

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

TOIT VÉGÉTAL : UN AMÉNAGEMENT AVANTAGEUX POUR MONTRÉAL ?

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

PAR

PRISCA AYASSAMY

DÉCEMBRE 2017

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.07-2011). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

LISTE DES FIGURES	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	v
RÉSUMÉ	vi
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1

CHAPITRE I

PRÉSENTATION DES TOITS VÉGÉTALISÉS DANS LE CONTEXTE DE L'AMÉNAGEMENT URBAIN ET DE L'AGRICULTURE URBAINE

1.1 L'aménagement d'un toit végétal	3
1.2 Les types de toits : intensif et extensif	5
1.3 Techniques de culture sur les toits	8
1.3.1 Hydroponie	8
1.3.2 Aquaponie	12
1.3.3 Aéroponie.....	15
1.4 L'hydroponie, l'aquaponie ou l'aéroponie : Biologique ?	18

CHAPITRE II

PROBLÉMATIQUE ET QUESTION DE RECHERCHE.....

2.1 Émissions de gaz à effet de serre et réduction des coûts énergétiques	20
2.2 Îlots de chaleur urbains et performance thermique	23
2.3 Gestion des eaux pluviales	25
2.4 Biodiversité urbaine et préservation de l'écologie.....	27
2.5 Amélioration de la qualité de l'air	28
2.6 Isolation phonique et acoustique.....	29
2.7 Agriculture urbaine	30
2.8 Sécurité alimentaire	33
2.9 Aliments sans pesticide et sans engrais issus de la chimie de synthèse.....	35
2.10 Objectifs	37

2.11 Question centrale de recherche	37
2.12 Hypothèse centrale.....	38

CHAPITRE III

APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE.....	39
------------------------------	----

3.1 Méthodologie	39
3.1.1 Observation participante et visite de terrain	39
3.1.2 La revue de littérature	50
3.2 Cadre conceptuel.....	53
3.2.1 Système alimentaire	53
3.2.2 Approche de développement durable.....	54
3.2.3 Approche multifonctionnelle de l'agriculture.....	57

CHAPITRE IV

RÉSULTATS DE LA RECHERCHE : LES LIMITES DES TOITS VÉGÉTAUX DANS LE CONTEXTE MONTRÉALAIS	59
--	----

4.1 Carnet de Récolte : Tableau comparatif de production sur les toits	60
4.2 Les charges structurales	61
4.3 Les règlements	63
4.4 L'entretien.....	64
4.5 Les conditions techniques	66
4.6 Approche du développement de l'aménagement du territoire urbain à Montréal.....	68
4.7 Obstacles présents à l'international face aux projets de toits végétaux	69
4.8 Malgré les difficultés physiques et législatives : De nombreux projets de toits végétaux à Montréal en cours	72
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	75
BIBLIOGRAPHIE.....	81

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : La conception d'un toit végétal	4
Figure 1.2 : La « Waldspirale » ou « La forêt en spirale » à Darmstadt	5
Figure 1.3 : Florida Green Bridge.....	6
Figure 1.4 : Allianz Versicherung Stuggart.....	7
Figure 1.6 : Hydroponie	11
Figure 1.7 : La serre hydroponique des Fermes Lufa	11
Figure 1.8 : Aquaponie	12
Figure 1.9 : Serre aquaponique.....	13
Figure 1.10 : Aéroponie	17
Figure 1.11: Culture aéroponique	17
Figure 2.1: Gaz à effet de serre.....	21
Figure 2.2: Multifonctionnalité de l'agriculture urbaine	31
Figure 3.1: Concordia Greenhouse, Montréal, Québec.....	42
Figure 3.2: Santropol Roulant, Montréal, Québec.....	45
Figure 3.3: Maison du développement durable	46
Figure 3.4: Le Palais des Congrès.....	48
Figure 3.5: l'Hôtel Bonaventure	49
Figure 3.6 : Développement Durable.....	55
Figure 3.7 : L'interconnexion des différents rôles et fonctions de l'agriculture.....	57
Figure 4.2 : Complexe des Sciences - Université de Montréal.....	73
Figure 4.3 : Complexe Atwater.....	73
Figure 4.4: Jetée Alexandra - Port de Montréal.....	74
Figure 4.5: Le Canal D.....	74

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.5 : Toit intensif et extensif	7
Tableau 4.1 : Exemples de production sur les toits.....	60

RÉSUMÉ

Les toits végétaux résultent de l'aménagement de certains toits d'immeubles pour y installer des plateformes de verdure. Elles consistent en des plantes vivaces ou grasses sous forme de jardins en plein air ou sous forme de serres pour y cultiver certains légumes, herbes aromatiques et petits fruits en bacs. Ce mémoire s'appuie sur une revue de littérature scientifique et grise portant sur l'aménagement des toits dans le contexte global de l'environnement. Il a pour objectif de mettre en évidence les avantages que ces aménagements peuvent présenter pour une ville ainsi que les limites de telles installations compte tenu de l'état actuel de la réglementation et des contraintes techniques des bâtiments actuels. Sa structure est la suivante : (1) il explore les différentes formes de cultures sur les toits allant de jardins ou de serres, en passant par les cultures en bacs, en pots ou en pleine terre sur les toits d'immeubles, (2) il présente les différentes techniques de cultures hors-sol telles l'hydroponie, l'aquaponie et l'aéroponie, (3) il examine les problématiques environnementales ayant des incidences sociales et qui peuvent être atténuées par l'installation de ces toits, (4) il examine les limites des projets de toits végétaux complexes dues à certains facteurs législatifs, réglementaires (subvention et droit d'installation) et techniques (capacité portante et structure). S'inscrivant dans le cadre général de l'aménagement et de l'agriculture urbaine, ces jardins sur les toits, dépendamment de l'intensité des cultures qui y sont faites, peuvent contribuer à récupérer des superficies plus ou moins significatives de terres agricoles perdues à la suite du développement urbain. Au plan alimentaire, selon l'intensité des cultures qui y sont pratiquées, ils peuvent favoriser l'accès de proximité à des aliments nutritifs et frais. Ils peuvent atténuer, du moins durant la saison productive, l'approvisionnement en produits importés et aider ainsi à réduire, bien que de façon marginale, l'importation et le transport d'aliments sur de longues distances. S'ils sont aménagés avec un substrat de 150 mm, qualifié de toits intensifs, ils peuvent contribuer à une meilleure gestion des eaux pluviales en réduisant d'environ 75 % la décharge des eaux de ruissellement (Sheng et al., 2011), voire parfois jusqu'à 100 % (Berardi et al, 2014, p. 422). S'ils sont aménagés avec un substrat d'une profondeur de 100 mm, qualifié de toits extensifs, ils peuvent alors contribuer à réduire cette décharge d'environ 45 % (Mentens et al, 2006, p. 224). Au plan énergétique, les toits intensifs et, dans une moindre mesure, les toits extensifs peuvent également contribuer, en été, à atténuer les îlots de chaleur et les besoins en climatisation alors qu'en saison froide, ils peuvent baisser les coûts de chauffage. Dans les deux cas, ils peuvent aider à réduire l'émission de gaz à effet de serre, causée à 80 % par les villes (Peng et al, s.d, p. 3) et accroître la biodiversité avec des espèces de plantes et d'insectes.

MOTS CLÉS : Agriculture urbaine, aménagement, toits, serres sur les toits, sécurité alimentaire, îlot de chaleur, ruissellement, biodiversité

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Ce mémoire s'inscrit dans le contexte des toits végétales et porte sur un de ses usages spécifiques, à savoir les différents bénéfices associés à la végétalisation des toits. Ces toits ont, en effet, des fonctions multiples comme le souligne la Pr Louise Vandelac, chercheuse dans ce projet Roofscape.

Longtemps ignorés, voire boudés, ces paysages de toits sont en effet appelés à jouer un rôle inédit et crucial tant pour décarboniser les villes, renforcer la transition énergétique, réduire l'empreinte écologique globale et favoriser la biodiversité, que pour élargir les espoirs d'adaptation aux changements climatiques et renforcer, dans une perspective de bien commun, la puissance des liens sociaux et des capacités de résilience désormais si essentielle pour des conditions viables de vie commune. (Vandelac, 2014, p. 9)

Carlo Parente, architecte et professeur, souligne de son côté que :

« Making use of rooftops, both new and existing, makes sense in both shrinking and growing cities as they are currently underutilized zones in our cities that contribute to the environmental challenges we currently face (traditional urban roof conditions add to the urban heat island, affect biodiversity and disrupts the natural hydrological cycle) » (Parente, 2014, p. 20)

Les toits urbains constituent environ 40 % des surfaces minéralisées des villes (Obendorfer et al., 2007). Ils résultent du réaménagement de toits d'immeubles résidentiels, industriels, commerciaux ou institutionnels. Ils se présentent sous forme de serre commerciale et individuelle, aux jardins en pleine terre sur les toits, en passant par différents types de cultures en bacs, en sacs ou en pots (Sacs Smart Pots et Biotop). De même, les méthodes et les techniques de culture sur ces toits varient allant de l'agroécologie à l'hydroponie et de l'aquaponie à l'aéroponie.

Pour appuyer ce que Parente (2014) décrit, ces toits pourraient contribuer à réduire l'empreinte carbone, les dépenses énergétiques et leurs impacts sur les changements climatiques, mais également en termes de biodiversité et d'augmentation de la résilience des populations (Vandelac, 2014, p. 9). Ils peuvent aussi servir de plateforme d'agriculture urbaine, avec des aliments frais, exemptés de pesticides et à proximité du lieu de production et de consommation pour profiter à la santé des individus. Ces produits locaux peuvent également coûter moins cher en saison selon les coûts d'investissements relatifs aux infrastructures ou à leurs modifications.

Ce mémoire, qui s'inscrit dans le vaste domaine de l'aménagement et de l'agriculture urbaine, porte donc sur une de ces modalités bien particulières à savoir les possibilités et les limites des toits végétaux en ville. Son but est de mettre en évidence les avantages qu'ils peuvent représenter pour des villes, ainsi que les limites de telles installations compte tenu de l'état actuel de la réglementation et des contraintes techniques des bâtiments. Pour ce faire, premièrement, il faudra vérifier à partir de la littérature, dans quelle mesure les toits végétaux peuvent ou non contribuer à réduire certains problèmes environnementaux liés aux changements climatiques en termes, notamment d'îlots de chaleur, de réduction de la biodiversité et de gestion des eaux pluviales ? Deuxièmement, comment les toits végétaux peuvent représenter des producteurs d'aliments locaux de proximité pour une ville ? Troisièmement, quels sont les obstacles à leur installation en ville ? Le mémoire s'appuiera sur une vaste revue de littérature scientifique des années 2000 à 2017, sur certains rapports scientifiques, des documents d'instances gouvernementales et des rapports de firmes privées. À cette revue de littérature s'ajoutera la littérature grise et, notamment, celle de plusieurs des organisations non gouvernementales impliquées en agriculture urbaine.

CHAPITRE I : PRÉSENTATION DES TOITS VÉGÉTALISÉS DANS LE CONTEXTE DE L'AMÉNAGEMENT URBAIN ET DE L'AGRICULTURE URBAINE

Quand on pense à l'agriculture urbaine, on pense à une agriculture traditionnelle qui se fait en pleine terre. Toutefois, le manque d'espace et la perte des terres agricoles de plus de 4000 hectares chaque année au Québec, l'équivalent de l'île de Montréal sur une décennie (Les Fermes Lufa, 2011), et la valeur foncière me font réfléchir à des nouvelles façons de cultiver. Ces végétaux sur les toits couvriraient 30% des surfaces des villes, additionnées à 10 % à 15 % de surfaces verticales et horizontales des terrasses, murs et balcons créant un tiers-espace des villes (Vandelac, 2014, p. 9). Il y aurait plus de 900 000 m² de toits en terrasse à Montréal sur lesquels on pourrait aménager des serres susceptibles d'alimenter un tiers de la population urbaine (Sauvée, 2011) si évidemment les capacités portantes des bâtiments le permettent.

1.1 L'aménagement d'un toit végétal

La conception d'un toit végétal nécessite généralement « une charpente de toit et d'isolant, une membrane imperméable à laquelle on intègre souvent un écran anti-racine, un système de drainage jumelé à des réservoirs de stockage intégrés, une membrane géotextile pour contenir le sol et les racines et un substrat et des végétaux (Boucher, 2006, p. 1). L'installation de serre commerciale sur un toit est plus complexe. Souvent, elle est installée sur des immeubles de bureaux, des édifices à logements, des stationnements et des entrepôts (SPSQ, 2013, p. 12-13) qui accueillent généralement des serres de petites superficies (5700 pi² à 31 000 pi²), souvent jumelées avec des serres en verre, en acier et en aluminium. Selon Daniel, (2013, p.

43), il y a trois manières de faire de la culture sur les toits : (a) le toit vert agricole (Agriculture Green Rooftops (AGRs)) avec un plancher muni d'une isolation thermique, un revêtement d'étanchéité, une barrière anti-racine, un système de drainage et d'irrigation, (b) le toit potager en conteneur (Rooftop container Gardens) avec des pots, des sacs ou des bacs avec substrats surélevés qui contiennent de la terre ou d'autres matières organiques ou minérales ou (c) le toit avec système hydroponique (Hydroponic systems) avec la culture sous serre, soit en verre ou en plastique afin de régulariser les facteurs de croissance des plantes (climat, ombre, lumière, eau, fertilisation, etc.).

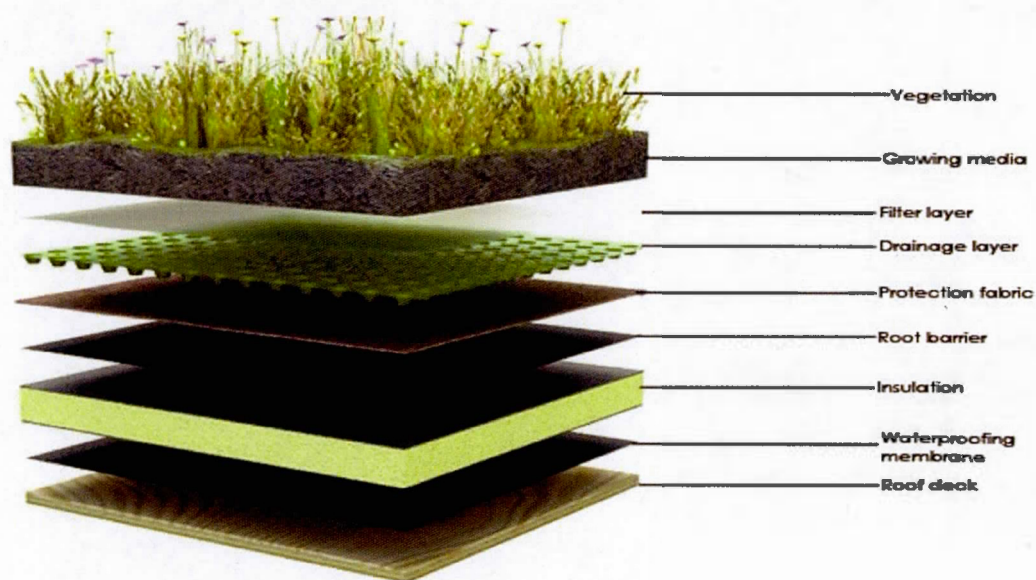


Figure 1.1 : La conception d'un toit végétal
Source : DC Greenwork, 2017

1.2 Les types de toits : intensif et extensif

Le toit végétal peut être extensif avec 2 à 6 pouces de terreau ou intensif avec 8 à 24 pouces de terreau. Les différences sont les coûts d'immobilisation abordables avec peu d'entretien, et moins de diversité de végétaux pour l'extensif (Boucher, 2006, p. 1; Kinlock et al., 2016, p. 32) et une structure forte, beaucoup d'entretien, des coûts de construction plus onéreux avec une diversité végétale pour les intensifs (Carter, 2008, p. 351; Kinlock et al., 2016, p. 32). Ci-dessous, quelques exemples de toits et un tableau de Peck et Kuhn (version modifiée), présentant les caractéristiques des deux types de toits.



Figure 1.2 : La « Waldspirale » ou « La forêt en spirale » à Darmstadt

Source : Brëuning & Greenroof service, 2017



Figure 1.3 : Florida Green Bridge

Source : Brëuning & Greenroof service, 2017



Figure 1.4 : Allianz Versicherung Stuggart

Source : Brëuning & Greenroof service, 2017

Tableau 1.5 : Toit intensif et extensif (Peck et Kuhn, s.d., p. 4)

TOIT VERT EXTENSIF (2 - 6 POUCES)	TOIT VERT INTENSIF (8 - 24 POUCES)
AVANTAGES : • Léger ; renforcement de la structure du toit rarement nécessaire • Idéal pour les grandes surfaces • Convient aux toits de 0 à 30 degrés de pente. • Faible entretien et longue durée • Système d'irrigation et de drainage spécialisé rarement nécessaire • Expertise technique moins cruciale • S'intègre bien à des travaux de rénovation, permet une végétation spontanée • Peu onéreux • Apparence plus naturelle • Le service municipal d'urbanisme peut plus facilement l'exiger comme condition à l'autorisation de construire INCONVÉNIENTS : • Efficacité énergétique et moins de rétention des eaux pluviales • Choix de plantes plus restreint • Rarement accessible pour des loisirs ou autres fonctions • Repoussant pour certains, surtout l'hiver	AVANTAGES : • Plus grande diversité de plantes et habitats • Bonne propriété isolante • Peut simuler un jardin naturel au sol • Peut être très beau • Souvent accessible et permet des fonctions variées : loisir, espace vert, potager, etc. • Efficacité énergétique • Rétention des eaux pluviales supérieure • Durée supérieure de la membrane INCONVÉNIENTS : • Charge supérieure sur le toit • Nécessité de système d'irrigation et de drainage • Consommation d'énergie, d'eau et de matériaux • Coûts d'immobilisation et d'entretien supérieur • Système et expertise plus complexes

1.3 Techniques de culture sur les toits

Les cultures sur les toits se présentent sous forme de serres ou de jardins sur les toits accompagnés de bacs ou de pots (Smartpot ou Biopot). Parmi les diverses techniques pratiquées sur les toits, on retrouve les méthodes hors-sol telles que l'hydroponie, cultivée avec des matières organiques sur des surfaces minéralisées grâce à des supports multiples. Les Fermes Lufa, Gotham Greens et BrightFarms (9290 m²) sont des utilisateurs connus pour avoir adopté cette approche écoénergétique (SPSQ, 2013, p. 8) où les modes de production sont constitués d'écrans thermiques, de chauffage au gaz naturel, d'électricité grâce aux panneaux solaires, d'utilisation générale d'éclairage d'appoint et d'eau de culture recyclée. Généralement, des méthodes hors-sol complexes comme l'hydroponie, l'aquaponie et l'aéroponie sont utilisées sous serres et permettent de cultiver autrement, sans besoin de terreau. Pour l'hydroponie, elle consiste à mettre des substrats tels que fibres de coco, tourbes, billes d'argiles. Pour l'aquaponie, il suffit de faire tremper les racines dans un bassin rempli de poissons. Pour l'aéroponie, il implique de brumiser les racines nues avec de l'eau et des solutions nutritives.

1.3.1 Hydroponie

Les plantes hydroponiques sont cultivées hors-sol et sont nourries avec des nutriments ajoutés dans l'eau. Cet apport en vitamines et minéraux est nécessaire à leur croissance et leur santé afin d'obtenir des produits frais au contenu nutritionnel équilibré et constant. À l'échelle mondiale, la production hydroponique sous serre représente un million d'hectares et sa production est de 40 % en légumes frais (Daniel, 2013, p. 39). Certains légumes, dans les zones contrôlées, ont un rendement plus élevé par acre que ceux cultivés selon les pratiques agricoles conventionnelles.

Elle représente une hausse de 12 à 30 fois (pour les tomates), 4 fois (pour les concombres) et 2 ou 3 fois (pour les laitues) respectivement (Resh, 2002). Des données du recensement agricole (2009) démontrent aussi une hausse de 31,7 millions américains en 1988 à plus de 553, 2 millions américains avec 78 % cultivés avec l'hydroponie (Fahey, 2012, p. 5). Ces cultures sont résistantes tant en hiver qu'en été, car elles sont protégées des variations de température, du vent et des intempéries à l'intérieur de serres. Sa technologie offre une manière de cultiver, soucieuse des questions de recyclage avec des solutions nutritives en cours de culture, et des substrats et des végétaux en fin de culture. Elle prend en considération l'aspect énergétique tout en réduisant les traitements phytosanitaires visés avec l'utilisation d'insectes prédateurs (PBI : Protection Biologique Intégrée). Elle utilise 70 - 95 % moins d'eau que l'agriculture conventionnelle et diminue le risque de décharge causant de la pollution environnementale (Despommier, 2010, p. 151). Sur le plan de la capacité portante, elle est avantageuse, car elle est faible en poids, ce qui facilite son installation sur les toits (Goudrealt, 2011, p. 126). Alors que l'agriculture conventionnelle requiert de l'espace sur des acres, la technique hydroponique peut se faire sur des espaces inutilisés tels que sur les toits des immeubles de fabrication ou d'entrepôts. Ainsi, ces toits pourraient apporter des avantages écoénergétiques importants à ces bâtiments tels qu'une baisse des coûts de chauffage grâce à l'utilisation des technologies de capteur de chaleur (Fahey, 2012, p.12). À cause de la demande croissante pour des aliments locaux d'une valeur de 4 milliards de dollars américains en 2002 et de 7 milliards de dollars américains en 2012 provenant des consommateurs, il y a eu une augmentation de près de 450 % du nombre de marchés d'agriculteurs à l'échelle nationale depuis 1994.

