquate (Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST), 2013). Concernant la génération de particules toxiques, les matériaux de construction de l'habitation sont examinés. Pour l'évitement de formation de moisissure, l'humidité de l'habitation est un paramètre à étudier. Ne disposant pas de données quant à l'humidité de l'habitation, le niveau d'isolation sera utilisé, puisque l'isolation permet de réduire l'humidité (SCHL, 2014b). La ventilation est évaluée en fonction de la facilité d'opération des dispositifs pour la contrôler, voire de leur présence.

Tableau 5.16 Pointage de l'indicateur « Santé et confort »

	Micro-maison	Petite maison	Géonef
Santé et confort	-2,0	-1,0	-0,3
Confort spatial	-8	-5	2
Qualité de l'air à l'intérieur de l'habitation	0	0	-1

Confort thermique

Le niveau d'isolation thermique de la micromaison est le même que celui du modèle conventionnel. Toutefois, bien que la plupart des micromaisons ne soient pas équipées de contrôle de la température ambiante et de la vitesse de l'air, leur petite superficie par rapport au modèle conventionnel leur confère un avantage en termes de confort thermique.

La performance de la petite maison est la même que celle de la micromaison, car elle possède le même niveau d'isolation thermique et, bien qu'elle soit de plus grande superficie que la micromaison, celle-ci possède généralement, tout comme le modèle conventionnel, des systèmes de contrôle de la température ambiante et de la vitesse de l'air. L'avantage que la petite maison possède par rapport au modèle conventionnel est sa superficie deux fois plus petite à ce dernier qui lui permet d'être chauffé ou être climatisé plus rapidement.

Le géonef possède le même niveau d'isolation que les minimaisons. Un pointage négatif lui a cependant été attribué par rapport au confort thermique du modèle conventionnel du fait qu'il n'est généralement

pas équipé de systèmes de contrôle de la température ambiante et de la vitesse de l'air. Également, sa superficie étant supérieure au modèle conventionnel, il peut nécessiter plus de temps à ce dernier pour atteindre un certain niveau de confort thermique.

Confort spatial

Le géonef obtient un pointage positif en raison de sa superficie plus élevée que le modèle conventionnel. En effectuant le ratio de superficie de la petite maison et de la micromaison par rapport à la superficie du modèle conventionnel, celles-ci obtiennent respectivement une performance moyennement et fortement inférieure à ce dernier. La superficie des minimaisons apparaît comme étant une contrainte importante au confort spatial de ses occupants. Cependant, les personnes choisissant ce mode d'habitation ont consciemment décidé de vivre dans un espace qui semble restreint en comparaison des normes socioculturelles, mais qui est adéquat pour leur besoin de logement.

Qualité de l'air à l'intérieur du bâtiment

Les trois modèles alternatifs sont similaires au modèle conventionnel au niveau de l'humidité, en raison d'une isolation identique (en considérant les hypothèses de la présente analyse). On obtient aussi pour les trois modèles alternatifs une performance similaire au modèle conventionnel à propos des matériaux pour la construction des murs, bien que des questionnements soient soulevés quant à la nocivité des pneus utilisés dans la construction d'un géonef. En fait, étant enfouis dans les murs de terre battue (mélange de sable, argile, ciment et eau), les pneus ne produisent aucune émanation susceptible de contaminer l'air (Cantin, 2009; Deschamps, 2013b). En effet, lorsqu'ils sont enfouis, les pneus demeurent stables. (Cantin, 2009) Toutefois, le géonef est quelque peu désavantagé vis-à-vis le modèle conventionnel en raison de sa ventilation plus complexe à contrôler.

5.4.3 Impacts sur le voisinage

Pour évaluer les impacts sur le voisinage de l'habitation, il suffit de considérer le potentiel de celle-ci à minimiser les bruits, l'éblouissement, l'occultation, les chocs et les vibrations. Le bruit, les chocs et les vibrations sont évalués selon le degré de nécessité d'utilisation de machinerie lourde lors de la construction et du démantèlement de l'habitation, car ces phases du cycle de vie de l'habitation sont les plus susceptibles de générer des nuisances sonores, des chocs et des vibrations pour le voisinage. L'éblouissement est évalué, quant à lui, en fonction de la réflectivité des matériaux de la surface externe de l'habitation. Plus la surface externe de l'habitation a une grande réflectivité, moins celle-ci est performante. L'occultation est évaluée en fonction du volume (superficie et hauteur) de l'habitation. Plus

son volume est grand, plus il y aura possibilité d'ombrage sur le voisinage et moins l'habitation est performante.

Tableau 5.17 Pointage de l'indicateur « Impacts sur le voisinage »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Impacts sur le voisinage	2,0	1,7	0,0
Bruit	1	1	0
Éblouissement/Occultation	4	3	0
Chocs/vibrations	1	1	0

Bruit

N'ayant pas de sous-sol, les minimaisons n'ont pas recours à de la machinerie lourde lors de leur construction, ce qui diminue le potentiel de nuisances sonores pour le voisinage. Ainsi, les minimaisons ont une performance légèrement supérieure au géonef et au modèle conventionnel, qui requiert l'utilisation d'une excavatrice pour leur construction. Bien que le géonef n'ait pas de sous-sol, celui-ci est semi-enterré, ce qui peut entraîner l'utilisation d'une excavatrice. Un autre point à l'avantage des minimaisons est que leur petite dimension peut faire en sorte que les travaux de construction et de déconstruction soient plus courts, donc génèrent moins de bruit.

Éblouissement/Occultation

De volume plus petit que le modèle conventionnel, la micromaison a un potentiel d'occultation faible par rapport à celui-ci. Ainsi, la micromaison obtient une performance positive au niveau de l'occultation. Ne disposant pas de données précises quant au niveau de réflectivité des matériaux de l'habitation, un pointage neutre a été considéré au niveau de l'éblouissement. C'est la même situation pour la petite maison que pour la micromaison. Cependant, la petite maison étant de dimension supérieure à cette dernière, elle reçoit un pointage plus faible quant à l'occultation. Étant sensiblement de volume similaire au modèle conventionnel, le géonef a reçu un pointage neutre quant à son niveau d'occultation. Tout comme pour les minimaisons, ne disposant pas de données précises quant au niveau de réflectivité des matériaux d'un géonef, un pointage neutre a été considéré pour son degré d'éblouissement.

Chocs/vibrations

Tout comme pour le sous-indicateur « bruit », les minimaisons n'ont pas de sous-sol et sont de tailles inférieures au modèle conventionnel et au géonef, ce qui les avantage quant aux chocs ou vibrations potentiels, en termes d'intensité et de durée, générés lors de leur construction et de leur déconstruction.

5.4.4 Maintenance

La performance de la maintenance de l'habitation est évaluée en fonction de la fréquence et de la durée des opérations de maintenance (y compris le nettoyage), de réparation, de remplacement ou de rénovation. Plus celles-ci sont minimales, plus l'habitation est performante.

Tableau 5.18 Pointage de l'indicateur « Maintenance »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Maintenance	8,0	5,0	-3,0
Fréquence et durée des opérations de maintenance (y compris le nettoyage), de réparation, de remplacement et/ou de rénovation	8	5	-3

Fréquence et durée des opérations de maintenance (y compris le nettoyage), de réparation, de remplacement et/ou de rénovation

De superficie considérablement inférieure au modèle conventionnel, la durée des opérations de maintenance est plus courte pour la micromaison. La fréquence des opérations de maintenance apparaît également potentiellement inférieure au modèle conventionnel, car la micromaison possède moins de systèmes et de matériaux, donc potentiellement moins de bris. La situation s'applique aussi à la petite maison, qui reçoit cependant un pointage plus faible, car elle est de dimension supérieure à la micromaison.

Le géonef a une plus grande superficie à entretenir et plus d'opérations de maintenance à effectuer par rapport au modèle conventionnel, tel le nettoyage des vitres. La propreté de celles-ci est indispensable pour laisser pénétrer les rayonnements solaires dans la maison, afin de bien remplir la fonction « solaire passive ». Comme la majorité des géonefs sont équipés de panneaux solaires, un entretien approprié doit aussi être effectué pour s'assurer du bon fonctionnement de ce système énergétique, dont le nettoyage des panneaux (Comprendre Choisir, s. d.). De plus, le géonef ayant son propre système d'utilisation d'eau en boucle (ex. : utilisation de l'eau quatre fois à l'intérieur de l'habitation) (*Earthship Bioteecture*, s. d.g), la pompe acheminant l'eau aux toilettes, les tuyaux et les filtres nécessitent une maintenance périodique (Deschamps, 2013c).

5.4.5 Sécurité

L'évaluation de la sécurité de l'habitation concerne son niveau de résistance aux conséquences des perturbations climatiques (résistance à la pluie, au vent, à la neige, aux inondations et aux rayonnements solaires), aux actions accidentelles (résistance aux tremblements de terre, aux explosions et la

performance au feu), ainsi qu'aux coupures d'alimentation (degré potentiel d'autonomie de l'habitation vis-à-vis l'alimentation en eau et en énergie).

Tableau 5.19 Pointage de l'indicateur « Sécurité »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Sécurité	1,4	0,3	4,6
Résistance aux conséquences des perturbations climatiques	1,2	0,8	1
<i>Résistance à la pluie</i>	0	0	0
<i>Résistance au vent</i>	-2	0	5
<i>Résistance à la neige</i>	0	0	0
<i>Résistance aux inondations</i>	8	4	4
<i>Résistance aux rayonnements solaires</i>	0	0	-4
Résistance aux actions accidentelles	1	0	3
<i>Résistance aux tremblements de terre</i>	3	0	5
<i>Résistance aux explosions</i>	0	0	0
<i>Performance au feu</i>	0	0	3
Sécurité contre les coupures d'alimentation	2	0	10

Résistance aux conséquences des perturbations climatiques

La micromaison a une résistance au vent inférieure au modèle conventionnel, car celle-ci possède seulement une remorque comme fondation, ce qui ne lui permet pas d'être ancrée fermement au sol en cas de vents excessivement forts (*National Hurricane Center, 2013*). Toutefois, sa résistance aux inondations est élevée, car elle ne possède pas de sous-sol. De plus, il est possible de la déplacer vers un endroit sécuritaire en cas d'inondation majeure.

Tout comme pour les minimaisons, le géonef se démarque très légèrement du modèle conventionnel, car sa performance positive quant à sa résistance aux vents (*ConsoGlobe, 2009*) et aux inondations, en raison de l'absence de sous-sol, est neutralisée par sa performance négative liée à sa faible résistance aux rayonnements solaires. Ceci est explicable par le fait que le principe « solaire passif » du géonef, nécessite de laisser pénétrer les rayons solaires, d'où le fait qu'il ne possède pas d'enduit *Low-E* sur son vitrage, une protection basse émissivité qui permet de diminuer l'intensité des rayons solaires pénétrants à l'intérieur de l'habitation et qui favorise une meilleure isolation thermique (*Écohabitation, s. d.b*). La petite maison se démarque également très légèrement du modèle conventionnel, car elle subira moins d'impact en cas d'inondation, ne possédant pas de sous-sol, tout comme les deux autres modèles alternatifs.

Résistance aux actions accidentelles

Le géonef est le modèle qui présente la meilleure performance à ce niveau, car il résiste bien aux tremblements de terre, dû au fait que sa structure est semi-enterrée et présente une bonne élasticité, de par les nombreux pneus composants les murs de celle-ci, ce qui lui permet d'être plus résiliente que celle du modèle conventionnel (*Earthship Biotecture*, s. d.c). De plus, sa structure est composée majoritairement de terre, ce qui résiste mieux au feu que le bois utilisé dans la plupart des maisons conventionnelles. La performance de la micromaison est aussi légèrement positive au niveau des tremblements de terre, car sa mobilité lui permet d'être facilement déplacée vers un endroit sécuritaire.

Sécurité contre les coupures d'alimentation

La performance du géonef est très élevée en raison de son autosuffisance en énergie et en eau, de sorte qu'il ne peut être contraint par les coupures d'alimentation en électricité et en eau occasionnelles d'un fournisseur externe. Un pointage légèrement positif a été attribué à la micromaison, car celle-ci est généralement équipée de systèmes d'alimentation alternatifs en raison de sa mobilité, qui lui permet de s'établir dans les endroits non dotés d'alimentation électrique (ex. : en forêt).

5.4.6 Adaptabilité

L'adaptabilité concerne l'aptitude de l'habitation à répondre aux exigences de chaque utilisateur, ainsi qu'à des changements potentiels d'exigences techniques et d'utilisation. L'adaptabilité permet de prolonger l'utilisation et la durée de vie de l'habitation afin de contrer son obsolescence technique et fonctionnelle. Elle affecte non seulement la dimension sociale, en regard de l'évolution démographique et du vieillissement des populations, par exemple, mais aussi la dimension écologique par la réduction de la pression sur les ressources, ainsi que la dimension économique par l'évitement de coûts liés au remplacement de biens matériels. Les exigences des utilisateurs d'une habitation pouvant être très variées, l'évaluation de ce sous-indicateur considère seulement les exigences en termes d'accessibilité spatiale et technique, de santé et de confort, et de sécurité. Pour des besoins de simplification, une moyenne de ces trois derniers indicateurs est effectuée. Concernant l'aptitude de l'habitation à répondre aux changements d'exigences techniques et d'utilisation, l'analyse considère la facilité à rénover et à démanteler l'habitation, ainsi que son potentiel de transformation pour répondre à des besoins d'utilisation pouvant changer à travers le temps.

Tableau 5.20 Pointage de l'indicateur « Adaptabilité »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Adaptabilité	1,6	-0,5	-1,2
Aptitude de l'habitation à répondre aux exigences de chaque utilisateur	-1,8	-1,0	0,6
Aptitude de l'habitation à répondre aux changements d'exigences techniques et d'utilisation	5	0	-3

Aptitude du bâtiment à répondre aux exigences de chaque utilisateur

Étant calculé à l'aide d'une moyenne entre les trois indicateurs d'accessibilité spatiale et technique, de santé et confort, et de sécurité, on remarque que seul le géonef obtient une performance positive. Ceci est justifiable notamment par sa grande performance quant à la sécurité contre les coupures d'alimentation en eau et en énergie. Concernant les minimaisons, leur performance est surtout limitée par leur superficie restreinte altérant l'accessibilité spatiale et le confort des résidents.

Aptitude du bâtiment à répondre aux changements d'exigences techniques et d'utilisation

La micromaison se démarque par son potentiel à être transformée en différents types d'habitation selon les besoins évolutifs de ses propriétaires. De première maison, elle peut devenir un bureau professionnel en arrière-cour, un chalet en nature, voire une habitation intergénérationnelle qui permet d'éviter l'apport de modifications structurelles à la maison, tel qu'il en serait le cas pour une maison conventionnelle, par exemple. La micromaison permet une variété de fonctions dans le temps, à peu de frais.

Le géonef obtient une performance négative, car contrairement au processus de construction des minimaisons, somme toute similaire au modèle conventionnel (ex. : structure en bois), celui-ci est construit à base d'un amalgame de matériaux rendant sa structure très rigide, d'où sa résistance aux catastrophes naturelles, telles que des ouragans (ConsoGlobe, 2009). Cela engendre un degré de complexité plus élevé si des modifications structurelles sont requises à travers le temps.

5.4.7 Liberté individuelle et responsabilité collective

La performance de l'habitation quant à sa capacité à favoriser la liberté individuelle et collective est évaluée en fonction de son potentiel à créer des opportunités d'échanges, de partage et de dialogue au sein d'une communauté.

Tableau 5.21 Pointage de l'indicateur « Liberté individuelle et responsabilité collective »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Liberté individuelle et responsabilité collective	6,0	2,0	2,0
Connectivité, mobilité et échanges	6	2	2

Connectivité, mobilité et échanges

En raison des règlements législatifs qui ne reconnaissent pas la micromaison comme une habitation principale, celle-ci a généralement besoin de son voisinage pour se connecter à une source d'alimentation en énergie et en eau, devant être logée sur un terrain où existe déjà un bâtiment résidentiel. Cette situation peut ainsi favoriser le dialogue entre les individus. Également, sa petite superficie, limitant l'espace pour la possession de biens matériels, incite à l'échange, au partage et à la fréquentation de lieux publics et espaces communs (ex.: café, buanderie, bibliothèque). Également, sa mobilité favorise la liberté en termes de déplacements.

Le géonef favorise les échanges d'informations, car sa construction requiert moins d'expertise que le modèle conventionnel, ce qui incite leur propriétaire à partager les connaissances relatives à la construction de ce type d'habitation en échange d'aide pour la construction (ex. : « party de pneus »). L'autosuffisance du géonef procure également une certaine liberté en regard des systèmes externes.

La petite maison, tout comme la micromaison, incite à revoir le mode de consommation de biens matériels en raison d'une superficie d'habitation réduite, c'est-à-dire un mode de consommation axé sur la fonction du bien, favorisant le partage et l'échange de celui-ci, plutôt que sur sa possession. Sa superficie étant supérieure à la micromaison, elle obtient un pointage inférieur.

5.4.8 Synthèse du pointage pour la dimension sociale

Bien que les modes d'habitation alternatifs obtiennent un pointage très positif en regard de certains aspects de la dimension sociale, tel qu'illustré par la figure 5.6, la figure 5.7 démontre que dans l'ensemble, la micromaison et la petite maison constituent des alternatives peu ou pas avantageuses en regard du confort spatial des individus, comparativement au modèle conventionnel québécois. Le géonef est également peu performant globalement quant à la dimension sociale, en raison de sa maintenance et de son opérabilité requérant un niveau d'effort plus élevé que le modèle conventionnel. De plus, les trois modèles alternatifs sont peu avantagés de par leurs caractéristiques physiques significativement différentes des réglementations municipales concernant le zonage les amenant à être installés en régions

qui ne sont pas nécessairement desservi par des services de proximité, comme il est le cas en région urbaine.

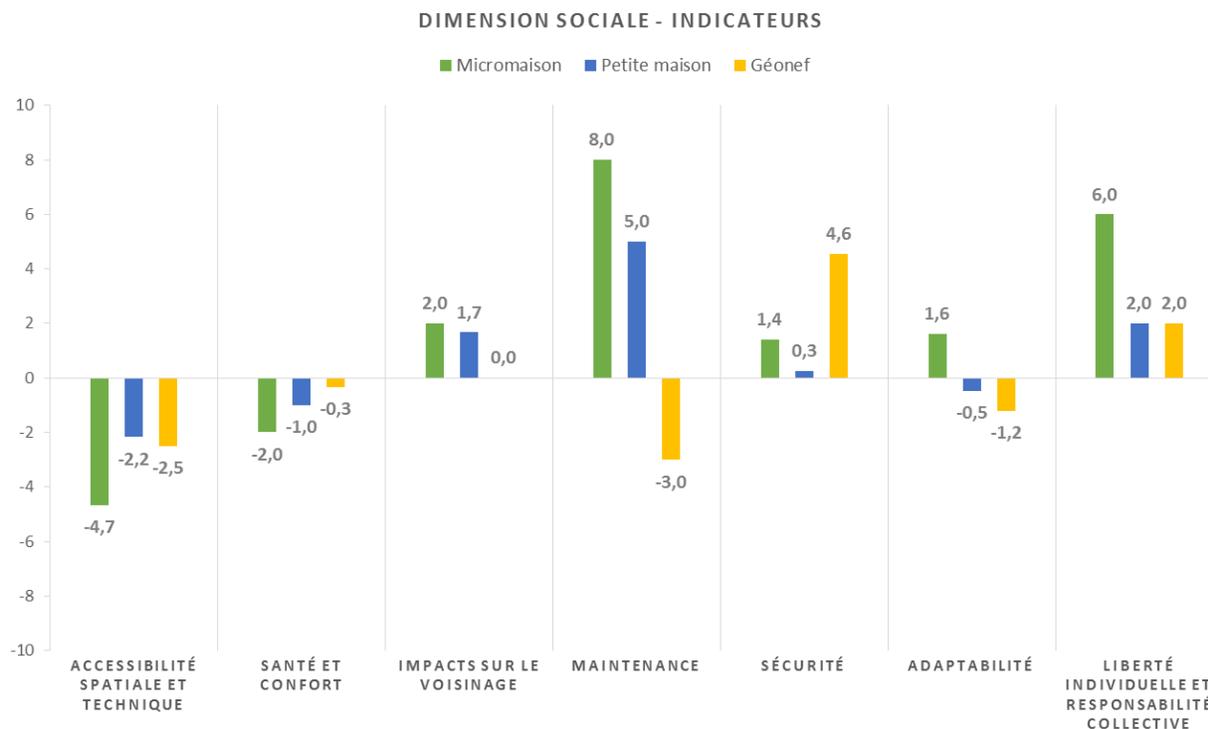


Figure 5.6 Synthèse des pointages des indicateurs de la dimension sociale

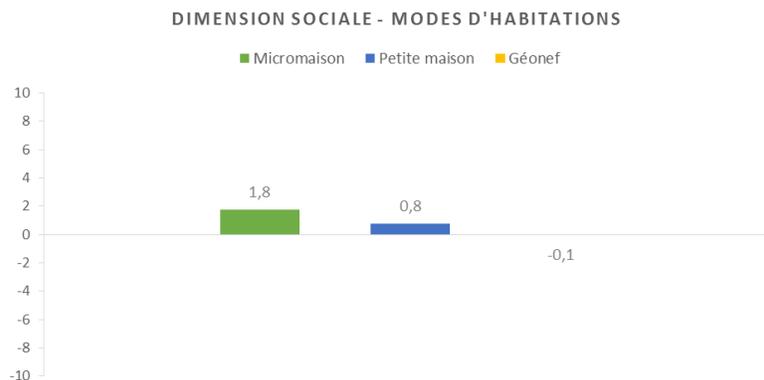


Figure 5.7 Synthèse des pointages des modes d'habitation de la dimension sociale

5.5 Analyse : dimension économique

La dimension économique de l'habitation prend en considération les biens matériels des individus, non seulement en termes de qualité et durabilité, mais aussi par rapport au potentiel de ces biens à favoriser la production et consommation responsable. La performance des indicateurs de la dimension économique vise à maintenir et à améliorer les mécanismes, notamment via les flux monétaires et l'accessibilité

financière aux biens, qui permettent aux sociétés de satisfaire leurs besoins élémentaires (Villeneuve et autres, 2014). L'ensemble des indicateurs de cette dimension est présenté au tableau 5.22.

Tableau 5.22 Indicateurs de la dimension économique

Indicateurs dimension économique
Flux monétaires extrants
Flux monétaires intrants
Possession et usages des biens et des capitaux
Qualité et durabilité
Production et consommation responsable

5.5.1 Flux monétaires extrants

Pour l'évaluation des flux monétaires extrants, le coût initial requis pour l'acquisition de l'habitation, les coûts annuels d'utilisation (frais résultants des conditions d'utilisation, de la consommation d'énergie, de la maintenance et de l'entretien) et les coûts en fin de vie (déconstruction, démantèlement et/ou démolition) sont considérés. Il est à noter que les coûts liés à la consommation d'eau ne sont pas inclus dans le sous-indicateur « coûts en cours d'utilisation », car ceux-ci figurent dans l'évaluation des frais résultant des conditions d'utilisation, c'est-à-dire les taxes foncières, dans le contexte québécois (MAMOT, 2012). Le coût initial requis pour l'acquisition de l'habitation est évalué selon le coût d'achat de celle-ci. Les coûts résultant des conditions d'utilisation de l'habitation sont également évalués en fonction de son coût d'achat, car ces frais équivalent aux taxes foncières, calculées à partir de la valeur de l'habitation (MAMOT, 2010b). Les frais liés à la consommation d'énergie sont évalués par le pointage obtenu au sous-indicateur « Énergie – consommation » retrouvé à l'indicateur « Flux intrants » de la dimension écologique. Concernant les coûts de maintenance et d'entretien, ceux-ci sont évalués selon le pointage obtenu à l'indicateur « Maintenance » de la dimension sociale. Les coûts en fin de vie sont évalués selon la superficie de l'habitation aux fins de simplification : plus la superficie de l'habitation est grande, plus les efforts requis pour sa déconstruction, son démantèlement et/ou sa démolition sont potentiellement grands.

Tableau 5.23 Pointage de l'indicateur « Flux monétaires extrants »

	Micro-maison	Petite maison	Géonef
Flux de ressources intrants	4,0	1,7	8,0
Énergie	5	2,5	10
<i>Favorise l'utilisation de ressources renouvelables (solaire, éolienne, hydraulique, géothermique et de la biomasse)</i>	2	0	10
<i>Consommation</i>	8	5	10

Tableau 5.23 Pointage de l'indicateur « Flux monétaires extrants » (suite)

	Micro-maison	Petite maison	Géonef
Matière	4	2,5	4
<i>Matière première</i>	8	5	3
<i>Matière secondaire</i>	0	0	5
Eau	3	0	10

Coût initial

Puisque le coût moyen d'achat de la micromaison est de 50 000 \$, celle-ci obtient une performance fortement supérieure au modèle conventionnel, qui a un coût moyen de 270 000 \$ (PAD, 2012b; SCHL, 2014a). La petite maison obtient une performance moyenne, en raison de son coût moyen d'achat de 150 000 \$ (Lachapelle, 2014; HMG, s. d.; APCHQ, s. d.a). Le géonef est le modèle alternatif présentant la performance la moins élevée, avec un coût moyen d'achat de 200 000 \$. Le coût du géonef semble élevé pour une habitation majoritairement construite à partir de matériaux récupérés; ceci est justifiable par les coûts d'achats des fenêtres et des systèmes techniques (tels les panneaux solaires, un système éolien, les pompes, les batteries, les filtres, etc.) (Ékopédia, 2013). Toutefois, il est à noter qu'il est possible de construire un géonef à très faibles coûts, tout dépendant du niveau d'autonomie souhaité et du climat selon le contexte géographique. Également, si le géonef est construit de sorte qu'il soit entièrement autosuffisant, les frais d'utilisation (ex. : énergie) seront singulièrement réduits, signifiant un retour sur l'investissement.

Coûts en cours d'utilisation

Étant donné que les critères liés aux coûts annuels dépendent de la superficie et du coût d'achat de l'habitation, la micromaison est l'habitation alternative la plus performante, suivie respectivement de la petite maison et du géonef. Bien que le géonef présente une performance fortement supérieure quant aux coûts de consommation d'énergie, celui-ci est désavantagé par rapport à ses coûts d'entretiens en raison de sa superficie et de son nombre d'opérations de maintenance plus élevé que le modèle conventionnel.

Coûts en fin de vie

Ce critère étant calculé selon la superficie de l'habitation, on retrouve dans l'ordre croissant de performance le géonef, la petite maison et la micromaison.

5.5.2 Flux monétaires intrants

La valeur et la facilité de revente de l'habitation constituent les critères d'évaluation des flux monétaires intrants. La valeur de l'habitation est évaluée selon son potentiel d'acceptabilité sociale, c'est-à-dire le degré auquel les citoyens d'une municipalité seraient en faveur de retrouver le type d'habitation à proximité de leur maison. Plus l'habitation sera acceptée par son voisinage, plus celle-ci sera performante. La facilité de revente de l'habitation est évaluée selon le niveau de conformité aux règlements municipaux. En effet, plus un type d'habitation s'avère non-conforme à la législation, plus il pourrait être difficile de vendre cette propriété rapidement s'il devient ardu de s'établir avec celle-ci dans un endroit desservi par des services de proximité, ce qui résulte en une plus faible demande des acheteurs potentiels de maison.

Tableau 5.24 Pointage de l'indicateur « Flux monétaires intrants »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Flux monétaires intrants	-5,0	-2,0	-8,0
Valeur/facilité de revente	-5	-2	-8

Valeur/facilité de revente

La micromaison et la petite maison sont désavantagées par rapport à leur facilité de revente comparativement au modèle conventionnel, car leur superficie est inférieure au minimum requis par la majorité des municipalités québécoises, qui est de 750 pi² (Lachapelle, 2014). Étant donné que la micromaison a une superficie significativement inférieure au minimum législatif requis, celle-ci obtient un pointage plus faible que la petite maison. Toutefois, le fait que la micromaison bénéficie d'un flou législatif, considérant celle-ci comme une roulotte, son pointage se voit légèrement amélioré (Turgeon, 2014).

Le géonef obtient une performance très faible en raison de ses caractéristiques allant à l'encontre des exigences municipales, telles la finition, l'orientation et la hauteur minimale du bâtiment (Deschamps, 2013d). Les trois modèles alternatifs sont également peu acceptés par les conventions culturelles québécoises au niveau de leurs différences esthétiques contrastant avec l'homogénéité des quartiers résidentiels. Cette situation pourrait contraindre leur valeur de revente, en supposant que les citoyens craignent l'hétérogénéité du voisinage qui pourrait déprécier la valeur de leur maison. Toutefois, un point positif concernant la revente des modèles alternatifs est qu'il existe des sites Internet à cet effet (*Tiny House Listing*, 2014; *Earthship Bioteecture*, s. d.h).

5.5.3 Possession et usages des biens et des capitaux

Afin d'éviter les fluctuations négatives potentielles de ressources naturelles pouvant survenir dans un contexte de population mondiale croissante ou d'une crise économique, politique ou écologique, la possession d'une habitation permet de répondre au besoin de logement du plus grand nombre et ainsi d'assurer la sécurité des personnes. Plus l'habitation est facile à acquérir et permet de réduire l'endettement, plus celle-ci est performante en termes de possession de biens et de capitaux. Cet indicateur est évalué en fonction du coût d'achat : plus il est faible, plus il est possible d'être rapidement propriétaire d'une habitation.

Tableau 5.25 Pointage de l'indicateur « Possession et usages des biens et des capitaux »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Possession et usages des biens et des capitaux	8,0	5,0	3,0
Possibilité d'accumuler des biens et des capitaux	8	5	3

Possibilité d'accumuler des biens et des capitaux

Les coûts moyens d'achat de la micromaison, de la petite maison et du géonef sont respectivement de 50 000 \$, de 150 000 \$ et de 200 000 \$ (PAD, 2012b; Lachapelle, 2014; HMG, s. d.; APCHQ, s. d.a). Ainsi, leur performance a été jugée par rapport au coût moyen d'achat du modèle conventionnel, évalué à 270 000 \$ (SCHL, 2014a).

5.5.4 Qualité et durabilité

La qualité et la durabilité de l'habitation concerne son potentiel à avoir une longue durée de vie afin de réduire la pression sur les ressources naturelles, d'éviter son obsolescence et de garantir la valeur de l'investissement. Plus l'habitation favorise la qualité et la durabilité plutôt que la quantité, plus elle s'avère performante.

Tableau 5.26 Pointage de l'indicateur « Qualité et durabilité »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Qualité et durabilité	5,0	1,0	7,0
Qualité et durabilité du produit	5	1	7

Qualité et durabilité du produit

Le géonef obtient le meilleur pointage parmi les trois modèles alternatifs proposés, car les pneus enfouis dans les murs de terre du géonef ne sont pas en contact avec la lumière, ce qui les empêche de se dégrader

comparativement au bois utilisé pour la structure des minimaisons et du modèle conventionnel, qui se dégrade avec les années. La micromaison obtient un pointage moyennement supérieur au modèle conventionnel, car son faible coût d'achat et sa petite superficie favoriseraient, pour une même somme d'argent, la qualité des matériaux et équipements plutôt que la quantité (*Unlikely Lives*, 2014). Il y a aussi le fait que la mobilité de la micromaison lui confère un avantage par rapport aux deux autres modèles alternatifs, puisque les changements d'emplois de plus en plus fréquents peuvent entraîner la possibilité de devoir déménager davantage (SHQ, 2007, Workopolis, 2014). Par conséquent, le potentiel de conservation de la micromaison à plus long terme peut inciter ses propriétaires à investir davantage dans la qualité qu'il n'en serait le cas pour la petite maison, le géonef et le modèle conventionnel. Comme la superficie de la petite maison est pratiquement deux fois inférieure au modèle conventionnel, ceci peut également favoriser, légèrement, pour un même budget, l'investissement dans la qualité plutôt que dans la quantité.

5.5.5 Production et consommation responsable

Concernant la production et consommation responsable, il s'agit d'évaluer le potentiel de l'habitation à inciter ses occupants à réduire leur consommation et à consommer en ayant conscience de leurs impacts sur l'humain, la société, l'environnement et même la démocratie, c'est-à-dire d'acheter et d'utiliser des matériaux, des produits et des services favorisant la protection de l'environnement et le respect des personnes.

Tableau 5.27 Pointage de l'indicateur « Production et consommation responsable »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Production et consommation responsable	7,0	4,0	9,0
Achat et consommation responsables	7	4	9

Achat et consommation responsables

La consommation d'eau du géonef tiré uniquement de l'eau de pluie, sa faible demande énergétique, sa construction réalisée en grande proportion à partir de matériaux récupérés et de ressources naturelles non transformées, et la possibilité de produire à l'intérieur même de la maison des fruits et légumes réduisant la consommation d'emballage, justifie la performance supérieure du géonef. La raison pour laquelle celui-ci n'a pas obtenu un pointage de « + 10 » est que sa superficie étant plus élevée que les deux autres modèles alternatifs, il est ainsi possible d'accumuler plus de biens matériels.

La micromaison obtient également une forte performance, car sa superficie restreinte oblige ses occupants à avoir une consommation matérielle limitée. De plus, sa fabrication nécessite moins de matériaux que le modèle conventionnel. Les mêmes arguments se valent pour la petite maison, quoique celle-ci obtienne un score plus faible en raison de sa superficie plus grande que la micromaison.

5.5.6 Synthèse du pointage pour la dimension économique

La figure 5.8 démontre que les trois modes d'habitation alternatifs sont avantageux économiquement pour les ménages, particulièrement la micromaison, bien que la valeur de l'habitation et son potentiel de revente, représentés par l'indicateur « Flux monétaires intrants », font significativement baisser le pointage total obtenu par chacun des modes, tel qu'illustré par la figure 5.9.

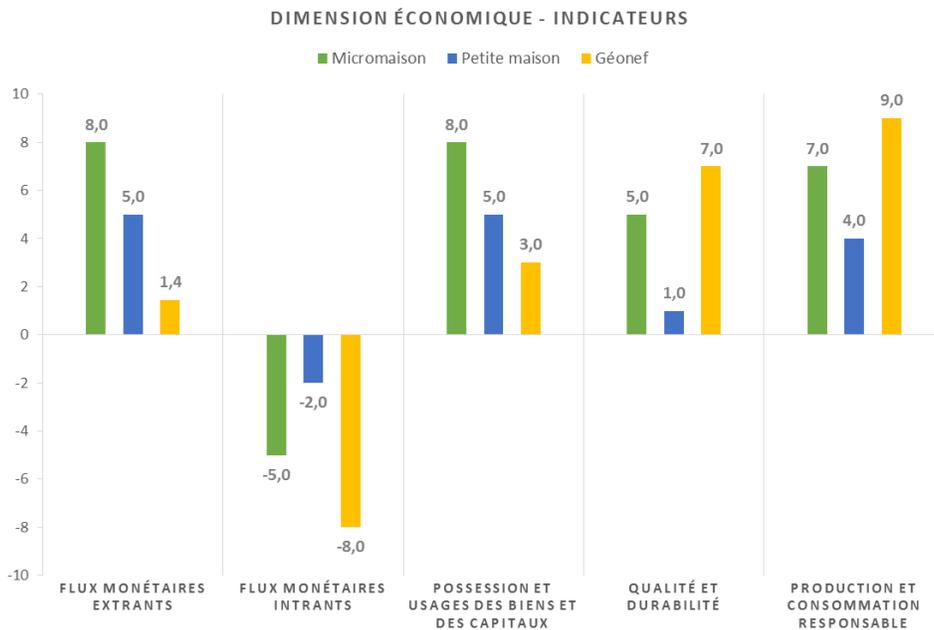


Figure 5.8 Synthèse des pointages des indicateurs de la dimension économique

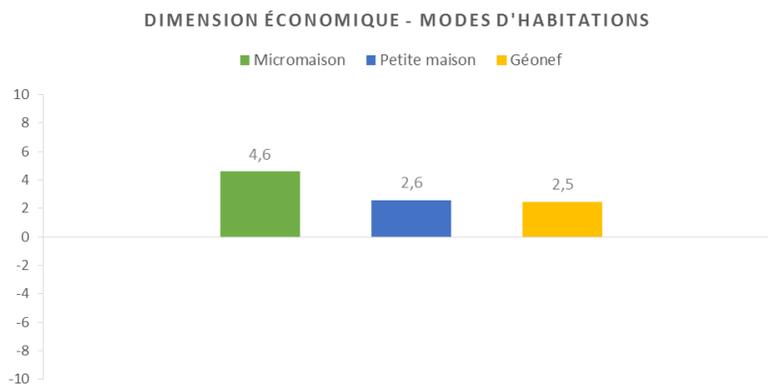


Figure 5.9 Synthèse des pointages des modes d'habitation de la dimension économique

5.6 Analyse : dimension culturelle

La dimension culturelle de l'habitation considère des facteurs contribuant à l'expression, à la protection et à la mise en valeur de la culture identitaire, qui peuvent s'exprimer à travers la conception, la construction et l'utilisation d'une maison. Elle réfère à la stimulation de la créativité et à la capacité de l'habitation à s'inspirer de l'environnement naturel dans laquelle celle-ci est construite. Les indicateurs relatifs à cette dimension sont présentés à la figure 5.28.

Tableau 5.28 Indicateurs de la dimension culturelle

Indicateurs dimension culturelle
Transmission du patrimoine culturel
Pratiques culturelles et artistiques

5.6.1 Transmission du patrimoine culturel

La transmission du patrimoine culturel s'évalue en fonction de la capacité de l'habitation à reconnaître la représentation culturelle de l'environnement, c'est-à-dire à valoriser la conservation de l'environnement en favorisant sa compréhension et son attachement envers celui-ci.

Tableau 5.29 Pointage de l'indicateur « Transmission du patrimoine culturel »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Transmission du patrimoine culturel	3,0	1,0	7,0
Reconnaît la représentation culturelle de l'environnement	3	1	7

Reconnaît la représentation culturelle de l'environnement

Puisque le principe fondamental du géonef est de « s'aligner » avec les phénomènes naturels, tels qu'utiliser de l'eau de pluie pour son alimentation en eau ou des principes solaires passifs pour tempérer l'habitation, plutôt que de constamment puiser dans les ressources de la planète, celui-ci obtient une performance élevée vis-à-vis la reconnaissance de la représentation culturelle de l'environnement en valorisant une culture alternative axée sur la conservation de l'environnement.

Les minimaisons proposent également une culture alternative en incitant les personnes à adopter une approche de simplicité volontaire, dans l'optique de réduire la possession de biens matériels qui créent une certaine pression sur les ressources naturelles. Le pointage s'avère plus élevé pour la micromaison que pour la petite maison en raison de sa superficie près de trois fois inférieure, en moyenne.

5.6.2 Pratiques culturelles et artistiques

La performance de l'habitation par rapport aux pratiques culturelles et artistiques est évaluée selon sa capacité à encourager l'expression culturelle, en reconnaissant le rôle essentiel de la créativité dans les processus de construction identitaire, et à favoriser l'innovation en valorisant la créativité.

Tableau 5.30 Pointage de l'indicateur « Pratiques culturelles et artistiques »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Pratiques culturelles et artistiques	6,5	3,0	8,5
Encourage l'expression culturelle	6	2	8
Affirme le caractère pluriel et évolutif de la culture	7	4	9

Encourage l'expression culturelle

Les modèles alternatifs encouragent davantage l'expression culturelle que le modèle conventionnel, car ceux-ci prônent l'unicité via leur originalité, comparativement à l'homogénéité des modèles conventionnels observée dans les développements de quartier résidentiel. On note que le géonef se démarque particulièrement sur ce point en raison de sa construction généralement considérée comme étant artisanale, ce qui laisse place à une grande flexibilité sur le plan de la créativité. Les micromaisons sont, dans bien des cas, autoconstruites par leur propriétaire, ce qui laisse une latitude considérable sur le plan de la créativité.

Affirme le caractère pluriel et évolutif de la culture

Les modèles alternatifs se démarquent notablement sur cet aspect, car l'affirmation de leur caractère évolutif se démontre par leur capacité à stimuler l'innovation, que ce soit au niveau de systèmes techniques alternatifs, de l'ergonomie ou de la fonctionnalité des espaces internes de l'habitation. Cet aspect est davantage présent dans le cas du géonef par son audace à proposer un mode d'habitation autonome, qui le différencie grandement du modèle conventionnel.

5.6.3 Synthèse du pointage pour la dimension culturelle

Les figures 5.10 et 5.11 démontrent que la micromaison et le géonef contribuent significativement à l'expression de la créativité individuelle et à la mise en valeur de l'environnement via leurs principes de construction.

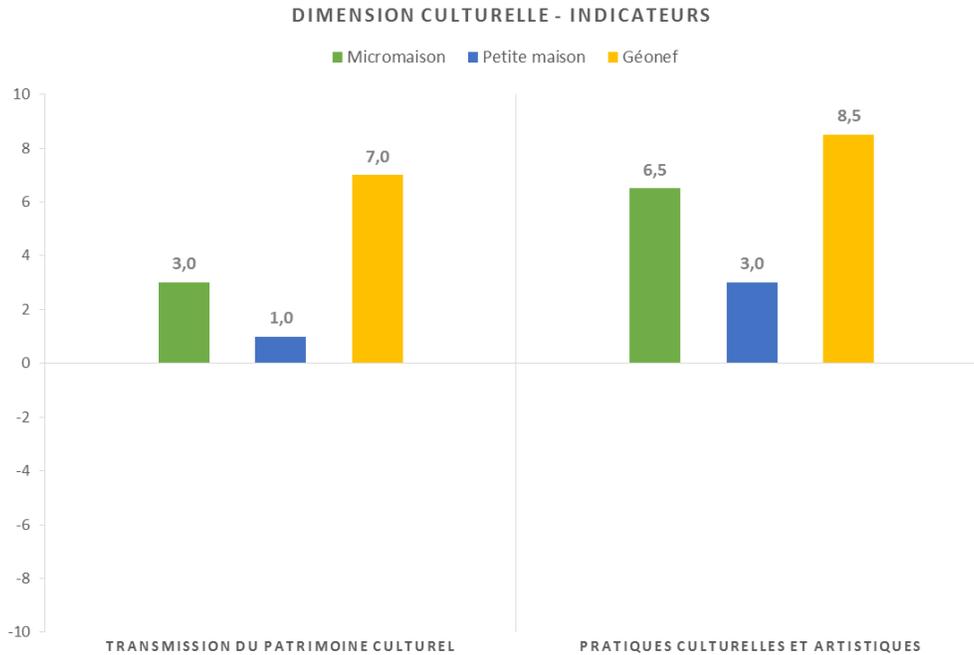


Figure 5.10 Synthèse des pointages des indicateurs de la dimension culturelle

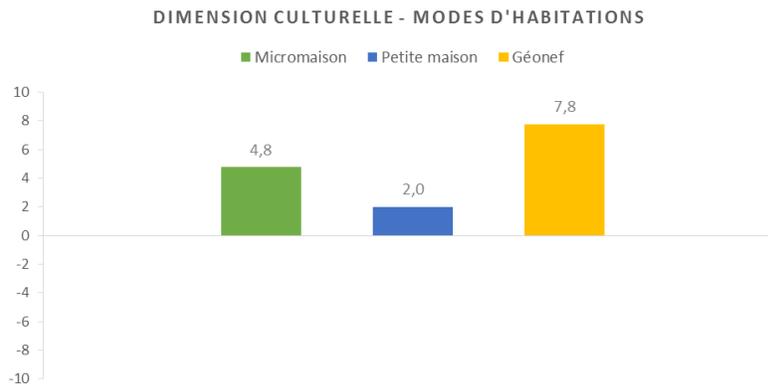


Figure 5.11 Synthèse des pointages des modes d'habitation de la dimension culturelle

5.7 Analyse : dimension gouvernance

La dimension gouvernance de l'habitation intègre les principes de prévention, d'autonomie et de responsabilisation des personnes, autant envers l'environnement qu'envers le contexte légal du lieu de résidence. La dimension gouvernance vise l'intégration adéquate de l'habitation dans la collectivité et le pouvoir d'action des individus en regard de leur propriété, en cohérence avec leur milieu de vie (Villeneuve et autres, 2014). Ainsi, des indicateurs d'intégration, de subsidiarité et de gestion du risque seront considérés pour cette dimension, tels que présenté au tableau 5.31.