Malgré les nombreux avantages, cette technique a des faiblesses d'ordre économique, car le prix d'un acre (43 560 pieds carrés) coûte approximativement 2 M de dollars américain (Fahey, 2012, p. 10). Dans les calculs, on retrouve les coûts d'opération,

les espaces sur les toits, les serres et les équipements techniques qui régularisent le climat pour la culture, les frais pour l'énergie, l'électricité, la main-d'œuvre et le chauffage. Toutefois, pour sa réalisation, la connaissance technique est importante pour réussir la culture hydroponique (Daniel, 2013, p. 38). Au plan gustatif, même sans pesticide et insecticide dans ces cultures, on ne peut pas les certifier biologiques, car elles ne reçoivent pas suffisamment de nutriments dans le sol. De ce fait, des engrais à base de calcium nitrate et de potassium nitrate doivent être ajoutés pour obtenir un meilleur rendement (Fahey, 2012, p. 10-11). Pour certains consommateurs bio, bien que ces fruits et légumes n'ont pas été aspergés de pesticide et d'herbicide, la certification reste importante. Même si une étude de l'Université du Nevada a démontré qu'il n'y avait pas de différences significatives sur le plan visuel, de la texture, de l'odeur ou du goût entre les aliments provenant de culture hydroponique, organique ou des laitues des champs, les consommateurs perçoivent la culture hydroponique comme une culture en laboratoire. (Fahey, 2012, p. 13). Les risques de cette technique, bien qu'ils soient minimes avec les hautes technologies, sont des possibilités de propagation de maladie à cause de la réutilisation de l'eau recyclée. Aussi, en cas de malfonctionnement des pompes à eau, les racines peuvent se dessécher, bien que les générateurs d'urgence peuvent éliminer ces préoccupations. Toutefois, en cas de pannes électriques, cela peut causer la perte du rendement au complet.

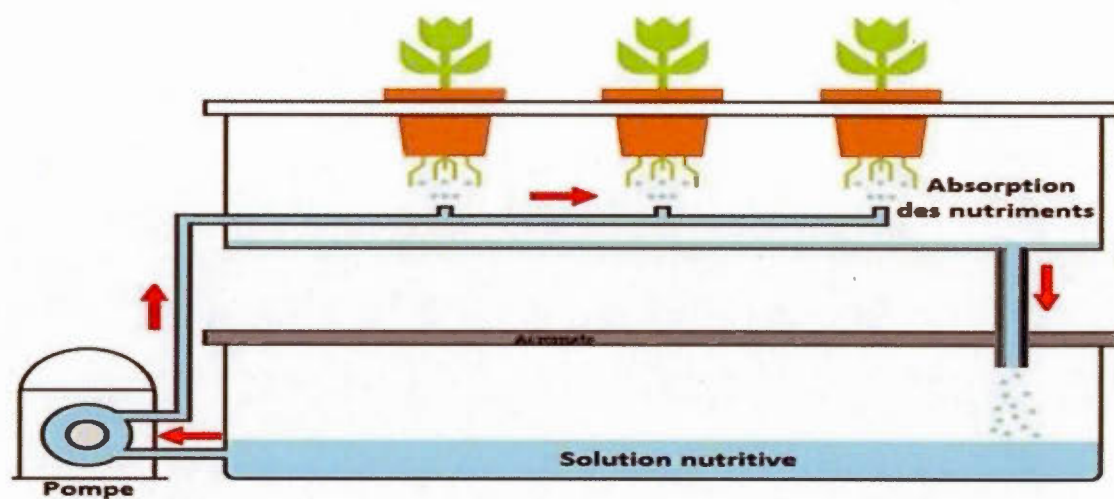


Figure 1.6 : Hydroponie

Source : Aéromate, 2016



Figure 1.7 : La serre hydroponique des Fermes Lufa

Source : Le Devoir, 2017

1.3.2 Aquaponie

L'aquaponie peut se définir comme un couplage entre un compartiment aquacole en circuit recirculé et un compartiment de culture végétale hors-sol. Les déchets issus de l'aquaculture sont autant de source de nutriments facilement assimilables par les racines des végétaux, après une étape préalable de dégradation microbienne des composés ammoniacaux par des bactéries nitrifiantes, et d'élimination des matières particulières par une filtration mécanique adéquate. Ces systèmes sont conçus pour s'affranchir au maximum de l'utilisation de la ressource aquatique tout en assurant la recirculation d'une eau recyclée, saine à la fois pour l'élevage de poisson, pour la culture de végétaux et pour le développement de colonies de bactéries nitrifiantes (Tyson et al., 2004 et 2008).

Principe de l'aquaponie

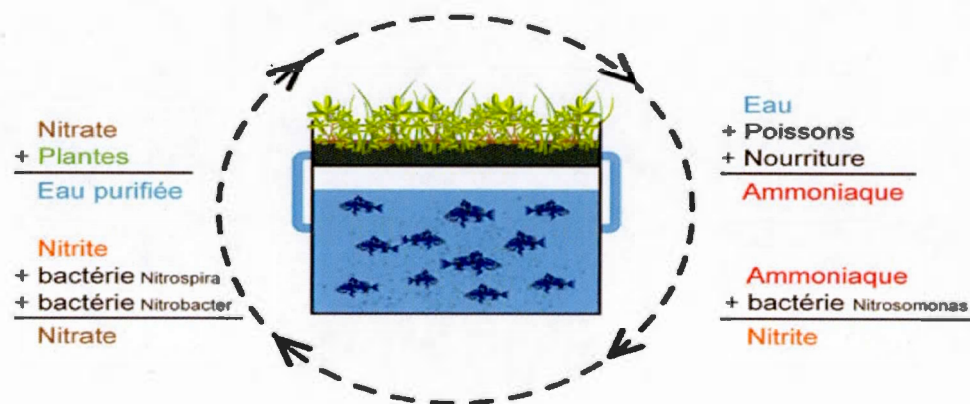


Figure 1.8 : Aquaponie
Source : WordPress, 2017

L'aquaponie est un mode de culture hors de l'ordinaire qui combine les techniques d'aquaculture et d'hydroponie. Cette méthode est vue comme une grande ouverture dans le monde agricole, car elle a la capacité de préserver la ressource en eau, d'un point de vue qualitatif et quantitatif. Non seulement elle est réutilisable, mais elle valorise les effluents chargés en composés dissous qui viennent de la production aquacole afin d'être utilisés pour les plantes hydroponiques. Elle comprend un cycle où les poissons sont nourris et par la suite, leurs excréments deviennent des nutriments pour les plantes, qui absorbent les nitrates et filtrent l'eau du bassin. En copiant le fonctionnement des écosystèmes, ce type de culture où poissons, plantes et bactéries coopèrent « relèvent du biomimétisme et de l'économie circulaire » (Emmanuel, 2013).



Figure 1.9 : Serre aquaponique
Source : Aquaponie france, 2017

Comme l'hydroponie, elle permet d'économiser autour de 90 % d'eau, offrant en même temps un gain d'espace. Alors que les techniques hors-sol permettent d'avoir un meilleur rendement végétal de 20-25 %, avec une productivité de 2 à 5 fois supérieure, on constate toutefois une différence entre l'hydroponie et l'aquaponie qui est l'ajout d'intrants minéraux dans la culture hydroponique. L'aquaponie, quant à

elle, peut venir à bout de la nécessité de cet ajout, car le processus se fait naturellement. Cependant, malgré l'absence d'insecticides et d'antibiotiques, leurs récoltes ne peuvent être certifiées biologiques, car selon la réglementation européenne « un produit bio doit être issu d'une culture en pleine terre. » (Goya, 2015). Bien que l'étiquette biologique ne peut être donnée à cette technique de culture, Ton Boekestyn, un floriculteur à St David's, dans la province de l'Ontario (Canada), qui vient d'ouvrir une ferme aquaponique d'environ 2 600 mètres carrés à Niagara-on-the-Lake dit,

Bio ou pas, leurs bienfaits pour la santé sont bien là. Les produits cultivés dans un système aquaponique ont des teneurs en calcium et en magnésium plus élevées et contiennent beaucoup moins de nitrates. Or, selon certaines études, l'excès de nitrates augmenterait les risques de cancer (Goya, 2015)

La technique aquaponique est une nouvelle révolution agricole, parce qu'on « est dans un marché de niche, qui peut être très bien valorisé en zones urbaines, car il n'y a pas besoin de beaucoup d'eau ni de beaucoup d'espace » (Goya, 2015). Par contre, « le seul moyen pour que le secteur de l'aquaponie devienne compétitif serait que les grandes firmes agroalimentaires intègrent dans leurs circuits de production des cultures aquaponiques » (Ibid, 2015). Les systèmes aquaponiques détiennent un potentiel de production locale et durable de denrées alimentaires en contribuant dans un système clos d'élevage de poissons d'eau douce et de culture de légumes à réduire la consommation de ressources en comparaison avec des systèmes conventionnels (APIVA, 2015).

Actuellement, cette technique est limitée à cause d'un manque d'expertise, mais elle pourrait être mieux exploitée avec le savoir-faire d'experts, surtout, si elle nécessite des expertises dans la chimie d'eau, l'horticulture et l'aquaculture pour adhérer aux différentes caractéristiques nécessaires à sa modélisation (mise en mouvement de

l'eau, filtration, éclairage des plantes, thermorégulation des élevages et des cultures). À cause de sa complexité et de son équilibre physico-chimique fragile, elle ne peut être laissée dans les mains d'amateurs. Sur le plan économique, il existe peu de données sur sa rentabilité à long terme, car elle peut être avantageuse seulement avec des espèces à haute valeur ajoutée compte tenu qu'en hiver, les coûts énergétiques sont supérieurs à ceux de l'hydroponie. Toutefois, les lacunes sont le risque d'appauvrissement de la solution nutritive en fin de circuit ainsi que le colmatage des circuits hydrauliques fins. Sinon les risques d'accumulation d'éléments de phosphore et de calcium dans les médias de cultures qui peuvent nuire à la nutrition des plantes. Dans un tel cas, pour pouvoir éliminer les traces de sels, un lessivage complet des racines et le milieu de croissance sont régulièrement nécessaires.

1.3.3 Aéroponie

Dans le passé, elle était exploitée par la NASA afin de résoudre les problèmes d'alimentation des équipages lors de leur exploration et de leur colonisation de l'espace. La culture aéroponique (Green Line System) est complexe, car les plantes reposent sur des supports sans substrat. Les plantes sont entièrement éclairées par des ampoules D.E.L. et l'irrigation classique est remplacée par une brume ambiante qui sert à hydrater les racines et les feuilles au besoin. Ses composants sont un support en tissu breveté, réutilisable pour les semis, la germination, la croissance et la récolte et un éclairage diode électroluminescente afin de cibler les longueurs d'ondes spécifiques de la lumière pour compléter le processus de la photosynthèse et la croissance des systèmes agricoles verticaux (Aerofarms, 2014). Pour sa réussite, il faut trouver le bon équilibre en termes de température et d'éclairage. Un contrôle des taux d'acidité dans l'eau et des nutriments nécessairement solubles sont impératifs. Il faut à la fois 100 % de disponibilité en eau et en air pour des performances de croissances élevées (Daniel, 2013, p. 39). Alors que la qualité des récoltes varie selon

le climat, cette technique pourrait bien être une belle innovation dans le contexte nord-américain, car elle ne nécessite pas de lumière provenant du soleil et pourrait même permettre une viabilité accrue par rapport aux rendements. Selon l'Aerofarms (2014) ; Hartman et Pascali (2002), elle permettrait une production de meilleure qualité avec des aliments plus riches en nutriments et avec de meilleurs rendements tout au long de l'année. Selon eux, elle aurait un cycle de culture plus rapide de 12 à 16 jours et de 22 à 30 récoltes par an, car la brume aéropnique apporte les éléments nutritifs aux racines avec l'hydratation et l'oxygène nécessaires, ce qui permet de créer des cycles de croissance plus rapides. Cette technique est brevetée sur le plan de la législation et sur le plan écologique, car elle ne nécessite pas de pesticide et utilise 95 % moins d'eau. Elle ne comporte pas de risques nuisibles de pollution de l'eau de ruissellement, car elle est capable de recycler les éléments nutritifs en boucle fermée (Hartman et Pascali, 2002, p. 51). Sur le plan horticole, il y a moins de risques de pourriture des racines et de manque d'oxygénation, car il n'y a pas de contact en permanence avec la substance aqueuse et le substrat. (Ibid, 2002). Dans un contexte de sécurité alimentaire, elle pourrait être utilisée dans les pays en développement où l'eau est difficilement accessible. De plus, avec les nouvelles technologies, il se pourrait que l'on puisse utiliser l'énergie solaire à coût nul pour produire une grande récolte. (Hartman et Pascali, 2002, p. 53)



Figure 1.10 : Aéroponie
Source : Sciences Avenir, 2017



Figure 1.11 : Culture aéroponique
Source : Labiotech, 2017

Toutefois, cette technique comporte quand même des risques de déshydratation puisque les racines sont exposées à l'air et le système est très sensible au changement de température dans un environnement fermé. Comme l'hydroponie, elle nécessite les apports d'engrais sous forme de substances nutritives solubles, mais souvent chimiques pour compléter la croissance des plantes (Daniel, 2013, p. 39). Bien que cette technique soit brevetée et écologique, elle ne peut pas être certifiée biologique à cause de l'appellation hors-sol. (Hartman et Pascali, 2002, p. 52). Comme dans l'hydroponie, une panne d'électricité peut compromettre la récolte, car si les systèmes de pompes n'arrivent pas à émettre l'eau ainsi que les nutriments à temps, les plantes peuvent se déshydrater et mourir en une heure ou deux (Quarters, s.d).

1.4 L'hydroponie, l'aquaponie ou l'aéroponie : Biologique ?

Bien que l'hydroponie, l'aquaponie ou l'aéroponie soit des cultures intéressantes qui n'utilisent pas de pesticide ou d'insecticide, elles ne peuvent pas être admissibles à l'appellation biologique selon les normes de l'agriculture biologique. La Norme Nationale du Canada, établie en 2006, est ferme, car elle stipule que le sol doit être le milieu de croissance pour être biologique. Malgré le fait que cette norme rend cette appellation confuse, le National Organic Program aux États-Unis autorise ce type de culture comme variante de l'agriculture biologique. Selon Jannash (2008),

la culture hydroponique conventionnelle dépend de formulations spéciales d'engrais solubles semblables à celles qui sont utilisées pour les grandes cultures. La plupart des exploitations soi-disant "hydroponiques biologiques" choisissent parmi une liste exhaustive de solutions concentrées de nutriments approuvées pour la production biologique. L'objectif de chacune de ces méthodes est de maintenir en grande partie l'espace de production stérile. L'insuffisance de bactéries, de champignons et d'autres organismes vient contredire ce que plusieurs considèrent être les valeurs fondamentales de la culture biologique. (Jannasch, 2008)

Quant à l'aquaponie, elle n'est pas capable d'obtenir le qualificatif de biologique parce qu'elle utilise de l'engrais naturel provenant des déjections de poissons. Pourtant ces déjections sont riches en azote et autres nutriments favorables à la croissance des plantes tandis que les solutions nutritives compensent les carences nutritives dont une plante a besoin pour compléter son cycle de croissance. Toutefois, en 2016, il y a eu une modification sur cette norme dans le Cahier des charges relatives aux produits portant des indications se référant au mode de production biologique produit par la CARTV (Conseil des appellations réservées et des termes valorisants). Désormais, les produits issus de la culture agricole aquacole sont couverts par l'appellation biologique (CARTV, 2016, p. 8) mais doivent être approuvés par preuve écrite par un organisme de certification accrédité et peuvent faire l'objet d'une attestation confirmant qu'ils sont « approuvés pour l'agriculture/aquaculture biologique » ou encore « approuvés pour la transformation biologique » (Ibid, 2016, p. 8)

Que ce soit un toit extensif ou intensif, ce chapitre a permis de mettre en lumière les divers techniques de culture pratiquée à Montréal et ailleurs dans le Monde. Il explique clairement les modes de cultures ainsi que leurs inconvénients.

CHAPITRE II : PROBLÉMATIQUE ET QUESTION DE RECHERCHE

Selon Berardi et al., (2014, p. 148), la croissance urbaine, particulièrement dans les pays développés, a entraîné diverses conséquences environnementales négatives, dont notamment l'accélération des effets d'îlot de chaleur urbain, une hausse des taux de pollution de l'air et une perte d'habitats réduisant la biodiversité. En installant des toits végétaux dans les villes, les études de cas présents dans la littérature démontre une absorption du bruit, une meilleure gestion des eaux de ruissellement provenant des fortes pluies et une économie d'énergie (Whittinghill et Rowe, 2011, p. 315). Relevant d'un certain biomimétisme, le toit végétal, outre son côté esthétique, apporterait non seulement un retour de la nature en ville, mais contribuerait à la biodiversité (Abbadie et al, 2014, p. 8). Tout en prolongeant la durée de vie de la membrane du toit des immeubles sur lesquels ces végétations sont installées, ils contribueraient à la séquestration de carbone (Schroll et al., 2011, p. 600). D'ailleurs pour répondre à ces problématiques d'ordre environnemental, les autorités de santé publique reconnaissent également que le verdissement en milieu urbain serait une des stratégies efficaces de lutte contre les îlots de chaleur, découlant notamment des changements climatiques et d'émission de gaz à effet de serre. (Centre d'écologie urbaine de Montréal, 2012, p. 4).

2.1 Émissions de gaz à effet de serre et réduction des coûts énergétiques

Environ 30 % du rayonnement solaire est réfléchi vers l'espace par les nuages ou par la surface de la Terre et 70 % sont principalement absorbés par la surface (Baum et al., 2011, p. 395-396). Les gaz à effet de serre sont des gaz atmosphériques sous forme de vapeur d'eau, de dioxyde de carbone, de méthane et d'oxyde nitreux capable d'absorber cette chaleur et agissent comme bouclier pour l'empêcher de se dissiper dans l'espace (Gouvernement du Canada, 2015). Cette absorption réchauffe

la surface et émet en retour une quantité égale d'énergie sous forme de rayonnement infrarouge en direction de l'espace (Baum et al., 2011, p. 395-396). Lorsqu'ils rayonnent dans toutes les directions, ils contribuent alors au réchauffement de surfaces supplémentaires (Ibid., 2011, p. 395-396).

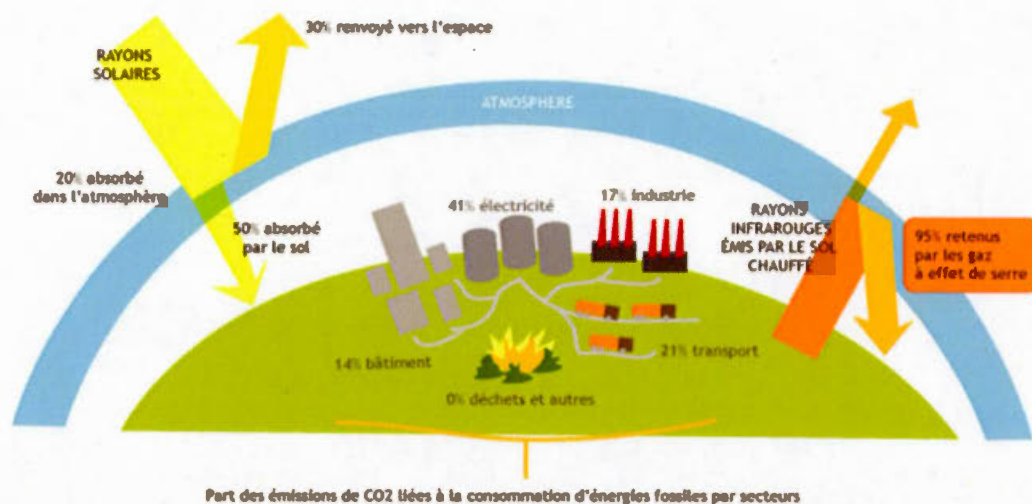


Figure 2.1 : Gaz à effet de serre Source : Ardourel et al., s.d

Selon Srivastava et al. (2012, p. 1344), le réchauffement climatique dû à l'augmentation des gaz à effet de serre et l'émission subséquente des changements climatiques sont des défis environnementaux les plus graves rencontrés par les scientifiques, les universitaires, les organismes de réglementation et les décideurs dans le monde entier. À l'échelle mondiale, les villes consomment 75 % de l'énergie mondiale et produisent 80 % des émissions de GES, ce qui excède largement leur part

de la population mondiale, qui est d'autour de 50 % (Peng et Weissenberger; s.d : p. 3). Aux États-Unis, les immeubles sont responsables de 38 % des émissions de gaz carbonique tandis que les activités humaines avec la combustion des combustibles fossiles ont augmenté la concentration de l'émission des gaz carboniques de 32 % depuis 1750 (Rowe, 2011, p. 2103). En dépassant leur biocapacité, les villes dépassent également leur empreinte écologique et en ce sens les toits végétaux pourraient contribuer à « ... décarboniser les villes, renforcer la transition énergétique et réduire l'empreinte écologique globale... » (Vandelac, 2014, p. 9). Dépendant de leur épaisseur de substrats et de la couverture végétale utilisés, les toits végétaux pourraient réduire la consommation d'énergie globale de 2 à 39 % et de 12 à 87 % pendant l'été (Whittinghill et Rowe, 2011, p. 315). Précisément, dans l'étude de Liu et Baskaran (2003, p. 6) un toit extensif de 150mm (6 pouces) de profondeur peut baisser la demande d'énergie de 75% par rapport à celle d'un toit standard. Ainsi, selon Prochazka (2014, p. 5), ces toits, qualifié « d'épiderme urbain » pourraient favoriser une culture écoénergétique en tenant compte de la crise environnementale globale et contribueraient « à faire émerger un nouveau rapport à l'énergie aux ressources et aux écosystèmes vivants ».