Tableau 5.31 Indicateurs de la dimension gouvernance

Indicateurs dimension gouvernance
Intégration
Subsidiarité
Gestion du risque

5.7.1 Intégration

L'intégration de l'habitation est évaluée selon son niveau de considération du contexte légal en vigueur dans sa communauté d'implantation, ainsi que du réalisme du projet de construction et du potentiel d'adaptabilité de l'habitation. Le contexte légal concerne essentiellement les règlements municipaux en regard de l'urbanisme et des normes résidentielles. Le réalisme du projet fait référence à la faisabilité technique, aux ressources matérielles disponibles et à l'accessibilité de l'expertise pour construire l'habitation. Le potentiel d'adaptabilité est évalué selon l'indicateur « Adaptabilité » de la dimension sociale et l'adaptabilité au climat selon la situation géographique de l'habitation. Le pointage du sous-indicateur « Réalisme et adaptabilité » provient de la moyenne entre l'aspect réalisme et l'aspect adaptabilité.

Tableau 5.32 Pointage de l'indicateur « Intégration »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Intégration	-4,0	-1,5	-5,0
Considération du contexte légal	-7	-3	-8
Réalisme et adaptabilité	-1	0	-2

Considération du contexte légal

Étant donné que la majorité des municipalités québécoises n'autorisent pas, à travers leur réglementation concernant le zonage, la construction de maisons ayant une superficie intérieure au niveau du rez-de-chaussée inférieure à 750 pi² (Lachapelle, 2014; MAMOT, 2010a), les minimaisons apparaissent contraintes légalement. Toutefois, la performance de la petite maison demeure meilleure que la micromaison à ce niveau, car il serait plus facile de modifier les règlements municipaux pour accepter une superficie de 700 pi² qu'une superficie de 250 pi², telles que déterminées respectivement pour la petite maison et la micromaison dans les hypothèses de l'analyse. Le pointage de la micromaison pourrait par ailleurs être davantage inférieur, cependant, celle-ci bénéficie d'un certain flou législatif (Turgeon, 2014). En effet, la réglementation concernant la micromaison est indéfinie, car elle est considérée comme un mixte entre une caravane et une maison, étant sur remorque. Ainsi, la micromaison contourne, en quelque sorte, le code du bâtiment. La Société d'assurance automobile du Québec perçoit ce type d'habitation

comme une roulotte. De fait, la micromaison doit posséder une plaque d'immatriculation de type remorque. Or, des règlements stricts doivent être respectés quant à la capacité de charge, des dimensions et de l'arrimage d'une remorque. Au niveau des assurances, le Bureau d'assurance du Canada mentionne qu'une roulotte ne peut être couverte d'une police d'assurance habitation étant donné qu'elle ne constitue pas une maison permanente. Puisque la micromaison s'apparente davantage à une roulotte qu'à une maison lorsqu'elle est en déplacement, elle doit plutôt être couverte par une police d'assurance automobile (Turgeon, 2014). Une autre considération est celle de l'installation légale de la micromaison sur un terrain. De ce côté, la situation est plutôt complexe dû au fait que les municipalités considèrent la micromaison comme une roulotte et qu'il est interdit de camper sur son propre terrain. Certaines municipalités acceptent ce type d'habitation, mais pas plus de 20 jours par mois (Turgeon, 2014).

Le géonef obtient une performance très faible en raison de ses caractéristiques pouvant aller à l'encontre des exigences municipales. En effet, la finition extérieure et intérieure du géonef est significativement différente des conventions de construction. Également, comme la façade vitrée du géonef doit absolument être orientée vers le sud pour tirer son plein potentiel par rapport à sa fonction solaire passive, il se peut que cet aspect contrevienne aux règlements de zonage municipaux concernant l'orientation des habitations (MAMOT, 2010c). Finalement, la hauteur minimale du bâtiment, définie par les règlements de zonage municipaux, peut être difficile à atteindre avec une maison semi-enterrée, tel un géonef (Deschamps, 2013d).

Réalisme et adaptabilité

La petite maison s'est vue octroyer un pointage neutre par rapport au modèle conventionnel, car elle est similaire à ce dernier au niveau de la complexité technique de la construction et à l'adaptation au climat. En effet, la seule différence entre la petite maison et la maison conventionnelle réside dans la superficie.

La micromaison présente une performance semblable à la petite maison, car la différence par rapport à celle-ci est que la micromaison est généralement construite sur une remorque et que l'expertise spécialisée commence tout juste à voir le jour au Québec. Cependant, plusieurs séminaires relatifs destinés à l'autoconstruction de ce type d'habitation sont disponibles depuis quelques années aux États-Unis.

Le géonef est le modèle alternatif ayant la plus faible performance, car, bien que des séminaires d'autoconstruction de géonef soient disponibles en Amérique du Nord, l'accessibilité à de l'expertise pour construire ce type d'habitation est plus restreinte en raison de son caractère unique, notamment de par ses systèmes techniques en vue d'une autosuffisance, par rapport à une habitation construite en structure de bois comme les minimaisons et le modèle conventionnel. L'installation septique obligatoire requise par

le géonef, en raison de son indépendance d'un réseau d'eau municipal, peut également s'avérer comme une contrainte sur le plan du réalisme en milieu urbain, car un système septique exploite une certaine superficie sous la terre, ce qui limite le nombre de propriétés sur un territoire. Du côté de l'adaptation au climat, il est réaliste de construire un géonef au Québec, car même à Taos au Nouveau-Mexique, endroit où ont été construits les premiers géonefs au monde, il y a des températures minimales pouvant atteindre environ -10 degrés Celsius, accompagnées de neige (*U.S. Climate data, 2014*). Au Québec, la preuve a été faite depuis 2005 par le premier géonef ayant été érigé, situé à Chertsey (Dubé, 2006). Ce géonef comble toutefois ses besoins en chauffage par un poêle à bois d'appoint, nommé *Rocket stove* (Ecohabitation, s. d.e).

5.7.2 Subsidiarité

Le principe de subsidiarité peut s'appliquer à l'habitation en regard du degré de responsabilisation des résidents. Dans une optique de conservation des ressources et de protection des écosystèmes, le mode d'habitation qui favorise des comportements d'imputabilité envers l'environnement obtient une performance positive.

Tableau 5.33 Pointage de l'indicateur « Subsidiarité »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Subsidiarité	3,0	1,0	8,0
Favorise la responsabilisation des acteurs	3	1	8

Favorise la responsabilisation des acteurs

L'un des objectifs importants derrière les modèles alternatifs consiste à accroître la responsabilisation des individus par rapport à leur mode d'habitation, qui se traduit par une autonomie accrue en regard des systèmes dont dépend une habitation pour fonctionner. Les résidents du géonef, par exemple, ont une responsabilité très élevée, car l'habitation dépend entièrement d'eux pour accéder à un fonctionnement optimal qui leur assure confort et bien-être, autant lors de la conception des systèmes que pour leur maintenance et leur utilisation. La micromaison accroît légèrement l'autonomie de ses résidents à cet effet, en raison de la présence de systèmes indépendants qui la caractérisent, tels une toilette sèche et un système énergétique auxiliaire, tels des panneaux solaires.

5.7.3 Gestion du risque

La gestion du risque s'évalue dans le cas d'une habitation en fonction de sa capacité à appliquer le principe de prévention, c'est-à-dire de réduire à la source les risques environnementaux, dans une perspective de conservation de la nature.

Tableau 5.34 Pointage de l'indicateur « Gestion du risque »

	Micromaison	Petite maison	Géonef
Gestion du risque	7,0	4,0	10,0
Applique le principe de prévention	7	4	10

Applique le principe de prévention

Les trois modèles alternatifs répondent très bien au principe de prévention soutenu par le concept de développement durable, car ils permettent de découpler la croissance économique de l'augmentation des flux de matières et d'énergie. En effet, ceux-ci permettent de réduire à la source les risques environnementaux, dont la pollution de l'eau, de l'air, des sols, et les changements climatiques, via une consommation responsable des ressources naturelles par rapport au modèle conventionnel. Le géonef est très performant, car l'ensemble de ses principes de construction (ex. : récupération de matières secondaires) et de fonctionnement (ex. : demande énergétique minimale via l'utilisation de concepts « passifs » et récupération des eaux de pluie) vise à minimiser ses impacts environnementaux potentiels. Les minimaisons appliquent également le principe de prévention au niveau de leur construction (ex. : utilisation minimale de ressource) et de leur mode d'opération (ex. : faible demande énergétique en raison de leur petite superficie). Cependant, le géonef se démarque des minimaisons, car il minimise davantage ses impacts en fermant plus de cycles de sollicitation des ressources naturelles.

5.7.4 Synthèse du pointage pour la dimension gouvernance

La figure 5.12 illustre l'avantage considérable du géonef en termes de responsabilisation des individus et d'application du principe de prévention, bien que la micromaison suive de près. Le pointage total s'avère grandement diminué en raison des contraintes légales entourant les modes d'habitation alternatifs, tel que présenté par la figure 5.13. Ceux-ci constituent tout de même une alternative d'habitation positive en comparaison du modèle conventionnel québécois, en regard des indicateurs liés à la gouvernance.

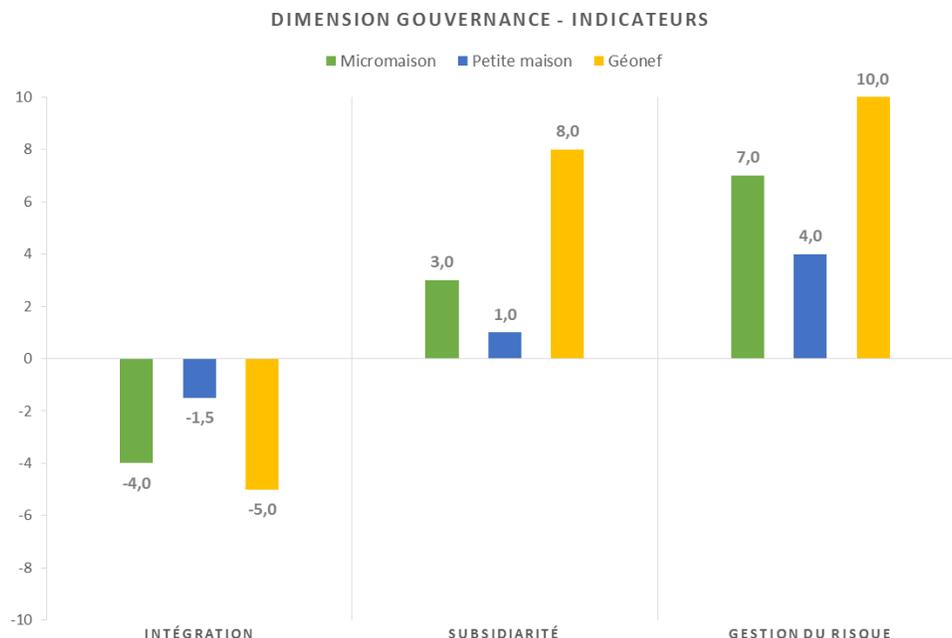


Figure 5.12 Synthèse des pointages des indicateurs de la dimension gouvernance

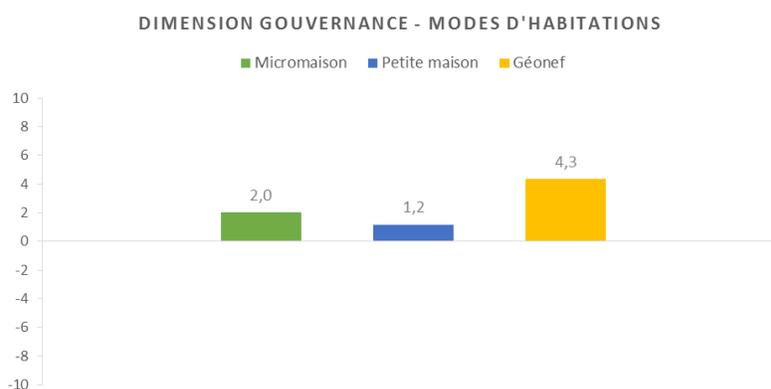


Figure 5.13 Synthèse des pointages des modes d'habitation de la dimension gouvernance

5.8 Synthèse de l'analyse

La synthèse de l'analyse des six dimensions se divise en trois sections. Tout d'abord, des observations globales sont dénotées par rapport aux résultats obtenus dans les six dimensions, puis des résultats plus spécifiques reliés aux indicateurs sont soulevés à travers des tableaux. La deuxième section de la synthèse regroupe des observations globales par rapport aux trois modes d'habitation alternatifs, ainsi que les points plus spécifiques de leurs forces et de leurs faiblesses respectives. Pour finir, la répartition des performances par mode d'habitation sera présentée.

5.8.1 Observations par rapport aux dimensions et aux indicateurs

Globalement, les modes d'habitation alternatifs obtiennent une performance supérieure au mode d'habitation conventionnel par rapport aux six dimensions analysées, tel que l'illustre le diagramme en figure 5.14.

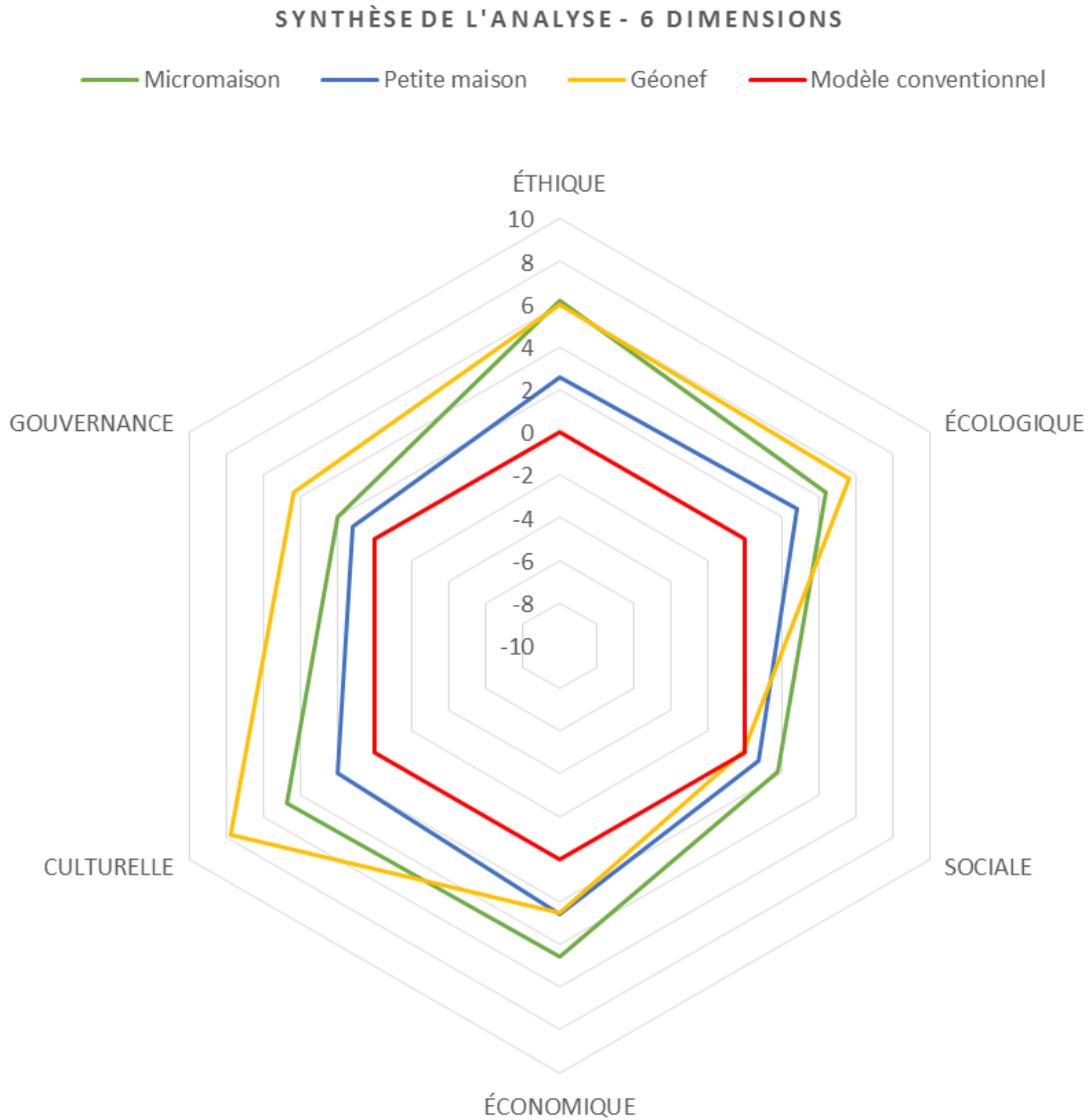


Figure 5.14 Synthèse de l'analyse des six dimensions

Le tableau 5.35 présente une récapitulation du pointage des trois modes d'habitation alternatifs pour chacune des dimensions. La moyenne des résultats pour chacune des dimensions est aussi calculée, démontrant que les modes alternatifs obtiennent, en général, une note moyennement supérieure au modèle conventionnel québécois.

Tableau 5.35 Synthèse de l'analyse des six dimensions

	Micromaison	Petite maison	Géonef	Moyenne
ÉTHIQUE	6,2	2,6	6,0	4,9
ÉCOLOGIQUE	4,4	2,8	5,6	4,3
SOCIALE	1,8	0,8	-0,1	0,8
ÉCONOMIQUE	4,6	2,6	2,5	3,2
CULTURELLE	4,8	2,0	7,8	4,8
GOVERNANCE	2,0	1,2	4,3	2,5

La performance du géonef quant à la dimension culturelle ressort du lot étant donné que celui-ci affirme le caractère pluriel et évolutif de la culture, qu'il encourage l'expression culturelle et qu'il reconnaît la représentation culturelle de l'environnement par ses principes de construction biomimétique.

La performance des modes d'habitation alternatifs par rapport à la dimension sociale est similaire au modèle conventionnel. En effet, bien que ces modèles présentent des aspects performants, tel que la fréquence et la durée de maintenance plus courte pour les minimaisons, la plus grande liberté individuelle et la responsabilité collective attribuée à la micromaison, et la plus grande sécurité contre les coupures d'alimentation du géonef, ces aspects sont neutralisés par les aspects moins performants que sont la superficie restreinte des minimaisons, leur utilisation contraignante pour des personnes ayant des besoins spécifiques (ex. : personnes handicapées, âgées, etc.) et l'aisance de circulation intérieure plus laborieuse.

Les modes d'habitation alternatifs performant bien aux niveaux éthique, culturel et écologique, de par leur réduction potentielle de la pauvreté, leur affirmation du caractère pluriel et évolutif de la culture et leur minimisation de leur impact environnemental, que ce soit par l'autosuffisance du géonef ou par la petite superficie des minimaisons qui réduit la sollicitation des ressources naturelles.

Dans l'ensemble, le géonef performe mieux que les minimaisons, sauf au niveau social et économique, dû à son degré de maintenance et d'effort pour son opérabilité plus élevé que les autres modèles; à son potentiel de proximité des services et des transports en commun plus faible de par les contraintes législatives municipales quant à ses caractéristiques significativement différentes du modèle conventionnel; à son processus de revente pouvant être ardu; et en raison de son potentiel de non-conformité vis-à-vis la réglementation municipale, pouvant faire craindre ce type de construction par le voisinage, par peur de dépréciation de la valeur des résidences du quartier.

De façon plus spécifique, le tableau 5.36 comprend les éléments pour lesquels les modes d'habitation alternatifs performant le plus, toute dimension confondue.

Tableau 5.36 Éléments les plus performants des modes d'habitation alternatifs

	Micromaison	Petite maison	Géonef	Moyenne
GOUVERNANCE				
Gestion du risque				
Applique le principe de prévention	7	4	10	7,0
ÉCONOMIQUE				
Production et consommation responsable				
Achat et consommation responsables	7	4	9	6,7
CULTURELLE				
Pratiques culturelles et artistiques				
Affirme le caractère pluriel et évolutif de la culture	7	4	9	6,7
ÉTHIQUE				
Lutte contre la pauvreté				
Réduction de la pauvreté	8	5	5	6,0
ÉCOLOGIQUE				
Flux de ressources extrants				
Quantité de matières sortantes	7	5	6	6,0
Flux de ressources intrants				
Énergie	5	2,5	10	5,8

Le tableau 5.37 présente, quant à lui, les éléments ayant les plus basses performances des trois modes d'habitation alternatifs, toute dimension confondue.