Par exemple, si le sud de la Californie installait des toits végétaux sur 50 % de ces surfaces, il y aurait une réduction de la consommation d'énergie de 1,6 M de mégawatts par heure et par année, épargnant ainsi aux résidents jusqu'à 211 millions \$ US en coûts d'électricité, tout en réduisant les émissions de CO₂ jusqu'à 465 milliers de tonnes métriques par an (NRDC, 2012, p. 3). En absorbant l'énergie solaire et la chaleur, les habitants des quartiers peuvent bénéficier d'une réduction des frais de chauffage et de climatisation, leur permettant d'utiliser ce revenu pour améliorer leur qualité de vie. Ces végétations sur les toits réduisent la consommation énergétique lorsque les températures extérieures dépassent ceux de l'intérieur du bâtiment grâce à l'évapotranspiration des plantes et la réflexion de l'énergie solaire

sur un espace (Sutton, 2015, p. 213). Selon Nerenberg (2005, p. 9), accompagné d'un bon système de ventilation naturelle (des fenêtres), les toits végétaux peuvent remplacer un climatiseur électrique. Ces variances thermiques se produisent avec le processus de l'évapotranspiration des plantes qui refroidissent le bâtiment et en été, le terreau du toit fournit une isolation, permettant une économie d'énergie pour le chauffage (Nerenberg, 2005, p. 9).

Energy Plus, un modèle énergétique du Ministère de l'Énergie aux États-Unis a démontré que les toits végétaux pouvaient réduire la consommation de l'électricité par 2 % et de 9 à 11 % le gaz naturel (Rowe, 2011, p. 2103). Selon lui, un bâtiment avec un toit végétal de 2000 m² pourrait économiser de 27,2 à 30,7 Gigagoules (GJ) d'électricité et 9,5 à 38,6 GJ de gaz naturel par an, selon le climat et la conception du toit. Si l'on calcule la moyenne nationale de CO₂ généré pour produire l'électricité et la combustion du gaz naturel, on dénote des économies annuelles de 2,3 à 2,6 kg m² de CO₂ et 0,24 à 0,97 kg m² de CO₂ avec les toits végétaux (Rowe, 2011, p. 2103). En utilisant, le même simulateur énergétique sur son toit de 1,1 km², l'Université Michigan, a pu constater que si les toits étaient verdis au complet, ils pourraient éviter 3 640 263 kg d'émission de CO₂ équivalent à 661 véhicules dans les rues par an (Rowe, 2011, p. 2103). À Détroit, les recherches ont démontré pouvoir séquestrer 55 252 tonnes de carbone, équivalent à 10 000 véhicules (Li et al., 2014, p. 702-703).

2.2 Îlots de chaleur urbains et performance thermique

L'îlot de chaleur est « une zone urbanisée caractérisée par des températures estivales plus élevées que l'environnement immédiat » (Lareau et Baudouin, 2015, p. 236). Les éléments contribuant à leur formation sont notamment une absence de végétation, la présence de polluants atmosphériques, ou l'usage de matériaux imperméables dans le recouvrement de sols. Ils sont problématiques sur la santé de personne de plus de 65

ans, touchée par des « épisodes de chaleur extrême » d'au moins trois jours consécutifs où la température maximale moyenne excède 33 degrés ou 20 degrés pendant deux nuits consécutives (Lareau et Baudouin, 2015, p. 236).

Or les toits végétaux pourraient atténuer la température de 2% par bâtiment sur une surface de 0.218 km² comme dans la ville de Rome en Italie (Battista, 2016, p. 1062). Dans la même veine, à Florianópolis au Brésil, ils pourraient contribuer au bénéfice thermal ainsi qu'à l'efficacité énergétique des bâtiments dans les conditions de climat tempéré (Parizotto et Lamberts, 2011, p. 1712) à travers l'ombre, l'isolation et la masse thermique avec leur propriété de faible absorbance solaire (Berardi et al, 2014, p. 413) en redistribuant le rayonnement solaire entrant et en diffusant la lumière, qui serait réfléchiée comme chaleur sensible par les surfaces urbaines (Ackerman et al., p. 192). L'évapotranspiration des zones végétalisées agit comme des dissipateurs thermiques et conduit à des températures ambiantes que celles sans végétation urbaine (Ackerman et al., p. 192). Pendant l'été, on note une diminution du gain de chaleur par 92-97 % tandis qu'en hiver, on note une baisse de 70 à 84 % (Parizotto et Lamberts, 2011, p. 1712). À Toronto, on note une perte de chaleur moyenne de 70 à 90 % en été et de 10 à 30 % en hiver sur des substrats de 75 à 100 mm de profondeur (Liu et Minor, 2005); Castleton et al, 2010, p. 1583).

Le documentaire de Denis Chamberland (2004) intitulé « les toits verts » nous présente un entretien avec Karine Liu et Brad Bass qui répondent aux hypothèses et aux questionnements relatifs aux impacts des toits végétaux et sur la réduction des effets d'îlot de chaleur. Karine Liu, ingénieure et chercheuse, a récolté des données sur l'efficacité de ces toits dans la ville de Vancouver. Elle a utilisé un espace de 800 pieds carrés, recouvert d'un répulsif qui empêche les racines de pénétrer les membranes des toits, ainsi qu'une couche de drainage. Elle a installé des capteurs pour mesurer la température de surface et a constaté que ces toits émettaient 75 %

moins de chaleur à cause de l'évapotranspiration des végétaux et de l'humidité des sols (Curio.ca, 2004).

Brad Brass, chercheur pour Environnement Canada, a étudié l'hôtel de ville de Toronto, qui possède 8 jardins de vivaces dont un de sédum (plantes succulentes). L'étude a démontré premièrement une possibilité de réduire la chaleur de 1 à 2 degrés dans le quart de la ville et deuxièmement une diminution de 5 à 10 % des besoins d'énergies pour la climatisation (Curio.ca, 2004). Tandis qu'une autre étude démontre un gain de chaleur de 95% en hiver et des pertes de chaleur de 26 % en été (Liu et Baskaran, 2003, p. 6).

Plusieurs études (Dubbeling, 2014; Li, 2014; Berardi, 2013), menées dans la ville de Chicago ont permis de conclure que si tous les immeubles de cette ville possédaient un toit végétal, il y aurait une réduction des frais de climatisation de 1 million \$ US par année (Boucher, 2006, p. 6). Si Toronto était recouverte de toits végétaux, il y aurait des rafraîchissements de 0,1 à 0,8 degré Celsius (Ayalon, 2006, p. 23). Finalement, dans le cas de Montréal, on pourrait obtenir une diminution de la consommation d'énergie de climatisation par 99 % grâce à un toit végétal irrigué et de 91% par un non irrigué (CEUM, 2011, p. 25). Ces chiffres proposent un choix éclairé surtout pour des propriétaires de bâtiments qui ont une volonté d'aller vers une transition écoénergétique, mais qui ont peur des coûts.

2.3 Gestion des eaux pluviales

Selon un projet pilote du Centre d'écologie Urbaine de Montréal (CEUM), 80 % du territoire urbain de la ville de Montréal est occupé par des bâtiments et des surfaces qui n'absorbent pas les eaux de pluie (Nerenberg, 2005). Lors de grosses averses et orages, les eaux de ruissellement qui ne peuvent être absorbées par les réseaux

d'égouts contribuent aux inondations en plus de rejeter des polluants non traités dans les cours d'eau. Le Ministère de Développement Durable et de la Lutte contre les Changements Climatiques (MDDELCC, 2015) souligne que le développement du territoire contribue à l'augmentation des surfaces imperméables et des eaux de ruissellement. Le résultat est une amplification de la rapidité des apports vers les cours d'eau récepteurs donc, une modification du régime hydrique naturel causant un risque d'inondation et une augmentation de l'érosion sévère.

Une méta-analyse allemande faite à partir 628 résultats met en valeur une possibilité de réduction des eaux de ruissellement grâce aux toits végétaux (Mentens et al., 2006, p. 217). Elles montrent une relation pluie-débit pour les toits végétaux, fortement déterminée par la profondeur de la couche de substrat, car l'eau de ruissellement est retenue dans le substrat sur une plus longue période de temps. Ces toits peuvent contribuer à protéger les systèmes d'eaux pluviales municipales contre les débordements et en même temps réduire l'érosion potentielle en aval (Rowe, 2011, p. 2104). La méta-analyse démontre une rétention des eaux de ruissellement, qui varie de 75 % pour les toits intensifs avec un substrat de 150 mm et de 45 % pour les toits extensifs avec un substrat de 100 mm ou encore 55 % avec une épaisseur de 114 mm et 70% avec 365 mm (Mentens et al, 2006, p.224; Mukherjee, 2014, p. 140).

À Bruxelles, l'écologisation de 10 % de ces toits a entraîné une réduction des eaux de ruissellement par 2,7 % pour la région et par 54 % pour les bâtiments individuels. Tandis qu'à Vancouver, Kelowna et Shanghai, on a constaté des réductions de 29 %, 55 % et 100 % respectivement (Berardi et al, 2014, p. 422). Si 20 % des bâtiments avaient des toits végétaux, ils pourraient stocker approximativement 958 M de litres (253 M de gallons) d'eaux de pluie en moyenne par an. (Rowe, 2011, p. 2104). À Toronto, l'université York a estimé que les toits végétaux pourraient réduire de moitié la décharge des eaux suite à des installations mises sur place pour mesurer la quantité

d'eau qui s'écoule des toits lors de fortes pluies (Curio.ca, 2004). À Portland (Oregon), si la moitié de la ville faisait des cultures sur les toits, la décharge de ruissellement serait réduite de 11 à 15 %, car elle serait épongée par les cultures sur les toits (Boucher, 2006, p. 6). Toutefois, d'après Rowe (2011, p. 2104), une réduction entre 50 % à 100 % dépendra de plusieurs caractéristiques; type de toit; composition, pente et profondeur du substrat; espèces végétaux; préexistence d'humidité et l'intensité et durée de la pluie.

2.4 Biodiversité urbaine et préservation de l'écologie

La biodiversité urbaine est la diversité spécifique des organismes vivants, y compris leurs variations génétiques, de même que la multiplicité des habitats dans les établissements humains (MAMROT, 2010, p.13). Dans le processus de l'urbanisation des villes, cette biodiversité est affectée, car les habitats et les espaces naturels des espèces sont alors déplacés ou détruits, modifiant alors l'écosystème et augmentant les perturbations. Pour y remédier, les cultures sur les toits pourraient contribuer à réduire cette perte de biodiversité dans les villes notamment, avec l'implantation de nouveaux habitats sur les toits d'immeubles.

Plusieurs études (Coffman et Davis, 2005; Breinneisen 2006; Kadas 2006) démontrent que grâce aux toits végétaux, de nouveaux habitats écologiques pouvaient être créés par la mutualisation des espèces en adoptant un jardin ou une toiture végétalisée comme habitat urbain, spécialement les invertébrés et la faune aviaire. Plusieurs hypothèses émettent une possibilité d'acquérir une plus grande biodiversité des espèces, même les plus rares, car les toits végétaux peuvent être des répliques des écosystèmes du sol et encourageraient la faune (Williams et al, 2014, p.1646). Les données récoltées par Kadas (2006) démontrent une conservation importante; avec 10 % des espèces d'invertébrés provenant de toit de Londres, 10 variétés d'abeilles

provenant des 19 toits en Suisse et plusieurs invertébrés provenant des 115 toits végétaux en France (Williams et al, 2014, p. 1646). Or, comme le souligne le guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable, les toits végétaux favoriseraient la biodiversité des plantes tout en attirant certains types d'oiseaux (MAMROT, 2010, p. 16). Ces toits peuvent aussi constituer d'importantes ressources pour les populations d'abeilles qui sont en déclin dans les milieux ruraux contrairement aux populations des villes qui bénéficient des avantages de l'interdiction des pesticides. Les ruches, dans ces milieux urbains, permettent aux abeilles de polliniser les fleurs et de s'en nourrir en retour.

2.5 Amélioration de la qualité de l'air

La pollution de l'air cause une dégradation de la santé humaine telle que les occurrences de maladies respiratoires comme l'asthme et une augmentation d'incidence des maladies cardiovasculaires (Rowe, 2011, p. 2101-2102). Aux États-Unis, un Américain sur dix vit dans un environnement où des particules de pollution néfastes pour la santé sont présentes. Le taux de mortalité est accru dans 95 zones urbaines et a été lié à des niveaux élevés d'ozone (Ibid, 2011, p. 2102). Au Canada, selon l'Association médicale de l'Ontario, cette pollution causerait 9500 décès prématurés par an, une hausse de 506,64 millions \$ US en soins de santé, suivi d'une perte de productivité de 374,18 millions \$ US (Ibid, 2011, p. 2102).

Pourtant une partie de cette pollution pourrait être absorbée, car, selon Peck et Kuhn (s.d, p. 9), les endroits pourvus de végétation ont 10 à 15 % moins de particules que ceux où les végétations sont absentes. Par exemple, un toit de gazon non coupé de 2000 m² (100 m² de brins d'herbe par m² de toit) peut purifier jusqu'à 4000 kg de poussière (2 kg par m² de toit) et enlever 2 kg par an. Toutefois, le taux d'absorption de polluants varient considérablement selon les espèces, dépendamment du type de

plante, qui peut déterminer l'étendue des avantages de la réduction de la pollution atmosphérique (Sutton, 2015, p. 221). Les cultures sur les toits peuvent réduire la pollution de l'air par deux mécanismes principaux : le piégeage physique des particules ou d'autres polluants sur les surfaces des plantes, et l'absorption de polluants dans les tissus végétaux (Ibid, 2015, p. 221). Les plantes absorbent les polluants gazeux à travers leurs stomates, interceptent les particules avec leurs feuilles et sont capables de briser certains composés organiques tels que l'hydrocarbure aromatique polycyclique dans les tissus végétaux ou dans le sol (Rowe, 2011, p. 2102). Absorber les polluants, le piégeage physique des particules et tolérer le stress sont des traits importants pour la sélection de la végétation pour ce service de l'écosystème (Sutton, 2015, p. 221). Selon l'étude de Yang et al., (2008), le niveau d'élimination de la pollution de l'air par les toits végétaux à Chicago a été quantifié grâce à un modèle de dépôt sec, qui a démontré qu'un total de 1675 kg de polluants atmosphériques ont pu être enlevés grâce aux 19,8 hectares de toits végétaux pendant une année, incluant 52 % d'ozone (O_3), 27 % de dioxyde d'azote (NO_2) et 7 % de dioxyde de soufre (SO_2). Si tous les toits de Chicago étaient recouvert de toits végétaux intensifs, la quantité de polluants enlevés seraient de 2046,89 tonnes métriques par an (Yang et al., 2008, p. 7266).

2.6 Isolation phonique et acoustique

Des excès de bruit peuvent avoir des effets négatifs d'ordre physiques, psychologiques et physiologiques sur un individu (Borthwick, 2014, p. 32-33). Ils peuvent conduire à des problèmes de santé tels que la déficience auditive, l'hypertension et la cardiopathie, les troubles du sommeil et une diminution de la performance scolaire (Rowe, 2011, p. 2105). Mukherjee (2014, p. 141), indique une réduction du sommeil s'il y a une exposition au bruit excédant 45 décibel (dB) et des problèmes cardiaques à une exposition de 67-75 dB. Les toits végétaux peuvent

absorber le bruit et isoler le son, car les ondes sonores pénètrent les espaces poreux et sont atténuées par les nombreuses interactions de particules de substrat (Rowe, 2011, p. 2105). Les données démontrent une augmentation de la perte de transmission sonore entre 5 - 13 dB à des fréquences basses et moyennes, et de 2-8 dB à des fréquences élevées (Berardi et al., 2014, p. 422). Selon les expériences menées jusqu'à ce jour, un substrat de 12 cm (5 pouces) peut à lui seul atténuer des bruits de 40 dB (Peck et Kuhn, s.d, p. 7), car les substrats peuvent bloquer les basses fréquences tandis que les plantes peuvent bloquer les plus hautes fréquences (Bernier, 2011, p. 61)

2.7 Agriculture urbaine

D'ici 2050, on estime à 9,3 milliards la population mondiale et il est urgent de réexaminer la façon de développer les espaces urbains afin de pouvoir y nourrir ces habitants (Ackerman et al., 2014, p. 190). S'inscrivant dans le cadre général de l'aménagement et de l'agriculture urbaine, les toits végétaux peuvent être des plateformes pour pratiquer l'agriculture urbaine. Sous forme de jardins sur les toits, ils peuvent récupérer des superficies plus ou moins significatives de terres agricoles perdues suite au développement urbain. Au plan alimentaire, ces toits peuvent favoriser l'accès de proximité à des aliments nutritifs et frais. Ils peuvent atténuer, du moins durant la saison productive, l'approvisionnement en produits frais importés et aider ainsi à réduire, bien que de façon marginale, l'importation et le transport d'aliments sur de longues distances.

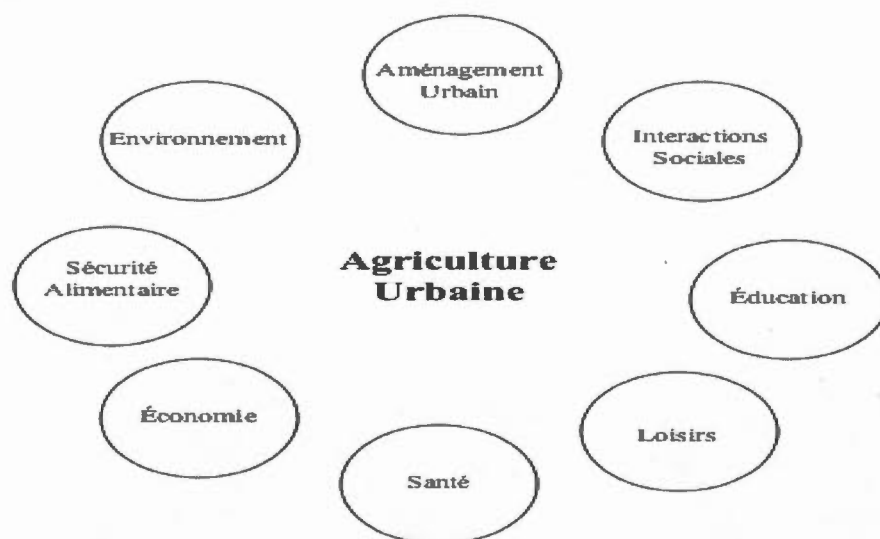


Figure 2.2 : Multifonctionnalité de l'agriculture urbaine
Source: Duchemin et al. (2010)

Duchemin et al. (2010) et Ackerman et al. (2014) mentionnent l'importance de l'agriculture urbaine dans le renforcement des liens sociaux et l'approvisionnement d'une alimentation saine et de proximité, qui par défaut peuvent contribuer au revenu d'un ménage, des dépenses alimentaires « offset », et la création d'emplois. Elle ne se limite pas seulement à sa fonction alimentaire, car à travers le monde, elle interpelle une multifonctionnalité à travers la littérature dans diverses sphères, dont l'aménagement urbain, l'environnement, l'économie, la sécurité alimentaire, la santé, le loisir, l'éducation et les interactions sociales (Duchemin et Wegmuller, 2008).

Sur le plan environnement, elle peut aider dans la gestion des eaux pluviales en réduisant le débit et le volume d'eau et des effets des îlots de chaleur tout en créant des habitats fauniques et floristiques (Société québécoise de phytotechnologie, 2014, p. 12). Sur le plan économique, elle peut diminuer les besoins d'énergie utilisée avec la climatisation et augmenter la durabilité de la membrane des toitures grâce à sa

végétation qui agit comme une protection thermique sur ses membranes. Dans un contexte social, elle peut offrir un meilleur aspect esthétique de la ville dans son aménagement grâce aux verdissements et à l'embellissement des lieux. En même temps, elle peut favoriser des projets pour la communauté, entraînant ainsi des rencontres et des échanges sociaux (Société québécoise de phytotechnologie, 2014, p. 12). Elle peut encourager une plus grande participation citoyenne sous forme de loisir dans la pratique d'un passe-temps et d'éducation avec l'échange de connaissances et d'apprentissages dans la production de l'espace urbain. De ce fait, il peut être un outil pour le développement social d'un quartier permettant d'éviter l'exclusion, où même favorisant l'entre - aide et réduisant le taux de criminalité, la délinquance ainsi que les abus d'alcool (Duchemin et al., 2010).