Tableau 5.37 Éléments les moins performants des modes d'habitation alternatifs

	Micromaison	Petite maison	Géonef	Moyenne
GOUVERNANCE				
Intégration				
Considération du contexte légal	-7	-3	-8	-6,0
ÉCONOMIQUE				
Flux monétaires intrants				
Valeur/facilité de revente	-5	-2	-8	-5,0
SOCIALE				
Accessibilité spatiale et technique				
Accessibilité aux installations de l'habitation	-6,3	-4,3	-1	-3,9
Santé et confort				
Confort spatial	-8	-5	2	-3,7
Accessibilité spatiale et technique				
Accès aux équipements techniques	-3	0	-4	-2,3

Le tableau 5.38 recense les sous-indicateurs ayant obtenu les meilleurs pointages, peu importe le mode d'habitation. Il s'avère que le géonef est le seul modèle ayant les principaux sous-indicateurs les plus performants

Tableau 5.38 Meilleurs pointages de l'analyse peu importe le mode d'habitation

Forces - Tout modèles alternatifs confondus				
Dimension	Indicateur	Sous-indicateur	Pointage	Mode d'habitation
Écologique	Changements climatiques	Potentiel de génération de GES	10,0	Géonef
	Flux de ressources intrants	Énergie		
	Flux de ressources intrants	Eau		
Sociale	Sécurité	Sécurité contre les coupures d'alimentation		
Gouvernance	Gestion du risque	Applique le principe de prévention		

Le tableau 5.39 recense, quant à lui, les sous-indicateurs ayant obtenu les pires pointages, peu importe le mode d'habitation. Le géonef et la micromaison sont les deux modèles ayant obtenu les plus bas pointages.

Tableau 5.39 Pires pointages de l'analyse peu importe le mode d'habitation

Faiblesses - Tout modèles alternatifs confondus				
Dimension	Indicateur	Sous-indicateur	Pointage	Mode d'habitation
Économique	Flux monétaires intrants	Valeur/facilité de revente	-8,0	Géonef
Gouvernance	Intégration	Considération du contexte légal		
Sociale	Santé et confort	Confort spatial	-7,0	Micromaison
Gouvernance	Intégration	Considération du contexte légal		

5.8.2 Observations par rapport aux modes d'habitation

Tel que le démontre la figure 5.15, le géonef est le mode d'habitation alternatif qui, globalement, s'avère le plus performant au niveau de la durabilité de son cycle de vie, bien que ses caractéristiques significativement différentes du modèle conventionnel engendrent des contraintes légales qui peuvent rendre plus difficile son processus de vente.

SYNTHÈSE DE L'ANALYSE - MODES D'HABITATIONS

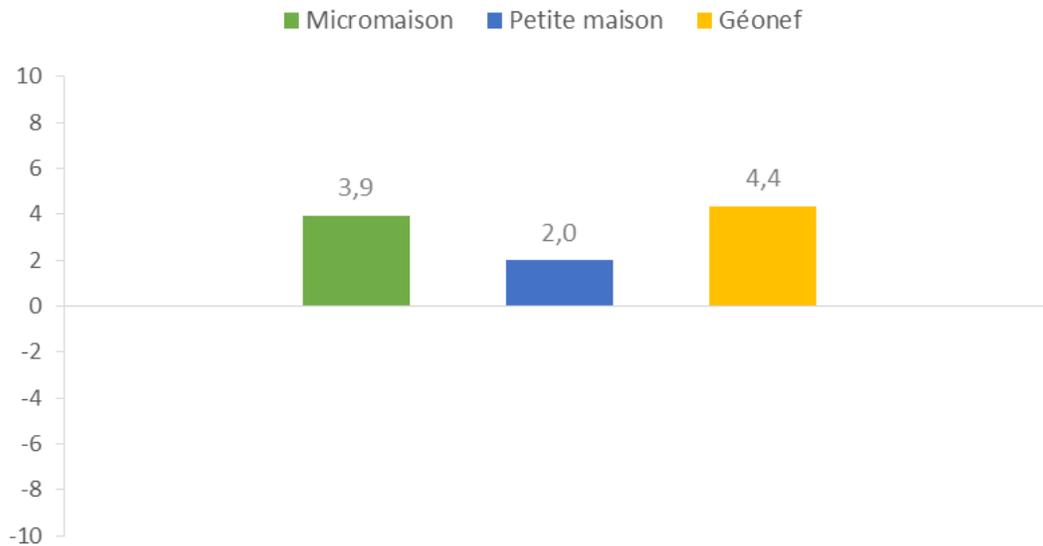


Figure 5.15 Synthèse de l'analyse des modes d'habitation

Le géonef est entre autres le plus performant, grâce à ses principes de construction visant l'autosuffisance.

La micromaison obtient une performance de durabilité globale rapprochée du géonef. La micromaison se démarque du géonef sur le plan économique, de par son coût moyen d'achat environ quatre fois inférieur à ce dernier, ainsi que par sa superficie moyenne environ sept fois inférieure, qui réduit significativement le temps et les efforts nécessaires à la maintenance et à l'opérabilité de l'habitation. Toutefois, sa très petite superficie contraint davantage le niveau de confort spatial de ses occupants et la conformité législative de l'habitation, par rapport aux règlements de zonage municipaux. Bien que la micromaison puisse bénéficier d'un flou législatif et être ainsi considérée comme une roulotte, il est interdit de camper sur son propre terrain (Turgeon, 2014).

Puisque la seule distinction entre la petite maison et la maison conventionnelle se retrouve au niveau de la superficie, environ deux fois inférieure à cette dernière, ceci procure à la petite maison globalement les mêmes avantages et inconvénients que la micromaison, mais avec une intensité diminuée.

Principales forces du géonef

Plus spécifiquement, le géonef se démarque fortement du modèle d'habitation conventionnelle sur le plan écologique. En effet, de par son autonomie en énergie et en eau, grâce à l'application des principes passifs (masse thermique, géothermie passive et solaire passif), à l'utilisation auxiliaire de panneaux photovoltaïques et d'un système de récupération d'eau de pluie et de son traitement sur place, le géonef réduit entièrement la nécessité de flux de ressources intrants (Dubé, H., s. d.; *Earthship Bioteecture*, s. d.b).

De plus, étant donné que son énergie provient uniquement de sources renouvelables, comparativement au modèle conventionnel qui tire 15 % de son énergie de sources non renouvelables (RNCAN, 2014b), ceci permet au géonef d'avoir un potentiel de génération de GES quasi inexistant lors de son opération. Son autosuffisance en énergie et en eau représente également un avantage au niveau de la sécurité, car il ne peut être contraint par les coupures de service potentielles d'un fournisseur externe. Minimisant considérablement ses impacts environnementaux potentiels lors de sa construction et de son fonctionnement, le géonef applique adéquatement le principe de prévention en visant la réduction à la source des ressources naturelles utilisées dans le cycle de vie d'une habitation.

Tableau 5.40 Forces du géonef

Forces - Géonef			
Dimension	Indicateur	Sous-indicateur	Pointage
Écologique	Changements climatiques	Potentiel de génération de GES	10,0
	Flux de ressources intrants	Énergie	
	Flux de ressources intrants	Eau	
Sociale	Sécurité	Sécurité contre les coupures d'alimentation	
Gouvernance	Gestion du risque	Applique le principe de prévention	

Principales faiblesses du géonef

Construire un géonef est contraignant par rapport au contexte légal des municipalités, que ce soit au niveau de la finition significativement distincte des conventions de construction, de l'orientation de sa façade devant absolument être orientée vers le sud pour tirer plein profit de sa fonction solaire passive qui peut être problématique quant aux règlements d'urbanisme en vigueur, ou de sa hauteur qui peut aller à l'encontre de la hauteur minimale définie par les règlements de zonage municipaux, dû au fait qu'il est semi-enterré. Ces caractéristiques pouvant rendre difficile l'atteinte des exigences municipales ne favorisent pas la valeur de revente de ce type d'habitation. L'opérabilité des différents systèmes techniques requérant plus d'efforts et d'habiletés qu'une habitation conventionnelle peut également freiner les acheteurs potentiels désirant un niveau de responsabilisation minime quant à leur habitation.

Tableau 5.41 Faiblesses du géonef

Faiblesses - Géonef			
Dimension	Indicateur	Sous-indicateur	Pointage
Économique	Flux monétaires intrants	Valeur/facilité de revente	-8,0
Gouvernance	Intégration	Considération du contexte légal	
Sociale	Accessibilité spatiale et technique	Accès aux équipements techniques	-4,0

Principales forces de la micromaison

La micromaison démontre un avantage marqué sur le plan économique par rapport au modèle d'habitation conventionnelle, avec un coût moyen d'achat de 50 000 \$ qui est environ cinq fois inférieur

(PAD, 2012b; SCHL, 2014a). Ce coût favorise l'accès à la propriété pour les personnes à faibles revenus. Ainsi, dans une optique de répondre au besoin de logement du plus grand nombre, pour ainsi assurer la sécurité des personnes vis-à-vis les fluctuations négatives potentielles, telle une crise économique, politique ou écologique, la possibilité d'acquérir rapidement une habitation s'avère être propice pour un développement durable. Le faible coût de l'habitation permet aussi de réduire les coûts annuels relativement aux taxes foncières, calculées à partir de la valeur de l'habitation, ce qui permet de consacrer une plus grande part du budget familial à d'autres besoins élémentaires, tel l'achat de nourriture. Par ailleurs, la petite superficie de la micromaison, environ six fois inférieure au modèle conventionnel (Environnement Canada, 2011a; *The Tiny Life*, 2014), permet de réduire les coûts de consommation d'énergie en raison d'un plus petit volume à chauffer et à climatiser, diminuant par le fait même l'impact de l'habitation relativement à la consommation d'énergie. La petite surface d'implantation au sol de la micromaison permet également de loger plusieurs résidents sur un territoire restreint, ayant donc un impact réduit quant à l'utilisation du territoire. Finalement, la petite superficie de la micromaison permet potentiellement de réduire la durée et la fréquence des opérations de maintenance, qui se traduit par un accroissement de la qualité de vie en regard du temps disponible pour d'autres occupations.

Tableau 5.42 Forces de la micromaison

Forces - Micromaison			
Dimension	Indicateur	Sous-indicateur	Pointage
Éthique	Lutte contre la pauvreté	Réduction de la pauvreté	8,0
Écologique	Utilisation du territoire	Utilisation du territoire	
Sociale	Maintenance	Fréquence et durée des opérations de maintenance (y compris le nettoyage), de réparation, de remplacement et/ou de rénovation	
Économique	Flux monétaires extrants	Coût initial	
		Coûts en cours d'utilisation	
		Coûts en fin de vie	
	Possession et usages des biens et des capitaux	Possibilité d'accumuler des biens et des capitaux	

Principales faiblesses de la micromaison

Autant la petite superficie de la micromaison peut représenter un atout sur plusieurs aspects, autant elle représente également une contrainte importante en termes de confort spatial des occupants. Bien que la notion de confort spatial soit relative selon de multiples facteurs, tels la culture, la perception, les besoins spécifiques, etc., en considérant l'espace moyen de 72 m² par personne au Canada (*Shrink That Footprint*, s. d.b), on s'aperçoit que la superficie par personne pour la micromaison est environ six fois inférieure à la moyenne canadienne, soit de 11,6 m² (250 pi²/deux personnes), ce qui peut sembler sensiblement restreint pour un Québécois, de culture nord-américaine.

Une autre contrainte observée en est une d'ordre législatif. La majorité des municipalités québécoises n'autorisent pas, à travers leur réglementation concernant le zonage, la construction de maisons ayant une superficie intérieure au niveau du rez-de-chaussée inférieure à 750 pi² (Lachapelle, 2014). La micromaison étant trois fois plus petite que le minimum requis, cela constitue une contrainte importante quant à son lieu d'implantation. Néanmoins, la micromaison bénéficie d'un certain flou législatif, car la réglementation concernant les micromaisons est indéfinie (Turgeon, 2014). En effet, car la micromaison est considérée comme un mixte entre une caravane et une maison, puisqu'elle est construite sur une remorque, ce qui lui permet de contourner en quelque sorte le code du bâtiment. Également, le fait que la micromaison est perçue comme une roulotte, ceci complexifie la possibilité d'installation légale de celle-ci sur un terrain, car il est interdit de camper sur son propre terrain, bien que certaines municipalités l'autorisent pour un maximum de 20 jours par mois (Turgeon, 2014).

Tableau 5.43 Faiblesses de la micromaison

Faiblesses - Micromaison			
Dimension	Indicateur	Sous-indicateur	Pointage
Sociale	Santé et confort	Confort spatial	-8,0
Gouvernance	Intégration	Considération du contexte légal	-7,0

Principales forces de la petite maison

La performance en durabilité de la petite maison est similaire à celle de la micromaison en raison de ses dimensions inférieures au modèle conventionnel. Sa performance est cependant de plus petite intensité, due au fait que sa superficie, moins extrême que la micromaison, réduise l'écart de performance avec le modèle conventionnel québécois.

Tableau 5.44 Forces de la petite maison

Forces - Petite maison			
Dimension	Indicateur	Sous-indicateur	Pointage
Éthique	Lutte contre la pauvreté	Réduction de la pauvreté	5,0
Écologique	Flux de ressources extrants	Quantité de matières sortantes	
	Utilisation du territoire	Utilisation du territoire	
Sociale	Maintenance	Fréquence et durée des opérations de maintenance (y compris le nettoyage), de réparation, de remplacement et/ou de rénovation	
Économique	Flux monétaires extrants	Coût initial	
		Coûts en cours d'utilisation	
		Coûts en fin de vie	
	Possession et usages des biens et des capitaux	Possibilité d'accumuler des biens et des capitaux	

Principales faiblesses de la petite maison

La petite maison est similaire à la micromaison quant au confort spatial dû à sa superficie d'environ deux fois inférieure à l'habitation conventionnelle; c'est-à-dire qu'elle peut ne pas convenir au Québécois

moyen, habitué à une liberté de mouvement spatial élevée. La petite maison est aussi similaire à la micromaison quant à l'accessibilité des installations de l'habitation. Toutefois, comme elle n'est pas mobile, la petite maison ne peut bénéficier du même flou législatif que la micromaison, considérée comme une roulotte. Cette situation peut engendrer le fait que la petite maison soit construite en milieu éloigné des grands centres urbains, ce qui diminue sa proximité des services essentiels (épicerie, pharmacie, etc.) et des transports en commun.

Tableau 5.45 Faiblesses de la petite maison

Faiblesses - Petite maison			
Dimension	Indicateur	Sous-indicateur	Pointage
Sociale	Santé et confort	Confort spatial	-5,0
	Accessibilité spatiale et technique	Accessibilité aux installations de l'habitation	-4,3

5.8.3 Répartition des performances

Se référant aux plages de performance déterminées lors de la conception de l'outil d'analyse, la figure 5.16 détaille la répartition des performances des 25 indicateurs de durabilité pour la micromaison, la petite maison et le géonef, atteintes à travers l'analyse de durabilité.

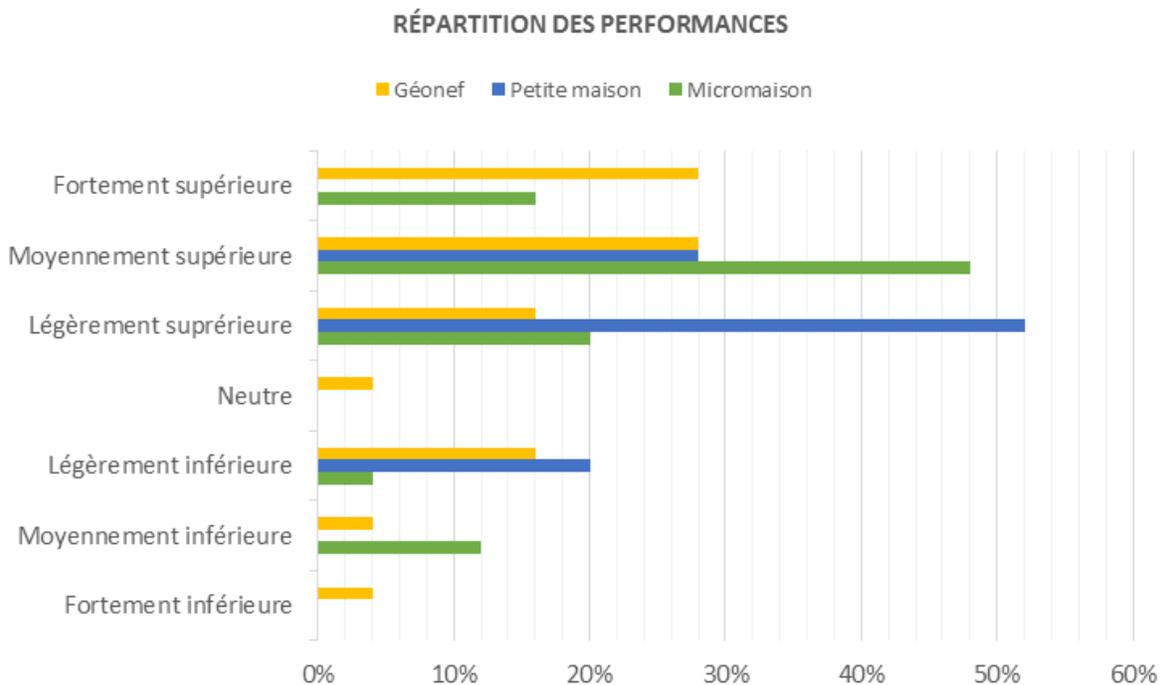


Figure 5.16 Répartition des performances des modes d'habitation

Tableau 5.46 Répartition des performances des modes d'habitation

Pointage	Niveau de performance	Répartition des performances (en %)		
		Micromaison	Petite maison	Géonef
]7 à 10	Fortement supérieure	16%	0%	28%
]3 à 7]	Moyennement supérieure	48%	28%	28%
]0 à 3]	Légèrement supérieure	20%	52%	16%
0	Neutre	0%	0%	4%
]0 à -3]	Légèrement inférieure	4%	20%	16%
] -3 à -7]	Moyennement inférieure	12%	0%	4%
] -7 à -10	Fortement inférieure	0%	0%	4%
		100%	100%	100%

Bien que la plupart des performances de durabilité les plus élevées dans l'ensemble de l'analyse proviennent du géonef, 84 % des indicateurs de la micromaison ont obtenu un niveau de performance supérieur au modèle conventionnel comparativement à 72 % pour le géonef.

Environ le deux tiers des indicateurs de la micromaison ont une performance minimalement moyennement supérieure, ce qui est très bon en termes de durabilité. Le géonef a cependant près du double des indicateurs se trouvant dans le jalon des performances fortement supérieures par rapport à celles se trouvant dans le même jalon pour la micromaison. Les performances de la petite maison, pour sa part, se situent moins aux extrêmes, en raison de ses caractéristiques considérablement similaires au modèle conventionnel québécois.

6 CONSTATS ET RECOMMANDATIONS

Suivant l'analyse des modes d'habitation alternatifs effectuée, des constats peuvent être tirés quant aux leviers de la durabilité d'un mode d'habitation ainsi qu'à ses freins, à partir des forces et des faiblesses relevées pour chacun des modèles. De ces constats, des recommandations sont formulées pour améliorer la durabilité du mode d'habitation conventionnel et favoriser le développement et l'intégration des modes d'habitation alternatifs.

6.1 Constats

Étant donné l'étendue des performances des modes d'habitation obtenues pour les différents indicateurs lors de l'analyse, les leviers et les freins identifiés proviennent uniquement des pointages fortement supérieurs et fortement inférieurs.

6.1.1 Leviers de la durabilité d'un mode d'habitation

Les leviers découlent des sous-indicateurs ayant obtenu une performance fortement supérieure par rapport au modèle conventionnel québécois, soit un pointage supérieur à « + 7 », tel que présenté au tableau 6.1. En conséquence, 19 sous-indicateurs sur 44, soit 43 % des sous-indicateurs de l'outil d'analyse, représentent des facteurs contribuant positivement à la durabilité d'un mode d'habitation.

Le tableau 6.2 synthétise l'ensemble de ces 19 indicateurs identifiés sous quatre principaux leviers (a, b, c et d), transversaux aux différentes dimensions de la durabilité de l'outil d'analyse : a. accessibilité financière à la propriété, b. autonomisation des personnes, c. réduction de la superficie de l'habitation, et d. actions responsables par rapport à l'énergie et à l'eau.