Sur le plan santé, elle peut également aider dans l'amélioration de la qualité de l'air, car les végétaux sont détoxifiant et peuvent absorber la pollution ainsi que le dioxyde de carbone (Boucher, 2006, p. 5-6) tout en étant une solution pour réduire le bruit avec un minimum 15 cm de profondeur de substrat. Selon l'étude de Borthwick et Sutton (2015), un toit végétal offrirait des bienfaits psychologiques et physiologiques à leurs habitants. Parmi les bénéfices ; une réduction de stress, une augmentation de pensée innovatrice et une agilité mentale, une hausse de motivation et de productivité ou encore une baisse de dioxyde de carbone, d'absence et de maladies parmi des employés. Au plan alimentaire, elle peut contribuer à une certaine sécurité alimentaire avec un accès à une alimentation saine et à proximité. Elle permet ainsi une baisse du coût de l'épicerie tout en favorisant la création d'emplois et un potentiel de développement de l'économie sociale. Ces cultures sur les toits peuvent à terme offrir d'autres modèles de production alimentaire,

surtout si en même temps, dans une perspective globale, intégrée et multifonctionnelle, on profite de ces espaces pour multiplier les toits gourmands, nourriciers et les serres de l'agriculture urbaine favorisant ainsi

l'autonomie alimentaire tout en compensant, à très petite échelle, un tant soit peu, les pertes accélérées de biodiversité agricole résultant de monocultures intensives gavées d'intrants et de pesticides. (Vandelac, 2014, p. 9)

Toutefois, des limitations telles que la disponibilité des terres agricoles, l'utilisation des terres, ainsi que le droit de propriété, les accès économique et physique à la contamination des aliments ainsi que les facteurs géographiques et climatiques jouent un rôle important pour avoir du succès (Whittinghill et Rowe, 2011, p. 315). Ajoutée à cette liste, la sécurité alimentaire, définie comme étant le manque d'accès à une alimentation adéquate pour une vie saine demeure une préoccupation majeure pour les agriculteurs urbains, car elle est affectée par la quantité et la qualité des aliments disponibles dans un ménage (Ackerman et al., 2014, p. 190-191). Pourtant, plusieurs de ces limitations pourraient être diminuées grâce aux cultures sur les toits (Ibid, 2011, p. 315), si ceux-ci servaient de plateformes de cultures pour verdir et apporter des bienfaits tant au niveau social qu'environnementale, dans le contexte de l'agriculture urbaine. S'inscrivant dans le contexte de l'agriculture urbaine, ils viseraient à assurer davantage la sécurité alimentaire et à promouvoir la production urbaine locale, à réduire les problèmes d'accès à la nourriture propres dans certains quartiers défavorisés. Ils favoriseraient une meilleure santé avec une production locale sans pesticides issue d'une agriculture durable et autosuffisante au niveau individuel (Sanyé-Mengual et al., 2015, p. 2).

2.8 Sécurité alimentaire

La sécurité alimentaire se définit comme une accessibilité à des aliments de qualité et en quantité suffisante pour une population donnée. Ces aliments doivent « être sains, nutritifs et variés, et doivent refléter la diversité culturelle et sociale des citoyens » (Équiterre, 2010 - 2011). Pour vérifier la présence d'insécurité alimentaire, cinq cadres d'analyse doivent être pris en compte ; l'accès, la qualité et la diversité des

aliments, la pérennité du système alimentaire et la capacité de prise en charge citoyenne (Équiterre, 2005, p. 10). Toutefois, la disponibilité physique des aliments diversifiés et de qualités qui satisfait un régime alimentaire équilibré tout en étant économiquement accessible est difficile à satisfaire avec l'agriculture conventionnelle. Surtout si celle-ci utilise en masse les pesticides, perd sa biodiversité par la dégradation des sols ou menace la sécurité alimentaire (Ibid, 2005, p. 63).

Actuellement, plus de deux millions de Canadiens sont victimes d'insécurité alimentaire, incluant une portion importante d'enfants dans les 2,3 % de la population qui souffre de la faim (FAO, 2011). Montréal se classe au deuxième rang des villes canadiennes les plus touchées par l'insécurité alimentaire avec 16,2 % des citoyens, incapables à un moment donné, de se nourrir correctement; 11,2 % qui s'inquiète d'être en manque de nourriture et 8,7 % qui déclarent avoir eu souvent faim (Dutil, 2012). Selon les données de la ville, 140 000 personnes reçoivent une aide alimentaire et 20,4 % de la population montréalaise n'ont pas un grand accès aux commerces d'alimentation (Ville de Montréal, 2015, p. 8). La multiplication des toits végétaux dans une ville telle que Montréal, pourrait-elle permettre à certains résidents de se nourrir à meilleur prix, favorisant ainsi leur l'autonomie alimentaire ? Surtout, si une production de légumes locaux, sains et nutritifs vaut entre 150 \$ CAD et 300 \$ CAD pour un investissement de 50 \$ CAD à 75 \$ CAD (Ville de Montréal, 2012, p. 20). Donc, si chaque habitant adopte ce loisir enrichissant, cela permettrait à des membres de communautés d'obtenir des légumes à faibles coûts, tout en brisant la dépendance envers des banques alimentaires. À Vancouver, si la moitié des toits de la ville étaient utilisés pour l'agriculture urbaine, elle pourrait générer environ 4 % des besoins alimentaires pour 10 000 personnes. En utilisant la technique hydroponique, ce chiffre pourrait être augmenté par 60 % (Dubbeling et Massoneau, 2014, p. 52). À Toronto, si 20 % des 1700 bâtiments étaient convertis en toits agricoles, elle pourrait

représenter 16 hectares de production alimentaire (Dubbeling et Massoneau, 2014, p. 52).

Selon Suzuki (2014), en général les aliments importés parcourent plus de 5000 kilomètres du lieu de production au lieu de consommation. Selon lui, produire localement pourrait non seulement réduire les émissions de gaz à effet de serre provenant des transports, mais pourrait aussi réduire les nécessités d'avoir recours aux produits chimiques et les techniques de transformation pour empêcher la dégradation des aliments. Ce qui permettrait d'atténuer les frais d'exportation et d'importation du moins durant les saisons propices, mais nous ignorons encore qu'elle peut être la contribution réelle de ces cultures locales en termes quantitatifs (Pourias, 2014, p. 6). Il a été estimé que le transfert de nourriture est généralement d'environ 2080 kilomètres de la ferme à la table. Pourtant, ce chiffre pourrait être réduit à 49 kilomètres pour certains aliments s'ils étaient produits en ville en milieu périurbain (Ackerman et al, 2014, p. 190). En outre, la diminution de la distance que parcourent les aliments peut avoir un impact significatif sur la réduction de la détérioration de ceux-ci et des déchets alimentaires. Bref, il serait avantageux pour une ville de développer des circuits de proximité, surtout lorsque le producteur est lui-même consommateur et que la distance à parcourir est faible.

2.9 Aliments sans pesticide et sans engrais issus de la chimie de synthèse

Les aliments issus d'une agriculture biologique ne possèderaient pas de vertu nutritive ou gustative nécessairement supérieure, mais seraient cependant exempts de résidus chimiques et de produits phytosanitaires que l'on retrouve généralement dans les aliments issus de l'agriculture conventionnelle. Une consommation quotidienne de ces résidus, même en ne dépassant pas les limites officiellement autorisées, peut constituer un risque mal évalué pour la santé des consommateurs. La sagesse recommande donc d'appliquer le principe de précaution en consommant les aliments issus de l'agriculture biologique (AFSSA, 2003)

Les aliments biologiques sont cultivés conformément à un système de production spécifique sans engrais synthétiques sans pesticides et sans régulateur de croissance ou additif animal. Ils garantissent la santé du sol, la biodiversité, le traitement non stressant des animaux et les pratiques environnementales saines. Ils interdisent toute forme d'utilisation de cultures transgéniques, d'irradiation et d'agent conservateur. Son étiquetage indiquant les méthodes de production est un facteur de réussite important pour ce marché (Serecon Management Consultant, 2005, p. 36). Ce sont ces mêmes raisons qui aujourd'hui incitent, certaines familles à se tourner vers les produits biologiques, sans pesticides ni engrais chimiques.

Toutefois, la possibilité d'avoir accès à des aliments biologiques est souvent limitée soit par les faibles ressources économiques des familles soit par les plus faibles niveaux d'éducation. Selon un sondage de Filière biologique du Québec (2011, p. 2-3), sur 718 participants de 18 ans et plus, 55 % affirment consommer des produits biologiques. Parmi, 70 % des consommateurs de produits bio sont des universitaires et 66 % ont un revenu familial de 90 000 \$ CAD et plus. Tandis que 58 % qui ne consomment pas de produits bio sont âgés de 65 ans et plus. Dans ce pourcentage, 71 % n'ont pas effectué d'études secondaires et 66 % ont un revenu familial inférieur à 15 000 \$ CAD. L'étude montre aussi que l'une des principales raisons de se nourrir avec des aliments biologiques est la méfiance relativement à la consommation de pesticides ou d'aliments génétiquement modifiés.

Selon Vandelac (2014, p. 9), les toits végétaux favoriseraient une autonomie alimentaire, qui pourrait à petite échelle compenser les pertes de biodiversité agricole, qui sont les résultats de monocultures intensives gavées d'intrants et de pesticides. Ils permettraient aux villes de bénéficier de nombreux avantages, avec moins de besoins de transporter des aliments sur de longues distances avec une agriculture de proximité qui offre des aliments frais et fiable en hiver ainsi que des possibilités d'emplois

locales. Bien que l'agriculture sans pesticide soit une solution intéressante pour répondre aux attentes de la population, il est difficile de satisfaire la demande. Surtout celles des détaillants et fournisseurs de restaurants ou encore des intervenants québécois, qui doivent gérer l'approvisionnement en fruits et légumes tant en saison que hors saison. À cause de la petitesse du secteur, l'approvisionnement est à risque, car la production de grands producteurs peut compromettre des acheteurs à qui s'offre peu de choix d'approvisionnement. Ainsi, de telles conditions entravent l'émergence d'entreprises et de modèles d'affaires nécessaire pour répondre à la demande (Éco Ressources Consultants, 2012, p. 13).

2.10 Objectifs

Ce mémoire vise à dégager les liens positifs que pourraient avoir les toits végétaux sur une ville en identifiant, à partir de la littérature scientifique et de l'observation participante, leurs apports à l'environnement, l'économie et à la communauté. Bien que je parle d'une des possibilités à offrir une agriculture de proximité, mon objectif demeure principalement de souligner globalement les avantages de la présence des toits végétaux en ville, surtout dans son contexte d'aménagement en lien avec l'environnement et la communauté.

2.11 Question centrale de recherche

Les toits végétaux peuvent-ils constituer des alternatives significatives pour atténuer certaines problématiques d'ordre environnemental ? Et si oui, dans quelle mesure et à quelles conditions ?

2.12 Hypothèse centrale

Les toits végétaux peuvent constituer un atout pour une ville sur le plan environnemental et social. Parmi les contributions écosystémiques, on constate une réduction des effets d'îlot de chaleur grâce au processus d'évapotranspiration de la couverture végétal, une dépollution de l'air par absorption de certains polluants, une fixation de la poussière et du dioxyde de carbone et une diminution du volume et du débit d'eaux de ruissellement dans les canaux d'eaux usées (Abbadie et al., 2014, p. 29). Toutefois, selon certaines estimations de la Ville de Montréal, la grande majorité des immeubles n'ont pas les structures portantes suffisantes pour soutenir de tels projets de jardins et de serres sur les toits (Vandelac, 2014, p. 601). Par ailleurs, les conditions posées par la Régie du bâtiment ne facilitent pas, voire entravent ces projets de cultures sur les toits. J'ai donc fait l'hypothèse que certaines modifications relatives aux exigences du code du bâtiment pour les immeubles ayant la capacité portante suffisante et de nouvelles normes de construction pourraient contribuer à promouvoir l'installation de telles infrastructures (Ville de Montréal, 2006).

Ce chapitre regroupe et présente les divers avantages d'un toit végétal tout en répondant à notre question de recherche, à savoir si les toits végétaux peuvent constituer des alternatives significatives pour atténuer certaines problématiques d'ordre environnemental ? Et si oui, dans quelle mesure et à quelles conditions ? En revanche, bien que nous ayons évoqué brièvement l'hypothèse centrale dans ce chapitre, elle sera vue plus en détail dans le chapitre 4 dans une perspective présentant les diverses limites qui empêchent l'installation des toits végétalisés.

CHAPITRE III : APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Dans ce chapitre sont présentés l'observation participante avec les visites de terrain (section 3.1.1), le processus de la revue de littérature (section 3.1.2) et le cadre conceptuel (section 3.2).

3.1 Méthodologie

Cette partie présente et justifie la méthodologie déployée pour réaliser cette recherche. Une observation participante ainsi que des visites de terrain afin d'approfondir mes connaissances sur les pratiques à Montréal et, plus important encore, de vérifier la faisabilité de tels projets avec des acteurs et experts dans le domaine.

3.1.1 Observation participante et visite de terrain

Une observation implique que le chercheur s'immerge totalement « dans son terrain, pour tenter d'en saisir toutes les subtilités, au risque de manquer de recul et de perdre en objectivité » afin de récolter les données qu'il utilisera pour son étude (Soulé, 2008; Fortin, 2010). Dans mon cas, mes recherches se basent principalement sur la revue de littérature et les documents scientifiques, mais j'ai quand même voulu aller sur le terrain pour observer et mieux comprendre mon sujet d'étude. L'observation donne une grande flexibilité d'être présent sur le terrain et d'y participer en posant des questions au guide. Dans mon cas, j'ai débuté par le toit du Concordia Greenhouse, puisque j'y travaille déjà comme membre du Comité de direction. Ensuite, je suis allé visiter le Santropol Roulant, étalé sur trois étages. Troisièmement,

j'ai fait une série de visites guidées sur les toits de la Maison du développement durable, du Palais des Congrès et de l'Hôtel Hilton Bonaventure, accompagnée de deux spécialistes des toits végétaux et organisés par le Cœur des Sciences de l'UQAM. Bien que je possédais déjà la majorité des informations sur les toits végétaux dans la littérature, ces visites m'ont apporté un aspect visuel des conceptions et compositions des toits à Montréal.

Concordia Greenhouse

La serre Concordia est un organisme collectif à but non lucratif. Elle se situe sur le toit du Henry H. Hall de l'Université Concordia à Montréal. Elle utilise cet espace dans un environnement organique, orienté vers la communauté, l'éducation et l'horticulture durable. Tout au long de l'année, en plus de servir d'espace vert, on y organise des ateliers, des projets et des événements qui sensibilisent les gens aux problèmes alimentaires et aux alternatives à la tradition du consumérisme. Cet organisme aspire à renforcer le mouvement de l'agriculture urbaine en développant des produits locaux et en adoptant des pratiques écologiques, en offrant des possibilités d'apprentissage expérientiel grâce au volontariat, aux stages et aux emplois, et en réseautage avec d'autres personnes et organisations partageant les mêmes idées.

Dans le cadre de ce projet de mémoire de maîtrise, j'ai voulu en apprendre davantage sur le fonctionnement de cet organisme et de ce fait, j'ai commencé à travailler en tant que membre du Comité de direction depuis août 2016 à ce jour. Lors de mon implication, j'ai vécu et observé trois points : les difficultés rencontrées par ce type d'aménagement (infestation d'insectes et la limite des fonds), les problématiques existantes (fuite d'air froid à cause de la mauvaise installation) et la viabilité de tels projets en hiver comme en été (taux de production plus faible en hiver). Pour enrichir

mes connaissances sur les concepts et les pratiques de l'agriculture sur les toits, j'ai assisté à plusieurs ateliers sur l'hydroponie et sur le démarrage de semis. Ces ateliers m'ont appris les diverses contraintes agronomiques et techniques que demande une telle installation, dont le taux d'humidité et la propagation de maladies en phytotechnie. Dans le cadre de mon travail, j'ai eu entre les mains des documents confidentiels, j'ai aussi pu participer à la prise de décisions importantes au niveau des acquisitions de subventions pour plusieurs projets. J'ai pu participer à l'organisation des ateliers éducationnels avec la collaboration d'autres organismes pour l'école d'agriculture au campus de Loyola. Ci-dessous quelques photos des cultures faites à l'intérieur des serres pendant toute l'année.



Figure 3.1 : Concordia Greenhouse, Montréal, Québec
Source : Prisca Ayassamy (2016, 26 juillet)

Le Santropol Roulant

Le Santropol Roulant est un centre alimentaire avec une communauté intergénérationnelle qui a commencé son projet en 2004 à Montréal. Il offre un service appelé popote roulante, qui prépare, emballe et livre quotidiennement une centaine de repas chauds et fraîchement préparés dans 8 territoires autour du mont Royal, grâce à plus d'un millier de bénévoles chaque année.

En faisant pousser de la nourriture du jardin aux cuisines, le Roulant rassemble régulièrement sa communauté pour des moments d'apprentissage et de partage autour des thèmes de la nourriture et des rencontres intergénérationnelles. En la préparant, et en la livrant aux Montréalais, il crée un continuum de services inspirants et engageants au bénéfice de la communauté, et renforce le tissu social montréalais en promouvant la sécurité alimentaire en ville et l'inclusion sociale.

Cet organisme œuvre pour que les Montréalais aient un accès croissant à de la nourriture saine et nutritive. Il propose des changements systémiques d'approvisionnement et de distribution alimentaire en favorisant la production biologique et locale et l'utilisation d'échelles de prix variables. Santropol Roulant crée des occasions sur une base quotidienne afin que des Montréalais puissent avoir des échanges bienveillants, mutuellement bénéfiques, et pour qu'ils puissent développer leur sentiment d'appartenance à la communauté qui les encouragera à s'engager dans leur communauté. Il met aussi à la disposition de groupes bénévoles des ressources physiques, financières et humaines afin de mener des projets collectifs reliés à la sécurité alimentaire et l'inclusion sociale.

Son projet d'agriculture urbaine est réparti sur trois jardins installés sur des toits et des espaces en pleine terre. Bien que la production de pointe soit faite en été, les légumes doivent être congelés ou conservés pour utilisation ultérieure. En hiver, la

culture en plein air sur les toits reste problématique, mais, avec l'installation d'une serre sur les toits, il est possible de cultiver en toute saison.





Figure 3.2 : Santropol Roulant, Montréal, Québec
 Source: Prisca Ayassamy (2016, 28 juillet)

Maison du Développement Durable

Ce bâtiment, reconnu pour être un modèle de référence pour ceux qui s'intéressent à la protection de l'environnement en matière de construction. Il est composé d'un choix méticuleux de plantes, sans compter les plantes intégrées sur une plaque de mur

végétal de 800 m² répartie sur 5 étages, dont un mélange de 14 variétés de sedum, et la nature du substrat composé de matériaux absorbant l'humidité, telles l'argile, l'ardoise et la pierre à savon, permettent d'entretenir la vie sans arrosage artificiel. Son type de toiture végétalisée se caractérise par son faible poids et ne requiert pas d'irrigation. Sa légèreté, due à sa faible épaisseur (7 cm), diminue les ajustements structuraux habituellement requis par ce genre d'installation. En absorbant jusqu'à 23 000 litres de pluie, cette toiture diminue la pression sur les égouts montréalais et contribue à réduire les épisodes de surverse d'eaux usées dans le fleuve.



Figure 3.3 : Maison du développement durable
Source : Prisca Ayassamy (2016, 10 août)

Le Palais des Congrès

Le Palais des Congrès est une vitrine d'expérimentation et de promotion des technologies de l'agriculture urbaine au Québec. Ses objectifs sont de (1) contribuer à réduire les îlots de chaleur grâce aux verdissements des toits (2) sensibiliser les propriétaires et gestionnaires d'immeubles à reproduire leurs actions et (3) de faire la promotion de Montréal comme étant une ville internationale, engagée dans le développement durable. Inaugurée en 2011, l'expérimentation des toits verts extensifs et de cultures en bacs (Projet Culti-Vert) se fait sur une superficie de 5770pi². Les 5 parcelles de toit de 300 pi² utilisent des technologies différentes (Soprema, Liveroof, XeroFlor, Zinco et Hydrotech) avec des variétés de plantes dont le sédum, les graminées, et des légumes parmi 150 bacs Biotop, 150 bacs Alternatives et 200 Smartpots. Son système hydroponique quasi fermé permet d'irriguer les cultures avec l'eau municipale et l'eau de pluie. Le Palais des Congrès regroupe plusieurs projets, dont celui du Projet Vertical sur échafaudage, qui se fait sur une superficie de 6000 pi² au sol et 5000 pi² à la verticale (sur toiles). Sinon, celui des vignes urbaines sur le toit de 2000 pi² avec 80 pieds de vigne en bacs géotextiles (SmartPots et MicroHabitat).



Figure 3.4 : Le Palais des Congrès
Source: Prisca Ayassamy (2016, 10 août)

L'Hôtel Bonaventure

L'Hôtel Hilton Bonaventure fait partie des hôtels de luxe à Montréal. Construit en 1967, il se distingue avec son toit-terrasse appelé 'oasis', constitué d'arbres et de végétation et doté d'un ruisseau et d'une mare aux canards non loin d'une piscine chauffée au 17^e étage sur 2,5 acres. Son toit végétal est de type intensif et d'une épaisseur de deux mètres avec plusieurs types de végétaux datant d'une cinquantaine d'années.



Figure 3.5 : l'Hôtel Bonaventure
Source: Prisca Ayassamy (2016, 10 août)

3.1.2 La revue de littérature

Ce mémoire s'appuie sur une revue de littérature portant sur les années 2000 à 2017, période où la question des toits végétaux commence à émerger. Ma recherche documentaire est constituée de :

- Rapports de recherches sur la viabilité des entreprises modèles en agriculture urbaine dans les pays du Nord, l'agriculture urbaine en Europe et en Amérique du Nord, sur les toits en milieux urbains et leurs perspectives de développement dans le contexte québécois, les plans d'affaires de toit végétal, la consultation publique sur l'état de l'agriculture urbaine à Montréal, le système de l'alimentation durable, etc.
- Programmes gouvernementaux sur les critères techniques d'évaluation visant la construction de toits végétaux, les documents de veille sur les affaires municipales et régions du Québec, les guides de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable, les actions du Canada sur les changements climatiques, des programmes sur la gestion des eaux pluviales du Ministère du Développement durable et la lutte contre les changements climatiques, etc.
- Livres monographies Greenroof ecosystems, Agriculture urbaine dans les villes, Projet-pilote de toits végétaux, Les pratiques en agriculture urbaine, Aménager et nourrir la ville, etc.

- Documents PDF et en ligne sur les cadres législatives, les consultations publiques, les plans de quartiers du Centre d'Écologie urbaine, les analyses du marché des produits en fonction du développement du secteur biologique au Québec et les tendances alimentaires au Canada par la filière biologique du Québec et Serecon Consulting, etc.
- Revues PDF et en ligne - Architecture Québec numéro 169-171 et Vertigo.

Dans un premier temps, j'ai procédé à un repérage d'articles en anglais, puis en français à partir des bases de données de Virtuose, Medline, Google scholar, Scopus, ScienceDirect, ScholarVox Sciences, Pressens et SpringerLink avec des mots-clés suivants:

(Urban or city) W/1 (agriculture or farming) AND roof* et (« urban agriculture » or « urban farming » AND roof* et « rooftop garden* ») et (Urbaine ou ville) W/1 (agriculture ou culture) et toit* et (« agriculture urbaine » et « jardins sur les toits »).

Anglais : Urban agriculture, urban farming, roofscaping, food security, cities and urban agriculture, organic vegetables and urban agriculture, ecology and urban agriculture, food autonomy, multifunctional agriculture

Français : Agriculture urbaine, toits végétaux, toits écologiques, sécurité alimentaire, villes et agriculture urbaine, aliments biologiques, réaménagement et agriculture urbaine, autonomie alimentaire, agriculture multifonctionnelle

Dans le cadre de ma démarche scientifique, j'ai voulu mettre en évidence mes connaissances sur les toits végétaux en faisant une collecte de données à partir de la littérature. J'ai ensuite fait une comparaison à partir des données et des résultats de chercheurs scientifiques dans la bibliographie. Pour ce faire, j'ai d'abord catégorisé la bibliographie dans deux sections « environnement » et « agriculture ». Ce premier repérage, sur la base de l'examen attentif des résumés, a permis de sélectionner, en fonction des objectifs, hypothèses, et des différents objets traités, 556 articles, catégorisés en fonction de leur pertinence pour approfondir nos connaissances. J'ai ensuite fait un résumé des études pour comparer des données numériques variantes de divers auteurs. Ce regroupement des données m'a permis de combiner des résultats quantitatifs de plusieurs études afin de produire une synthèse des connaissances empiriques sur un sujet précis. Dans mon cas, elles ont permis de dénicher et de synthétiser les données quantitatives, tout en analysant les tendances centrales et les variations des résultats.

Sur le plan de la littérature grise, j'ai d'abord examiné attentivement les sites de ministères (MAPAQ, MDDELCC, MAMROT, MAMR) pour repérer les documents les plus pertinents. J'ai également utilisé le portail de l'agriculture urbaine, celui du laboratoire de recherche d'innovation et d'intervention en agriculture urbaine aux services de la collectivité à l'UQAM (AU/Lab) et ceux des ONG comme outil de repérage. J'ai également exploré les documents législatifs et réglementaires de la Ville de Montréal afin de montrer les coûts d'installation de projets nourriciers et les possibles subventions et réglementations de la Ville.

Au plan international, je me suis appuyé essentiellement sur des sources secondaires et notamment à une revue de littérature publiée entre 2000 et 2017 en anglais et en français. Ce travail de littérature systématique m'a permis d'affiner au fil des lectures les cadres d'analyse, les perspectives adoptées et les hypothèses formulées. Elle a

permis non seulement d'obtenir un gain de temps, mais reflète la multidisciplinarité des recherches provenant de divers chercheurs scientifiques. Elle apporte une vue d'ensemble critique des documents, permettant d'apporter à ce mémoire une vue scientifique et sociale dans lequel les auteurs ont pu analyser les barrières qui nuisent à l'installation des toits végétaux.

3.2 Cadre conceptuel

Cette section comporte les trois approches dont le système alimentaire (section 3.2.1), celle du développement durable (section 3.2.2) et de l'agriculture multifonctionnelle (section 3.2.3).

3.2.1 Système alimentaire

Le système alimentaire est de comprendre comment se nourrit une population, mais aussi d'où est-ce que provient sa nourriture? (Fournier et Touzard, 2014, p. 1). Il regroupe neuf éléments (1) l'approvisionnement (2) la transformation et la distribution des aliments (3) l'agriculture urbaine (4) la saine alimentation (5) la réduction du gaspillage alimentaire et des déchets (6) la sécurité alimentaire (7) l'accessibilité alimentaire (8) l'arrimage avec les concertations du territoire pour être mieux informé des actions concernant l'insécurité alimentaire et (9) l'environnement politique et social (Dispensaire Diététique, 2016, p. 11). Afin de répondre au critère du développement durable, ce système doit pouvoir accroître la santé environnementale, l'économie et la collectivité dans un même cadre. Dans ce mémoire, il servira à voir comment les toits végétaux avec potagers peuvent être des substituts d'aliment de proximité, fraîche et nutritive, tout en étant soucieuse des autres éléments mentionnés ci-dessus. Ainsi, si une ville favorise les circuits courts

entre producteurs et consommateurs, pourra-t-elle garantir un accès permanent à cette offre alimentaire de proximité? Surtout, si les aliments produits localement sont plus frais, nourrissants et compétitifs, car ils sont transportés sur de plus courtes distances et ont besoin de moins de réfrigération (FAO, 2015). Dans le contexte où les familles recherchent des aliments sains, exempts de pesticides et d'insecticides et surtout bon marché, est-ce que les légumes cultivés sur les toits seraient accessibles à tous ?

3.2.2 Approche de développement durable

Selon la Commission mondiale sur l'environnement et le développement (2005, p. 51), le développement durable se définit comme « *un mode de développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs* » et repose sur trois axes dont l'environnement (protection des ressources naturelles), le social (équité sociale, lien social, qualité de vie, emploi, etc.) et l'économie (exploitation et croissance économiques, revenue, etc.). De même, un système alimentaire durable et ses différents composants de production, transformation, distribution, consommation, gestion des matières résiduelles doivent prendre en considération ces trois axes afin de promouvoir le développement intégré à l'échelle locale (Marier et Bertrand, 2013, p. 15).

Figure 2 : Un système alimentaire dans une perspective de développement durable



Direction de santé publique – Agence de la santé et des services sociaux de Montréal – Mars 2008

Figure 3.6 : Développement Durable

Source : Direction de la Santé Publique (2008, p. 24)

Pour (Pol, 2003), la problématique de ce concept est son incompatibilité surtout quand on parle de << développement >> d'un côté et de << durabilité >> de l'autre, car plusieurs acteurs, surtout les agriculteurs, critiquent ce concept et finissent par privilégier une dimension du développement durable au détriment de l'autre. L'agriculture serait plus particulièrement concernée par la "durabilité", car l'enjeu pour la majorité est de «conserver une agriculture compétitive économiquement, tout en garantissant une production respectueuse de l'environnement et en réconciliant l'agriculture et la société» (Bihannic et Guillou, 2011, p. 3).

Selon la littérature scientifique, le toit végétal semble satisfaire les critères du développement durable. Son axe environnemental reflète une réduction des gaz à

effet de serre et des îlots de chaleur, une contribution dans la gestion des eaux de ruissellement, une amélioration de la qualité de l'air et une absorption de polluant et de bruit. Son axe social souligne une participation active et le bien-être des citoyens d'une ville. Son axe économique parle de réduction des coûts énergétiques en climatisation et de distributeur d'aliment de proximité. Toutefois, il doit être évalué avec les études de marché, car pour le moment, les investissements ne semblent pas être financièrement faisables pour certains concepteurs de projets de toit végétal. Dans le cadre du développement durable, les acteurs-décideurs doivent appliquer des décisions qui instaurent des changements éthiques, positifs et durables. Ce qui implique que les décisions au sujet des toits végétaux doivent être écologiques et socialement viables. Dans le cas des toits végétaux avec des fonctions multifonctionnelles, la durabilité s'applique à ne pas dégrader l'environnement, mais aussi à promouvoir une alimentation saine, à proximité et viable pour une ville avec productions locales sur ses toits.

Pour appuyer la littérature, Verdonck et Taymans (2012, p. 11) remettent en question l'ordre sanitaire et environnemental de cette agriculture en ville, car ils estiment que pour que cette agriculture en ville soit qualifiée de « durable », elle doit satisfaire deux critères ; sociale et environnementale. Premièrement, pour satisfaire le besoin de santé, elle doit répondre (a) à un certain niveau de qualité saine et équilibrée (b) un droit à la souveraineté alimentaire incluant une agriculture à proximité (c) une réduction des impacts environnementaux, notamment grâce à une production locale et de saison (d) elle ne doit pas être néfaste à la fertilité des sols (e) elle doit respecter les animaux sans avoir recours aux organismes génétiquement modifiés (f) elle doit maintenir un respect des droits sociaux et humains tout au long de la chaîne de production et (g) elle doit offrir un traitement équitable des producteurs incluant une transparence des pratiques et une traçabilité des aliments pour l'information des consommateurs.

3.2.3 Approche multifonctionnelle de l'agriculture

«In the last decade the multifunctional agriculture (MFA) concept has emerged as a key notion in scientific and policy debates on the future of agriculture and rural development. Broadly speaking, MFA refers to the fact that agricultural activity beyond its role of producing food and fibre may also have several other functions such as renewable natural resources management, landscape and biodiversity conservation and contribution to the socio-economic viability of rural areas.» (Renting et al., 2009, p. 112)

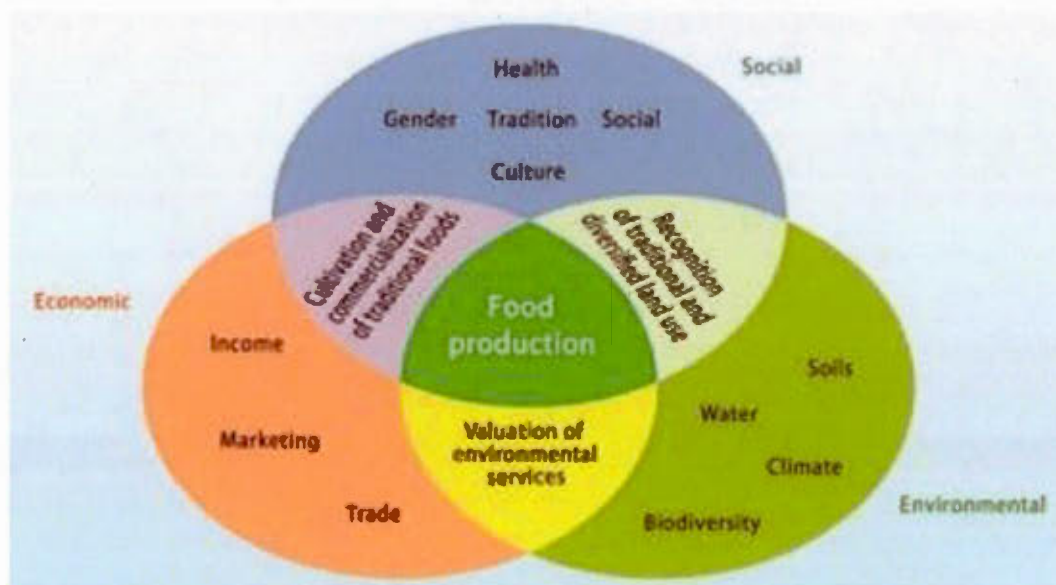


Figure 3.7 : L'interconnexion des différents rôles et fonctions de l'agriculture
Source : (IAASTD, 2008, p. 1)

L'agriculture multifonctionnelle va au-delà de sa vocation première de production avec sa contribution environnementale, sociale et économique (IAASTD, 2008, p. 3). Cette approche est pertinente pour notre sujet de recherche, car les toits s'inscrivent dans le contexte plus global de l'agriculture urbaine et se caractérisent par leurs

nombreuses fonctions interreliées avec celle-ci. Sur le plan environnemental, elle implique la diminution des émissions de gaz à effet de serre, tout en minimisant les impacts négatifs du climat avec l'installation de végétaux diversifiés sur les toits. Elle maintient et améliore les services environnementaux et culturels à travers l'appui de pratique saine agroécologique sans pesticide de synthèse et respecte l'écologie avec leurs pratiques de recyclage des eaux et de compostage des déchets. Sur le plan économique, elle incite la promotion du marché pour faire bénéficier aux petits producteurs, vulnérables aux marchés internationaux. Elle peut aussi inciter l'adoption de nouvelles technologies de transition vers de nouvelles pratiques agricoles durables et des méthodes innovantes de productions commerciales. Sur le plan social, elle encourage l'éducation et la formation des acteurs urbains afin de faciliter leur engagement dans le développement urbain local. Elle peut soutenir des systèmes agricoles et alimentaires et former les décideurs publics dans la planification et la prise de décision dans le milieu urbain. Bref, cette approche met en œuvre les connaissances scientifiques afin de renforcer son impact sur la faim et la pauvreté, tout en améliorant l'approvisionnement des citoyens de manière équitable, écologique, socialement et économiquement durable. Ainsi, les connaissances scientifiques et les innovations technologiques comme les cultures sur les toits sont bénéfiques pour les nouveaux exploitants de l'agriculture moderne surtout s'ils veulent maintenir une production durable découlant des pratiques agroécologiques et des sciences du sol.

Ce chapitre développe les divers lieux d'exploration, en d'autres termes, les exemples qui ont permis visuellement de comprendre l'installation des toits végétalisés. En outre, il a permis de faire le lien entre le cadre conceptuel de la recherche et la pratique de l'agriculture urbaine sur les toits.

CHAPITRE IV : RÉSULTATS DE LA RECHERCHE : LES LIMITES DES TOITS VÉGÉTAUX DANS LE CONTEXTE MONTRÉALAIS

Pour réussir un projet sur les toits, il faut d'abord identifier les objectifs à atteindre, la pertinence et les caractéristiques de l'emplacement du projet dans le contexte local, son adéquation si on veut installer des potagers, les contraintes à sa réalisation incluant les coûts supplémentaires d'analyse de sols, de dépollution, d'accessibilité au toit et les ressources disponibles localement (Daniel, 2013, p. 52). Toutefois, bien que les cultures sur les toits soient une option intéressante à explorer, à cause de leur proximité avec les consommateurs ainsi que leurs contributions à végétaliser les villes, elles font face à plusieurs contraintes économiques, techniques, sociales et législatives. Des facteurs comme les coûts élevés de conception et d'investissement de départ, les coûts d'acquisition, d'installation et d'entretien à court terme, le poids du système dans un contexte de capacité portante souvent insuffisant des bâtiments existants, le manque d'expertise et de professionnels dans le domaine, le manque de sensibilisation de la population et de promoteurs face aux projets, les contraintes de santé publique et de sécurité face aux pollens et plantes envahissantes, les difficultés d'accès aux toits et la réglementation trop stricte qui s'opposent à l'installation des projets d'agriculture urbaine sur les toits (Daniel, 2013, p. 46).

4.1 Carnet de Récolte : Tableau comparatif de production sur les toits

Tableau 4.1 : Exemples de production sur les toits

Nom	Structure	Modes et techniques			Infrastructures			Revenu sur production		Lieu d'installation
		Sol	Hors-sol	Techniques multiples	Serres	Toits	Mixtes	Production Tonnes(T) / Kilos (kg) / Livres (L)	Chiffres d'affaires	
			H y d r o p o n i e	A q u a p o n i e						
Les Fermes Lufa	Commerciale		✓		✓	✓		Laval – 120T/an Ahuntsic - 70T/an	Investissement 2 millions \$	Montréal, Québec
Gotham Greens	Commerciale		✓		✓	✓		GreenPoint - 100000 L / an Gowanus – 200000 L / an Hollis – 5M L / an Pullman- 100M L / an	Investissement de base : 2 millions \$ et 400 000 \$ en bourse	Brooklyn, New York et Chicago aux États-Unis
Brooklyn Grange	Commerciale	✓		✓		✓		18 T par 9 mois	40 % de profit	New York, États-Unis
Bright Farms inc	Commerciale		✓			✓		225 T / an	Investissement entre 1,2 M - 2 M \$	New York, États-Unis
Hôtel Fairmont	Commerciale	✓				✓	✓	310 kg/an de légumes et fruits	Rentable	Montréal, Québec, Canada
Santropol Roulant	Communautaire et éducative	✓		✓		✓	✓	2 T / an (urbaine) et 5T / an (périurbaine)	Investissement de 220000 \$	Montréal, Québec, Canada
Concordia Greenhouse	Communautaire et éducative			✓	✓	✓	✓	10 / 15 kg (automne-hiver) et 5 kg	Investissement + subventions d'organismes	Montréal, Québec, Canada

									(été) / semaine		
Vertical Veg	Communautaire et éducative	✓					✓	✓	66 kg de légumes/an	320 \$ (Investissement) et 1400 \$ (Récolte)	Londres, Angleterre
T4P- Agroparistech,	Université avec projet pilote	✓			✓		✓	✓	Production semblable à celle de maraîcher bio en plein champ - 70 à 80 T / ha	Données non disponibles	Paris, France
Palais des Congrés (Culti- Vert)	Projet exploratoire par AU-Lab	✓	✓		✓		✓	✓	650-1000 kg / an	Données non disponibles	Montréal,Q uébec, Canada

Source : Chapelle et Joly, (2013), Daniel (2013), Carrot city (2017), Bendimérad (2014).

4.2 Les charges structurales

L'aspect économique est considérable dans la faisabilité de projets sur les toits surtout en termes de coûts d'investissement initial, de production et des retours sur investissements. Pour réussir, il importe que les rendements puissent couvrir les investissements. Il doit contribuer à la performance et avoir une viabilité économique, développer l'économie locale, avec par exemple la création d'emplois. Bien que l'agriculture urbaine à proximité pourrait favoriser l'autonomie alimentaire en atténuant les besoins d'importation, permettant aux villes d'investir leurs revenus dans le développement et la production locale, il reste que les investissements à l'hectare ainsi que les frais d'exploitation sont plus élevés qu'en champs. Pour construire une serre en milieu urbain, les contraintes d'ordre mécanique et structurel existent parce qu'ils requièrent à un bâtiment d'avoir la capacité à recevoir une charge supplémentaire. En général, à Montréal, les bâtiments construits selon les

normes du Code national du bâtiment du Canada doivent normalement respecter un minimum de 265 kg/m pour les accumulations de neige ($SS = \text{charge de neige au sol [kPa]}$), incluant une charge ponctuelle $S_r = \text{charge correspondante de pluie (kPa)}$ qui est de 40 kg/m ainsi qu'une charge pour le vent qui varie entre 31 kg/m (récurrence 1 fois au 10 ans) et 41 kg/m (récurrence 1 fois au 50 ans) (SPSQ, 2013). Dépendamment de l'emplacement géographique qui varie selon une ville à l'autre, il se peut que les toits ne puissent pas contenir des charges supplémentaires autres que la neige pendant l'hiver. Donc, envisager des serres sur les toits des bâtiments peut affecter l'intégrité de la structure et la sécurité des occupants (Ibid, 2013)

Souvent, les immeubles ne sont pas conçus pour accueillir une charge supplémentaire et impliquent des coûts additionnels mis à part l'investissement de base pour faire des modifications au bâtiment afin de rendre le site sécuritaire (SPSQ, 2013, p. 12-13). Au-delà de cela, les conditions à respecter pour construire une serre en milieu urbain doivent respecter le Code du bâtiment National du Canada (CNB) qui s'avère être plus sévère que le Code National de construction des bâtiments agricoles (CNCBA). À cause de cela, il y a un impact direct de 3,6 fois plus élevé sur les coûts de la structure et de la construction de serre selon la CNCBA. De plus si le montage est fait en hauteur, elle nécessite une préparation particulière afin d'être en mesure d'acheminer la structure sur le toit et d'en faire son assemblage sur le toit. Pour cela, il implique de mettre des mesures de sécurité sur place pour le travail en hauteur ainsi la prévision de grues pour transporter le matériel (Ibid, 2013, p. 13).

Si on compare sur le plan international, bien que la planification de projet sur les toits dépend de la flexibilité des cadres légaux, les réglementations varient selon la location géographique parce que les critères techniques sont basés sur le cadre juridique actuel du secteur de la construction. Par exemple, les serres de certaines zones méditerranéennes auront besoin de moins d'investissement à cause du climat,

car elles nécessitent moins de chauffage que celles d'Europe centrale (Sanyé-Mengual, 2015, p. 95) ou d'Amérique du Nord. En ce qui concerne les caractéristiques techniques, un cadre juridique portant sur l'utilisation de toits (les systèmes solaires) permettra d'assurer une application plus facile des installations, parce que les toits seront déjà préparés pour une augmentation de la charge structurelle (Ibid, 2015, p. 95). Cependant, à Montréal, les questions géographiques ne sont pas applicables, étant donné que pendant la saison hivernale, on requiert du chauffage pour créer un environnement chaud.