Tableau 6.1 Détermination des leviers selon les pointages fortement supérieurs des sous-indicateurs

	Micromaison	Géonef	Leviers (liés au tableau 6.2)
ÉTHIQUE	✓	✓	a, b1, b2
Lutte contre la pauvreté	✓		a
Réduction de la pauvreté	8		a
Solidarité		✓	b1, b2
Autonomie des personnes		8	b1, b2
Originalité et innovation		✓	b1
Diversification des options		8	b1
Potentiel d'innovation		9	b1
ÉCOLOGIQUE	✓	✓	b1, c, d1, d2, d3
Changements climatiques		✓	c, d1, d3
Potentiel de génération de GES		10	c, d1, d3

Tableau 6.1 Détermination des leviers selon les pointages fortement supérieurs des sous-indicateurs (suite)

	Micromaison	Géonef	Leviers (liés au tableau 6.2)
Flux de ressources intrants		✓	b1, c, d1, d2, d3
Énergie		10	c, d1, d3
Eau		10	b1, d2
Utilisation du territoire	✓		c
Utilisation du territoire	8		c
SOCIALE	✓	✓	b1, c
Maintenance	✓		c
Fréquence et durée des opérations de maintenance (y compris le nettoyage), de réparation, de remplacement et/ou de rénovation	8		c
Sécurité		✓	b1
Sécurité contre les coupures d'alimentation		10	b1
ÉCONOMIQUE	✓	✓	a, b1, c, d1, d2, d3
Flux monétaires extrants	✓		a, c, d1
Coût initial	8		a
Coûts en cours d'utilisation	8		a, c, d1
Coûts en fin de vie	8		c
Possession et usages des biens et des capitaux	✓		a
Possibilité d'accumuler des biens et des capitaux	8		a
Production et consommation responsable		✓	b1, c, d1, d2, d3
Achat et consommation responsables		9	b1, c, d1, d2, d3
CULTURELLE		✓	b1, b2
Pratiques culturelles et artistiques		✓	b1, b2
Encourage l'expression culturelle		8	b2
Affirme le caractère pluriel et évolutif de la culture		9	b1
GOUVERNANCE		✓	b1, c, d1, d2, d3
Subsidiarité		✓	b1
Favorise la responsabilisation des acteurs		8	b1
Gestion du risque		✓	b1, c, d1, d2, d3
Applique le principe de prévention		10	b1, c, d1, d2, d3

Tableau 6.2 Leviers à la durabilité d'un mode d'habitation

Leviers à la durabilité d'un mode d'habitation	
a. Accessibilité financière à la propriété	
b. Autonomisation des personnes	
b1.	Autosuffisance (en eau, en énergie et en nourriture)
b2.	Autoconstruction
c. Réduction de la superficie de l'habitation	
d. Actions responsables par rapport à l'énergie et à l'eau	
d1.	Réduction de la consommation d'énergie
d2.	Réduction de la consommation d'eau
d3.	Utilisation d'énergie de sources renouvelables (solaire, éolienne, hydraulique, géothermique et biomasse)

Étant donné que ces leviers n'ont pas tous le même poids en termes de représentativité, tel que le démontre le tableau 6.1, leur importance relative a donc été calculée. Le tableau 6.3 en présente les résultats, qui permettent de déterminer l'importance de chacun des leviers par un classement de rang, par conséquent, une priorité d'action potentielle, qui servira à émettre des recommandations.

Tableau 6.3 Importance relative des leviers

Levier	Importance des leviers (proportion de sous-indicateurs affectés par un levier donné)		Rang de priorité d'action
a.	21%	(4 sur 19)	4
b1.	47%	(9 sur 19)	1
b2.	11%	(2 sur 19)	6
c.	42%	(8 sur 19)	2
d1.	26%	(5 sur 19)	3
d2.	16%	(3 sur 19)	5
d3.	21%	(4 sur 19)	4

En comparant l'importance d'un levier de durabilité par rapport à l'ensemble des leviers soulevés, soit en effectuant une normalisation, on obtient les proportions présentées à la figure 6.1.

Importance des leviers par rapport à la durabilité d'un mode d'habitation

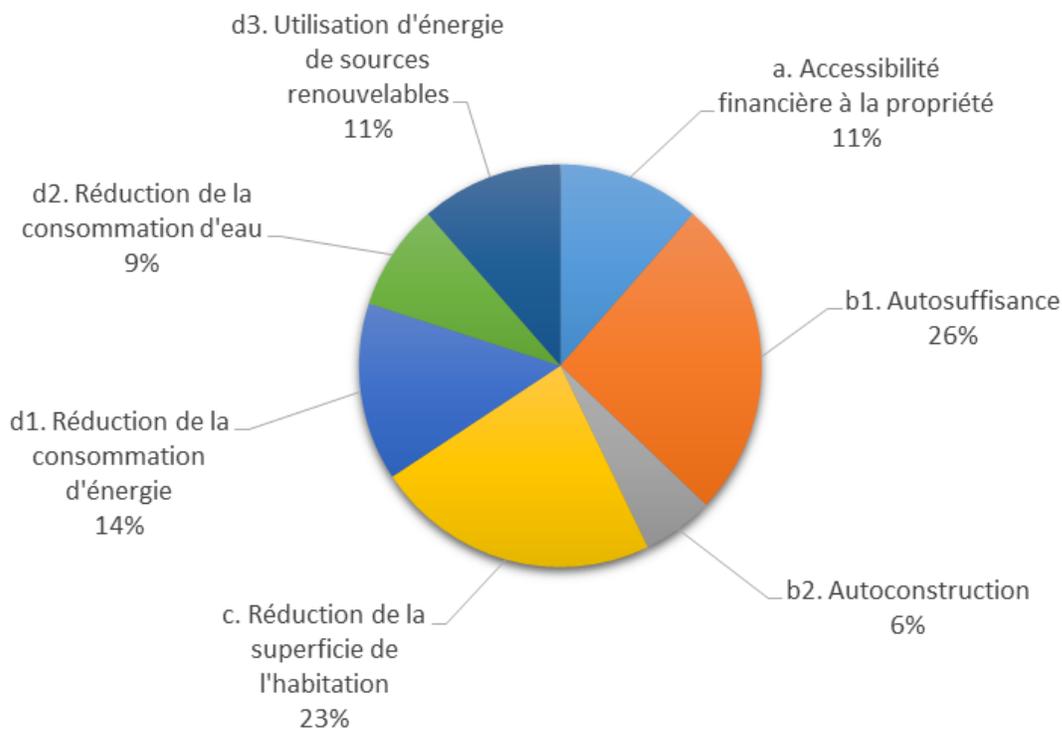


Figure 6.1 Importance des leviers par rapport à la durabilité d'un mode d'habitation

6.1.2 Freins à la durabilité d'un mode d'habitation

Les freins découlent des sous-indicateurs ayant obtenu une performance fortement inférieure par rapport au modèle conventionnel québécois, soit un pointage inférieur à « - 7 », tel que présenté au tableau 6.4. Ainsi, trois sous-indicateurs sur 44, soit 7 % des sous-indicateurs de l'outil d'analyse, représentent des facteurs contraignant la durabilité d'un mode d'habitation.

Le tableau 6.5 synthétise ces trois indicateurs en deux principaux freins (e et f), transversaux aux différentes dimensions de la durabilité de l'outil d'analyse : e. réduction de la superficie de l'habitation et f. législation municipale restrictive.

Tableau 6.4 Détermination des leviers selon les pointages fortement supérieurs des sous-indicateurs

	Micromaison	Géonef	Freins (liés au tableau 6.5)
SOCIALE	✓		
Santé et confort	✓		
Confort spatial	-8		e
ÉCONOMIQUE		✓	
Flux monétaires intrants		✓	
Valeur/facilité de revente		-8	f
GOUVERNANCE		✓	
Intégration		✓	
Considération du contexte légal		-8	f

Il est à noter que le frein « Réduction de la superficie de l'habitation », identifié pour le sous-indicateur « Confort spatial », constitue également l'un des leviers de la durabilité identifiés précédemment en regard d'autres sous-indicateurs.

Tableau 6.5 Freins à la durabilité d'un mode d'habitation

Freins à la durabilité d'un mode d'habitation
e. Réduction de la superficie de l'habitation
f. Législation municipale restrictive

6.2 Recommandations

À la lumière des leviers et des freins soulevés, cette section propose des recommandations à deux niveaux : des axes pour améliorer la durabilité du mode d'habitation conventionnel, ainsi que des axes pour favoriser le développement et l'intégration des modes d'habitation alternatifs au Québec.

6.2.1 Améliorer la durabilité du mode d'habitation conventionnel

L'importance relative des leviers de durabilité évaluée précédemment (tableau 6.3) permet de proposer six axes d'amélioration de la durabilité du mode d'habitation conventionnel, selon une hiérarchie de priorité d'actions, en ordre décroissant :

1) Viser l'autosuffisance

Le concept d'autosuffisance fortement prôné par le géonef est le plus important pour tendre vers un développement durable, en affectant les six dimensions de la durabilité, soit éthique, écologique, sociale, économique, culturelle et de gouvernance. L'autosuffisance consiste à être autonome en termes d'alimentation en énergie, en eau et en nourriture. Sur le plan énergétique, des systèmes auxiliaires d'alimentation en énergie, tels des panneaux photovoltaïques et des

petites éoliennes, peuvent être utilisés. Toutefois, il est bien évident, que les panneaux photovoltaïques et les éoliennes génèrent également un impact environnemental négatif dû à l'extraction des matériaux les constituant. Ainsi, il faut garder à l'esprit qu'une réduction maximale de la consommation d'énergie du bâtiment, via une conception optimale de celui-ci (de par une architecture solaire passive, par exemple) couplée à un système auxiliaire d'énergie ayant la plus petite empreinte environnementale, serait à privilégier. Du côté de l'autonomie en eau, un système de récupération des eaux de pluie, couplé à une fosse septique pour la gestion sur place des eaux usées, pourrait être employé. Concernant l'autonomie en nourriture, la fabrication d'une serre solaire passive peut être envisagée pour combler, à tout le moins partiellement, les besoins en légumes et en fruits. Ces différentes mesures permettent ainsi de décentraliser les pouvoirs pour favoriser l'indépendance vis-à-vis des systèmes externes, et ainsi, une plus grande résilience.

2) Réduire la superficie d'habitation

Ce concept propre aux minimaisons est pratiquement autant important que l'autosuffisance pour tendre vers un développement durable. Le Québec bénéficiant de vastes espaces habitables, la nécessité de réduire la superficie des habitations ne constitue pas un enjeu social à l'heure actuelle. Culturellement, il apparaît inhabituel ou marginal de vivre dans de petits espaces, à l'opposé de régions plus densément peuplées, telles la Chine et la région parisienne de France, par exemple. Or, tel que démontré par l'analyse de la durabilité de modes d'habitation, une réduction de la superficie habitable se traduit en avantages au niveau environnemental, économique et social, autant pour les individus que pour une communauté ou un territoire donné. Il pourrait donc être bénéfique de réévaluer individuellement ses besoins réels en terme d'espace, à l'aide de questionnaire tel que présenté à la section 3.1 du présent essai portant sur les minimaisons.

3) Réduire la consommation d'énergie

Utiliser les principes passifs du géonef (orientation du bâtiment, masse thermique, géothermie passive et solaire passif) dans la conception de l'habitation permettrait d'optimiser la consommation d'énergie des ménages, se traduisant en gains autant économiques que sociaux et environnementaux pour les ménages et pour la société québécoise. Promouvoir d'autres mesures d'efficacité énergétique, telles l'isolation et l'étanchéité adéquate du bâtiment, et l'achat d'appareils ménagers peu énergivores, contribuerait aussi à réduire la consommation énergétique.

4) Utiliser des sources d'énergie renouvelables

Prioriser l'utilisation d'énergie de source solaire, éolienne, hydraulique, géothermique et la biomasse, se traduirait en gains environnementaux par rapport à l'enjeu de production et consommation responsable et respecterait le principe de prévention prôné par un développement durable.

5) Réduire la consommation d'eau

L'utilisation de toilette sèche à plus grande échelle s'avère une option intéressante, car elle permet de réduire la consommation d'eau des ménages de 30 %, ce qui diminuerait la pression sur les réseaux d'aqueduc municipaux et préserverait les sources d'eau douce.

6) Viser l'autoconstruction

L'autoconstruction permet d'accroître l'autonomisation des personnes. Promouvoir et valoriser les séminaires d'autoconstruction, de même que le développement individuel des connaissances liées aux cycles de vie de l'habitation, pourrait engendrer des comportements plus écoresponsables.

Par ailleurs, le gouvernement pourrait faire l'annonce et la promotion de subventions permettant de soutenir des mesures d'amélioration de la durabilité des habitations résidentielles, dans l'optique des six axes présentés précédemment.

6.2.2 Favoriser le développement et l'intégration de modes d'habitation alternatifs

Le frein le plus important contraignant le développement et l'intégration des modes d'habitation alternatifs est le contexte légal restrictif à l'endroit des géonefs et des minimaisons. Plus précisément, les règlements de zonage municipaux relatifs aux caractéristiques particulières de la construction du géonef (ex. : orientation, hauteur minimale du bâtiment et finition intérieure et extérieure significativement différente des conventions de construction) et à son opérabilité (ex. : fosse septique requise pour le traitement sur place des eaux usées) contraignent son intégration dans le paysage domiciliaire québécois. Les règlements de zonage municipaux freinent également l'expansion des minimaisons, car la superficie minimale d'implantation au sol, généralement de 750 pi², n'est pas rencontrée par les micromaisons de 400 pi² et moins, ni par la plupart des petites maisons, ayant une superficie se situant entre 400 pi² et 1000 pi².

Ce faisant, une modification de la législation municipale en ce sens favoriserait le développement du marché des habitations alternatives au Québec. Également, ceci favoriserait davantage l'accessibilité

financière à des habitations relativement abordables (ex. : coût d'achat moyen de 50 000 \$ pour une micromaison) et pourrait même permettre de réduire la pauvreté dans certains milieux. Tel qu'énoncé par Dominique Bourg, professeur à la Faculté des géosciences et de l'environnement de l'Université de Lausanne : pour viser un développement durable, il faut innover en termes de mode de vie « pour réduire les flux de matières et d'énergie »; pour ce faire, toutefois, il faudrait être capable de « déroger aux lois et normes » afin de « créer les conditions d'innovations spontanées (...), parce qu'il n'y a que là qu'on va pouvoir innover en termes de mode de vie » (Territorialiser la transition, 2014).

Le frein relatif au confort spatial pourrait être altéré positivement par davantage de recherche et développement en termes d'ergonomie intérieure des habitations, un aspect qu'il serait avantageux pour les entreprises de construction d'habitation de valoriser. La recherche et développement permettrait aussi d'adapter de petits espaces habitables à des personnes ayant des limitations physiques légères.

CONCLUSION

Un futur n'est envisageable que dans la mesure où celui-ci est possible. Ainsi, afin d'assurer la pérennité des générations futures, il est fondamental de modifier les modes de consommation et de production non durables de la planète aux ressources finies qu'est la Terre. En effet, le rythme actuel de pression que l'Homme applique sur les ressources naturelles pour répondre à ses besoins dépasse largement les limites planétaires, de sorte que l'équivalent de cinq planètes serait requis en termes de ressources si toute la population mondiale vivait selon le mode de vie d'un Nord-Américain (*Global Footprint Network, 2010*).

Parmi les besoins élémentaires nécessitant une consommation de produits, tels que se nourrir, se loger et se vêtir, le logement constitue généralement le bien de consommation le plus important par rapport au budget d'un ménage et est celui qui a le plus grand impact environnemental sur l'ensemble de son cycle de vie (PNUE, 2010). Or, des modes d'habitation alternatifs ont émergé dans une perspective de réduction des impacts environnementaux et économiques reliés au cycle de vie d'une maison, ainsi qu'à l'amélioration de la qualité de vie globale de ses occupants. Parmi ces modèles se trouvent les minimaisons, qui incluent la micromaison et la petite maison, ainsi que le géonef.

L'objectif principal de cet essai visait à analyser la performance de durabilité du cycle de vie de ces modèles alternatifs par rapport au mode d'habitation conventionnel québécois. Pour atteindre cet objectif, un portrait de l'habitation au Québec a été dressé afin d'obtenir une vue d'ensemble du secteur de l'habitation dans un contexte québécois, puisque celui-ci sert de référentiel pour l'analyse. Ensuite, les trois modes d'habitation alternatifs que sont la micromaison, la petite maison et le géonef ont été définis, ainsi que leurs différents concepts. Afin d'être en mesure d'analyser la performance de la durabilité de leur cycle de vie, un outil d'analyse a été conçu à partir d'indicateurs provenant de normes en bâtiments et de la grille d'analyse de développement durable (Villeneuve et autres, 2014) de la Chaire de recherche et d'intervention en éco-conseil de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), regroupés sous six dimensions du développement durable : éthique, écologique, sociale, économique, culture et de gouvernance.

L'objectif principal a donc été atteint avec succès, car une analyse de la durabilité du cycle de vie des modes d'habitation a été réalisée. Globalement, cette dernière a permis de constater que la performance de la durabilité du cycle de vie des modes d'habitation alternatifs est supérieure au mode d'habitation conventionnel québécois. En effet, les modes d'habitation alternatifs performant mieux que le modèle conventionnel québécois en ce qui a trait au principe de prévention, à l'achat et la consommation responsable, et à l'affirmation du caractère pluriel et évolutif de la culture. Toutefois, les modèles

alternatifs sont moins performants que le modèle conventionnel par rapport à la considération du contexte légal en vigueur et de la valeur et facilité de revente de l'habitation.

Le géonef s'est avéré être le modèle le plus performant, suivi de près par la micromaison. La petite maison arrive en troisième position, car elle est relativement similaire au modèle conventionnel, sa seule distinction étant sa superficie réduite. Le géonef se démarque plus précisément quant à la dimension écologique, de par ses principes de construction visant l'autosuffisance énergétique et en eau de l'habitation. Cependant, ses caractéristiques significativement différentes du modèle conventionnel engendrent des contraintes légales qui peuvent rendre plus difficile son processus de vente. La micromaison se démarque quant à la dimension économique, de par son coût moyen d'achat environ cinq fois et demie inférieur au modèle conventionnel, qui favorise davantage l'accès financier à la propriété aux individus, ainsi que par sa superficie moyenne six fois inférieure, qui réduit significativement le temps et les efforts nécessaires à la maintenance et à l'opérabilité de l'habitation. Toutefois, sa très petite superficie peut contraindre davantage le niveau du confort spatial de ses occupants et la conformité législative de l'habitation par rapport aux règlements de zonage municipaux.

L'analyse a permis d'identifier les quatre principaux leviers de la durabilité d'une habitation, ainsi que ses deux principaux freins, à partir des sous-indicateurs ayant obtenu une performance fortement supérieure et fortement inférieure par rapport au modèle conventionnel québécois, soit respectivement : l'accessibilité financière à la propriété, l'autonomisation des personnes, la réduction de la superficie de l'habitation et les actions responsables par rapport à l'utilisation de l'énergie et de l'eau; et le contexte législatif restrictif à l'endroit des modes d'habitation alternatifs et le confort spatial pouvant être contraignant pour certaines personnes dans le cas des minimaisons. De ces leviers et freins découlent des recommandations visant à améliorer la durabilité du mode d'habitation conventionnel, dont : viser l'autosuffisance, réduire la superficie habitable et la consommation d'énergie et d'eau; prioriser l'utilisation de sources d'énergie renouvelables; et fournir des incitatifs financiers, telles des subventions gouvernementales, pour des mesures de soutien à l'amélioration de la durabilité de son habitation. Des recommandations ont également été émises afin de favoriser le développement et l'intégration au Québec des modes d'habitation alternatifs, dont : modifier les règlements de zonage municipaux et valoriser la recherche et développement quant à l'ergonomie spatiale des habitats alternatifs.

L'analyse de la durabilité du cycle de vie de modes d'habitation alternatifs réalisée dans cet essai a permis, entre autres, de soulever les forces et les faiblesses du géonef et des minimaisons. Toutefois, il s'avérerait intéressant d'appliquer l'outil d'analyse à d'autres concepts alternatifs d'habitation, comme un dôme

géodésique et une habitation participative intégrant les concepts d'autosuffisance et de petite superficie habitable. Le développement d'un outil d'analyse de la performance des modes d'habitation par rapport aux principes d'économie circulaire aurait également été intéressant dans le contexte actuel de dématérialisation souhaitable de l'économie, afin de sortir du schéma économique généralement linéaire, qui n'est visiblement pas durable. Par ailleurs, il serait intéressant d'analyser le besoin de logement d'un point de vue anthropologique, sociologique et philosophique. Ceci permettrait d'évaluer les déterminismes culturels liés à ce besoin et la relativité qu'il y a quant au bonheur engendré par son assouvissement.

Dans un monde où tout semble s'accélérer, coûter davantage et où l'on semble de moins en moins bénéficier de temps de qualité, l'option de réduire la superficie habitable prônée par la simplicité volontaire des minimaisons apparaît comme une alternative positive. Également, dans un monde où les gens semblent de plus en plus dépendants des systèmes d'approvisionnement externes, l'autosuffisance prônée par les géonefs pourrait constituer une alternative favorable à la décentralisation des pouvoirs, au profit d'un plus grand pouvoir d'action individuel. Toutefois, ceci requerrait, de la part des citoyens, un effort de responsabilisation et de reconsidération du modèle de consommation valorisant la réussite via les biens matériels. Un changement de paradigme de la part des instances législatives pour favoriser l'intégration de modèles d'habitations alternatives et ainsi innover durablement en termes de mode de vie, serait également un prérequis.

Parions d'ailleurs qu'un géonef aurait favorisé la résilience et la qualité de vie des foyers québécois lors de la crise du verglas ayant paralysé la belle province en 1998.

RÉFÉRENCES

- Agora 21 (s. d.). Construction des indicateurs. *In* Agora 21.
<http://wwwv1.agora21.org/entreprise/ii323.htm> (Page consultée le 27 octobre 2014).
- Association Française de Normalisation (AFNOR) (2012). Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Évaluation de la performance environnementale des bâtiments - Méthode de calcul. La Plaine Saint-Denis, AFNOR, 55 p. (NF EN 15978)
- Association Française de Normalisation (AFNOR) (2013). Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Évaluation de la performance économique des bâtiments - Méthode de calcul. La Plaine Saint-Denis, AFNOR, 55 p. (NF EN 16627)
- Association Française de Normalisation (AFNOR) (2014). Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Évaluation de la performance sociale des bâtiments - Méthodes de calcul. La Plaine Saint-Denis, AFNOR, 57 p. (NF EN 16309+A1)
- Argent (2014). Les jeunes n'arrivent plus à se payer une maison. *In* Groupe TVA. *Immobilier*.
<http://argent.canoe.ca/vos-finances/immobilier/les-jeunes-narrivent-plus-se-payer-une-maison-10092014> (Page consultée le 9 septembre 2014).
- Association Française des Petits Débrouillards et Centre national de la recherche scientifique (CNRS) (2010). Comment les nouvelles espèces apparaissent-elles? *In* Association Française des Petits Débrouillards. *La biodiversité comprendre pour mieux agir*.
http://www.lespetitsdebrouillards.org/Media/prods/prod_1/Media/livret.pdf (Page consultée le 17 septembre 2014).
- Association des professionnels de la construction et de l'habitation du Québec (APCHQ) (s. d.a). Préviation économiques 2014 – 2015. *In* APCHQ. *Perspectives d'accession à la propriété*.
<http://www.apchq.com/redirect/files/provincial/pdf/economique/Previsions-economiques2014-2015-APCHQ.pdf> (Page consultée le 25 septembre 2014).
- Association des professionnels de la construction et de l'habitation du Québec (APCHQ) (s. d.b). Résumé d'étude – L'APCHQ constate une érosion importante de l'abordabilité résidentielle. *In* Mission Generations. *Salle de presse*. http://www.missiongenerations.ca/images/Resume-etude-PBelanger_Erosion-abordabilite.pdf (Page consultée le 19 septembre 2014).
- Association des professionnels de la construction et de l'habitation du Québec (APCHQ) (2013). Des terrains, des frais, des permis plus coûteux et des infrastructures et services publics plus onéreux expliquent 59 % des hausses de prix. *In* APCHQ. *L'APCHQ constate une érosion importante de l'abordabilité résidentielle*.
http://www.apchq.com/accesreseau/files/provincial/migration7/_master/missiongeneration/resume_etude_pbelanger_erosion_abordabilite.pdf (Page consultée le 30 septembre 2014)
- Baldwin, J. (s. d.). Dymaxion house. *In* Buckminster Fuller Institute. *About Fuller*.
<http://www.bfi.org/about-fuller/big-ideas/dymaxion-world/dymaxion-house> (Page consultée le 5 septembre 2014).

- Banque mondiale (2008). Indicateurs de développement mondial. Chapitre 2, table 2.18. *In* Groupe Banque mondiale. *Données*. <http://data.worldbank.org/sites/default/files/wdi08.pdf> (Page consultée le 8 juillet 2014).
- Bioteecture Planet Earth (s. d.). Our projects. *In* Bioteecture Planet Earth. *Our projects*. <http://www.bioteectureplanetearth.com/projects> (Page consultée le 7 novembre 2014).
- Blackburn-Munro, G. et Blackburn-Munro, R. E. (2001). Chronic pain, chronic stress and depression: coincidence or consequence? *Journal of Neuroendocrinology*, vol. 13, n°12, p.1009-1023.
- Brundtland, G. H. (1987). Rapport Brundtland – Notre avenir à tous. *In* Réseau culture 21. <http://reseauculture21.fr/wp-content/uploads/2012/05/RapportBrundtland.pdf> (Page consultée le 4 septembre 2014).
- Building Opinions (2008). Earthship Brighton. *In* Building Opinions. Column Archive. Earthship Brighton. <http://www.buildingopinions.com/Archive/DE/earthshipbrighto.html> (Page consultée le 20 novembre 2014).
- Bureau of Labor Statistics (BLS) (2014). Average expenditures and characteristics of all consumer units and percent changes, Consumer Expenditure Survey. *In* Bureau of Labor Statistics. *Consumer expenditures midyear update -- July 2012 through June 2013 average*. <http://www.bls.gov/news.release/pdf/cesmy.pdf> (Page consultée le 11 juillet 2014).
- Canada Green Building Council (CaGBC) (2010). Home size adjustment. *In* CaGBC. *LEED Canada for homes 2009 - Rating System*. http://www.cagbc.org/AM/PDF/LEED_Canada_for_Homes_2009_RS.pdf (Page consultée le 3 septembre 2014).
- Cantin, S. (2009). Les pneus hors d'usage – Fiche informative. *In* RECYC-QUÉBEC. *Centre de documentation. Pneus hors d'usage*. <http://www.recyq-quebec.gouv.qc.ca/Upload/Publications/Fiche-pneus.pdf> (Page consultée le 21 novembre 2014).
- Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST) (2013). Qualités de l'air intérieur – Généralités. *In* CCHST. *Réponse SST. Produits et substances chimiques*. http://www.cchst.ca/oshanswers/chemicals/iaq_intro.html (Page consultée le 10 novembre 2014).
- Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO) (2014a). Répartition des dépenses moyennes des ménages, 2012. *In* CIRANO. *Thème : Revenus et inégalités / Dépenses des ménages*. http://qe.cirano.qc.ca/tab/depenses_menages/depenses_totales_moyennes_des_menages_2009 (Page consultée le 9 septembre 2014).
- Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO) (2014b). Évolution des prix de l'énergie, Québec. *In* CIRANO. *Thème : environnement et énergie / Énergie*. http://qe.cirano.qc.ca/graph/evolution_des_prix_de_lenergie_quebec (Page consultée le 10 septembre 2014).

- Changement-climatique (2010). Les causes du changement climatique. *In* Changement-climatique. *Les causes du changement climatique*. <http://www.changement-climatique.fr/causes-changement-climatique.php> (Page consultée le 8 novembre 2014).
- Commission européenne (s. d.). L'analyse multicritère. *In* Commission européenne. *EuropeAid. Evaluation. Methodology*. http://ec.europa.eu/europeaid/evaluation/methodology/examples/too_cri_res_fr.pdf (Page consultée le 27 octobre 2014).
- Comprendre Choisir (s. d.) Entretien du panneau solaire. *In* Comprendre Choisir. *Panneau solaire. Comprendre. Guides. Guide pratique. Panneau solaire : l'essentiel en une page. Entretiens*. <http://panneau-solaire.comprendrechoisir.com/comprendre/entretien-panneau-solaire> (Page consultée le 6 décembre 2014).
- ConsoGlobe (2009). Earthship : la maison écolo et autonome. *In* ConsoGlobe. *Habitat. Bons plans Maison*. <http://www.consoglobe.com/earthship-maison-ecolo-autonome-3662-cg> (Page consultée le 6 novembre 2014).
- ConsoGlobe (2011). L'épuisement des ressources naturelles. *In* ConsoGlobe. *Développement durable. Infos développement durable*. <http://www.consoglobe.com/epuisement-des-ressources-naturelles-et-demographie-cg> (Page consultée le 9 septembre 2014).
- Corporation des maîtres mécaniciens en tuyauterie du Québec (CMMTQ) (2012). Bonnes pratiques - Estimation des besoins en chauffage d'un bâtiment résidentiel. *In* Régie du bâtiment du Québec. *Bâtiment. Les renseignements techniques. Efficacité énergétique. Estimation des besoins en chauffage d'un bâtiment résidentiel*.
- Couch, R. (2014). Tiny Homes for homeless people built by the homeless could be key to getting people off streets. *In* Huffington Post. *Huff Post Impact* http://www.huffingtonpost.com/2014/10/27/greensboro-north-carolina-tiny-homes_n_6054590.html (Page consultée le 2 novembre 2014).
- Crutzen, P. J. (2002). Geology of mankind. *Nature*, vol. 415, p. 23.
- Cusato, M. (2014). The Katrina Cottages. *In* Marianne Cusato. *Design*. <http://www.mariannecusato.com/#!/portfolio/c8mm> (Page consultée le 6 septembre 2014).
- Deschamps, B. (2013a). Un modèle original earthship ou inspiré? *In* Deschamps, B., *Guide de planification d'une maison écologique en pneus* (p. 30-35). Montréal, Éditions Benoit Deschamps.
- Deschamps, B. (2013b). Murs. *In* Deschamps, B., *Guide de planification d'une maison écologique en pneus* (p. 125-156). Montréal, Éditions Benoit Deschamps.
- Deschamps, B. (2013c). Aquaponie. *In* Deschamps, B., *Guide de planification d'une maison écologique en pneus* (p. 109-120). Montréal, Éditions Benoit Deschamps.

- Deschamps, B. (2013d). Municipalité, présenter le projet en premier ou... pas? *In* Deschamps, B., *Guide de planification d'une maison écologique en pneus* (p. 21-29). Montréal, Éditions Benoit Deschamps.
- Deschamps, B. (2013e). Isolation *In* Deschamps, B., *Guide de planification d'une maison écologique en pneus* (p. 170-175). Montréal, Éditions Benoit Deschamps.
- Deschamps, B. (2013f). Récupération eau de pluie et utilisations *In* Deschamps, B., *Guide de planification d'une maison écologique en pneus* (p. 102-108). Montréal, Éditions Benoit Deschamps.
- Dubé, H. (s. d.). Earthship. *In* Archibio. *Découvrez. Le earthship*. <http://archibio.qc.ca/decouvrez-earthship> (Page consultée le 20 novembre 2014).
- Dubé, H. (2006). Construire sa maison de pneus. *In* La maison du 21^e siècle. *Construction verte. Bioconstruction*. <https://maisonsaine.ca/wp-content/uploads/Earthship2.pdf> (Page consultée le 9 décembre 2014).
- Earthship : chauffage passif (2014). Francis Gendron, réalisateur, Anaconda Prod, capsule vidéo sur Internet (4:04 minutes).
- Earthship : introduction (2013). Francis Gendron, réalisateur, Anaconda Prod, capsule vidéo sur Internet (3:03 minutes).
- Earthship Biotecture (s. d.a). Books. *In* Earthship Biotecture. *Store*. <http://earthshipstore.com/Earthship-books> (Page consultée le 15 novembre 2014).
- Earthship Biotecture (s. d.b). A brief history of earthships. *In* Earthship Biotecture. *Learn More. I Want One*. <http://earthship.com/a-brief-history-of-earthships> (Page consultée le 15 novembre 2014).
- Earthship Biotecture (s. d.c). Resilient. *In* Earthship Biotecture. *Learn more. Construction materials*. <http://earthship.com/construction-materials> (Page consultée le 20 novembre 2014).
- Earthship Biotecture (s. d.d). Construction Materials. *In* Earthship Biotecture. *Learn more. Construction materials*. <http://earthship.com/construction-materials> (Page consultée le 20 novembre 2014).
- Earthship Biotecture (s. d.e). Water. *In* Earthship Biotecture. *Systems. Water*. <http://earthship.com/Systems/water> (Page consultée le 20 novembre 2014).
- Earthship Biotecture (s. d.f). Electricity. *In* Earthship Biotecture. *Systems*. <http://earthship.com/Systems/electricity> (Page consultée le 20 novembre 2014).
- Earthship Biotecture (s. d.g). Organic food production. *In* Earthship Biotecture. *Systems*. <http://earthship.com/Systems/organic-food-production> (Page consultée le 20 novembre 2014).
- Earthship Biotecture (s. d.h). Earthships for sale. *In* Earthship Biotecture. *Grand central*. <http://earthship.com/Earthships-for-Sale/> (Page consultée le 22 novembre 2014).

- Earthship Biotecture (2013). Self-sufficient earthship community planned for Malawi. In *Earthtechling. Building*. <http://earthtechling.com/2013/08/self-sufficient-earthship-community-planned-for-malawi/> (Page consultée le 8 novembre 2014).
- Earthship Europe (2012). Flagship Europe. In *Earthship Europe. Who are we?* <http://earthshipeurope.org/index.php/who-are-we/flagship-europe> (Page consultée le 15 novembre 2014).
- Éco entreprises Québec et RECYC-QUÉBEC (2014). Caractérisation des matières résiduelles du secteur résidentiel 2010 – Rapport synthèse. In *Éco entreprises Québec. Documentation. Rapports et publications*. http://www.ecoentreprises.qc.ca/documents/pdf/Caracterisation_residentiel_2010.pdf (Page consultée le 10 novembre 2014).
- Écohabitation (s. d.a) C'est quoi, la « masse thermique »? In *Écohabitation. Documentation. Guide. Fiches techniques. La maison solaire passive de A à Z*. <http://www.ecohabitation.com/guide/fiches/masse-thermique> (Page consultée le 4 novembre 2014).
- Écohabitation (s. d.b) Les vitrages basse émissivité ou « Low E ». In *Écohabitation. Documentation. Guide. Fiches techniques. Portes et fenêtres. Portes et fenêtres : faites entrer la lumière, conserver la chaleur !* <http://www.ecohabitation.com/guide/fiches/vitrages-basse-emissivite-low-e> (Page consultée le 21 novembre 2014).
- Écohabitation (s. d.c) Électroménagers : leur part dans la consommation énergétique de la maison. In *Écohabitation. Documentation. Guide. Fiches techniques. Électroménagers : bien les choisir, réduire leur consommation*. <http://www.ecohabitation.com/guide/fiches/electromenagers-part-consommation-energetique-maison> (Page consultée le 8 décembre 2014).
- Écohabitation (s. d.d). Installer une toilette sèche (ou à compost). In *Écohabitation. Rénovation. Salle de bain. Toilette*. <http://www.ecohabitation.com/certification/renovation/salle-bain/installer-toilette-seche-compost> (Page consultée le 10 novembre 2014).
- Ecohabitation (s. d.e) Chauffage au bois : les « Rocket stoves », des foyers de masse artisanaux. In *Ecohabitation. Documentation. Guide. Fiches techniques. Se chauffer au bois et à la biomasse au Québec*. <http://www.ecohabitation.com/guide/fiches/chauffage-bois-rocket-stoves-foyers-masse-artisanaux> (Page consultée le 8 décembre 2014).
- Ékopédia (2013). Earthship. In *Ékopédia*. <http://fr.ekopedia.org/Earthship> (Page consultée le 6 novembre 2014).
- Énergie et Ressources naturelles Québec (2013). Isolation. In *Gouvernement du Québec. Mon habitation. Conseils pratiques*. <http://www.efficaciteenergetique.gouv.qc.ca/mon-habitation/conseils-pratiques/isolation/#.VKcZaCuG-1J> (Page consultée le 1 décembre 2014).

- Environnement Canada (2011a). Comment l'outil a été conçu. *In* Desjardins. *Services aux particuliers. Liens utiles. Outils. Tous nos outils. Environnement et santé. Vos projets de rénovation sont-ils écologiques? Utiliser l'outil de calcul.*
<https://www.desjardins.com/fr/particuliers/outils/renovation-ecologiques/outil-calcul/conception.jsp> (Page consultée le 20 septembre 2014).
- Environnement Canada (2011b). Rapport de 2011 sur l'utilisation de l'eau par les municipalités – Utilisation de l'eau par les municipalités, statistiques de 2009. *In* Environnement Canada. *Eau. Publications. Utilisation de l'eau.* <http://www.ec.gc.ca/doc/publications/eau-water/COM1454/survey2-fra.htm> (Page consultée le 2 décembre 2014).
- Environnement Canada (2013). L'action individuelle – conserver l'eau chez soi, dans sa communauté et au travail. *In* Gouvernement du Canada. *Utilisation de l'eau. L'utilisation judicieuse de l'eau.*
<https://www.ec.gc.ca/eau-water/default.asp?lang=Fr&n=F25C70EC-1> (Page consultée le 13 novembre 2014).
- European Committee for Standardization (CEN) (2010). CEN Compass – The world of European Standards. *In* Commission européenne. *News. Brochures.*
<http://www.cen.eu/news/brochures/brochures/Compass.pdf> (Page consultée le 26 octobre 2014).
- European Committee for Standardization (CEN) (2014a). What is a standard? *In* CEN. *What we do. Standards development.* <http://www.cen.eu/work/ENdev/whatisEN/Pages/default.aspx> (Page consultée le 26 octobre 2014).
- European Committee for Standardization (CEN) (2014b). Developing a European standard. *In* CEN. *What we do. Standards development.* <http://www.cen.eu/work/ENdev/how/Pages/default.aspx> (Page consultée le 26 octobre 2014).
- Federico-O'Murchu, L. (2014). Tiny Houses: A big idea to end homelessness. *In* NBC News. *Business. Real Estate.* <http://www.nbcnews.com/business/real-estate/tiny-houses-big-idea-end-homelessness-n39316> (Page consultée le 14 novembre 2014).
- Friedman, A. (2014). Des normes plus durables. *In* Maison du 21e siècle. *Prochaine tendance en matière d'habitation au Québec.* <https://maisonsaine.ca/construction-verte/reserve-lavenir-prochaines-tendances-matiere-dhabitation-quebec.html> (Page consultée le 24 septembre 2014)
- Gaetz, S., Donaldson, J., Richter, T. et Gulliver, T. (2013). 3.1 Combien de personnes sont des sans-abri au Canada? *In* Homeless Hub. *État de l'itinérance au Canada 2013.*
http://www.homelesshub.ca/sites/default/files/SOHC2013_FR_0.pdf (Page consultée le 8 juillet 2014).
- Garbage Warrior (2007). Oliver Hodge, réalisateur, Oliver Sessions Hodge, documentaire (1 :27 :40 minutes).
- Global Footprint Network (2010). Footprint Basics - Introduction. *In* Global Footprint Network. *Footprint Basics.* http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/basics_introduction (Page consultée le 2 mai 2014).

Google Trends (2014). Évolution de l'intérêt pour cette recherche - Small house movement. *In* Google Trends. *Tendance des recherches*.

<https://www.google.com/trends/explore#q=%2Fm%2F05p3mb6&cmpt=q> (Page consultée le 5 septembre 2014).

Habitat Multi Générations (HMG) (s. d.) Nos modèles : Les minimaisons. *In* HMG. *Solutions d'habitation. Solutions à la carte. Maisons. Plans de maison*.

<http://www.habitatmultigenerations.com/solutions-d-habitation/solutions-a-la-carte/maisons/plans-de-maisons.html#%E2%96%BC-voir-tous-les-mod%C3%A8les-de-minimaisons> (Page consultée le 19 septembre 2014).

Henry, M., Cortes, A., Morris, S. et Abt Associates (2013). The 2013 Annual Homelessness Assessment Report (AHAR) to Congress: Part 1, Point-in-Time Estimates of Homelessness. *In* Département du Logement et du Développement urbain des États-Unis. *OneCPD Resource Exchange*. <https://www.onecpd.info/resources/documents/ahar-2013-part1.pdf> (Page consultée le 8 juillet 2014).

Hill, G. (2013). *Living with less. A lot less*. *In* The New York Times. Opinion.

http://www.nytimes.com/2013/03/10/opinion/sunday/living-with-less-a-lot-less.html?pagewanted=2&_r=1&hp& (Page consultée le 8 novembre 2014).

Home (2009). Yann Arthus-Bertrand, réalisateur, EuropaCorp, DVD (90 minutes).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014). Climate Change 2007: Synthesis Report. *In* IPCC. *Publications and Data. Reports*.

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/figure-spm-7.html (Page consultée le 8 novembre 2014).

Institut de la statistique du Québec (ISQ) (2012). Comparatif historique des dépenses moyennes de l'ensemble des ménages1 (\$ courant) par grands postes de dépenses, Québec, 1999-2009. *In* Gouvernement du Québec. *Dépenses*. http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/conditions-vie-societe/depenses-avoirs-dettes/depenses/tab_comp1a_courant9909.htm (Page consultée le 11 juillet 2014).

Institut de la statistique du Québec (ISQ) (2013a). Les perspectives démographiques annoncent un ralentissement de la croissance. *In* Gouvernement du Québec. *Le bilan démographique du Québec*. <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/population-demographie/bilan2013.pdf> (Page consultée le 30 septembre 2014)

Institut de la statistique du Québec (ISQ) (2013b). Logements privés occupés selon le type de construction résidentielle, municipalités, MRC et TE de la Montérégie et ensemble du Québec, 2011. *In* Gouvernement du Québec. *Statistiques et publications / Recensement / 2011*. http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/recensement/2011/recens2011_16/langue_logement/lo g16.htm (Page consultée le 11 septembre 2014).

- Institut de la statistique du Québec (ISQ) (2013c). Ménages privés selon la taille, Québec, 1951-2011. In Institut de la statistique du Québec. *Statistiques et publications. Population et démographie. Familles, ménages et situation de couple*. http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/population-demographie/familles-menages/tableau_03.htm (Page consultée le 26 novembre 2014).
- Institut de la statistique du Québec (ISQ) (2014). Revenu moyen, revenu total, ménages, Québec, 1996-2011. In Gouvernement du Québec. *Revenu, faible revenu et inégalité de revenu*. http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/conditions-vie-societe/revenu/revenu/mod1_hh_1_2_4_0.htm (Page consultée le 11 juillet 2014).
- Institut de recherche et d'informations socio-économiques (IRIS) (2013). Stagnation des salaires et vulnérabilité croissante des ménages. In Gouvernement du Québec. *Les périls de l'accès à la propriété*. <http://www.habitation.gouv.qc.ca/fileadmin/internet/centredoc/NS22975.pdf> (Page consultée le 8 septembre 2014).
- Institut international du développement durable (IISD) (s. d.). Defining sustainable consumption. In IISD. *Oslo Roundtable on Sustainable Production and Consumption*. www.iisd.ca/consume/oslo004.html (Page consultée le 7 juin 2014).
- Institut international du développement durable (IISD) (2013). Qu'est-ce que le développement durable? In Institut international du développement durable. *Accueil, L'essentiel et les enjeux*. https://www.iisd.org/sd/default_fr.aspx (Page consultée le 28 août 2014).
- International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) (2004). Drivers of change. In IGBP. *Global Change and the Earth System*. http://www.igbp.net/download/18.1b8ae20512db692f2a680007761/IGBP_ExecSummary_eng.pdf (Page consultée le 25 août 2014).
- Journal de l'habitation (2013). L'endettement des ménages continue de s'accroître. In TC Media. *Financement et assurance*. <http://www.journalhabitation.com/Actualites/Financement-et-assurance/2013-12-13/article-3542667/L%26rsquo%3Bendettement-des-menages-continue-de-s%26rsquo%3Baccroître/1> (Page consultée le 11 juillet 2014).
- Kahn, L. (1989). Refried Domes. In Shelter Publications, Inc. *Shelter Online*. http://www.shelterpub.com/_shelter/refried_domes.html (Page consultée le 22 septembre 2014)
- L'habitat éco-responsable (2012). L'Earthship ou l'art du recyclage. In L'habitat éco-responsable. *Construire. Basse consommation*. <http://www.habitat-eco-responsable.fr/2012/11/earthship-ou-lart-du-recyclage/> (Page consultée le 5 novembre 2014).
- Labbé, F. (2014). Les minimaisons, moins chères et plus écologiques. In Ici Radio-Canada. <http://ici.radio-canada.ca/nouvelles/societe/2014/08/27/003-les-minimaisons-bientot-au-quebec.shtml> (Page consultée le 27 août 2014).
- Lachapelle, S. (2014). Les minimaisons s'installent au Québec. *Les Affaires*. <http://www.lesaffaires.com/secteurs-d-activite/immobilier/les-minimaisons-s-installent-au-quebec/571223> (Page consultée le 19 septembre 2014).