4.3 Les règlements

Selon le rapport de l'architecte, Bélanger (2015, p. 5), sur les critères techniques visant la construction de toits végétaux au Québec, la loi sur le bâtiment a pour objectif de s'assurer de la qualité de construction d'un bâtiment, de certains équipements, tout en s'assurant de la sécurité du public qui y accède. En appliquant cette loi, le bâtiment doit être conforme aux exigences décrites par le Code de construction du Québec, chapitre I - Bâtiment, et Code national du bâtiment - Canada 2005 (modifié) ou Canada 2010 (modifié), selon l'édition en vigueur lors des travaux. Ce document s'intitule Code et par son existence, ces obligations s'appliquent aussi aux toits végétaux. Puisque la Régie du bâtiment du Québec (RBQ) considère qu'une toiture végétalisée fait partie d'un bâtiment, celle-ci doit se conformer au Code. La conformité est toutefois difficile à saisir, car les normes et les dispositions portant sur la combustibilité des couvertures, les charges de calcul et la séparation des milieux différents ne sont pas précisées dans le Code pour les toits végétaux, ce qui oblige le constructeur à devoir faire une demande de mesure équivalente à la RBQ pour une telle construction. Selon l'article 127 de la Loi sur les bâtiments, pour que la RBQ puisse approuver la construction, plusieurs critères techniques déterminés par elle doivent être pris en compte par exemple la méthode

de conception, le processus de construction, l'utilisation d'un matériel différent de ce qui est prévu à un code ou à un règlement adopté en vertu de la présente loi lorsqu'elle estime que leur qualité est équivalente à celle demandée par les normes prévues à ce code ou à ce règlement. Toutefois, ces conditions sont reconnues par le milieu, ainsi que la réglementation de certaines villes comme Toronto, qui possède un programme incitatif en faveur des toits végétaux sur son territoire (Ibid, 2015, p. 5). Récemment, une nouvelle loi a été émise par la Ville de Toronto, obligeant tout bâtiment institutionnel, commercial, résidentiel, ou industriel de plus de six étages, apparu après le 30 janvier 2010, qui occupe un lieu de plus de 21, 500 pieds carrés à avoir une végétation qui couvre 20 à 60 % du toit (Litichevskaya, 2011, p. 80). Pour ce distinguer, certaines villes américaines ont adoptés des mesures favorisant ces projets de cultures sur les toits par des subventions et des réductions fiscales à la réalisation comme à Washington ou par des bonus de droits à construire pour les bâtiments neufs comme à Portland et la délivrance rapide de permis de construction de toit végétal comme à Chicago (Debizet, 2014 p. 578). Bref, un permis de construction ou de transformation du bâtiment est requis pour les cultures sur les toits (Arteau, 2014, p. 5), mais il faut que l'installation et la structure puissent respecter certaines normes légales, dont celles sur le logement au lieu des normes standards pour serres habituelles. De plus, les documents légaux doivent être consultés avant le débat de leur construction, afin de vérifier si les structures se coordonnent avec les normes de sécurité, les lois du logement et les codes techniques (Sanyé-Mengual, 2015, p. 94)

4.4 L'entretien

Selon Bélanger (2015, p. 18), d'après le chapitre VIII du Code de sécurité du Bâtiment, tout propriétaire est obligé de maintenir son bâtiment en bon état de fonctionnement et de sécurité (Code de sécurité du Québec, chapitre VIII – Bâtiment,

et Code national de prévention des incendies – Canada 2010 [modifié], art. 345). L'entretien implique une bonne gestion des cultures sur les toits en termes de besoin en irrigation, fertilisation, et désherbage quotidien, d'inspection des drains, des membranes d'étanchéité et des bordures, mais aussi prendre des précautions pour ne pas piétiner les plantes sur les toits. Le propriétaire devra établir en collaboration avec un spécialiste, le nombre de robinets réservés à l'arrosage et les produits de nettoyage conformement par le manufacturier. Il devra aussi suivre les descriptifs d'entretien selon le manuel d'entretien tandis que l'accès à la toiture devra se faire facilement par un escalier privilégié.

Selon le guide technique de la Ville de Montréal (2014, p. 50), le propriétaire doit être responsable de la pérennité et de la santé de la végétation. Il doit enlever les végétations qui sont nocives pour le public ou qui menacent l'intégrité de la toiture. Il doit s'assurer que son bâtiment concorde avec les règlements municipaux suivants :

- (i) Le Règlement sur la construction et la transformation de bâtiments (11- 018) : Avec l'apposition de sa signature, il déclare que les documents soumis à la demande de permis sont conformes aux critères techniques du Guide
- (ii) Le Projet de règlement sur la gestion des eaux pluviales sur les terrains privés : La réglementation municipale attribuera à un toit végétal un coefficient de ruissellement plus faible qu'à celui d'un toit conventionnel
- (iii) Le Règlement sur l'entretien des bâtiments (07 - 034) qui stipule qu'en vertu du Règlement sur l'entretien des bâtiments (07 - 034), un propriétaire est responsable de l'entretien de son toit végétal et doit être tenu en bon état et
- (iv) Le Règlement sur la prévention des incendies (12 - 005), qui stipule qu'après l'acceptation du projet de toit végétal, le Comité des mesures différentes enverra une copie de sa décision avec les renseignements à la Division de la planification opérationnelle du SIM.

4.5 Les conditions techniques

Selon Bélanger (2015, p. 6), les critères techniques du Code limitent la construction de toits végétaux à des toits situés à 46 m du niveau du sol ou à une pente qui n'excède pas 17 %, et à des aménagements essentiellement plats. Ces caractéristiques sont des obstacles à leurs réalisations. Selon les constructeurs de l'immobilier, il y a des normes à respecter sur les toits en pente avec des critères de 0,5 % et de 2 % pour permettre le développement des activités agricoles et le drainage des eaux de ruissellement pour éviter la stratification thermique excessive de l'air de la serre (Sanyé-Mengual, 2015, p. 94). Par ailleurs, dans le cas des toits plats, le béton donne plus de stabilité et assure la résistance structurelle de mise en œuvre tandis que les toits ayant des structures en métaux doivent être renforcés afin de s'adapter à l'installation des cultures sur les toits (Sanyé-Mengual, 2015, p. 94). Au-delà des limites, des calculs ainsi que des précisions particulières exigées, dépassent souvent les normes citées dans le document. Une demande avec les mesures équivalentes doit être présentée à la RBQ pour démontrer que l'aménagement atteint le même niveau de sécurité qu'un toit sans végétation conforme à la réglementation. Elle doit aussi inclure les charges de calcul pour les aménagements paysagers, dont les toits végétaux ainsi que les méthodes prévues pour résister aux effets d'érosion, de vent et de glissement des composantes de ces toits.

Généralement, les composantes de ces toits sont la végétation, un substrat de croissance d'un minimum de 100 mm d'épaisseur, une couche filtrante et drainante, un système de rétention d'eau et une barrière anti-racine qui doit être conforme aux règlements. Le drainage doit s'effectuer en dessous du substrat de croissance et ne doit permettre aucune infiltration vers le drain de toit. Quant aux barrières anti-racines, elles doivent être capables de résister conformément à la norme ANSI/GRHC/SPRI VR-1 2011 (*Procedure for Investigating Resistance to Root*

Penetration on Vegetative Roofs). De plus, l'étanchéité de la membrane doit être vérifiée avant de poser le couvert végétal avec un test d'étanchéité ou de détection d'humidité. Pour ce faire, un arrosage par inondation, une détection de fuite électrique à bas ou à haut voltage ou par relevé vectoriel du champ électrique et un test d'humidité par impédance ou par relevé de thermographie infrarouge. (Ibid, 2015, p. 7)

Mis à part les charges établies par le Code, dont le ASTM E2397 - 11, « Standard Practice for Determination of Dead Loads and Live Loads Associated with Vegetative (Green) Roof Systems », il faut compter la charge de rétention d'eau ajoutée avec les autres calculs de charges. Quant à la densité du substrat, elle doit être validée selon les normes de ASTM E2399 - 12, qui est le « Standard Test Method for Maximum Media Density for Dead Load Analysis of Vegetative (Green) Roof Systems », ou en utilisant une valeur non pondérée de $2000 \text{ kg} / \text{m}^2$ pour la densité saturée du substrat de croissance. Dans le cas des charges sismiques, le calcul de cisaillement maximal à la base ainsi que le calcul de renversement et de soulèvement maximal doivent être évalués au moment de déterminer les charges permanentes, incluant le total des poids avec le substrat de croissance. Pour éviter toute défaillance structurale dans les bâtiments existants, il faudra porter une attention particulière à modifier les conditions d'accumulation de neige, de l'eau, de glace et de verglas, du poids de la végétation mature ainsi que le poids de l'équipement nécessaire pour l'entretien et de la surcharge nécessaire à l'entreposage temporaire du substrat lors de la réflexion de la membrane ainsi que les charges sismiques, car sinon, l'intégrité de la couverture et des matériaux pourrait être corrompus (Sanyé-Mengual, 2015 ; Bélanger, 2015). Ainsi, toutes les charges doivent être démontrées sur les plans et les devis avec un sceau et signature de l'ingénieur.

4.6 Approche du développement de l'aménagement du territoire urbain à Montréal

Plusieurs approches de développement de l'aménagement du territoire urbain se sont faites à Montréal depuis quelques années pour inclure l'agriculture urbaine dans le plan d'aménagement territorial de la CMM (Communauté Métropolitaine de Montréal). Parmi d'autres, on retrouve le « food urbanism », qui étudie le développement de l'aménagement du territoire urbain dans le cadre d'un système réunissant les lieux de production avec les lieux de distribution. Ou encore, l'« agricultural urbanism », qui réfléchit à l'aménagement du territoire dans une perspective de typologie géographique évolutive de l'espace et des bâtiments. Cette typologie cible différentes inclusions des initiatives d'agriculture urbaine selon la zone concernée soit rurale, périurbaine ou urbaine (Grimm, 2009 et Holland, 2010 ; Daniel, 2013). Ces planifications urbaines mises sur place, n'agissent pas seulement sur les systèmes alimentaires, mais aussi sur comment rendre la ville autosuffisante pour qu'elle puisse contribuer à son alimentation fraîche, en renouant l'urbain à son aliment, sa qualité et aussi pour les services que peut lui rendre l'agriculture urbaine (Ibid, 2013, p. 51).

Bien que le toit végétal pourrait être cette alimentation de proximité dans ce cadre de système alimentaire, il demeure un sujet très complexe comme nous le voyons dans ce mémoire. Projet Montréal espère pouvoir « simplifier le processus d'implantation en intervenant au niveau de la réglementation municipale et bonifier les incitatifs financiers », car l'installation de serres demande des modifications non seulement au règlement d'urbanisme, mais aussi en raison de tout changement fait par rapport à la hauteur et à la fonction du bâtiment (Projet Montréal, 2012, p. 15). Entre temps, un progrès a été fait au sujet du programme PR@M industrie, qui a été bonifié afin d'inclure les serres agricoles dans sa définition d'activité industrielle. Ce programme permet aux propriétaires d'avoir droit à un remboursement de taxes, s'ils ajoutent de

la valeur à leur bâtiment en faisant des rénovations ou modifications (Projet Montréal, 2012, p. 17). Tandis qu'en campagne, le régime de fiscalité municipale agricole s'applique depuis 2007 aux exploitations agricoles enregistrées (EAE) et les serriculteurs ont droit à un remboursement sur les taxes de leurs actifs agricoles, mais, en ville, ce type de programme n'est pas applicable.

Pour permettre aux Fermes Lufa de s'installer, la ville a dû élargir les conditions du programme PR@M, qui permet un remboursement sur 5 ans de l'équivalent des taxes foncières provenant de construction, de reconversion ou d'agrandissement d'un bâtiment industriel (SPSQ, 2013, p. 17). Bien que la bonification de ce programme implique les serres agricoles, nous devons prendre note que celles-ci sont limitées par rapport à leur définition dans le cadre d'activités industrielles. Projet Montréal (2012, p. 17) pense que Montréal aurait pu élargir ses définitions, afin de permettre d'y ajouter les nouvelles techniques telles que « l'aéroponie, une atmosphère enrichie en CO₂ et de l'utilisation d'éclairage photosynthétique qui maximise certaines longueurs d'onde à chacun des stades de croissance des plantes » ou alors simplement de créer de nouveaux programmes qui permettront à ces nouvelles techniques de rentrer dans ce contexte. Pour approfondir notre recherche à travers la littérature et pour comprendre les difficultés, j'ai pris des exemples de villes présentant des obstacles dans l'installation des toits végétaux à l'international.

4.7 Obstacles présents à l'international face aux projets de toits végétaux

Australie : Melbourne et Sydney - Selon l'étude de Williams et al (2010), l'Australie a exploré les toits intensifs, mais très peu de toits extensifs, car plusieurs barrières semblent empêcher son installation de 120 mm à 200 mm de terreau.

Les obstacles relevés sont : (a) un manque d'expertise et d'industries spécialisées sur les toits végétaux ; (b) un manque de ligne directrice, de standards australiens et une

inclusion minimale des toits végétaux dans les planifications politiques avec peu de projets similaires afin d'inspirer d'autres développeurs de projets ; (c) très peu de données scientifiques applicables sur les conditions locales ; (d) L'indisponibilité des substrats dans le contexte de l'hémisphère nord ainsi que des plantes inappropriées requises pour ces toits.

Allemagne et Espagne : Berlin et Barcelone - Selon l'étude de Specht et Sanyé-Mengual (2017), l'agriculture sur les toits est grandissante dans la ville de Berlin et de Barcelone. Suite à une étude d'une durée de 60 minutes effectuée par les auteurs, les barrières ressorties sont (a) l'intégration urbaine ; (b) le système de production ; (c) les produits alimentaires ; (d) l'environnement ; et (e) l'économie. Premièrement, l'intégration urbaine se manifeste surtout dans la perception des gens et des actionnaires qui semblent avoir une mauvaise conception de l'agriculture sur les toits ou alors un déni de l'apport esthétique de légumes sur les toits. Deuxièmement, le système de production semble apporter des idées négatives aux actionnaires, car ils perçoivent un risque face à la complexité technologique et financière, mais aussi météorologique de l'agriculture en plein air sur les toits. Troisièmement, l'idée de cultiver des légumes avec la technique hydroponique semble être '*trop artificiel*' ou '*pas naturel*' selon les actionnaires et l'utilisation d'eaux usées fait redouter les consommateurs sur une possible contamination. Quatrièmement, les perceptions concernant les risques environnementaux semblent être confuses surtout sur ses performances ou encore sur les apports écologiques de ses techniques hydroponiques. Cinquièmement, bien qu'il y aurait une forte demande pour les légumes importés, les consommateurs redoutent une compétition économique locale des toits végétaux avec apport nourricier.

Hong-kong : Kowloon, Wan Chai et Ho Man Tin - Dans l'étude de Zhang et al (2012), 3 lieux ont été étudiés ; le *New Police Headquarters* dans le district de Kowloon, l'*Electrical and Mechanical Services Department Headquarters* dans le

district de Wan Chai et l'école primaire de *Sze Mei street* dans le quartier de Ho Man Tin. Les investigations démontrent (a) le manque de promotion des toits végétaux de la part des partis politiques et des communautés publiques et privées (b) une augmentation des coûts d'entretien, dans la planification de la construction et du cycle de vie des bâtiments.

Taiwan : New Taipei – Selon l'étude de Chen (2013, p. 56), l'obstacle majeur demeure les coûts élevés pour l'entretien d'un toit extensif. Les coûts ressortis sont approximativement de 75\$ US / m² et 100 \$ US / m² pour les toits extensifs et intensifs respectivement, et si les pots de plantes sont ajoutés, les prix peuvent grimper jusqu'à 200 \$ US / m².

Chine : Beijing, Shanghai, Guandong, Chongqing, Sichuan et Zhejiang – Selon Xiao et al (2014, p. 644), les facteurs ayant retardé l'épanouissement des toits végétaux en Chine sont (a) les contraintes d'investissement en infrastructures ; (b) les techniques de construction et les matériaux utilisés ; (c) le manque de lois et de règlements. Selon lui, les chercheurs mettent l'accent sur l'analyse et l'exploration des coûts de construction et d'entretien de toit végétal surtout si les études des bienfaits économiques, écologiques et sociales peuvent être converties en avantages économiques.

Inde : Kolkata, Mumbai, Chennai et Delhi - Dans l'étude de Mukherjee (2014), les toits végétaux sont quantifiables par les autorités, car les gens sont concernés par les coûts rattachés aux toits végétaux, qui varient selon le type de matériels utilisés et la main d'œuvre. Les exclusivités ainsi que les stratégies politiques peuvent être en faveur des toits végétaux en Inde si les lignes directrices techniques sont disponibles, car elles pourraient motiver les propriétaires de bâtiments à vouloir installer des toits végétaux.

La revue de littérature montre qu'à Montréal ou ailleurs, les obstacles sont communs, mais plusieurs initiatives pourraient être envisagées sur le plan législatif surtout si l'on souligne les nombreux bénéfices que les villes pourraient acquérir dans le contexte social et environnemental. Certes des critères comme respecter les charges structurales demeurent importants, mais la complexité des démarches pourrait être allégée dans la mesure où ces toits multifonctionnels contribueraient à des réductions d'îlot de chaleur, une meilleure isolation thermique, des absorptions de bruit, une absorption et une purification d'air dans les bâtiments, ou encore dans la diminution des coûts sur les factures énergétiques.

4.8 Malgré les difficultés physiques et législatives : De nombreux projets de toits végétaux à Montréal en cours

Comme nombreuses littératures l'appuie à travers ce mémoire, les toits végétaux apportent bien des avantages environnementaux et sociaux à une ville. Il est dommage que la législation et la réglementation soient conflictuelles avec les normes des toits végétaux. Toutefois, malgré les difficultés physiques et législatives, Montréal se permet malgré tout de continuer les projets de toits végétaux. Ci-dessous quelques exemples de projets récents et de projets à venir.

Toiture- Jardin - Complexe des Sciences UDM à Outremont (Août 2017)

Le projet de toit végétal extensif comporte deux zones végétalisées distinctes (8845 pieds carrés) sur un bâtiment de 50 pieds avec tapis de sédum multicolore préculivé sur du terreau.



Figure 4.2 : Complexe des Sciences - Université de Montréal
Source : Les Toits Vertige (2011)

Complexe Atwater (Août 2017)

Le projet de toit végétal extensif du Complexe Atwater (6 600 pieds carrés) sur un bâtiment de 30 pieds est prévu pour août 2017. Son installation se fera avec une épaisseur de 4 pouces de terreau avec des tapis de sédum précultivé.



Figure 4.3 : Complexe Atwater
Source: Les Toits Vertige (2011)

Jetée Alexandra - Port de Montréal

Ce projet de toit végétal intensif recouvre un toit existant de près de 25 000 pi² avec plus de 24 000 plantes sur un bâtiment de 30 pieds.



Figure 4.4 : Jetée Alexandra - Port de Montréal
Source : Les Toits Vertige

Le Canal D

Ce projet de toit végétal extensif de 346 pieds carrés consiste de rouleaux de sédum précultivé sur un bâtiment de 20 pieds avec vue sur le canal LaChine.



Figure 4.5 : Le Canal D
Source : Les Toits Vertige

CONCLUSION GÉNÉRALE

Tout au long de l'étude, nous avons tenté de répondre à la question suivante : les projets de toits végétaux peuvent-ils être une solution aux problématiques environnementales existantes? L'étude démontre que la majorité des données énumèrent des avantages considérables dans la création de toits verts, tout en mettant en perspective qu'une ville installant des toits végétaux sur 50 % de sa superficie peut réduire, d'une part, la consommation d'énergie et les coûts d'électricité, et d'autre part, réduire jusqu'à 465 millions de tonnes métriques de CO₂ (NRDC, 2012, p. 3). Parizotto et Lamberts (2011, p. 1712), soulignent une réduction de gain de chaleur de 70 à 84 % tandis que Liu et Minor (2005) montrent une perte moyenne de 70 à 90 % en été et 10 à 30 % en hiver avec des substrats de 75 à 100 mm de profondeur (Castleton et al, 2010, p. 1583). Mentens et al., (2006, p. 224), décrivent une réduction des eaux de ruissellement entre 75 % (toits intensifs avec substrat de 150 mm) et 45 % (toits extensifs avec substrat de 100 mm). Les études de Williams et al. (2014), Obendorfer (2007) et Kadas (2006), parlent de l'obtention d'une plus grande biodiversité des espèces comparer à un toit classique grâce à une réplique des écosystèmes du sol. Quant à Yang et al., (2008, p. 7266), ils élaborent une possibilité d'éliminer 1 675 kg polluants atmosphériques avec 19,8 hectares de toits végétaux par an incluant 52 % d'ozone (O₃), 27 % de dioxyde d'azote (NO₂) et 7 % de dioxyde de soufre (SO₂), tout indiquant une possibilité d'enlever 2 046,89 tonnes métriques/an, dans l'hypothèse que l'ensemble des toits d'une ville comme Chicago soit recouvert de toits végétaux intensifs. Par ailleurs, un substrat de 12 cm (5 pouces) peut à lui seul atténuer des bruits de 40 dB (Peck et Kuhn, s.d, p. 7) tout en augmentant la perte de transmission sonore entre 5-13 dB à des fréquences basses et moyennes, et de 2-8 dB à des fréquences élevées (Berardi et al., 2014, p. 422).