- Lauzon, R. (2007) La Loi québécoise et la Stratégie gouvernementale de développement durable. In Lauzon, R. (réd.), *La Loi québécoise et la Stratégie gouvernementale de développement durable*, Montréal, 22 novembre 2007. Montréal, Association québécoise de vérification environnementale.
- Laylin, T. (2013). Earthship biotecture to build green community center in Malawi from Earth and recycled materials. In *Inhabitat design will save the world. Architecture*. <http://inhabitat.com/earthship-biotecture-seeks-funding-for-sustainable-earth-and-garbage-community-center-in-malawi/> (Page consultée le 7 novembre 2014).
- Lecomte, C. (2014). Petites maisons. In *Écohabitation. Documentation. Guide. L'ABC de l'habitation écologique. 3RV : bien gérer les déchets de construction. Bien planifier son projet pour éviter le gaspillage*. <http://www.ecohabitation.com/guide/petites-maisons> (Page consultée le 10 novembre 2014).
- Life Cycle Initiative (LCI) (2013a). What is Life Cycle Thinking? In Life Cycle Initiative. *Where to start?* <http://www.lifecycleinitiative.org/starting-life-cycle-thinking/what-is-life-cycle-thinking/> (Page consultée le 28 août 2014).
- Life Cycle Initiative (LCI) (2013b). Benefits of Life Cycle Approaches. In Life Cycle Initiative. *Where to start?* <http://www.lifecycleinitiative.org/starting-life-cycle-thinking/benefits/> (Page consultée le 28 août 2014).
- Loi sur l'aménagement et l'urbanisme*, L.R.Q., c. A-19.1, art. 113, par. 5.
- Marohn, K. (2014). Tiny houses aim to help homeless. In *USA Today. News*. <http://www.usatoday.com/story/news/nation/2014/08/21/tiny-houses-aim-help-homeless/14411661/> (Page consultée le 7 novembre 2014).
- Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*, vol. 50, n° 4, p. 370-396.
- Menard, L. (2014). Compost toilet options for tiny homes. In *TinyHomes. Story Archives. January 2014*. <http://tinyhomes.com/compost-toilet-options-for-tiny-homes/> (Page consultée le 2 décembre 2014).
- Merin, G. (2013). AD Classics : The Dymaxion House / Buckminster Fuller. In *ArchDaily. AD Architecture Classics*. <http://www.archdaily.com/401528/ad-classics-the-dymaxion-house-buckminster-fuller/> (Page consultée le 5 septembre 2014).
- Mikkonen, J. et Raphael, D. (2010). Pourquoi est-ce important? In *thecanadianfacts. Déterminants sociaux de la santé : les réalités canadiennes - Logement*. http://www.thecanadianfacts.org/Les_realites_canadiennes.pdf (Page consultée le 10 juillet 2014).

- Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire (MAMOT) (2010a). Densité d'occupation du sol. *In* MAMOT. *Aménagement du territoire. Guide La prise de décision en urbanisme. Planification*. <http://www.mamrot.gouv.qc.ca/amenagement-du-territoire/guide-la-prise-de-decision-en-urbanisme/planification/densite-doccupation-du-sol/> (Page consultée le 13 novembre 2014).
- Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire (MAMOT) (2010b). Calcul des taxes ou des compensations. *In* MAMOT. *Finances, indicateurs de gestion et fiscalité. Fiscalité. Régime d'impôt foncier à taux variés*. <http://www.mamrot.gouv.qc.ca/finances-indicateurs-de-gestion-et-fiscalite/fiscalite/regime-dimpot-foncier-a-taux-varies/calcul-des-taxes/> (Page consultée le 11 novembre 2014).
- Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire (MAMOT) (2010c). Règlement de zonage. *In* MAMOT. *Aménagement du territoire. Guide La prise de décision en urbanisme. Réglementation*. <http://www.mamrot.gouv.qc.ca/amenagement-du-territoire/guide-la-prise-de-decision-en-urbanisme/reglementation/reglement-de-zonage/> (Page consultée le 19 septembre 2014).
- Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire (MAMOT) (2012). Taxes municipales. *In* Services Québec. *Citoyens. Acheter ou rénover sa maison*. <http://www4.gouv.qc.ca/FR/Portail/Citoyens/Evenements/acheter-renover-maison/Pages/taxes-municipales.aspx> (Page consultée le 11 novembre 2014).
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2002a). Que vise le développement durable? *In* Gouvernement du Québec. *Développement durable*. http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/developpement/Foire_questions/ (Page consultée le 27 août 2014).
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2002b). À propos du développement durable. *In* Gouvernement du Québec. *Développement durable*. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/developpement/definition.htm> (Page consultée le 27 août 2014).
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques (MDDELCC) (2013). Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2010 et leur évolution depuis 1990. *In* MDDELCC. *Air et changements climatiques. Gaz à effet de serre. Inventaire des émissions de gaz à effet de serre*. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/ges/2010/inventaire1990-2010.pdf> (Page consultée le 8 novembre 2014).
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEEDDAT) (2012a). Qu'est-ce que la biodiversité? *In* MEEDDAT. *Eau et biodiversité. La biodiversité. Questions/réponses sur la biodiversité et la qualité des milieux. Qu'est-ce que la biodiversité?* <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Qu-est-ce-que-la-biodiversite,19290.html> (Page consultée le 8 novembre 2014).

- Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEEDDAT) (2012b). La préservation de la biodiversité. *In* MEEDDAT. *Eau et biodiversité. La biodiversité. Questions/réponses sur la biodiversité et la qualité des milieux. La préservation de la biodiversité.* <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Qu-est-ce-que-la-biodiversite,19290.html> (Page consultée le 8 novembre 2014).
- Morneau, J. D., et Gongga-Saholiariliva, N. (2005). La masse thermique (ou inertie thermique). *In* Ecohabitation. http://www.ecohabitation.com/files/u872/FicheArchivio_MasseThermique.pdf (Page consultée le 4 novembre 2014).
- Nardone, J. (2013). EB works locally for family who lost home in Katrina. *In* Earthship <http://earthship.com/blogs/2013/07/eb-works-locally-for-family-who-lost-home-in-katrina/> (Page consultée le 8 novembre 2014).
- National Association of Realtors (2013). Characteristics of Homes Purchased. *In* NAR, *2013 Profile of Home Buyers and Sellers* (chap. 2, p.35).
- National Hurricane Center (2013). Saffir-Simpson Hurricane wind scale. *In* NHC. <http://www.nhc.noaa.gov/aboutsshws.php> (Page consultée le 9 décembre 2014).
- Optis, M. B. (2005). Incorporating life cycle assessment into the LEED green building rating system. *In* University of Victoria. *Research. Centres & organizations. Institute for Integrated Energy Systems (IESVic). Publications. Masters theses. 2005-2009.* <http://www.uvic.ca/research/centres/iesvic/assets/docs/dissertations/Dissertation-Optis.pdf> (Page consultée le 27 novembre 2014).
- Organisation des Nations unies (ONU) (1987a). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future (Brundtland Report). *In* ONU. *World Commission on Environment and Development.* <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf> (Page consultée le 16 avril 2014).
- Organisation des Nations unies (ONU) (1987b). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future (Brundtland Report). Chapter 2: Towards Sustainable Development. *In* ONU. *World Commission on Environment and Development.* <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf> (Page consultée le 16 avril 2014).
- Organisation des Nations unies (ONU) (1987c). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future (Brundtland Report). Chapter 2: Towards Sustainable Development. Part I The Concept of Sustainable Development. Point 4. *In* ONU. *World Commission on Environment and Development.* <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf> (Page consultée le 16 avril 2014).
- Organisation des Nations unies (ONU) (1987d). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future (Brundtland Report). Chapter 2: Towards Sustainable Development. Part I The Concept of Sustainable Development. Point 10. *In* ONU. *World Commission on Environment and Development.* <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf> (Page consultée le 16 avril 2014).

- Organisation des Nations unies (ONU) (2002). Rapport du Sommet mondial pour le développement durable. *In* ONU. *Sommet de Johannesburg 2002*. <http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N02/636/94/PDF/N0263694.pdf?OpenElement> (Page consultée le 5 mai 2014).
- Organisation des Nations unies (ONU) (2012). Rapport « L'avenir que nous voulons ». *In* ONU. *Conférence des Nations Unies sur le développement durable (Rio+20)*. http://www.un.org/fr/documents/view_doc.asp?symbol=A/RES/66/288 (Page consultée le 2 mai 2014).
- Portland Alternative Dwellings (PAD) (2012a). Who is PAD? *In* P. A. D. Portland Alternative Dwelling. *About*. <http://padtinyhouses.com/who-is-pad/> (Page consultée le 6 septembre 2014).
- Portland Alternative Dwellings (PAD) (2012b). Your questions answered: How much does a tiny house cost? *In* Portland Alternative Dwellings. *Blog. FAQ*. <http://padtinyhouses.com/how-much-does-a-tiny-house-cost/> (Page consultée le 19 septembre 2014).
- Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) (2004). Pourquoi l'approche cycle de vie? *In* PNUE. *SCP Publications*. <http://www.unep.fr/scp/publications/details.asp?id=WEB/0068/PA> (Page consultée le 28 août 2014).
- Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) (2005). Ecosystem and Human well-being : synthesis. *In* UNEP. *Reports. Synthesis Reports*. <http://www.unep.org/maweb/documents/document.356.aspx.pdf> (Page consultée le 9 novembre 2014).
- Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) (2010). Impacts of final consumption. *In* PNUE. *Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production*. http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx1262xPA-PriorityProductsAndMaterials_Report.pdf (Page consultée le 27 août 2014).
- Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) (2012a). Avant-propos. *In* PNUE. *ABC de la CDP. Clarifier les concepts liés à la consommation et à la production durables*. http://www.unep.org/resourceefficiency/Portals/24147/scp/go/pdf/ABC_FRENCH.pdf (Page consultée le 4 mai 2014).
- Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) (2012b). Qu'est-ce que la consommation et la production durables? *In* PNUE. *ABC de la CDP. Clarifier les concepts liés à la consommation et à la production durables*. http://www.unep.org/resourceefficiency/Portals/24147/scp/go/pdf/ABC_FRENCH.pdf (Page consultée le 4 mai 2014).
- ResourcesForLife.com (2008). Small House Dimensions - Guide to Defining Small Houses and Right-Size Home. *In* ResourcesForLife.com. *Glossary*. <http://www.resourcesforlife.com/docs/item524> (Page consultée le 2 septembre 2014).

- Ressources naturelles Canada (RNCan) (2011). Les Canadiens ont de plus grandes maisons, mais y vivent moins nombreux. *In* Gouvernement du Canada. *Évolution de l'efficacité énergétique au Canada de 1990 à 2009*. <http://oe.nrcan.gc.ca/publications/statistiques/evolution11/pdf/evolution.pdf> (Page consultée le 10 juin 2014).
- Ressources naturelles Canada (RNCan) (2014a). Équipement de chauffage. *In* Gouvernement du Canada. *Énergie. Efficacité énergétique*. <http://www.nrcan.gc.ca/energie/produits/categories/chauffage/13746> (Page consultée le 8 novembre 2014).
- Ressources naturelles Canada (RNCan) (2014b). Tableau de la Base de données complète sur la consommation d'énergie. *In* Gouvernement du Canada. *L'Office de l'efficacité énergétique. Secteur résidentiel Québec Tableau 1 : Consommation d'énergie secondaire et émissions de GES par source d'énergie*. <http://oe.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/showTable.cfm?type=CP§or=res&juris=qc&rn=1&page=4&CFID=35021339&CFTOKEN=d48d4c625e7db59f-3F835A21-0F9B-D64F-2EE73C112C082876> (Page consultée le 8 novembre 2014).
- Richman, D. (2014). Insulation: A hot and cold topic. *In* Tumbleweed. *News. Categories*. <http://www.tumbleweedhouses.com/blogs/tumbleweed/11360045-insulation-a-hot-and-cold-topic> (Page consultée le 1 décembre 2014).
- Riffon, O. (2012). Quels outils pour la mise en oeuvre du développement durable dans les municipalités québécoises? *In* Institut Hydro-Québec en environnement, développement et société (Institut EDS). http://www.ihqeds.ulaval.ca/fileadmin/fichiers/fichiersIHQEDS/Ecoles_d_ete/Education_et_DD_2012/Presentation_ORiffon_Ecole_d_ete.pptx. (Page consultée le 27 octobre 2014).
- Ritholtz, B. (2009). Updated : Case-Shiller 100-Year Chart. *In* Ginormous Content Limited. *The BIG Picture*. <http://www.ritholtz.com/blog/2009/07/update-case-shiller-100-year-chart/> (Page consultée le 16 septembre 2014).
- Sabot, A. (2010). Les « caravanes toxiques » de Katrina sont de retour en Louisiane. *In* Le Monde.fr. *Planète*. http://www.lemonde.fr/planete/article/2010/07/01/les-caravanes-toxiques-de-katrina-sont-de-retour-en-louisiane_1381886_3244.html (Page consultée le 6 septembre 2014).
- Saby, J. (2014). La mort du Soleil. *In* Astrofiles. *Le Soleil*. <http://www.astrofiles.net/soleil> (Page consultée le 17 septembre 2014).
- Services économiques TD (2013). Tableau 1 : Ratio de la dette des ménages canadiens par rapport au revenu disponible (%). *In* TD. *Les ménages canadiens sont plus endettés que les ménages américains, mais uniquement par suite du récent désendettement aux États-Unis*. http://www.td.com/francais/document/PDF/economics/special/CanadianHouseholdDebt_fr.pdf (Page consultée le 7 juillet 2014).
- Shafer, J. (2009). *The small house book*. Boyes Hot Springs (California), Boyes Hot Springs (California), 197 p.

- Shafer, J. (2013). *Backyard sheds & Tiny houses*. Fox Chapel Publishing (Pennsylvanie), 144 p.
- Shirber, M. (2007). Making earthship mainstream. *In* NBC News. <http://www.nbcnews.com/id/21755230/#.VKiELCuG-1I> (Page consultée le 5 novembre 2014).
- Shrink That Footprint (s. d.a). Average house size by country. *In* Shrink That Footprint. *How big is a house? Average house size by country*. <http://shrinkthatfootprint.com/how-big-is-a-house> (Page consultée le 20 septembre 2014).
- Shrink That Footprint (s. d.b). Average floor space per person. *In* Shrink That Footprint. *How big is a house? Average house size by country*. <http://shrinkthatfootprint.com/how-big-is-a-house> (Page consultée le 20 septembre 2014).
- Small House Society (s. d.a). Defining Small Houses. *In* Small House Society. *About*. <http://smallhousesociety.net/about/> (Page consultée le 2 septembre 2014).
- Small House Society (s. d.b). Mission. *In* Small House Society. *About*. <http://smallhousesociety.net/about/> (Page consultée le 2 septembre 2014).
- Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) (2014a). Perspectives du marché de l'habitation 2014-2015 (province de Québec). *In* SCHL. *Salle de presse. Communiqué de presse. 2014*. <http://www.cmhc.ca/fr/inso/sapr/co/2014/2014-08-13-0816e.cfm> (Page consultée le 19 septembre 2014).
- Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) (2014b). L'isolation de votre maison. *In* SCHL. *Consommateurs. Logements verts. Construction et rénovation*. http://www.cmhc-schl.gc.ca/fr/co/love/love_010.cfm (Page consultée le 14 novembre 2014).
- Société d'habitation du Québec (SHQ) (2007). L'habitation au Québec comparée à 17 ans. *In* Société d'habitation du Québec. *Documents et références. Publications*. <http://www.habitation.gouv.qc.ca/fileadmin/internet/publications/M19860.pdf> (Page consultée le 12 novembre 2014).
- Société d'habitation du Québec (SHQ) (2012). Rapport d'évaluation du programme logement abordable Québec - Volet social et communautaire. *In* Gouvernement du Québec. *Documents et références / Publications*. <http://www.habitation.gouv.qc.ca/fileadmin/internet/publications/0000022162.pdf> (Page consultée le 9 septembre 2014).
- Société d'habitation du Québec (SHQ) (2014). Les caractéristiques des ménages québécois et l'habitation. *In* Gouvernement du Québec. *Statistiques*. http://www.habitation.gouv.qc.ca/statistiques/regroupements/caracteristiques_des_menages/les_caracteristiques_des_menages_quebécois_et_l'habitation.html (Page consultée le 8 septembre 2014).

- Statistique Canada (2012). Consommation d'énergie des ménages, selon le type de combustibles et la province, 2007 - Consommation totale d'énergie. *In* Gouvernement du Canada. *Publications / Les ménages et l'environnement : utilisation de l'énergie (11-526-S)*. <http://www.statcan.gc.ca/pub/11-526-s/2010001/t003-fra.htm> (Page consultée le 10 septembre 2014).
- Statistique Canada (2013). Enquête nationale auprès des ménages de 2011 : Accession à la propriété et coûts d'habitation au Canada. *In* Gouvernement du Canada. *Le Quotidien / Le mercredi 11 septembre 2013*. <http://www.statcan.gc.ca/daily-quotidien/130911/dq130911b-fra.htm> (Page consultée le 9 septembre 2014).
- Statistique Canada (2014). Dépenses moyennes des ménages, par province (Canada). *In* Gouvernement du Canada. *Tableaux sommaires*. <http://www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/l02/cst01/famil130a-fra.htm> (Page consultée le 10 juillet 2014).
- Susanka Studios (2014). The Not So Big House: A Blueprint For The Way We Really Live. *In* Susanka Studios. *Books and Articles*. <http://susanka.com/books/default.asp> (Page consultée le 22 septembre 2014)
- Sustainability Solutions Group (2011). How we understand sustainability. *In* Sustainability Solutions Group. *Approach/Sustainability*. <http://www.sustainabilitysolutions.ca/sustainability> (Page consultée le 27 août 2014).
- Sustainable Measures (2010). Characteristics of effective indicators. *In* Sustainable Measures. *Sustainability Indicators 101. Indicators of sustainability*. <http://www.sustainablemeasures.com/node/92> (Page consultée le 27 octobre 2014).
- Synapse (2012). Une grille d'analyse de développement durable. *In* Synapse. *Espace éco-conseil*. <http://synapse.uqac.ca/2012/une-grille-danalyse-de-developpement-durable/> (Page consultée le 24 octobre 2014).
- Synapse (2014). Présentation de la grille d'analyse de développement durable au siège des Nations-Unies à New York. *In* Synapse. *Espace éco-conseil*. <http://synapse.uqac.ca/2014/presentation-de-la-grille-danalyse-de-developpement-durable-au-siege-des-nations-unies-a-new-york/> (Page consultée le 24 octobre 2014).
- Tans, P. et Keeling, R. (2014). Recent Monthly Average Mauna Loa CO₂. *In* U. S. Department of Commerce / National Oceanic and Atmospheric Administration / Earth System Research Laboratory / Global Monitoring Division. *Trends in Atmospheric Carbon Dioxide*. <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/> (Page consultée le 25 août 2014).
- Territorialiser la transition (2014). Les ateliers, maîtrise d'œuvre urbaine, réalisateur, Sileks, capsule vidéo sur Internet (4:55 minutes).
- The Tiny Life (2014). What Is The Tiny House Movement? *In* The Tiny Life. *The Tiny House Movement*. <http://thetinyhouse.com/what-is-the-tiny-house-movement/> (Page consultée le 20 septembre 2014).