Toutefois, les toits verts rencontrent à Montréal de nombreux obstacles, dont le zonage et la réglementation municipale, étant donné que la culture sur les toits peut-être est vue comme un accessoire ou un étage supplémentaire aux immeubles (Fahey, 2012, p. 13). Dans les études de cas présentes dans la littérature, plusieurs facteurs semblent être des barrières dans l'installation des toits végétaux surtout en termes de coût élevé (investissements de départ) et d'acquisition, de frais d'installation et d'entretien sur le court terme, du poids du système et de capacité portante insuffisante des bâtiments existants. En outre, on perçoit un manque d'expertise et de ligne directrice concernant les projets de toits végétaux, mais il y a très peu de données scientifiques applicables sur les conditions locales. De ce fait, il y a une inclusion minimale des toits végétaux dans les planifications politiques et peu de projets similaires pour inspirer d'autres développeurs de projets (Williams et al., 2010). Selon Specht et Sanyé-Mengual (2017), la communauté et les actionnaires semblent avoir soit une mauvaise conception de l'agriculture sur les toits ou un dénie de l'apport esthétique de légumes sur les toits. Le système de production semble apporter des idées négatives, car ils perçoivent des risques dans la complexité technologique et financière, mais aussi météorologique dans l'agriculture en plein air sur les toits. D'un autre côté, bien que cette technique n'utilise pas de pesticide et d'insecticide, l'idée de cultiver des légumes hydroponiques semble être '*trop artificiel*' ou '*pas naturel*' selon les actionnaires. Tandis que le recyclage des eaux, qui dans un cadre écologique semble être bienvenu, fait redouter aux consommateurs une possible contamination. Alors qu'il y a une forte demande pour les légumes importés, les consommateurs redoutent une compétition économique locale des toits végétaux avec apport nourricier.

Plusieurs villes internationales démontrent des barrières communes à celles de Montréal telles que des contraintes d'investissement en infrastructures, un manque de savoir-faire concernant les techniques de construction et les matériaux utilisés, ainsi

que le manque de lois et de règlements. Dans le contexte asiatique, des facteurs comme l'analyse des coûts de constructions et d'entretien ressortent le plus souvent. Les études (Zhang et al., 2012 ; Xiao et al ; 2014) démontrent un manque de promotion des toits végétaux par les gouvernements et les gestionnaires publics et privés dus à l'augmentation des coûts d'entretien, mais aussi dans la planification de construction et du cycle de vie des bâtiments. Un toit extensif nécessite des entretiens tels que des arrosages additionnels afin d'éviter l'évapotranspiration et la transpiration de la végétation. Dans le cadre asiatique, ces coûts sont approximativement de respectivement 75/m² \$ US et 100/m² \$ US pour les toits extensifs et intensifs. Si des pots de plantes sont ajoutés, les prix peuvent grimper jusqu'à 200/m² \$ US (Chen, 2013, p. 56).

Sur le plan local, selon certaines estimations de la ville de Montréal, la grande majorité, des immeubles ne possèdent pas les structures portantes suffisantes pour soutenir de tels projets de jardins et de serres sur les toits (Vandelac, 2014, p. 601). Les conditions posées par la Régie du bâtiment ainsi que les conditions techniques ainsi que « l'absence de compensation financière » peuvent « constituer un frein au verdissement des toitures » (Boucher, 2006, p. 5). Alors que le changement climatique prend une ampleur de plus en plus importante, les municipalités ont un rôle à jouer afin de soutenir les projets de toits végétaux surtout s'ils peuvent contribuer à atténuer certaines problématiques environnementales, dont les gaz à effet de serre et la réduction des effets d'îlots de chaleur. On peut émettre l'hypothèse qu'en appliquant certaines modifications relatives aux exigences du code du bâtiment pour les immeubles ayant la capacité portante suffisante, ces dernières feraient en sorte de contribuer à la promotion de l'installation de telles infrastructures. On peut aussi envisager des solutions telles que des crédits d'impôt et des incitatifs financiers en plus de l'adoption de règlements obligeant les nouveaux bâtiments à posséder un toit végétal, comme cela se fait déjà dans la ville de Toronto. Il est également possible

(et souhaitable) que les chercheurs utilisent leurs connaissances scientifiques pour appuyer davantage de projets de toits végétaux et que les spécialistes (e. g ingénieurs) travaillent de concert à l'élaboration de plan technique moins coûteux pour faciliter l'installation de ces toits. Toutefois, cette collaboration tous azimuts entre chercheurs et intervenants ne suffit pas, car les processus politiques et juridiques doivent appuyer ces changements afin que les résultats de recherche puissent être mis en action.

En ce qui concerne la question de la problématique d'insécurité alimentaire, les visites de terrains ont démontré que même si nos exemples apportent bien une contribution alimentaire de proximité, le prix élevé des fruits et légumes reste inaccessible aux plus démunies. Toutefois, si la réglementation était plus flexible et les élus municipaux plus enclins à accorder des réductions fiscales, comme à Chicago et Washington, peut-être que les prix des fruits et légumes seraient accessibles pour la grande majorité de la population tout en faisant en sorte que les investisseurs locaux soient davantage intéressés à contribuer dans une multitude de projets de toits végétaux. Bien que l'idée de cultiver des légumes sur les toits semble être une alternative, au moins durant les saisons chaudes tandis que les serres sur les toits semblent être une autre solution en toute saison, le nombre de concrétisations de projets de toits végétaux demeure faible. Les visites sur le terrain montrent une possibilité de culture en saison chaude sans serre, et toute l'année sous serre. Toutefois la question se pose sur les possibles risques de contamination des eaux de pluie recyclée avec la méthode hydroponique sous serre comme aux Fermes Lufa.

Selon Specht et Sanyé-Mengual (2017, p. 20), la littérature existante ainsi que les pratiques sont insuffisantes pour évaluer scientifiquement les risques émanant des toits végétaux notamment au vu des lacunes majeures dans la recherche mettant en relation l'environnement sur les intégrations métaboliques entre serres, les bâtiments ou encore l'utilisation des pratiques organiques dans la production hors-sol. L'étude

de Bianchini et Hewage (2012, p. 154), qui met en doute l'efficacité des toits dans le cas d'absorption de polluant (au lieu d'une absorption, il se pourrait que les polluants plus toxiques soient émis avec certains matériaux utilisés dans la conception des toits végétaux), expose l'urgence de mener des recherches sur le sujet alors d'autres auteurs (Sutton, 2015 ; Rowe, 2011, Yang, 2008) arrivent à des conclusions inverses à celles de Bianchini et Hewage (2012). Dans la même veine, certaines études (Chen, 2013 ; Berndtsson et Emilsson, 2006) démontrent qu'il est difficile pour la végétation de retenir l'eau sur les toits alors le papier Liu et Baskaran (2003) démontre l'inverse.

Effectivement, les pluies intenses augmenteraient le risque d'érosion et d'écoulements provenant des toits, avec leurs composants organiques et leurs sédiments, qui sans entretien pourrait être problématiques à cause des risques de pollution (Ibid, 2013; Ibid, 2006). Du coup, certains auteurs pensent que cultiver des légumes sur les toits des villes peut être une source de contamination aux métaux lourds provenant des eaux de ruissellement absorbées par les toits (Lye, 2009, Speak et al., 2014). Selon Lye (2009, p. 5430), il y aurait des risques de présence d'aluminium, de manganèse, de cuivre, de zinc ou encore de plomb dans ces eaux de pluie. Ces éléments peuvent avoir des effets néfastes sur la santé des enfants, notamment pour le système nerveux, le foie, le pancréas et les reins, provoquer une diminution de la formation osseuse et des capacités cognitives, tout en augmentant le risque d'anémie et d'accident vasculaire cérébraux. Par conséquent, produire localement pourrait certes apporter une nourriture à proximité, améliorer certaines conditions de vie, ou atténuer des risques environnementaux, mais avec quels impacts sur la santé des populations urbaines ? Si les toits végétaux n'utilisent pas de pesticide, d'insecticide ou d'engrais chimiques, la contamination aux métaux lourds est un risque bien réel.

Le toit végétal peut certes répondre favorablement à une partie du système alimentaire en étant une source d'alimentation de proximité ou encore en étant multifonctionnel, mais avec les obstacles techniques et juridiques présents, peu de toits végétaux existent à Montréal. De ce fait, il est difficile de dépendre uniquement sur ce type d'agriculture pour garantir une sécurité alimentaire à la population montréalaise. En outre, si l'on reprend l'approche du développement durable, les résultats de recherche de ce mémoire indiquent que les toits végétaux, dans le contexte de Montréal, vont à l'encontre des trois pôles du concept, c'est-à-dire la consommation (social), la contamination et la pollution (environnement), et une difficulté financière à investir dans de tels projets avec un risque de compétitivité (économie). Par conséquent, bien que les toits végétaux peuvent contribuer à de nombreux avantages environnementaux, sociaux et économiques (les trois piliers du développement durable), les doutes émis dans la littérature scientifique sur une possibilité de contamination aux métaux lourds, sur les coûts d'investissements dispendieux, et le manque de garantie contre l'insécurité alimentaire amènent plusieurs interrogations quant à l'articulation entre les toits végétaux et le développement durable, particulièrement si ce dernier implique de répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures.

BIBLIOGRAPHIE

Abbadie, L., Pacteau, C et Dusza, Y. (2014). Rayonnement solaire, vent, eau : le vivant. *Dans Revue Architecturale Québec (ARQ)*. 170 (2), 8

Ackerman, K., Conard, M., Culligan, P., Plunz, R., Sutto, M., & Whittinghill, L. (2014). Sustainable food systems for future cities: The potential of urban agriculture*. *The Economic and Social Review*, 45 (2), 189–206. Récupéré de <http://search.proquest.com.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/docview/1545343321?accountid=14719>

Aéromate, (2016). *Hydroponie : Comment ça marche ?* Récupéré de <http://www.aeromate-71.websself.net/hydroponie>

AFSSA (2003). Évaluation des risques et bénéfices nutritionnels et sanitaires des aliments issus de l'agriculture biologique. United Nation Conference on Trade and Development – Prosperity for all, [En ligne]
<http://www.unctad.info/upload/Infocomm/Docs/Wheat/rapportAFSSA>

Agriculture urbaine Mtl. (2012-2017). *Vitrine de l'agriculture urbaine à Montréal*. Récupéré de <http://agriculturemontreal.com/>

APIVA.(2015, 14 Avril). *Présentation : APIVA, le premier programme de recherche/Développement sur l'aquaponie en France*. [Blogue]. Récupéré de <https://projetapiva.wordpress.com/quest-ce-que-laquaponie/>

AquaponieFrance (2017). Une serre aquaponique géante à Montréal. Récupéré de <http://www.aquaponiefrance.com/actualites/une-serre-aquaponique-geante-a-montreal.html>

Ardourel et al., (s.d). Écoconstruction d'un bâtiment à énergie positive. Récupéré de http://ecoconstruction.rpn.univ-lorraine.fr/co/Module_UVEDTEST_18.html

Ayalon, R. (2006). Making rooftops bloom : *Strategies for encouraging rooftop greenings in Montréal*. (Mémoire de Maîtrise]. McGill à Montréal, Québec.

Battista , G., Pastore, E. M., Mauri, L et Basilicata, C. (2016). Green roof effects in a case study of Rome (Italy). *Energy Procedia*. 101(1), 1058-1063.

Baum, S.-D., Haqq-Misra, J.-D et Karmosky, C. (2011). Climate change: Evidence of Human Causes and Arguments for emission reduction. *Science and Engineering Ethics*. 18 (2), 393–410. Récupéré de <http://web.a.ebscohost.com.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=b597a8f0-281b-4e85-a3a1-d08376684955%40sessionmgr4004&vid=1&hid=4106>

Bélangier, C. (2015). *Critères techniques visant la construction de toits végétalisés*. [PDF]. Récupérer le 10 février de <https://www.rbq.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/Publications/francais/guide-criteres-techniques-construction-toits-vegetalises.pdf>

Berardi, U., GhaffarianHoseini, A et GhaffarianHoseini, A. (2014). State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Applied Energy*. 115 (1), 411–428. Récupéré de http://ac.els-cdn.com.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/S0306261913008775/1-s2.0-S0306261913008775-main.pdf?_tid=c348915a-fc3d-11e5-9f92-00000aabb0f01&acdnat=1459977970_d3195f6f346169e6f0a2a2d4d59005fb

Bernier, Anne-Marie, (2011). *Végétalisation du bâtiment en milieu urbain : Benefices et perspectives*. (Mémoire de Maîtrise). Université du Québec à Montréal. Récupérer d'Archipel, l'archive de publications électroniques de l'UQAM <http://www.archipel.uqam.ca/4022/1/M11946.pdf>

Berndtsson, J., Emilsson, T et Bengtsson, L. (2006). The influence of extensive vegetated roofs on runoff water quality. *Science of the Total Environment*. 35(1-3), 48-63. Récupéré de http://ac.els-cdn.com.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/S0048969705001713/1-s2.0-S0048969705001713-main.pdf?_tid=e0d7f7d6-0db4-11e7-9393-00000aabb0f6c&acdnat=1490045797_2d983319135b4ddc804019d0aa7bf367

Bianchini, F et Hewage, K. (2012). How green are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. *Building and Environment*. 48(1), 57-65.

Récupéré de

[http://virtuose.uqam.ca/primolibrary/libweb/action/search.do?amp=&vl\(143418475UI0\)=any&fn=search&indx=1&vl\(1UI0\)=contains&dscnt=0&scp.scps=scope%3A\(UQM30\)%2Cscope%3A\(UQAM_ARCHIPEL\)%2Cscope%3A\(UQAM\)%2Cscope%3A\(ubibmusique\)%2Cscope%3A\(ubibmusique2\)%2Cprimo_central_multiple_fe&tb=t&initializeIndex=true&vid=UQAM&mode=Basic&ct=search&srt=rank&tab=default_tab&institute=&vl\(freeText0\)=green%20roof%20negative&du m=true&dstmp=1490069058284&fromLogin=true](http://virtuose.uqam.ca/primolibrary/libweb/action/search.do?amp=&vl(143418475UI0)=any&fn=search&indx=1&vl(1UI0)=contains&dscnt=0&scp.scps=scope%3A(UQM30)%2Cscope%3A(UQAM_ARCHIPEL)%2Cscope%3A(UQAM)%2Cscope%3A(ubibmusique)%2Cscope%3A(ubibmusique2)%2Cprimo_central_multiple_fe&tb=t&initializeIndex=true&vid=UQAM&mode=Basic&ct=search&srt=rank&tab=default_tab&institute=&vl(freeText0)=green%20roof%20negative&du m=true&dstmp=1490069058284&fromLogin=true)

Bihannic, L. et Guillou, M (2011). Développement durable et agriculture durable : sens du concept de «durabilité» à travers la presse régionale et le discours des agriculteurs. *Développement durable et territoires* [En ligne], 2(3). Consulté le 05 Août 2016 de <http://developpementdurable.revues>

Borthwick, G. (2014). Rayonnement solaire, vent, eau le vivant. Dans *Revue Architecture Québec (ARQ)*. 170 (2), 34-39

Boucher, I. (2006). Les Toits verts. Document de veille. *Affaires municipales et Régions Québec (MAMR)*. 6, [2]. Récupéré de http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/observatoire_municipal/veille/toits_verts.pdf

Brëuning & Greenroof service. (2017). *Green roof Technology : Form and function*. Récupéré de <http://www.greenrooftechnology.com/project-portfolio>

Carter, T et Keeler, A. (2008). Life-cycle cost-benefit analysis of extensive vegetated roof systems. *Journal of Environmental Management*. 87(1), 350-363

Carrot City. (2009-2014). *Carrot City: Designing for Urban Agriculture: Rooftop Gardens at Fairmont Hotels*. Récupéré le 17 novembre 2015 de http://www.ryerson.ca/carrotcity/board_pages/rooftops/fairmont.html

Castleton, H.-F., Stovin, V., Beck, S.-B., M et Davison, J.-B. (2010). Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. *Energy and Buildings*.42 (10),1582–1591. Récupéré de http://ac.els-cdn.com.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/S0378778810001453/1-s2.0-S0378778810001453-main.pdf?_tid=805fc9b4-fc59-11e5-989c-00000aab0f6b&acdnat=1459989884_7b85ec2381ff68a135372515aeecc848b

Centre d'écologie urbaine de Montréal. (2012). *Montréal : une ville nourricière et productive* (Mémoire présenté dans le cadre d'une consultation publique sur l'état de l'agriculture urbaine à Montréal). Récupéré de <http://www.ecologieurbaine.net/fr/documentation/memoires>

Centre d'écologie urbaine de Montréal (CEUM). [s. d.]. *Plans des quatre quartiers de la démarche d'urbanisme participatif Quartier vert, actif et en santé*. Récupéré de <http://www.ecologieurbaine.net/fr/documentation/plans-quartiers-verts>

Centre d'écologie urbaine de Montréal (CEUM). (2012). *Montréal : une ville nourricière et productive* (Mémoire présenté dans le cadre d'une consultation publique sur l'état de l'agriculture urbaine à Montréal). Récupéré de <http://www.ecologieurbaine.net/fr/documentation/memoires>

Chapelle, G., et Jolly, C, -E. (2013). *Étude sur la viabilité des business modèles en agriculture urbaine dans les pays du Nord : Rapport final de la recherche réalisé pour le compte de l'Institut bruxellois de Gestion de l'Environnement*. [Document PDF]. Récupéré le 16 novembre 2015 de http://documentatie.leefmilieu Brussel.be/documents/etude_agricultureUrbaine_via_bilite_Greenloop_avril2013.PDF?langtype=2060

Chen,C,-F.(2013). Performance evaluation and development strategies for green roofs in Taiwan:A review. *Ecological Engineering*. 52(1),51-58

Coffman RR, D.(2005). Insect and avian fauna presence on the Ford assembly plant ecoroof.Paper presented at the third annual greening rooftops for sustainable communities conference,Awards and trade show; 4-6 May 2005, Washington, DC

Conseil des appellations réservées et des termes valorisants (CARTV), (2016). Cahier des charges relatif aux produits portant des indications se référant au mode de production biologique. [Document PDF]. Récupéré de http://www.cartv.gouv.qc.ca/sites/Cahier_des_charges_appellation_BIO-partie1_FR_V13_1.pdf

Curio.ca. (2004). *Les Toits verts*. [Vidéo Webdiffusée]. Récupéré de <http://curio.ca.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/fr/video/les-toits-verts-5447/>

Éco Ressources Consultants. (Mars, 2012). Analyse du marché des produits en fonction du développement du secteur biologique au Québec : La Filière du Québec. [Document PDF]. Consulté le 02 novembre 2015 de http://www.agrireseau.qc.ca/agriculturebiologique/documents/%C3%89coRessources%20Fili%C3%A8re%20bio%202012%20Analyse%20des%20march%C3%A9s_2012-03-06_VF.pdf

Daniel, A, -C. (2013). *Aperçu de l'Agriculture urbaine, en Europe et en Amérique du Nord*. [Document PDF]. Rapport Agroparistech-Vinci.

Dc Greenwork. (2017). *What is a green roof?* Récupéré de <http://dcgreenworks.org/programs/rainwater-conservation-and-reuse/green-roofs-2-0/>

Dispensaire diététique de Montréal (2016). *Système alimentaire Quartier Peter McGill*. [Document PDF]. Récupéré de <http://www.avenirdenfants.org/media/452912/Syst-alim-Peter-McGill-Fr.pdf>

Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal. *Cadre de référence pour le soutien au développement de la sécurité alimentaire dans la région de Montréal 2008-2012*. [Document PDF]. Récupéré de https://publications.santemontreal.qc.ca/uploads/tx_asssmpublications/978-2-89494-718-0.pdf

Dubbeling, M et Massoneau, E. (2014). Rooftop agriculture in the context of climate change. *Appropriate technology*. 41 (3), 48–52. Récupéré de http://search.proquest.com.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/docview/1566177433?rfr_id=info%3Axri%2Fsid%3Aprimio

Duchemin,E,Wegmuller,F et Legault,A,-M.(2010). Agriculture urbaine : un outil multidimensionnel pour le développement des quartiers. *Vertigo*. [En ligne]. 10(2), 1-10. Récupéré de <http://vertigo.revues.org/10436>

Dutil, J. (2012). *Le goût de Montréal : regard sur la notion de désert alimentaire*. Cairn. 3 (1), p.377-383. DOI : [10.3917/pour.215.0377](https://doi.org/10.3917/pour.215.0377).

Émmanuel. (2013). *Réconcilier développement économique et biosphère : Aquaponie et agriculture urbaine : quelles perspectives?*. Récupéré le 01 Septembre 2015 de <http://www.inspire-institut.org/aquaponie-et-agriculture-urbaine-queelles-sont-les-perspectives.html>

Équiterre (2005). *Système alimentaire et sécurité alimentaire : Comprendre et agir*. [Document PDF].Récupéré de <http://www.equiterre.org/sites/fichiers/systeme-securite-alimentaire.pdf>

Équiterre. (2010-2011). *Kilométrage alimentaire*. Récupérer le 30 août de <http://www.equiterre.org/fiche/kilometrage-alimentaire>

Équiterre. (2010-2011). *Sécurité alimentaire et souveraineté alimentaire*. Récupérer le 30 août de <http://www.equiterre.org/fiche/securite-et-souverainete-alimentaires>

Gagnon, Y.C. (2011). *L'étude de cas comme méthode de recherche: La démarche de réalisation d'une étude de cas*. Québec. Presses de l'Université du Québec. Récupéré de <http://site.ebrary.com.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/lib/uqam/reader.action?docID=10525529&ppg=1>

Fahey, C. (2012). *Rooftop Hydroponic Agriculture: Commercial Potential in Chicago*. (UPP 570). Université Illinois à Chicago. Récupérer de https://www.uic.edu/cuppa/upp/research/Student%20Pages/pdf/Fahey_570%20Paper.pdf

FAO (2011). Le deuxième rapport sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'Agriculture dans le Monde. In FAO. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. [En ligne].

<http://www.fao.org/agriculture/crops/themes-principaux/theme/seeds-pgr/sow/sow2/fr/>

Filière biologique du Québec. (2011). *Analyse des faits saillants du sondage sur la consommation des produits biologiques au Québec*. Récupéré de

<http://www.agrireseau.qc.ca/agriculturebiologique/documents/Faits%20saillants%20sondage%202011%20-%20Consommation%20prod%20bio%20QC%20VF.pdf>

Fondation David Suzuki. (2014). Aliments et changements climatiques. [Blogue].

Récupérer de <http://www.davidsuzuki.org/fr/ce-que-vous-pouvez-faire/mangez-sainement/alimentation-et-changements-climatiques/>

Fortin, M.-F. (2010) *Fondements et étapes du processus de recherche. Méthodes quantitatives et qualitatives*. 2^e édition. Montréal : Chenelière Éducation.

Fournier, S et Touzard, J.-M. (2014). La complexité des systèmes alimentaires : un atout pour la sécurité alimentaire? *Vertigo*. 14(1), 1-19. Récupéré de

<http://vertigo.revues.org/14840>.

Gouvernement du Canada. (2015). *L'action du Canada sur les changements climatiques*. Consulté le 18 Avril, 2016 de

<http://www.changementsclimatiques.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=3F11F818-1#wsA11F48BC>

Goya, C. (2015). La revolution aquaponique aura-t-elle lieu ? *Slate*. Récupéré de

<http://www.slate.fr/story/101401/poissons-plantes-bacterie-revolution-aquaponie>

Hartman, C et Pascali, E. (2002). La technique aéroponique révolutionne l'agriculture. *Fusion*. 92 (1), 50-53. Récupéré de [http://ddata.over-](http://ddata.over-blog.com/xxxxyy/0/31/89/29/Fusion-92/F92.6.pdf)

[blog.com/xxxxyy/0/31/89/29/Fusion-92/F92.6.pdf](http://ddata.over-blog.com/xxxxyy/0/31/89/29/Fusion-92/F92.6.pdf)

International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD). (2008). *Towards multifunctional agriculture for social, environmental and economic sustainability*. Récupéré de http://www.unep.org/dewa/agassessment/docs/10505_Multi.pdf

Jannash, R (2008). *La culture biologique et la culture hydroponique vont-elles bien ensemble ?* Centre d'agriculture biologique du Canada (CABC). Récupéré de http://www.organicagcentre.ca/NewspaperArticles/na_hydroponics_f.asp

Kadas, G. (2006). Rare invertebrates colonizing greenroofs in London. *Urban Habitats*. 4(1), p.66-86

Kinlock, N., Schindler, B et Gurevitch, J. (2016). Biological invasion in the context of green roofs. *Israel Journal of Ecology & Evolution*. 62(1), 32-43.

Labiotech (2017). *From anti-ageing creams to Alzheimer's this Biotech Milks Tropical plants*. Récupéré de <http://labiotech.eu/for-anti-ageing-creams-to-alzheimers-this-biotech-milks-tropical-plants/>

Lambert, R. (2015). À Montréal, des serres géantes sur les toits. *Le Monde.fr*. Récupéré de http://www.lemonde.fr/planete/article/2015/05/16/a-montreal-des-serres-geantes-sur-les-toits_4634722_3244.html

Lareau, F, et Baudouin, Y. (2015). Évaluation et cartographie de la vulnérabilité à la chaleur dans l'agglomération de Montréal. *The Canadian Geographer*. 59 (2), 234-345. Récupéré de <http://onlinelibrary.wiley.com.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/doi/10.1111/cag.12166/epdf>

LeDevoir. (2017). *Agriculture : Des serres sur les toits Montréalais*. Récupéré de <http://www.ledevoir.com/societe/actualites-en-societe/331207/agriculture-des-serres-sur-les-toits-montrealais>

Les Fermes Lufa (2017). Notre vision est celle d'une ville remplie de fermes sur les toits. In Lufa Farms. Les Fermes Lufa. [En ligne]. <https://lufa.com>.

Les Toits Vertige (2011). Les Toits Vertige Oasis urbains. Récupéré de http://www.toitsvertige.com/fr/4_projetsencours.php

Li, Y, et Babcock Jr, R.-W. (2014). Green roofs against pollution and climate change: A review. *Agronomy for sustainable Development*. 34 (4),695–705. Récupéré de http://download.springer.com/static/pdf/167/art%253A10.1007%252Fs13593-014-0230-9.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%2Fs13593-014-0230-9&token2=exp=1460010145~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F167%2Fart%25253A10.1007%25252Fs13593-014-0230-9.pdf%3ForiginUrl%3Dhttp%253A%252F%252Flink.springer.com%252Farticle%252F10.1007%252Fs13593-014-0230-9*~hmac=7f2a2c8b43a61cc63086054e3a944466fc27e27ebb0d72660097127fed9af737

Litichevskaya,J.(2011). Reviving the World wonder: Why rooftop gardens should cover urban landscapes. *Rutgers Computer & Technology Law Journal*. 37(1), 58-92.

Liu, K et Baskaran, B. (2003). *Thermal performance of green roofs through field evaluation*. [Rapport]. Récupéré de <http://archive.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/nrcc46412/nrcc46412.pdf>

Lye,D.(2009). Rooftop runoff as a source of contamination : A review. *Science of the Total Environment*. 407(1),5429-5434. Récupéré de http://ac.els-cdn.com.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/S0048969709006706/1-s2.0-S0048969709006706-main.pdf?tid=eb064738-0db6-11e7-9e18-00000aabb0f26&acdnat=1490046673_740b1b71aded6b58ebb0c6747eb9d7a6

MAMROT (2010). La biodiversité et l'urbanisation : Guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable. (Pdf). Récupéré de http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/grands_dossiers/developpement_durable/biodiversite_urbanisation_complet.pdf

Marier,C et Bertrand,L.(2013). *Une ville et des quartiers qui favorisent l'accès aux aliments santé et leur consommation : Programme de soutien aux initiatives*

locales 2013-2018. [Document PDF]. Récupéré de https://publications.santemontreal.qc.ca/uploads/tx_asssmpublications/isbn978-2-89673-253-1.pdf

Mentens, J., Raes, D et Hermy, M. (2006). Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *Landscape and Urban Planning*. 77 (3), 217–226. Récupéré de http://ac.els-cdn.com.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/S0169204605000496/1-s2.0-S0169204605000496-main.pdf?_tid=7d7aff46-fbb1-11e5-893a-00000aabb0f01&acdnat=1459917723_41a015829e0b919946611c0b39229b8a

Ministère de l'Agriculture, pêcheries et alimentation (MAPAQ). (2015). *Agriculture urbaine*. Récupéré de <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/Agricultureurbaine/Pages/Agricultureurbaine.aspx>

Ministère de Développement Durable et Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2015). *Gestion des eaux pluviales*. Récupéré le 22 août 2015 de <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/pluviales/>

Mirabel. (2015). *Technologie : La culture hydroponique*. Récupéré le 01 Septembre de <http://www.mirabel.qc.com/technologie.html>

Mukherjee, M. (2014). Eco-Environmental factors in green roof application in Indian cities. *The Institution of Engineers*. 95(3), 137-142. DOI 10.1007/s40030-014-0080-0

Nerengberg, J. (2005). *Projet-pilote de toit vert : Démarche d'une construction écologique* (pdf). Récupéré de <http://www.ecologieurbaine.net/fr/documentation/etudes-documents>

Nollet, É. (s.d). Rapport pour la Création d'un Toit vert à HEC Montréal. *Plan d'affaires personnalisé*. Récupéré de http://www.hec.ca/developpement_durable/projets/Rapport_Toit_vert_HEC.pdf

Natural Resources Defense Council (NRDC). (2012). *How Green Roofs and Cool Roofs Can Reduce Energy Use, Address Climate Change, and Protect Water*

Resources in Southern California. Récupéré de
<https://www.nrdc.org/sites/default/files/GreenRoofsReport.pdf>

Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R.-R., Doshi, H., Dunnett, N., Gaffin, S., Köhler, M., Liu, K., -Y et Rowe, B. (2007). Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. *Bioscience*. 57 (10). Récupéré de <http://bioscience.oxfordjournals.org/>

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). (2015). *l'Agriculture urbaine*. Récupéré de
<http://www.fao.org.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/urban-agriculture/fr/>

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). (2016). *L'investissement dans l'agriculture*. Récupéré de
<http://www.fao.org/investment-in-agriculture/fr/>

Parizotto, S, et Lamberts, R. (2011). Investigation of green roof thermal performance in temperate climate: A case study of an experimental building in Florianópolis city, Southern Brazil. *Energy and Buildings*. 43 (7), 1712–1722. Récupéré de
<http://www.sciencedirect.com.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/science/article/pii/S0378778811000922>

Peck, S et Kuhn, M. *Lignes Directrices de Conception de Toits Verts*. [PDF]. Récupéré de
<http://www.cebq.org/documents/Lignesdirectricesdeconceptiondetoitsverts.pdf>

Peng, C et Weissenberger, S. (s.d). Changements climatiques : impacts, adaptation, mitigation : manuel de cours : ENV-6003. TÉLUQ - L'université à distance de l'UQAM

Pol E., (2003), « De l'intervention à la gestion environnementale » in G. Moser G. & K. Weiss, *Espaces de vie. Aspects de la relation homme-environnement* (pp. 305-329). Paris : Armand Colin.

Projet Montréal. (2012). *Mémoire de projet Montréal présenté à l'Office de la consultation publique de Montréal sur l'agriculture urbaine à Montréal*.

[Document PDF]. Récupéré le 18 novembre 2015 de http://projetmontreal.org/wp-content/uploads/documents/document/Meemoire_PM_Agriculture_urbaine_final.pdf

Prochazka, A. (2014). L'épiderme aérien des villes : Au regard de la question écoénergétique « Learning from » Chicago, Montréal, Paris. Rapport de recherche dans le cadre du programme de recherche « Ignis mutat res. Penser l'architecture, la ville et les paysages au prisme de l'énergie ». [Document PDF].

Quarters, C. (s.d). Differences between Hydroponics & Aeroponics. *Demand Media*. Récupéré de <http://homeguides.sfgate.com/differences-between-hydroponics-aeroponics-79010.html>

Resh, H.-M. (2002). *Hydroponic Food Production: A definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*. 6^{ème} édition. Santa Barbara, Californie: Woodbridge Press Publishing Company.

Renting, H., Rossing, W.-A., H., Groot, J.-C.-J., Van der Ploeg, J.-D., Laurent, C., Perreaud, D., Stobbelaar, D.-J et., Van Ittersum, M.-K. (2009). Exploring multifunctional agriculture. A review of conceptual approaches and prospects for an integrative transitional framework. *Journal of Environmental Management*, 90 (2), 112-123. Récupéré de http://ac.els-cdn.com.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/S0301479708003484/1-s2.0-S0301479708003484-main.pdf?_tid=58970cdc-47ca-11e6-a1c2-00000aacb362&acdnat=1468284687_ff44c1968d5d51224f19b589adf8576c

Rowe, B.-D. (2011). Green roofs as a means of pollution abatement. *Environmental pollution*, 159 (8-9), 2100-2110. Récupéré de http://ac.els-cdn.com.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/S0269749110004859/1-s2.0-S0269749110004859-main.pdf?_tid=488e3a8e-fc5e-11e5-827e-00000aab0f26&acdnat=1459991937_797d91e11d11e1200f6351015ad367dd

Sanyé-Mengual, E., Anguelovski, I., Oliver-Solà, J., Montero, J.-I et Rieradevall, J. (2015). Resolving differing stakeholder perceptions of urban rooftop farming in Mediterranean cities: promoting food production as a driver for innovative forms of urban agriculture: *Agriculture Human Values*. DOI 10.1007/s10460-015-9594-y

Sanyé-Mengual, E., Céron-Palma, I., Oliver-Solà, J., Ignacio, M et Rieradevall, J. (2015). Integrating Horticulture into Cities: A Guide for Assessing the Implementation Potential of Rooftop Greenhouses (RTGs) in Industrial and Logistics Parks, *Journal of Urban Technology*, 22 (1), 87–111, DOI: [10.1080/10630732.2014.942095](https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942095)

Sauvée, F. (2011). Et si on transformait le toit de votre immeuble en potager. *L'OBS Rue 89*. Récupéré le 01 septembre de <http://rue89.nouvelobs.com/rue89-planete/2011/11/28/et-si-transformait-le-toit-de-votre-immeuble-en-potager-226976>

SciencesAvenir(2017). La plus grande ferme vertical du monde a ouvert cette année. Récupéré de https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/agriculture/la-plus-grande-ferme-verticale-du-monde-ouvre-cette-annee_17635

Schroll, E., Lambrinos, J., Righetti, T et Sandrock, D. (2011). The role of vegetation in regulating stormwater runoff from green roofs in a winter rainfall climate. *Ecological Engineering*. 37 (4),595–600. Récupéré de http://ac.els-cdn.com.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/S0925857410003551/1-s2.0-S0925857410003551-main.pdf?_tid=9590b45e-fc5b-11e5-98e9-00000aab0f6b&acdnat=1459990778_1325d462df226a08ed9ad82b8e84156b

Serecon Management Consulting Inc. (2005). *Tendances alimentaires au Canada d'ici à 2020 : perspectives de la consommation à long terme*. Récupéré de <http://www.agrireseau.qc.ca/agriculturebiologique/documents/Tendances%20alimentaires%20en%202020.pdf>

Sheng,L,-Z.,Mari,T,-S.,Ariffin,A,-R,M et Hussein,H.(2011). Integrated sustainable roof design. *Procedia Engineering*. 21(1),846-852.

Société Québécoise de phytotechnologie, (2014). *Les toits végétalisés* (pdf). Récupéré le 31 août de http://www.phytotechno.com/fiches-techniques/fiches/SQP_Fiche_ToitsVegetalises.pdf

Soulé, B (2008). Observation participante ou participation observante ? Usages et justifications de la notion de participation observante en sciences sociales.

Recherches Qualitatives. 27 (1), 127-140. Récupéré de [http://www.recherche-qualitative.qc.ca/documents/files/revue/edition_reguliere/numero27\(1\)/soule.pdf](http://www.recherche-qualitative.qc.ca/documents/files/revue/edition_reguliere/numero27(1)/soule.pdf)

Speak, A.-F., Rothwell, J., Lindley, S.-J et Smith, C.-L. (2014). Metal and nutrient dynamics on an aged intensive green roof. *Environmental Pollution*. 184(1), 33-43. Récupéré de <http://www.sciencedirect.com.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/science/article/pii/S0269749113004429>

Specht, K et Sanyé-Mengual, E. (2017). Risks in urban rooftop agriculture :Assessing stakeholders's perceptions to ensure efficient policymaking. *Environmental science & policy*. 69(1), p.13-21

Srivastava, P., Kumar, S, Behera, S.-K, Sharma, Y.-K et Singh, N. (2012). Soil carbon sequestration: an innovative strategy for reducing atmospheric carbon dioxide concentration. *Biodiversity and Conservation*. 21 (5), 1343-1358.
Récupéré de http://download.springer.com/static/pdf/454/art%253A10.1007%252Fs10531-012-0229-y.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%2Fs10531-012-0229-y&token2=exp=1461007328~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F454%2Fart%25253A10.1007%25252Fs10531-012-0229-y.pdf%3ForiginUrl%3Dhttp%253A%252F%252Flink.springer.com%252Farticle%252F10.1007%252Fs10531-012-0229-y*-hmac=82332c164a8cdbbdf0b224983d5595f5b5a05ec0787f94ea7dc03d14fbb6d49e

Susca, T., Gaffin, S.-R et Dell'Oso, G.-R. (2011). Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs. *Environmental pollution*. 159 (8), 2119-2126.
Récupéré de http://ac.els-cdn.com.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/S0269749111001539/1-s2.0-S0269749111001539-main.pdf?_tid=1e9e7b3c-fba8-11e5-bb5f-00000aacb35e&acdnat=1459913699_50e569e94b98c660653816f30c3b8268

Sutton, R.-K. (2015). *Green roof ecosystems*. Switzerland: Springer. Récupéré de <http://download.springer.com/static/pdf/890/bok%253A978-3-319-14983-7.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Fbook%2F10.1007%2F978-3-319-14983-7>

7&token2=exp=1456974917~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F890%2Fbok%25253A978-3-319-14983-7.pdf%3ForiginUrl%3Dhttp%253A%252F%252Flink.springer.com%252Fbook%252F10.1007%252F978-3-319-14983-7*~hmac=0a671787837ef5ea9b9c90ca45ca3a7a65da9e77021df27a2e523927a8405ecf

Vandelac, L. (2014). Vers une reconfiguration écoénergétique des toits urbains. *Dans Revue Architecture Québec*. (ARQ). 169 (1), 9

Verdonck, M., Taymans, M., Chapelle, G., Darteville, G. et Zaoui, C. (2012). *Système d'alimentation durable*. Potentiel d'emplois en Région de Bruxelles-Capitale. [Rapport PDF]. Facultés Universitaires Saint-Louis et Greenloop. IBGE. Récupéré de http://document.enviroment.brussels/opac_css/elecfile/Etude%20alimentationDurable%20emploiRBC%20CERB%20Greenloop%20juin2012

Ville de Montréal. (2012). *État de l'agriculture urbaine à Montréal* (PDF). Récupéré le 08 Septembre 2015 de http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/CHANTIER_DEMOCRATIE_FR/MEDIA/DOCUMENTS/AGRICULTUREURBAINEMONTREAL_2012.PDF

Ville de Montréal. (2014, Janvier). *La construction des toits végétalisés : Guide technique pour préparer une solution de rechange — cahier explicatif*. [Document PDF]. Récupéré le 10 février 2016 de http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/AFFAIRES_FR/MEDIA/DOCUMENTS/TOITSVEGETALISES_CAHIEREXPLICATIF_JANVIER2014.PDF

Ville de Montréal (2015). *Montréal Métropole Nourricière : Pour un conseil des politiques alimentaires pour l'agglomération de Montréal*. (Document PDF). Récupéré de http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/COMMISSIONS_PERM_V2_FR/MEDIA/DOCUMENTS/MEM_VIVREENVILLE_20151007.PDF

Wegmuller, F. et Duchemin, E. (2010) « Multifonctionnalité de l'agriculture urbaine à Montréal : étude des discours au sein du programme des jardins communautaires », *VertigO — la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], 10 (2). Récupéré de

<http://vertigo.revues.org.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/10445> ; DOI: [10.4000/vertigo.10445](https://doi.org/10.4000/vertigo.10445)

Wegmuller, F. (2010). *Agriculture urbaine pour un développement durable par les jardins communautaires à Montréal: Multifonctionnalité, système organisationnel et dynamique des acteurs*. (Mémoire de maîtrise). Université du Québec à Montréal.

Whittinghill, L.-J. et Rowe, D.-B. (2011). The role of green roof technology in urban agriculture: Renewable Agriculture and Food system, 27 (4); 314-322. [doi:10.1017/S174217051100038X](https://doi.org/10.1017/S174217051100038X)

Williams, N., S.-G., Lundholm, J. et MacIvor, J.-S. (2014). Do green roofs help urban biodiversity conservation? *Journal of Applied Ecology*. 51 (6), 1643–1649. Récupéré de <http://onlinelibrary.wiley.com.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/doi/10.1111/1365-2664.12333/epdf>

Williams, N., S.-G., Rayner, J.-P. et Raynor, K.-J. (2010). Green roofs for a wide brown land: Opportunities and barriers for rooftop greening in Australia. *Urban Forestry & Urban Greening*. 9(1), 245-251

Wordpress. (2017). Principe de l'aquaponie. Récupéré de <http://aquaponie-pratique.com/>

Xiao, M., Lin, Y., Han, J. et Zhang, G. (2014). A review of green roof research and development in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 40(10), 633-648

Yang, J., Yu, Q. et Gong, P. (2008). Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmospheric Environment*. 42 (31), 7266–7273. Récupéré de http://ac.els-cdn.com.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/S1352231008006262/1-s2.0-S1352231008006262-main.pdf?_tid=b4c931ee-fc82-11e5-8aa2-00000aacb35d&acdnat=1460007581_e55e64657a9093e5b1c2c2c674cf0988

Zhang,X.,Shen,L.,Tam,V,-W,-Y et Wing Yan Lee,W.(2012). Barriers to implement extensive green roof systems: A Hong Kong study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.16(1), 314-319