- Tiny House Listing (2014). <http://tinyhouselistings.com/> (Page consultée le 22 novembre 2014).
- Tiny House Nation (2014). About Tiny House Nation. *In* A&E Television Networks. *About*. <http://www.fyi.tv/shows/tiny-house-nation> (Page consultée le 24 septembre 2014).
- Tiny House Talk (2010). Details and floor plan. *In* Tiny House Talk. *Weebee Tiny House Plans*. <http://tinyhousetalk.com/weebee-tiny-house-plans/> (Page consultée le 15 septembre 2014).
- Tiny House Talk (2013). Businessman creates tiny house community for homeless. *In* Tiny House Talk. *Talk. News*. <http://tinyhousetalk.com/tiny-house-community-for-homeless/> (Page consultée le 14 novembre 2014).
- Tiny House Talk (2014). The Real Message. *In* Tiny House Talk. *Tiny House Movement : Affordable Housing Revolution*. <http://tinyhousetalk.com/tiny-house-movement/> (Page consultée le 3 septembre 2014).
- Tukker, A., Huppel, G., Guinée, J., Heijungs, R., De Koning, A., Van Oers, L., Suh, S., Geerken, T., Van Holderbeke, M., Jansen, B. et Nielsen, P. (2006). Conclusions. *In* European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies. *Environmental Impact of Products (EIPRO) - Analysis of the life cycle environmental impacts related to the final consumption of the EU-25*. http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/eipro_summary.pdf (Page consultée le 27 août 2014).
- Tumbleweed Tiny House Company (s. d.). Basic answers about plumbing and electricity. *In* Tumbleweed Tiny House Company. <http://www.tumbleweedhouses.com/pages/utilities> (Page consultée le 3 décembre 2014).
- Tumbleweed Tiny House Company (2014a). Whidbey. *In* Tumbleweed Tiny House Company. *Houses*. <http://www.tumbleweedhouses.com/products/whidbey/> (Page consultée le 15 septembre 2014).
- Tumbleweed Tiny House Company (2014b). Weebee. *In* Tumbleweed Tiny House Company. *Press Kit*. <http://www.tumbleweedhouses.com/pages/download-pictures> (Page consultée le 15 septembre 2014).
- Turgeon, J. (2014). Micromaison : être en règle. *LaPresse.ca*. <http://www.lapresse.ca/maison/immobilier/conseils/201407/11/01-4783135-micromaison-etre-en-regle.php> (Page consultée le 19 septembre 2014).
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) (s. d.). FAQ –Biodiversité. *In* UNESCO. *Sciences naturelles. Environnement. Sciences écologiques et développement durable. Biodiversité et changement climatique. Plus d'informations. IYB2010. Services. FAQ. Biodiversité*. http://www.unesco.org/mab/doc/iyb/f_faq.pdf (Page consultée le 13 novembre 2014).
- Université catholique de Louvain (s. d.) Les six paramètres traditionnels du confort thermique. *In* Énergie +. *Théories. Le confort. Le confort thermique*. <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10250> (Page consultée le 10 novembre 2014).

- Unlikely Lives (2014). Esther and Kenny: Quality over quantity. *In* Unlikely Lives. *Profiles*.
<http://www.unlikelylives.com/2014/06/esther-and-kenny/> (Page consultée le 23 novembre 2014).
- U.S. Climate data (2014). Climate Taos – New Mexico. *In* U.S. Climate data. *New Mexico. Taos*.
<http://www.usclimatedata.com/climate/taos/new-mexico/united-states/usnm0314> (Page consultée le 8 décembre 2014).
- U. S. Global Change Research Program (2009). 800 000 Year Record of Carbon Dioxide Concentration. *In* University Corporation for Atmospheric Research (UCAR). *Global Climate Change Impacts in the United States*. <http://downloads.globalchange.gov/usimpacts/pdfs/climate-impacts-report.pdf> (Page consultée le 26 août 2014).
- Villeneuve, C. et Riffon, O. (2011). Comment réaliser une analyse de développement durable? Grille d'analyse de la Chaire de recherche en éco-conseil. Département des sciences fondamentales, Université du Québec à Chicoutimi.
- Villeneuve, C., Riffon, O. et Tremblay, D. (2014). Comment réaliser une analyse de développement durable? Guide d'utilisation de la grille d'analyse de développement durable adaptée par la Francophonie. Département des sciences fondamentales, Université du Québec à Chicoutimi.
- Workopolis (2014). Idéopolis: Le travail en mouvement. *In* Workopolis. *Research. 2014*.
<http://works.workopolis.com/research/2014/Id%C3%A9opolis%20-%20Le%20travail%20en%20mouvement.pdf> (Page consultée le 12 novembre 2014).
- World Wildlife Fund (2008). Avant-propos. *In* WWF. *Rapport Planète Vivante 2008*.
http://awsassets.wwf.ca/downloads/lpr_2008_fr.pdf (Page consultée le 26 août 2014).
- Yannou, B. (2014). L'importance du périmètre. *In* Technique de l'Ingénieur. *Réexprimer un besoin idéal à partir d'une idée initiale – La reproblématisation*. <http://www.techniques-ingenieur.fr/fiche-pratique/genie-industriel-th6/deployer-l-innovation-dt30/reexprimer-un-besoin-ideal-a-partir-d-une-idee-initiale-la-reproblematization-0424/0424.pdf> (Page consultée le 4 septembre 2014).

ANNEXE 1 - LISTE DES INDICATEURS SÉLECTIONNÉS DE LA GRILLE D'ANALYSE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE DE L'UQAC (tiré de : Villeneuve et autres, 2014)

DIMENSION ÉTHIQUE (UQAC)	Indicateurs sélectionnés
Lutte contre la pauvreté	✓
Mettre en place des actions ciblant les plus démunis à l'intérieur des communautés locales	✓
Mettre en place des actions ciblant les plus démunis au niveau national	
Mettre en place des actions visant à réduire les inégalités à l'extérieur de la communauté	
Solidarité	✓
Chercher à améliorer l'autonomie des personnes	✓
Respecter les droits humains	
Assurer une répartition des avantages dans l'ensemble de la population	
Considérer et reconnaître l'apport des minorités	
Viser l'équité	✓
Améliorer l'accessibilité	✓
Restauration et compensation	
Fixer des objectifs de restauration des écosystèmes	
Prévoir la réhabilitation des sites dès l'étape de conception des projets	
Offrir des compensations aux populations touchées par les impacts	
Originalité et innovation	✓
Diversifier les options	✓
Favoriser le potentiel d'innovation	✓
Favoriser la recherche et le développement	✓
Valeurs communes	
Favoriser l'émergence et le partage de valeurs communes	
Assurer la cohérence entre les actions et les valeurs d'une organisation	

DIMENSION ÉCOLOGIQUE (UQAC)	Indicateurs sélectionnés
Utilisation des ressources renouvelables	✓
Utiliser en priorité les ressources renouvelables	✓
Qualifier l'importance pour le maintien de la vie	
Planifier une utilisation judicieuse des ressources renouvelables	✓
Utilisation des ressources non renouvelables	✓
Évaluer la possibilité de remplacement	✓
Favoriser le recyclage	✓
Utilisation de l'énergie	✓
Planifier une utilisation judicieuse de l'énergie	✓
Favoriser les vecteurs d'énergie aux moindres impacts	✓
Extrants de l'activité humaine	✓
Développer une connaissance de la capacité de support	
Minimiser les extrants	✓
Minimiser les impacts	✓
Mesurer les impacts des extrants sur les milieux	✓
Assurer une saine gestion des déchets dangereux	
Biodiversité	✓
Développer des connaissances sur la biodiversité	
Protéger les espèces rares ou menacées	✓
Valoriser les espèces à valeur symbolique	
Utilisation du territoire	✓
Limiter les impacts sur les sols	✓
Optimiser l'utilisation du territoire	✓
Contribuer au maintien de la diversité de paysages	
Polluant affectant globalement la biosphère	✓
Réduire les quantités nettes de gaz à effet de serre émis ou présents en excès dans l'atmosphère	✓
Réduire les émissions de substances appauvrissant la couche d'ozone	
Réduire les polluants organiques persistants	
Prévoir des mesures d'adaptations aux changements globaux	

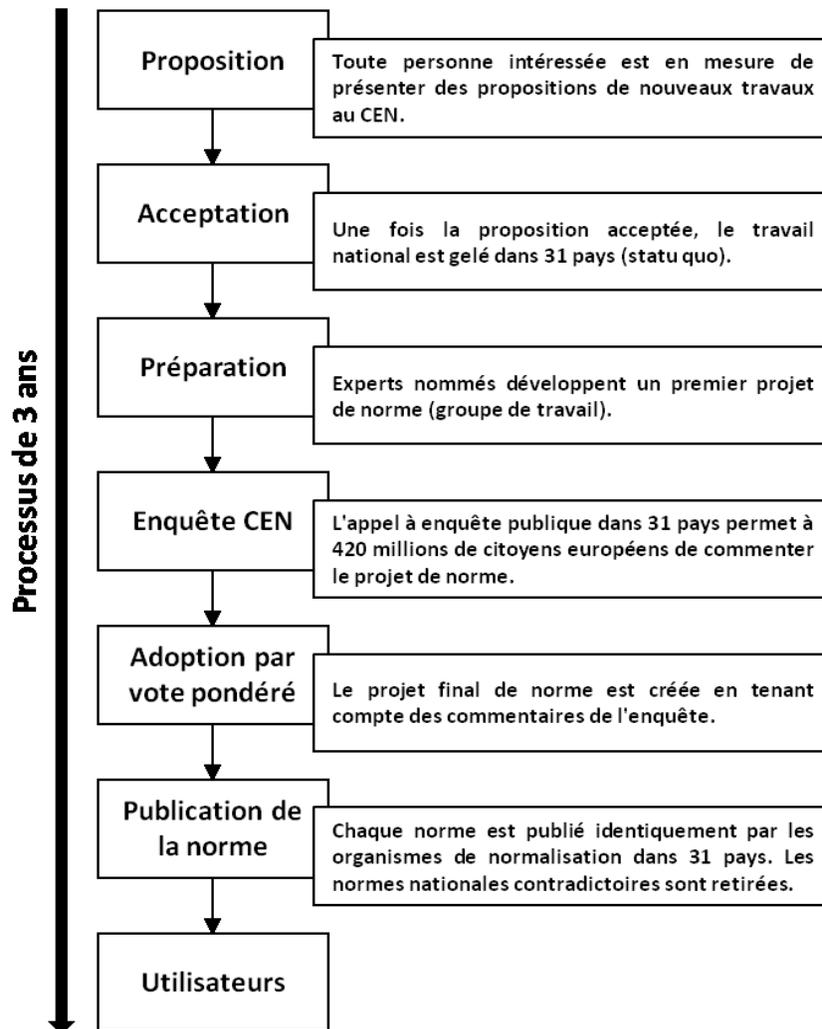
DIMENSION SOCIALE (UQAC)	Indicateurs sélectionnés
État de santé de la population	✓
Améliorer ou maintenir l'état de santé des populations	✓
Privilégier les actions préventives de santé	✓
Réduire les nuisances	✓
Favoriser le contact entre les populations et la nature	✓
Conditions de sécurité	✓
Créer un sentiment de sécurité collective et individuelle	
Assurer une sécurité effective	✓
Assurer l'éducation de base à la sécurité	
Niveau d'éducation des populations	
Assurer une éducation de base fonctionnelle à tous	
Favoriser l'accès de chacun à son niveau d'éducation désiré	
Permettre l'accès à une éducation et à une formation continue	
Œuvrer à l'alphabétisation écologique des personnes	
Intégration des individus à la société	
Favoriser l'accès à une occupation pour chacun	
Favoriser l'investissement personnel à long terme	
Liberté individuelle et de responsabilité collective	✓
Permettre le développement de la confiance en soi	
Favoriser l'accès aux loisirs et à la détente	
Favoriser la connectivité, la mobilité et les échanges	✓
Favoriser la cohésion sociale	
Reconnaissance des personnes et des investissements	
Augmenter le sentiment d'appartenance	
Valoriser l'accomplissement personnel	
Valoriser l'atteinte d'objectifs de performance	

DIMENSION ÉCONOMIQUE (UQAC)	Indicateurs sélectionnés
Possession et usages des biens et des capitaux	✓
Offrir la possibilité d'accumuler des biens et des capitaux	✓
Permettre au plus grand nombre d'utiliser des biens individuels ou collectifs	✓
S'assurer d'une juste valeur d'échange pour le travail des personnes	
Qualité des biens et services	✓
S'assurer de l'adéquation entre le produit et les besoins	
S'assurer de la durabilité du produit	✓
Production et consommation responsable	✓
Favoriser l'achat et la consommation responsables	✓
Internaliser les externalités dans les coûts	
Viabilité financière	
S'assurer de la rentabilité	
Rechercher l'optimisation du processus ou de la démarche	
Limiter les risques financiers	
Création de la richesse	
S'assurer que l'activité humaine génère une valeur d'échange	
S'assurer d'une saine gestion des valeurs et des personnes	
Opportunités de partage de la richesse	
Optimiser les retombées économiques du projet	
S'assurer du mécanisme de redistribution	
Favoriser l'accès au capital	
Conditions de travail	✓
Améliorer les conditions de travail	✓
Favoriser le maintien, le développement et le partage des compétences	✓

DIMENSION CULTURELLE (UQAC)	Indicateurs sélectionnés
Transmission du patrimoine culturel	✓
Favoriser l'expression individuelle, la liberté et le pluralisme des croyances, des opinions et des identités	
Mettre en œuvre des mesures de conservation, de restauration et de compensation du patrimoine culturel	
Reconnaître la représentation culturelle de l'environnement	✓
Développer la connaissance du passé et de l'histoire	
Valoriser et soutenir la diversité linguistique	
Pratiques culturelles et artistiques	✓
Encourager l'expression culturelle	✓
Affirmer le caractère pluriel et évolutif de la culture	✓
Reconnaître l'importance des minorités et de leurs contributions à la société	
Offrir un accès à la culture par l'éducation à tous les niveaux	
Diversité de l'offre culturelle	
Favoriser l'interculturalité	
Assurer l'équilibre et l'équité entre les cultures	
Soutenir la diversité des expressions culturelles	
Contribution de la culture au développement économique	
Créer des conditions favorables à l'émergence d'une industrie culturelle génératrice d'emplois et de richesse	
Rendre explicites les liens entre la culture, le développement, l'emploi et la prospérité économique	
S'assurer d'un partage équitable des innovations issues d'acquis culturels ou de connaissances traditionnelles	

DIMENSION GOUVERNANCE (UQAC)	Indicateurs sélectionnés
Gestion et aide à la décision	
Optimiser l'utilisation des outils et des processus de gestion	
Améliorer les processus de décision	
Viser l'amélioration continue	
Participation et démocratie	
Chercher à développer des partenariats	
Favoriser l'engagement et la mobilisation	
Instaurer une vision partagée	
Favoriser la participation des parties prenantes	
Assurer une information transparente par des mécanismes de communication appropriés	
Favoriser la démocratie	
Suivi et évaluation	
Mettre en place des mesures de suivi et d'évaluation	
Rendre des comptes de façon transparente	
Intégration du projet	✓
Considérer le contexte légal	✓
Inclure des enjeux locaux	
Assurer la cohérence et l'intégration	
Assurer le réalisme et l'adaptabilité du projet	✓
S'assurer de l'acceptabilité sociale du projet	
Subsidiarité	✓
Rapprocher la prise de décision des acteurs concernés	
Favoriser la responsabilisation des acteurs	✓
Gestion du risque	✓
Appliquer le principe de prévention	✓
Appliquer le principe de précaution	
Favoriser une répartition équitable des risques	

ANNEXE 2 - PROCESSUS D'ÉLABORATION D'UNE NORME (Adapté de : CEN, 2010)



ANNEXE 3 - LISTE DES INDICATEURS SÉLECTIONNÉS DES NORMES

(tiré de : AFNOR, 2012; AFNOR, 2013; AFNOR, 2014)

DIMENSION ENVIRONNEMENTALE (NF EN 15978)	Indicateurs sélectionnés
Impacts environnementaux	✓
Potentiel de réchauffement global	✓
Potentiel de destruction de la couche d'ozone stratosphérique	
Potentiel d'acidification des sols et de l'eau	
Potentiel d'eutrophisation	
Potentiel de formation d'ozone troposphérique	
Potentiel d'épuisement pour les ressources abiotiques non fossiles	
Potentiel d'épuisement pour les ressources abiotiques fossiles	
Utilisation des ressources	✓
Quantité d'énergie	
<i>Quantité d'énergie provenant de l'énergie solaire, éolienne, hydraulique, géothermique et de la biomasse</i>	✓
<i>Quantité d'énergie provenant de l'énergie fossiles (charbon, gaz naturel et</i>	
Quantité de matière	
<i>Quantité de matière première</i>	✓
<i>Quantité de matière secondaire</i>	
Quantité de combustibles secondaires	
<i>Quantité de combustibles secondaires renouvelables</i>	
<i>Quantité de combustibles secondaires non renouvelables</i>	
Utilisation nette d'eau	✓
Catégories de déchets	✓
Quantité de déchets dangereux éliminés	
Quantité de déchets non dangereux éliminés	✓
Quantité de déchets radioactifs éliminés	
Flux sortants	✓
Quantité de composants destinés à la réutilisation	✓
Quantité de matériaux destinés au recyclage	✓
Quantité de matériaux destinés à la récupération d'énergie	
Quantité d'énergie fournie à l'extérieur	

DIMENSION SOCIALE (NF EN 16309+A1)	Indicateurs sélectionnés
Accessibilité	✓
Accessibilité aux installations du bâtiment	✓
<i>Proximité des services et transports en commun</i>	
<i>Aisance de circulation à l'intérieur du bâtiment</i>	
<i>Facilité d'utilisation pour des personnes ayant des besoins spécifiques (personnes handicapées, âgées, etc.)</i>	
Accès aux équipements techniques	✓
<i>Opérabilité des installations sanitaires et des systèmes (pour le chauffage/climatisation, éclairage, etc.)</i>	
Adaptabilité	✓
Adaptabilité	✓
<i>Aptitude du bâtiment à répondre aux exigences de chaque utilisateur</i>	
<i>Aptitude du bâtiment à répondre aux changements des exigences des utilisateurs</i>	
<i>Aptitude du bâtiment à répondre aux changements techniques</i>	
<i>Aptitude du bâtiment à répondre aux changements d'utilisation</i>	
Santé et confort	✓
Confort thermique	✓
<i>Caractéristiques associés à la structure du bâtiment</i>	
<i>Caractéristiques associés aux utilisateurs et au système de contrôle</i>	
Qualité de l'air à l'intérieur du bâtiment	✓
<i>Caractéristiques associés à la structure du bâtiment</i>	
<i>Caractéristiques associés aux utilisateurs et au système de contrôle</i>	
Confort acoustique	
<i>Structure du bâtiment favorisant une bonne isolation acoustique</i>	
Confort visuel	
<i>Caractéristiques associés à la structure du bâtiment</i>	
<i>Caractéristiques associés aux utilisateurs et au système de contrôle</i>	
Confort spatial	✓
<i>Surface de plancher</i>	
<i>Hauteur du sol au plafond</i>	
<i>Espace extérieur</i>	

DIMENSION SOCIALE (NF EN 16309+A1)	Indicateurs sélectionnés
Impacts sur le voisinage	✓
Bruit	
<i>Structure du bâtiment favorisant une bonne isolation acoustique</i>	✓
<i>Présence d'écrans acoustiques extérieurs</i>	
Émissions vers l'extérieur	
<i>Présence d'un système de contrôle des émissions (particules, odeurs, eau et chaleur) provenant du bâtiment</i>	
Éblouissement/Occultation	
<i>Éblouissement</i>	✓
<i>Occultation</i>	
Chocs / Vibrations	✓
<i>Bâtiment générant un faible niveau de choc et de vibration</i>	
Maintenance et maintenabilité	✓
Opérations de maintenance	
<i>Fréquence et durée des opérations de maintenance courantes (y compris le nettoyage), de réparation, de remplacement et/ou de réhabilitation</i>	
<i>Impacts sur la santé et le confort des utilisateurs pendant les travaux de maintenance, par exemple, effets sur la qualité de l'air, le bruit (importance et durée)</i>	✓
<i>Sécurité des utilisateurs pendant les travaux de maintenance</i>	
<i>Utilisabilité du bâtiment pendant les travaux de maintenance (par exemple, calculée comme un rapport de la durée de maintenance et de nettoyage prévue causant des perturbations aux jours d'utilisation normale)</i>	
Sécurité et sûreté	✓
Résistance aux conséquences des perturbations climatiques	
<i>Résistance à la pluie</i>	
<i>Résistance au vent</i>	✓
<i>Résistance à la neige</i>	
<i>Résistance aux inondations</i>	
<i>Résistance aux rayonnements solaires</i>	
Résistance aux actions accidentelles	
<i>Résistance aux tremblements de terre</i>	
<i>Résistance aux explosions</i>	✓
<i>Performance au feu</i>	
<i>Impacts du trafic routier</i>	
Sécurité et sûreté personnelles contre les intrusions et le vandalisme	
<i>Caractéristiques associés à la structure du bâtiment</i>	
<i>Caractéristiques associés aux utilisateurs et au système de contrôle</i>	
Sécurité contre les coupures d'alimentation	✓

DIMENSION ÉCONOMIQUE (PR NF EN 16627)	Indicateurs sélectionnés
Coûts	✓
Investissement	
<i>Achat du bâtiment</i>	
<i>Achat du terrain</i>	✓
<i>Valeur nette ajustée</i>	
Coûts (annuels) en cours d'utilisation	
<i>Frais résultant des conditions d'utilisation</i>	
<i>Maintenance/entretien</i>	✓
<i>Consommation d'énergie</i>	
<i>Consommation d'eau</i>	
Coûts (périodiques) en cours d'utilisation	
<i>Réparation</i>	
<i>Remplacement</i>	
<i>Réhabilitation</i>	
Coûts en fin de vie	
<i>Déconstruction, démantèlement et/ou démolition</i>	
<i>Transport</i>	✓
<i>Traitements des déchets</i>	
<i>Élimination</i>	
Revenus (flux monétaires intrants)	
Réutilisation	
Recyclage	
Valorisation énergétique	

ANNEXE 4 - PHASES DU CYCLE DE VIE D'UN BÂTIMENT SELON LES NORMES NF EN 15978, NF EN 16309+A1 ET PR NF EN 16627

(tiré de : AFNOR, 2012; AFNOR, 2013; AFNOR, 2014)

